

Mathias Østerdahl Poulsson
Simen Didriksen

Brannsikkerhet i massivtrebygg i risikoklasse 6

Overflatekrav i brannceller

Mai 2020

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk

Bacheloroppgave

2020



Mathias Østerdahl Poulsson
Simen Didriksen

Brannsikkerhet i massivtrebygg i risikoklasse 6

Overflatekrav i brannceller

Bacheloroppgave
Mai 2020

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Oppgavens tittel:	Dato: 20.05.2020		
Brannsikkerhet i massivtrebygg i risikoklasse 6	Antall sider: 42 sider		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	x
Navn: Simen Mannes Didriksen, Mathias Østerdahl Poulsson			
Veileder: Jan Steinar Egenes			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere: Leif Tore Isaksen			

Det har i nyere tid vært en stor økning i bruk av massivtre i bygninger tilknyttet helsemiljø, eksempelvis sykehus og omsorgsboliger. Det er også nyere forskning som viser at bruk av KLT på innvendige overflater kan ha positive helseeffekter hos mennesker. Formålet er å finne ut om man kan benytte ubeskyttet KLT på én eller flere overflater i en branncelle i risikoklasse 6 for å dra nytte av disse fordelene. Bruk av ubeskyttet KLT i brannceller er foreløpig ikke preakseptert i risikoklasse 6 i veiledningen til TEK17. Litteraturstudiet har en todelt oppdeling, hvor den første delen skal utforske hvordan regleverket i Norge har endret sikkerhetsnivået i risikoklasse 6, mens den andre delen skal oppsummere litteratur fra en rekke brannforsøk med fokus på utfordringer ved bruk av ubeskyttet KLT i rom. Resultatene fra litteraturstudiet vil prøve å danne et grunnlag for om det kan være fornuftig å foreslå en revidering av overflatekravet i veiledningen til TEK17. Konklusjonen er at det fortsatt er flere kunnskapshull og usikkerheter rundt oppførselen til KLT i ulike brannscenarier, og at det er behov for mer kunnskap for å kunne dokumentere konfigurasjoner som gir tilfredsstillende brannsikkerhet. Det er nødvendig med ytterligere testing og forskning for å kunne understøtte forslaget om å revidere veiledningen til TEK17 i forhold til overflatekravet. Avslutningsvis blir det gitt en anbefaling om hvilke områder som krever ytterligere forskning.

Stikkord:

Brann
Sikkerhet
Overflatekrav
Risikoklasse 6

Simen Didriksen

Mathias Ø. Poulsson

Abstract

In recent times there has been an increase in the use of CLT (cross-laminated timber) in healthcare environments like hospitals and care institutions. Recent studies have shown that humans can draw health benefits from CLT surfaces in inside environments. The purpose of this study is to explore the possibility of using unprotected CLT on one or multiple surfaces in a fire cell in hazard class 6 to take advantage of these benefits. The usage of unprotected CLT is currently not accepted in hazard class 6 according to the guidance of TEK17. The literature study is divided into two parts, the first part studies how the safety levels in hazard class 6 has developed over the years in Norway, whereas the second part gathers literature from a series of fire tests focusing on the challenges linked to the use of unprotected CLT in fire compartments. The results gathered from the literature study will help to provide a basis for suggesting a change to the guidance of TEK17 in regards of the surface requirements. The conclusion is that there are still a considerable amount of gaps in knowledge and uncertainties in the behaviour of CLT in different fire situations, and that there is a need of further knowledge to provide documentation of configurations that fulfils the fire safety requirements. It is necessary to conduct more tests and research in order to suggest a revision of the guidance to TEK17 in regards of the surface requirements. Finally, a recommendation is given on which areas further research is required.

Forord

Oppgaven representerer gjennomføringen av et 3-årig studie og fullførelse av graden Bachelor i ingeniørfag, Bygg ved Norges Teknisk-Naturvitenskaplige Universitet i Gjøvik.

Vi vil takke venner og familie som har støttet oss gjennom hele oppgaveperioden, vi vil også takke vår veileder ved NTNU Jan Steinar Egenes, samt Leif Tore Isaksen for innsending av tema til oppgaven. Det har vært en spennende og lærerik prosess som forhåpentligvis kan komme til nytte i fremtiden.

Gjøvik

20.05.2020

Simen Mannes Didriksen, Mathias Østerdahl Poulsson

Innholdsfortegnelse

Abstract	ii
Forord	iii
Innholdsfortegnelse	iv
Figurliste	vi
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn og motivasjon.....	1
1.2 Mål for oppgaven.....	2
1.3 Problemstilling.....	2
1.4 Avgrensninger	2
2 Metode.....	3
3 Teori	4
3.1 KLT	4
3.1.1 Hva er KLT?.....	4
3.1.2 Bruksområder	5
3.1.3 Egenskaper	6
3.2 Helseeffekter ved bruk av synlig massivtre.....	7
3.3 KLT i brann	8
3.3.1 Forkulling	8
3.3.2 Delaminering.....	9
3.3.3 Selvslokking	10
4 Review.....	11
4.1 Introduksjon.....	11
4.2 Hvordan har regelverket i Norge endret sikkerhetsnivået i RK6 gjennom tidene?... 11	
4.2.1 Brannceller	12
4.2.2 Seksjonering	13
4.2.3 Rømningsvei.....	15
4.2.4 Brannalarmanlegg	18
4.2.5 Slukkeanlegg	20
4.2.6 Overflatekrav.....	22
4.3 Hva gjør andre land i Norden?	25

4.3.1	Danmark	25
4.3.2	Sverige.....	26
4.3.3	Finland.....	27
4.3.4	Island	28
4.4	Litteratur - Brannforsøk med ubeskyttet KLT.....	29
5	Diskusjon og analyse.....	33
5.1	Regelverk.....	33
5.1.1	Norge	33
5.1.2	Andre Nordiske land	33
5.2	Brannforsøk – litteratur	34
5.2.1	Hvor mange ubeskyttede overflater?.....	35
5.2.2	Temperaturutvikling	35
5.2.3	Delaminering	36
6	Konklusjon	37
6.1	Anbefaling til videre arbeid	37
	Litteraturliste	39

Figurliste

Figur 1 - bilde hentet fra https://dibk.no/om-oss/Nyhetsarkiv/utfordringer-med-krysslaminert-massivtre-i-hoye-bygninger/	5
Figur 2 – Bilde hentet fra https://kvanto.no/a/aktuelt/heissjakt-i-massivtre-en-baerekraftig-loesning	6
Figur 3 - Foto: Bergersen Arkitekter AS. Hentet fra http://www.bergersenarkitekter.no/omsorgsboliger-jarleveien-10/	7
Figur 4 - Bilde hentet fra https://www.limtreforeningen.no/images/bilder/Fullstendig_brannforl%C3%B8p_i_limtrekonstruksjoner.pdf	8
Figur 5 - Hentet fra https://byggmesteren.as/2017/06/08/unnga-skadekonstruksjoner-i-massivtre/	9
Figur 6 - Illustrasjon av testoppsettet brukt i Medina Hevias brannforsøk. (Medina Hevia, 2014, s.53).....	31

Begrepsliste

KLT – Krysslaminert Trevirke

NS – Norsk Standard

RK6 – Risikoklasse 6. Kategori av byggverk, eller ulike bruksområder i et byggverk, ut fra den trusselen en brann kan innebære for skade på liv og helse.

Branncelle – Avgrenset del av bygning hvor en brann i løpet av en fastsatt tid fritt kan utvikle seg uten å spre seg til andre deler av bygningen.

Brannvegg – Stabil ubrennbar vegg på fundament.

Brannseksjoner – en del av en større bygning skilt fra andre deler av bygningen med seksjoneringsvegger på en slik måte at en brann ikke vil spre seg utover brannseksjonen den startet i, med den forutsatte slokkeinnsatsen fra brannvesenet.

Funksjonskrav - Byggeforskriftene har en oppbygging som består av funksjonskrav innenfor de forskjellige kategoriene, ofte beskrevet kvalitativt med ord (Direktoratet for byggkvalitet, 2017). Funksjonskravene skal angi hva et byggverk skal oppfylle i form av konkrete oppgaver eller formål som har utgangspunkt i behovene til brukerne av bygget eller krav som samfunnet har stilt. Funksjonskravene må på en eller annen måte kunne dokumenteres og testes, derfor er det viktig at ytelsene som blir beskrevet skal være målbare så langt det lar seg gjøre.

Preaksepterte Ytelser – Disse er minimumskrav som skal oppfylle funksjonskravene som er gitt tidligere. Det er mulig å benytte alternative løsninger til de preaksepterte ytelsene, men de må kunne dokumentere minst like god sikkerhet og må oppfylle funksjonskravet.

Euroklasser - Produkters egenskaper ved brannpåkjenning klassifiseres ved hjelp av euroklasser. Eksempelvis skal overflater på vegger og i himling/tak, og i sjakter og hulrom i risikoklasse 6 og brannklasse 3 være B-s1,d0[ln 1].

Hovedklassene består av A1, A2, B, C, D, E og F. Den første klassen, A1, vil ikke ha noe bidrag på en eventuell brann mens i klasse F er det ingen bestemt ytelse til materialets

egenskaper under en eventuell brann. Klasse A- og B-produkter skal overtenning oppstå etter tidligst 20 minutter, Klasse C 12 minutter, Klasse D 10 minutter og Klasse E 2 minutter.

S1, s2 og **s3** er underklassene for røykproduksjon der **s1** betyr liten røykproduksjon og **s3** betyr mye. **D0, d1**, og **d2** tar hensyn til brennende dråper, hvorav **d0** betyr lite til ingen brennende dråper. Etter NS 3919:1997 skal produkter klassifisert som **[In 1]** tilsvare klasse A, mens **[In 2]** skal tilsvare klassene B-E (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og motivasjon

I nyere tid er det blitt mer og mer aktuelt å bygge sykehjem, omsorgsboliger og generelt flere bygninger i massivtre (Wad, 2018). Mye av årsaken bak dette er den globale utfordringen verden står ovenfor med tanke på økende befolkning og økende klimagassutslipp, noe som er et av FNs bærekraftsmål. Derfor er det et viktig tiltak å redusere en bygningens klimapåvirkning ved å bruke mer kortreist og miljøvennlige materialer. Akkurat dette oppnår man ved å bruke fornybare ressurser som massivtre. En annen grunn til økende bruk av massivtre er økonomifordelene, et prosjekt kan spare mye penger ved å bruke massivtreelementer i bærende konstruksjoner da det effektiviserer byggetiden og reduserer kostnadene tilknyttet dette. Massivtreelementer produseres i forkant og heises effektivt på plass med god nøyaktighet. Hovedegenskapene ved massivtre som gjør det attraktivt å bruke som byggemateriale er følgende:

- Miljøvennlig (fornybar)
- Isolasjonsegenskaper
- Høyt styrke/vekt forhold
- Lettere vedlikehold
- Mange bruksområder
- Tilgjengelighet (lokalt)

Det er mye forskning som viser at bruk av synlig massivtre i rom kan ha positive helseeffekter hos mennesker, eksempelvis lavere smerteoppfatning, kortere restitusjonstid, redusere stressnivåer og lavere puls (Sally Augustin, 2015). Med dette i bakgrunn har det blitt et interesseområde å utforske hvordan sikkerhetsnivået i RK6 har utviklet seg over tid, og samle litteratur som peker mot utfordringer og eventuelt kunnskapshull knyttet til bruk av KLT i brannceller, samt utforske om det er muligheter for å bruke synlig massivtre i helsemiljøer som sykehus og omsorgsboliger.

1.2 Mål for oppgaven

Målet med oppgaven er å finne en sammenheng mellom sikkerhetsnivået i RK6 i Norge og brannteknisk dimensjonering i forhold til bruk av ubeskyttet KLT i brannceller. Vi ønsker å utvide kunnskapen om bruk av KLT i brannceller, og eventuelt avdekke kunnskapshull eller forhold som ved ytterligere forskning kan være med på å utvikle metoder som gjør det mulig å benytte ubeskyttet KLT i brannceller.

1.3 Problemstilling

Er det mulig å benytte ubeskyttet KLT i brannceller i risikoklasse 6, og kan dette dokumenteres på en tilfredsstillende måte?

Svaret på spørsmålet stilt ovenfor vil gi grunnlag for om det kan være fornuftig å foreslå en endring av veiledningen til TEK17 om overflatekravet. Grunnen til at vi har lyst til å bruke ubeskyttet KLT i brannceller er for å dra nytte av alle fordelene dette medbringer, men bruk av KLT-overflater i risikoklasse 6 er ikke preakseptert i veiledningen til TEK17.

1.4 Avgrensninger

Del 1 som omhandler regelverk begrenses til risikoklasse 6 i Norge og tilsvarende dette i Danmark, Sverige, Finland og Island. Eldre regelverk som blir gjennomgått begrenses til tidligst 1949, vi mener det ikke er hensiktsmessig å gå tilbake noe lengre enn dette da det er i nyere tid at KLT har blitt et mer aktuelt byggemateriale.

Del 2 hvor vi har samlet forskning og litteratur om praktiske brannforsøk er begrenset til tester der det er forsket på utfordringene knyttet til bruken av ubeskyttet KLT i brannceller.

2 Metode

For å svare på problemstillingen skal vi gjennomføre en todelt litteraturstudie. I del 1 vil vi prøve å danne et bilde av hvordan regelverket gjennom tidene har endret sikkerhetsnivået i RK6 i Norge ved å gå gjennom eldre byggeforskrifter, samt undersøke hvilke krav andre Nordiske land stiller i RK6. Del 2 vil undersøke om det er mulig og eventuelt hvordan man kan benytte ubeskyttet KLT i brannceller uten å redusere brannsikkerheten gjennom diskusjon og analyse av resultater fra en rekke brannforsøk. Resultatet av de to delene vil danne grunnlaget for konklusjonen og eventuelt anbefalinger til videre arbeid.

Det er brukt veiledere og fagfolk til å samle mye av litteraturen for å sikre at kildene er pålitelige og relevante for oppgaven. Søkeord som er brukt i nettbaserte søkemotorer inkluderer følgende:

- Brannsikkerhet
- Risikoklasse 6
- KLT
- Overflatekrav

Ved innsamling av litteratur på nett har det vært stort fokus på å være kildekritisk, når man samler inn og oppsummerer litteratur skrevet av andre er det viktig at kildene er pålitelige, slik at man kan bruke resultatene fra litteraturstudiet som et grunnlag for konklusjon og eventuelt videre arbeid.

3 Teori

Kapittel 3 vil omhandle relevant teori som skal gi grunnlag for lesere av litteraturstudie til å lettere sette seg inn i problemstillingen og forstå oppgaven. Det beskrives kort hva massivtre faktisk er og hvor det kan brukes, samt generelle egenskaper materialet har og hvordan ulike faktorer vil påvirke materialet under en brann. Det blir også presentert litteratur og forskning som understøtter teorien om at synlig ubehandlet KLT i bygninger kan medbringe helseeffekter hos mennesker.

3.1 KLT

3.1.1 Hva er KLT?

KLT er lameller som er limt sammen til elementer ved hjelp av lim, stålstag, spiker, tredybler, eller skruer. KLT kan deles in i to hovedtyper; kantstilte elementer og krysslagte elementer. Kantstilte elementer består av stående lameller og her blir det brukt skruer, stålstag tredybler eller spiker som forbindelsesmiddel. Disse er veldig simple å produsere. Bruksområdet er en viktig faktor som påvirker hvilken senteravstand mellom skruene, trefuktighet og dimensjon elementet skal ha. Krysslagte elementer består av lameller i ulike sjikt som er lagt enten 90 eller 45 grader i forhold til hverandre og med lim mellom hvert sjikt. I disse elementene blir det brukt enten lim eller tredybler som forbindelsesmiddel. I krysslagte elementer kan man redusere innbrenningshastigheten ved å lime plankene kant i kant, som gir høyere tetthet i elementet. Et vanlig element har mellom 3 og 9 antall sjikt, tykkelse mellom 60-240 millimeter og opp til 14 meter i lengde (Jarle Aarstad og Geir Glasø & Aasmund Bunkholt, 2020).



Figur 1 - bilde hentet fra <https://dibk.no/om-oss/Nyhetsarkiv/utfordringer-med-krysslaminert-massivtre-i-hoye-bygninger/>

3.1.2 Bruksområder

KLT er et materiale med mange forskjellige bruksområder. Det kan bli brukt elementer i massivtre i både gulv, vegger og tak med enten bærende eller ikke-bærende funksjon. Et helt bæresystem kan bygges opp av bare massivtreelementer, samtidig kan man kombinere det med forskjellige materialer som kledning, betongpåstøp, himligniplater eller isolasjon for å oppnå andre egenskaper. Massivtre har en overflate som kan benyttes slipt, overflatebehandlet eller helt ubehandlet. Balkonger og svalganger, i eksempelvis leilighetskomplekser, har fremstått som et anvendbart og praktisk bruksområde for massivtre på grunn av sin relativt lave vekt sammenlignet med formbarhet og bæreevne (Jarle Aarstad og Geir Glasø & Aasmund Bunkholt, 2020). Figur 2 nedenfor viser et heissjaktelement av krysslaminert massivtre.



Figur 2 – Bilde hentet fra <https://kvanto.no/a/aktuelt/heissjakt-i-massivtre-en-baerekraftig-loesning>

3.1.3 Egenskaper

Massivtre har en rekke fordelaktige egenskaper som har gjort det til et fleksibelt og i nyere tid mer populært materiale i forbindelse med bygging av bolig- og næringsbygg i tre til seks etasjer. Det har mulighet til å belastes med store punktlaster som kan være en fordel i bygninger som har asymmetrisk plassering av vegger. Samtidig har det som tidligere nevnt en relativt lav vekt som reduserer belastning på andre bygningsdeler med bærende funksjon.

Luftlydisolasjonsegenskapene til massivtre vil først og fremst variere med type element og tykkelse på elementet, men ved eksponert over- og underside kan man forvente at luftlydreduksjonstallet ligger mellom 37 og 43 dB (Jarle Aarstad og Geir Glasø & Aasmund Bunkholt, 2020). Til sammenligning vil en betongkonstruksjon uten tilleggskonstruksjoner måle omtrent 50 dB (Byggeindustrien, 2018).

Trinnlydsnivå er også en viktig egenskap når det kommer til bygging av blant annet næringsbygg, boliger og fleretasjes hus. Gangtrafikk er en av de vanligste årsakene til trinnlyd, det oppstår vibrasjoner i konstruksjonen som indirekte utstråler lyd på andre siden. Denne lyden måles i lydtrykk (dB), og ved bruk av massivtre eksponert på begge sider av etasjeskille måler man mellom 77-85 dB. Type element og tykkelse på elementet vil påvirke dette tallet (Jarle Aarstad og Geir Glasø & Aasmund Bunkholt, 2020)

3.2 Helseeffekter ved bruk av synlig massivtre

Det er kjent at natur kan ha positive helseeffekter på mennesket. En japansk studie fra 2009 undersøkte de fysiologiske effektene av «Shinrin-Yoku», som oversatt til engelsk blir «forest bathing», med 280 deltakere. «Shinrin-Yoku» handler om å tilbringe tid ute i naturen uansett aktivitetsnivå. Studiet kom frem til at «Shinrin-Yoku» kunne senke konsentrasjonen av kortisol i kroppen, senke blodtrykket, øke parasympatisk nerveaktivitet og senke sympatisk nerveaktivitet (Bum Jin Park, 2009). Naturen virker altså avslappende på kroppen. En annen japansk studie fant også ut at «Shinrin-Yoku» kunne øke aktiviteten av naturlige drepeceller i kroppen, og siden disse cellene kan drepe svulstceller i kroppen kan studiet antyde på at «Shinrin-Yoku» har forebyggende effekt mot kreftdannelse (Li, 2009).



Figur 3 - Foto: Bergersen Arkitekter AS. Hentet fra <http://www.bergersenarkitekter.no/omsorgsboliger-jarleveien-10/>

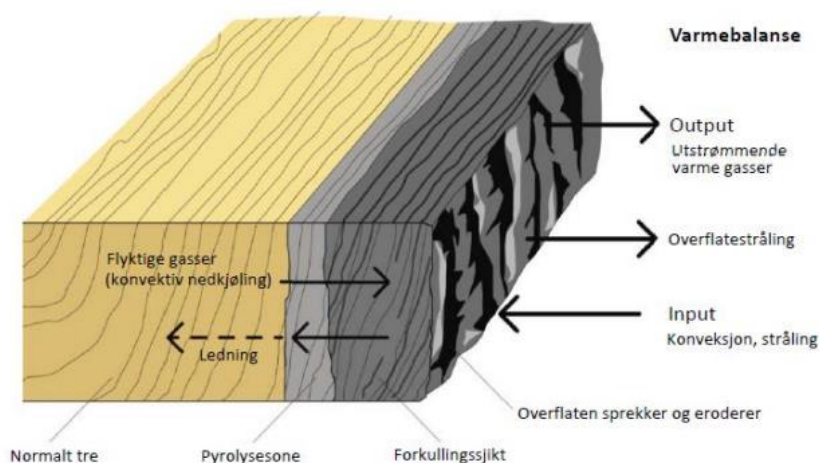
Med helseeffektene fra natur som bakgrunn har det videre blitt forsket på om det er mulig å utnytte de samme helseeffektene fra naturen innendørs ved å bringe elementer fra naturen inn i rommet, enten i form av planter, utsikt mot natur, møbler eller veggkledning av tre. I 2015 publiserte FP Innovations en litteraturstudie skrevet av dr. Sally Augustin og dr. David Fell som presenterte aktuelle forskningsresultater om sammenhengen mellom bruk av treverk i et bygget miljø og helseeffektene de medbringer (S. Augustin, D. Fell, 2019). Studiet presenterte en håndfull undersøkelser som alle pekte mot at treverk ga like resultater man har

sett ved eksponering mot naturen. Lavere sympatisk nerveaktivitet og høyere parasymptatisk nerveaktivitet førte til lavere puls, lavere blodtrykk og høyere variasjon av puls. I helsemiljøer har resultatene vist kortere restitusjonstid på pasienter på sykehus, høyere smerteterskel og bedre humør.

3.3 KLT i brann

3.3.1 Forkulling

Når tre blir utsatt for en ekstern varmekilde vil temperaturen stige jevnt til treet får en temperatur på mellom 100-105°C før veden antennes. Ved denne temperaturen vil fuktighet og vann som ligger i materialet fordampe og vi får ingen temperaturøkning før alt vannet er fordampet. Videre vil temperaturen fortsette å øke og vi vil til slutt få en pyrolyse av treverket. I denne prosessen vil det frigjøres brennbare gasser som ved høye temperaturer vil antennes. Denne forbrenningen vil utvikle mer brennbar gass ved at pyrolysen fortsetter og til slutt oppstår det brann. Når treet brenner dannes det et lag på overflaten som kalles et forkullet sjikt, som etter hvert sprer seg lengre inn i overflaten til treet (Byggforsk, 2017). Nedenfor på figur 3 ser man et bilde som illustrerer hvordan treet i praksis vil se ut etter en brannpåkjenning.



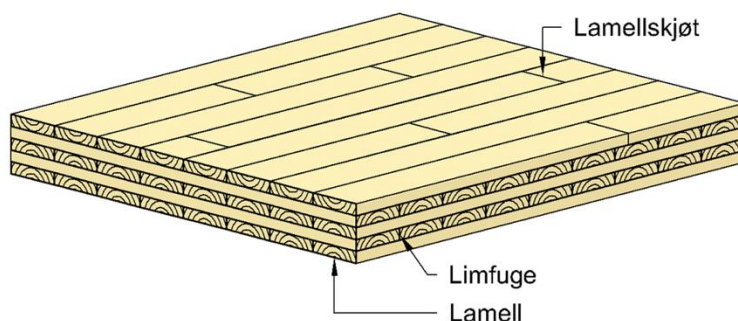
Figur 2: Forkulling av treverk (illustrasjon: Limtreboka).

Figur 4 - Bilde hentet fra https://www.limtreforeningen.no/images/bilder/Fullstendig_brannforl%C3%B8p_i_limtrekonstruksjoner.pdf

Det forkullede sjiktet vil ha en isolerende effekt og vil dermed bremse pyrolysen av det bakenforliggende materialet. Faktorer som styrer forkullingshastigheten er type treslag, trevirkets densitet, fuktinnhold, temperatur, og tverrsnittsstørrelsen. Innbrenningshastigheten regnes som konstant og vil for limtre ligge på 0,80 mm/min (Fred G. Evans, 2005).

3.3.2 Delaminering

KLT er bygd opp av lameller som er limt sammen (se figur 2), og lameller i massivtreet kan løsne fra elementet som et resultat av brannpåkjenning, dette er det vi kaller delaminering. Grunnen til at vi følger med på om delaminering oppstår, og hvor fort, er at idet en lamell løsner fra massivtreelementet vil varmeavgivelsen til treet øke og resultere i et lengre brannforløp. I et litteraturstudie utført av SP Fire Research AS (Espen Daaland Wormdahl & Ulfnes, 2017) beskrives det at et fenomen kalt «andre overtenning», som vil forårsake ny varmeutgivelse fra massivtreet og dermed forlenge brannforløpet. Dette fenomenet kan forårsakes av delaminering og forebygges så langt det lar seg gjøre. Det er derfor anbefalt å bruke lim som reduserer faren for delaminering under brann.



Figur 5 - Hentet fra <https://byggmesteren.as/2017/06/08/unnga-skadekonstruksjoner-i-massivtre/>

3.3.3 Selvslokking

Selvslokking er et begrep som beskriver en situasjon der brannen dør ut, men at det fortsatt er mer brennbart materiale igjen. I et rom som står i brann vil det være varmestråling fra alle overflatene som brenner, mengden varmestråling vil avgjøre hvor stor og hvor lenge brannen vil vare. Selvslokking kan inntreffe om man klarer å tilstrekkelig redusere intensiteten på varmestrålingen slik at forkulling og pyrolyse av vegger og tak stopper lenge nok til at alt inventaret i rommet er brent opp og det bare er overflatene i rommet som kan bidra til brannen.

4 Review

4.1 Introduksjon

I dette kapittelet vil det bli sett på hvordan utviklingen av regelverket over tid har endret sikkerhetsnivået i risikoklasse 6 i Norge. Hensikten bak dette er å danne et bilde av hvordan sikkerheten er blitt påvirket av de forskjellige tiltakene/bestemmelsene som har kommet med årene. Det er i nyere tid blitt publisert litteratur og rapporter der det er utført brannforsøk med ubeskyttet KLT i brannceller for å finne ut hvordan én eller flere slike vegger vil påvirke et brannforløp.

Review-kapittelet vil også presentere hvilke krav andre Nordiske land stiller til innvendige overflater i brannceller i risikoklasse 6.

Regelverket er bygd opp slik at det skal være lett å forstå, men det er allikevel en del ting å sette seg inn i før man kan lese regelverket uten vanskeligheter. Hensikten bak å gjøre regelverket mest mulig forståelig er for å unngå at det blir feiltolket, noe som kan resultere i at et prosjekt blir dyrere og tar lengre tid på grunn av feil som blir gjort underveis som må rettes opp i ettertid. Det blir også lettere å dokumentere at det som er blitt utført faktisk oppfyller funksjonskravet i forskriften.

4.2 Hvordan har regelverket i Norge endret sikkerhetsnivået i RK6 gjennom tidene?

I dette kapittelet ønsker vi å se nærmere på om og hvordan regelverket har endret brannsikkerhetsnivået i risikoklasse 6 (RK6) i Norge. Vi har funnet fram og gjort en gjennomgang av gamle forskrifter med belysning på spesifikke temaer for å finne eventuelle endringer i brannvernkravene som kan utgjøre en endring for sikkerhetsnivået. Temaene vi

har valgt å fokusere på er brannceller, seksjonering, brannalarmanlegg, rømningsveier, manuelle/automatiske slukkeanlegg og overflatekrav i branncellene.

Forskriftene vi har sett på er:

- Byggeforskrift 1949 (Byggeforskrifter, 1949).
- Byggeforskrift 1969 (Byggeforskrifter, 1969).
- Byggeforskrift 1985 (Byggeforskrift, 1985).
- Byggeforskrift 1987 (Byggeforskrift, 1987).
- Byggeforskrift og veiledning til byggeforskrift 1997 (Forskrift om krav til byggverk, 1997).
- Byggeforskrift og veiledning til byggeforskrift 2010 (Byggteknisk forskrift, 2010).
- Byggeforskrift og veiledning til byggeforskrift 2017 (Byggteknisk forskrift, 2017).

Nedenfor oppgis noen av kravene fra forskriftene i de respektive årene for å sammenligne kravene og se på utviklingen av regelverket.

4.2.1 Brannceller

I alle forskriftene er det satt krav til at hvert sengerom i sykehus eller pleieanstalt skal være en egen branncelle.

4.2.2 Seksjonering

Byggforskrift 1949:

Kap. 19 §2: «Brannvegg skal ha minst tykkelse på 23 cm. I bygninger av mur eller betong kan dog brannvegg av betong utføres med en tykkelse på 15cm.»

Byggforskrift 1969:

- :42 Branntrygg bygning
 - :425 Seksjonering: «Bygning for leiligheter, kontor, forretning, skole, hotell, pleieanstalt o.l. skal for hver 50 m lengde eller 800 m² grunnflate deles med brannvegg. Dog kan bygning i en etasje uten fast rominndeling tillates med grunnflate inntil 1200 m² uten seksjonering (skole, kontorlandskap o.l).»
- :43 Brannherdig bygning
 - :433 Seksjonering. «Brannherdig bygning kan oppføres med grunnflate inntil 800 m² i én etasje og 600 m² i 2 etasjer. Flere slike bygninger kan bygges inntil hverandre hvis de er skilt med brannvegg.»

Byggeforskrift 1987:

Etter tabell “37:2 Sykehus og pleieanstalters bygningsbrannklasse” er største bruttoareal pr. etasje uten oppdeling med brannvegg:

- 600 m² for bygninger med 1 etasje (brannklasse 3).
- 1200 m² for bygninger 2-4 etasjer (brannklasse 2).
- 1200 m² for bygninger med mer enn 4 etasjer (brannklasse 1).

Byggteknisk forskrift 1997:

Ingen krav i forskrift.

Veiledning:

- Branncellebegrensende konstruksjon minst EI 30/D-s2,d0

“Bygninger i risikoklasse 6 beregnet for sykehus og pleieinstitusjoner, må deles vertikalt i minimum to brannseksjoner, slik at sengepasienter kan forflyttes/evakueres horisontalt til sikkert sted i tilfelle brann.”

Byggteknisk forskrift 2010:

- §11-7 Brannseksjoner:
 - (1) *«Byggverk skal deles opp i brannseksjoner slik at brann innen en brannseksjon ikke gir urimelig store økonomiske eller materielle tap. En brann skal, med påregnelig slokkeinnsats, kunne begrenses til den brannseksjonen der den startet».*
 - *«Byggverk i risikoklasse 6 beregnet for sykehus og pleieinstitusjoner, må deles vertikalt i minst to brannseksjoner. Hensikten er at sengepasienter kan forflyttes/evakueres horisontalt til sikkert sted i tilfelle brann.»*

Byggteknisk forskrift 2017:

- §11-7 Brannseksjoner:
 - (1) *“Byggverk skal deles opp i brannseksjoner for å sikre liv og helse der rømning og redning kan ta lang tid, hindre urimelige store økonomiske eller materielle tap og bidra til at en brann, med påregnelig slokkeinnsats, begrenses til den brannseksjonen der den startet.*
 - Tabell 2: Brannmotstand for seksjoneringsvegg: Seksjoneringsveggenes brannmotstand må være minst REI 90-M A2-s1,d0.

4.2.3 Rømningsvei

Byggforskrift 1949:

- Kap. 33 §1: «*Fra alle oppholdsrom og arbeidsrom skal det være uhindret adgang til minst to trapper eller utganger, som ikke må ligge lengere fra hverandre enn 25 m.*»
- Kap. 33 §3: «*Enhver trapp skal føres i lukket gjennomgående trapperom i hele sin lengde og ha gode stigningsforhold.*»

Byggforskrift 1969:

- :511; «*Rom for varig opphold skal ha uhindret adgang til 2 rømningsveger (trapper, ganger, utganger) som er uavhengig av hverandre hvis minste avstand fra terreng til vindusbrett i rommet eller nærliggende tilgjengelig rom er større enn 5 m. Hvis minste avstand er mindre enn 5 m kan vinduer som kan åpnes regnes som rømningsvei. Dette gjelder også for rom for varig opphold i kjeller.*»
- :512; «*I bygning med branntrygg trapp eller branntrygg og røykfri trapp bortfaller kravet om 2 rømningsveger når den golvflate som sogner til en trapp og avstanden til trappen oppfyller bestemmelsene i henholdsvis :514 og :515. Bygningsrådet kan tillate at enkelte rom til varig opphold på loft over 2. etasje bare har adgang til en trapp.*»

Byggforskrift 1985:

- Kap- 37 Sykehus og pleieanstalter :61 Rømningsveg:

“Fra branncelle skal det være uhindret adgang til to rømningsveger utført etter kap. 30:7.”

“Minst ett vindu i sengerom skal utformes slik at det kan brukes som rømningsveg i tillegg til de to andre. Avstand fra oppholdsplass til rømningsveg skal være høyst 2 m. Avstand måles langs en på forhånd planlagt fremkommelig veg.”

“Dør fra branncelle skal ligge mellom trappene med høyst 30 m til nærmeste trapp. Dog kan rom legges til del av rømningsveg som ikke ligger mellom trappene når avstand til nærmeste trapp er høyst 7 m.”

“Bygning med inntil 8 etasjer og med golv inntil 22 m over terreng skal ha minst to lukkede trapperom”

“Bygning med flere enn 8 etasjer eller med golv mer enn 22 m over terreng skal ha minst to branntrygge trapperom.”

“Trappene skal utformes slik at båretransport kan foregå uhindret”

“Korridor som er lengere enn 30 m skal deles med flammestoppende dør F 15 S i avstander høyst 30 m.”

Byggeforskrift 1987:

- Forskriftskravene fra byggeforskrift 1987 er like som kravene fra 1985.

Byggteknisk forskrift 1997:

- § 7-27 Rømning av personer:

3. Utgang fra branncelle:

«Fra branncelle skal det være minst én utgang til:

- sikkert sted, eller

- rømningsvei som har to alternative rømningsretninger som fører videre til forskjellige rømningsveier eller sikre steder.»

Veiledning til byggteknisk forskrift 1997 viser også til at det i RK6 må være tilgang til et vindu som kan åpnes i tillegg til de to ordinære rømningsveiene fra hver branncelle.

- 4. Rømningsvei:
 - *«Rømningsvei skal på oversiktlig og lettfattelig måte føre til sikkert sted. Den skal være utført som egen branncelle tilrettelagt for rask og effektiv rømning.»*
 - *«Der rømningsvei går over flere etasjer, skal trapp skilles fra den øvrige rømningsvei og andre brannceller, slik at trappens funksjon som sikker rømningsvei ivaretas i den fastlagte tilgjengelige rømningstid.»*

Byggteknisk forskrift 2010:

- § 11-14. Rømningsvei
 - (1): *«Rømningsvei skal på oversiktlig og lettfattelig måte føre til sikkert sted. Den skal ha tilstrekkelig bredde og høyde og være utført som egen branncelle tilrettelagt for rask og effektiv rømning.»*
 - *Veiledning 4b: «I byggverk i risikoklasse 3,5 og 6 må fri bredde i rømningsvei være minimum 1,2 m. Unntak gjelder boliger i risikoklasse 6 i samsvar med §11-2 Tabell 1, hvor fri bredde kan være minimum 0,9 m.»*
 - *Veiledning 6: «I byggverk hvor transport av sengeliggende personer er nødvendig, må bredden av rømningsvei tilpasses dette.»*
 - (2): *“Der rømningsvei går over flere etasjer, skal trapp skilles fra den øvrige rømningsvei og andre brannceller, slik at trappens funksjon som sikker rømningsvei ivaretas i den fastlagte tilgjengelige rømningstid.»*
 - (3): *«Rømningsvei som inneholder to rømningsretninger, skal deles opp i hensiktsmessige enheter slik at røyk og branngasser ikke blokkerer begge rømningsretningene.»*

- *Veiledning 1: «Korridor som er lengre enn 30 m må deles med bygningsdel og dør minst klasse E 30-CS [F 30S] med innbyrdes avstand på høyst 30 m.»*
- (5): *«Dør i rømningsvei skal prosjekteres og utføres slik at den sikrer rask rømning og slik at det ikke oppstår fare for oppstuvning. Følgende skal minst være oppfylt:*
 - *A) Dør skal ha tilstrekkelig bredde og høyde, og den skal være lett å åpne uten bruk av nøkkel.*
 - *B) Dør skal slå ut i rømningsretning.»*

Byggteknisk forskrift 2017:

Det er ingen spesielle strengere krav i TEK17 i forhold til TEK10 til rømningsveier.

4.2.4 Brannalarmanlegg

Byggteknisk forskrift 1949:

- Kap. 33 §9: *«I den utstrekningen det finns påkrevd, skal bygningen utstyres med godkjent brannalarmanlegg, som om mulig tilknyttes det offentlige brannsignalanlegg.»*

Byggforskrift 1987:

- 37:81: Brannalarmanlegg
 - *«Det skal være brannalarmanlegg.»*
 - *«Anlegget skal varsle betjeningen og andre som alarmen er beregnet på slik at de som er utsatt for fare vil kunne bli evakuert så tidlig som mulig.»*
 - *«Alarmanlegget skal utføres slik at brannen lett kan lokaliseres»*

Byggteknisk forskrift 1997:

- § 7-27 Rømning av personer
 - 2. Tiltak for å påvirke rømningstider:

“Byggverk beregnet for virksomhet i risikoklasse 4 skal alltid ha nødvendig antall røykvarslere, mens byggverk beregnet for virksomhet i risikoklasse 5 og 6 skal ha automatisk brannalarmanlegg.”

Byggteknisk forskrift 2010:

- § 11-12 Tiltak for å påvirke rømnings- og redningstider:
 - (2): *“Byggverk skal ha utstyr for tidlig oppdagelse av brann slik at nødvendig rømningstid reduseres.”*
 - A) *“Byggverk beregnet for virksomhet i risikoklasse 2 til 6 skal ha brannalarmanlegg.”*

Byggteknisk forskrift 2017:

- § 11-12 Tiltak for å påvirke rømnings- og redningstider:
 - (2): *“Byggverk skal ha utstyr for tidlig oppdagelse av brann slik at nødvendig rømningstid reduseres.”*
 - A) *“Byggverk beregnet for virksomhet i risikoklasse 2 til 6 skal ha brannalarmanlegg.”*

4.2.5 Slukkeanlegg

Byggforskrift 1949:

- Kap. 33 §8:
 - «I alle etasjer skal det ved hvert trapperom være brannkran (minst 5/4 tommer) med påskrudd slange av samme dimensjon og tilstrekkelig lengde forsynt med strålerør, eller annet godkjent slokkingsapparat anbrakt i tydelig merket skap.»

Byggeforskrift 1985:

- :91 Slokkingsvann for brannvesenet:

“I bygning med øverste golv mer enn 22 m over terreng skal det i trapperommet være stigeledning for tilkopling av vann for brannslukking. Ledningen skal ha innvendig diameter av minst 65 mm, og skal i nedre ende kunne koples til brannvesenets pumper. I etasjene skal det være dobbelt uttak for brannvesenets slanger i minst hver annen etasje. Alle koplinger skal være lett tilgjengelige og plasseres hensiktsmessig i nisje med låsbar dør.”
- Kap. 37:7 Slokkingsredskap:

“I hver etasje skal det ved hvert trapperom eller utgang være en brannslange med tilstrekkelig lengde til å nå inn i hvert rom. Bygningsrådet kan kreve håndlokkingsapparater.”

Byggeforskrift 1987:

- Kap. 37:7:

«I hver etasje skal det ved hvert trapperom eller hver utgang være en brannslange med tilstrekkelig lengde til å nå inn i hvert rom. Bygningsrådet kan kreve håndlokkingsapparater.»

Byggteknisk forskrift 1997

- § 7 -27: 2. Tiltak for å påvirke rømningstider:

“I slike byggverk (bygg RK 5 og 6) av mindre størrelse kan det likevel brukes røykvarslere dersom rømningsforholdene er særlig oversiktlige. Der slike tiltak ikke er tilstrekkelige, skal tilgjengelig tid for rømning økes ved bruk av aktive tiltak, som automatisk brannsløkkingsanlegg, røykkontroll mv.”

Byggteknisk forskrift 2010

- § 11-16. Tilrettelegging for manuell sløkking:

(1): *«Byggverk skal være tilrettelagt for effektiv manuell sløkking av brann»*

Veiledning: «Slokkeutstyr skal kunne benyttes av personer i byggverket for å slokke et brannpilløp i en tidlig fase. Brannslanger og håndsløkkeapparater vil være egnet slokkeutstyr for de fleste branner. Ved spesielle risikoer som brann i frityrolje, brann i metaller mv. kan det være behov for andre typer sløkkemidler.»

(2): *«I eller på alle byggverk der brann kan oppstå, skal det være manuelt brannsløkkeutstyr for effektiv sløkkeinnsats i brannens startfase. Dette kommer i tillegg til et eventuelt automatisk brannsløkkeanlegg.»*

Veiledning: «Byggverk i risikoklasse 3, 5 og 6 hvor det er trykkvann, må ha brannslange. Dersom det ikke er tilgang på tilstrekkelig mengde vann, må byggverket ha håndsløkkeapparater.»

- § 11-12. Tiltak for å påvirke rømnings- og redningstider:

(1b): *«Byggverk i risikoklasse 6 skal ha automatisk brannsløkkeanlegg.»*

Byggteknisk forskrift 2017:

- § 11-16. Tilrettelegging for manuell sløkking:

(1): *«Byggverk skal være tilrettelagt for effektiv manuell sløkking av brann»*

Veiledning: «Slokkeutstyr skal kunne benyttes av personer i byggverket for å slokke et branntilløp i en tidlig fase. Brannslanger og håndsløkkeapparater vil være egnet slokkeutstyr for de fleste branner. Ved spesielle risikoer som brann i frityrolje, brann i metaller mv. kan det være behov for andre typer slokkemidler.»

(2): «I eller på alle byggverk der brann kan oppstå, skal det være manuelt brannsløkkeutstyr for effektiv slokkeinnsats i brannens startfase. Dette kommer i tillegg til et eventuelt automatisk brannsløkkeanlegg.»

Veiledning: «Byggverk i risikoklasse 3, 5 og 6 hvor det er trykkvann, må ha brannslange. Dersom det ikke er tilgang på tilstrekkelig mengde vann, må byggverket ha håndsløkkeapparater.»

- § 11-12. Tiltak for å påvirke rømnings- og redningstider:

(1b): «Byggverk i risikoklasse 6 skal ha automatisk brannsløkkeanlegg.»

4.2.6 Overflatekrav

I byggeforskriftene fra 1949 og 1969 er det ikke spesifisert noe om overflatekrav i branncellene.

Byggeforskrift 1985:

Etter tabell 30:42 bestemmes kledning og overflatekravet etter byggets branntekniske klasse, som for sykehus og pleieanstalter bestemmes etter antall etasjer og kvadratmeter i tabell 37:2. Kravet for overflate er dog satt til K1 for bygg i brannteknisk klasse 1 og 2, og K2 for bygg i brannteknisk klasse 3.

Byggeforskrift 1987:

I byggeforskriften fra 1987 brukes samme krav som i forskriften fra 1985, men her er det satt et ekstra krav i tabell 30:42 om at innvendig kledning i sykehus og pleieanstalter skal være K1 også i brannteknisk klasse 3.

Byggteknisk forskrift 1997:

På side 42 i veiledningen til byggteknisk forskrift 1997 er det i en tabell 2 oppgitt at overflatekravet i brannceller i risikoklasse 6 skal være B-s1,d0 [In1]

Byggteknisk forskrift 2010 og 2017:

- I veiledningen til § 11-9 (2) står det oppført i tabell 1B for risikoklasse 6 at overflater i brannceller som ikke er rømningsvei skal være B-s1,d0 [In1].

Under vises en tabell som enkelt viser en utvikling og innstramming av regelverket for brannvern i risikoklasse 6 i Norge:

Krav	1949	1969	1987	1997	2010	2017
Branncelle						
- Hvert enkelt sykerom eller pleierom skal være en egen branncelle	X	X	X	X	X	X
Seksjonering						
- Bygg i RK 6 må deles vertikalt i minst to brannseksjoner				X	X	X
Rømningsveier						
- Uhindret adgang til 2 rømningsveier	X	X	X	X	X	X
- I tillegg skal minst ett vindu kunne brukes som rømningsvei			X	X	X	X
- Oppdeling av korridor per 30 m.			X	X	X	X
Manuelt slukkeutstyr						
- Tilrettelagt for manuell slokking av brann	X	X	X	X	X	X
Automatisk slukkeanlegg						
- Krav til automatisk sprinkleranlegg				Anbefalt	X	X
Brannalarm-anlegg						
- Automatisk brannalarmanlegg	Vurderes	Ikke nevnt	X	X	X	X
Overflatekrav						
- B-s1, d0 [In1]				X	X	X

4.3 Hva gjør andre land i Norden?

4.3.1 Danmark

Tabellene som blir henviset til nedenfor er hentet fra «Vedlegg 7 - Pre-aksepterte løsninger - Byggeseksjon der folk ikke kan komme seg i sikkerhet med egen hjelp» på Danmarks bygningsreglement (Bygningsreglementet.dk, 2018).

Tabel 4.8. Præ-accepterede løsninger for udførelse af indvendige beklædninger for bygningsafsnit, hvor personer ikke kan bringe sig i sikkerhed ved egen hjælp.

Placering	Vægbeklædning	Loftbeklædning	Gulvbelægning
Generelt	Beklædning klasse K ₁ 10 / B-s1,d0 [klasse 1 beklædning]	Beklædning klasse K ₁ 10 B-s1,d0 [klasse 1 beklædning]	-
Overflader i flugtvejsgange og flugtvejstrapper	Beklædning klasse K ₁ 10 / B-s1,d0 [klasse 1 beklædning]	Beklædning klasse K ₁ 10 / B-s1,d0 [klasse 1 beklædning]	Gulvbelægning klasse D _{fl} -s1 [klasse G gulvbelægning]

” I tabell 4.8 fremgår det at noen flater på vegg eller tak må være laget minst som kledningsklasse K1 10 / B-s1, d0 [kledning 1 i klasse 1]. For disse flatene er det akseptert at opptil 20% av vegg- og takflatene i et rom er laget minst som kledningsklasse K1 10 / D-s2, d2 [klasse 2 kledning]. Veggflatene og takflatene, som tilfredsstillere de reduserte kravene som er angitt ovenfor, må være jevnt fordelt i hele rommet. Overflatearealer er de eksponerte overflatene til en fullt utviklet brann. Ovennevnte lettelse gjelder ikke i rømningsveier eller rømningsveier. Gulvbelegg i minst klasse Dfl-s1 [klasse G gulvbelegg] i rømningsveier inkluderer gulvbelegg i gangene så vel som på ramper og trapper.” (Bygningsreglementet.dk, 2018) (Oversatt fra dansk til norsk)

Danmarks bygningsreglement benytter B-s1, d0 [klasse 1 beklædning], men det er preakseptert å kunne bruke opptil 20% av vegg- og takareal i klasse D-s2, d2 i risikoklasse 6 der personer ikke kan bringe seg selv i sikkerhet. Euroklassene definerer dette til å bety følgende:

Overtening skal tidligst skje etter 20 minutter, materialene som er brukt skal gi lite røykproduksjon, og lite/ingen brennende dråper.

4.3.2 Sverige

«Business class 5C inkluderer lokaler for helsehjelp som utfører slik omsorg at personer som er der har begrenset eller ingen mulighet til å sette seg i sikkerhet. Eksempler på lokaler er sykehuslokaler med sengeliggende pasienter eller pasienter som av andre grunner ikke er i stand til å evakuere seg. Forretningsklasse 5C trenger ikke gjelde for hele sykehusbygget der andre aktiviteter som helsestasjoner (forretningsklasse 2A / B) og kontorer (forretningsklasse 1) kan også oppstå.» (Boverket.se, 2011)

Som utdraget ovenfor presiserer så er det Business class 5C/ virksomhetsklasse 5C som tilsvarende risikoklasse 6 i Norge og er relevant for litteraturstudiet. Overflatekravet havner under «spesielle lokaler», utdypet nedenfor.

«5: 523 Spesielle lokaler

Takene og veggene inn

- møterom i virksomhetsklasse 2B og 2C,

- lokaler i klasse 5A og 5C,

- lokaler i klasse 6,

- separate kjellerom,

- brannlåser,

- større garasjer som ikke tilhører småhus, og

- storkjøkken skal utformes slik at overflatelagene deres bare kan gi et ubetydelig bidrag til en merkevareutvikling.

Generelle råd

Med større garasje menes garasje som er større enn 50 m². Tak- og veggoverflater skal ha en overflateklasse på minst klasse B-s1, d0. Overflatelaget skal festes til materialer i klasse A2-s1, d0 eller til kledning som lavest klasse K210 / B-s1, d0. **Veggoverflater i rom i forretningsklasse 5A og 5C og store kjøkken kan være laget med overflatelag av klasse C-s2, d0 festet til materialer av A2-s1, d0 eller klær i klasse K210 / B-s1, d0. Takflater skal ha overflatelag av klasse B-s1, d0 festet på materialer av A2-s1, d0 eller kledning i klasse K210 / B-s1, d0.**

(BFS 2013: 14).» (Boverkets byggregel, 2015)

4.3.3 Finland

Tabellen under er hentet fra “Decree of the Ministry of the Environment on Fire safety of Buildings” i kapittelet “Fire Safety” (Ministry of the Environment, 2017)

Table 7. Class requirements for internal surfaces

Use	Surface	Fire class of building		
		P1	P2	P3
Dwellings	walls and roofs	D-s2, d2 ¹⁾	D-s2, d2 ⁴⁾	D-s2, d2 ¹⁾
Accommodation premises	walls and roofs	D-s2, d2	B-s1, d0 ⁴⁾²⁾ (C-s2, d1 * ⁴⁾²⁾)	D-s2, d2
Institutions	walls and roofs floors	B-s1, d0 D _{FL} -s1	B-s1, d0 ⁴⁾ D _{FL} -s1	D-s2, d2 -
Assembly and business premises - fire compartment maximum 300 m ² : restaurants, shops, schools, sports halls, theatres, churches, day-care centres and day-care institutions	walls and roofs	D-s2, d2	D-s2, d2 ⁴⁾	D-s2, d2
- fire compartment exceeding 300 m ² : restaurants, schools, sports halls, theatres, churches, day-care centres and day-care institutions	walls and roofs	C-s2, d1 (D-s2, d2 *)	C-s2, d1 ⁴⁾ (D-s2, d2 * ⁴⁾)	D-s2, d2
- fire compartment exceeding 300 m ² : shops, exhibition halls and libraries	walls and roofs floors	B-s1, d0 (C-s2, d1 *) D _{FL} -s1	B-s1, d0 ⁴⁾ (C-s2, d1 * ⁴⁾) D _{FL} -s1	B-s1, d0 (C-s2, d1 *) -
Office premises	walls and roofs	D-s2, d2 ¹⁾	B-s1, d0 ⁴⁾²⁾ (D-s2, d2 * ⁴⁾)	D-s2, d2 ¹⁾

“Section 5

Intended use of the building A building or its fire compartment shall be classified based on its intended primary use. For the purposes of this Decree:

- 1) dwellings refers to premises used as residences, such as residential apartments and leisure apartments;*
- 2) accommodation premises refers to premises such as hotels, holiday homes and residential homes that are normally in use 24 hours a day and where no one is under care or in confinement;*
- 3) institutions refers to premises such as hospitals, homes for the elderly, closed prisons and day-care centres that are in use 24 hours a day, and where people are under care or in confinement;” (Ministry of the Environment, 2017)*

Regelverket I Finland deler brannklassene opp i P0, P1, P2 og P3, hvorav P0 skal bare brukes når byggverket er designet helt ved å bruke en prosedyre basert på brannsimulering. Ovenfor ser man at den relevante kategorien ifølge definisjonen til The National Building Code er «Institutions». Her defineres det et overflatekrav tilsvarende minimum B-s1, d0; Overtenning skal inntreffe tidligst etter 20 minutter, produktet gir liten røykproduksjon, og skal ikke avgi flammende dråper eller partikler.

4.3.4 Island

Tabellen nedenfor er hentet fra Islands offisielle bygningsforskrift «Byggingarreglugerð» (Byggingarreglugerð, 2012)

Tafla 9.03 Krafa um sjálfvirk úðakerfi í mannvirkjum.

Notkunar-flokkur	Stærðarmörk
1	Lager- og iðnaðarhúsnæði yfir 2.000 m ² . Bilgeymslur með loft undir yfirborði jarðar. Bilgeymsla > 600 m ² með gólf undir yfirborði jarðar, en loft við eða yfir yfirborði jarðar nema hún sé búin reyklosun skv. 9.8.4. gr. Gólf má telja ofanjarðar ef a.m.k. tvær hliðar eða hálf ummálið (á neðstu hæð) er alveg upp úr jörð. Bilgeymsla > 2.000 m ² með gólf yfir yfirborði jarðar nema hún sé búin reyklosun skv. 9.8.4. gr.
2	Leiksvið > 100 m ² . Verslanir > 2.000 m ² á einni hæð og > 1.000 m ² á tveimur hæðum eða fleiri. Bilgeymslur, sönnu kröfur og fyrir bilgeymslur sem falla undir notkunarflokk 1.
3	Engin krafa.
4	Engin krafa.
5	Sjúkrahús og stofnanir fyrir aldræða og fatlaða.
6	Lokaðar deildir sjúkrahúsa o.þ.h.

Ovenfor ser man feltet markert med blått, her presiseres det at «Sykehus og institusjoner for eldre og funksjonshemmede» ligger i brukskategori 5. Videre ned i bygningsforskriften under kapittel 9.6.8 «Vegger, tak og inventar» står følgende:

«Prinsipper: Følgende prinsipper gjelder byggematerialer i vegger, tak og inventar:

1. Innendørsluft og veggbelegg skal være av klasse 1, K210 B-s1, d0. Bekledning av kategori 2 kan brukes i opptil to-etasjes bygninger i bruksklasse 3. Veggbelegg kan også være i kategori 2 i konstruksjoner i bruksklasse 1, mindre enn 200 m², og i haller, mindre enn 100 m², i konstruksjoner i bruksklasse 2.» (Byggingarreglugerð, 2012)

Det er K210 B-s1, d0 som er minimumskravet for overflater i vegger tak og inventar, det kan dog brukes kategori 2 bekledning i enkelte tilfeller i bruksklasse 3 og under. Da vi begrenser oss til tilsvarende risikoklasse 6 i Norge, så er det bruksklasse 5 i Island, som betyr Sykehus og omsorgsboliger mm. der folk ikke er i stand til å bringe seg selv i sikkerhet, som er gjeldende.

4.4 Litteratur - Brannforsøk med ubeskyttet KLT

I 2015 publiserte SP Fire Research en rapport der det ble utført 2 tester i et brannforsøk i forsøkshallen deres i Trondheim (SP Fire Research, 2015). Testen omfattet en typisk hybel i et studenttårn med en tilliggende korridor. I test 1 brukte de synlig massivtre på én av veggene og med sprinkleranlegg aktivert, mens i test 2 hadde de tilsvarende vilkår, men med deaktivert sprinkleranlegg. Resultatet fra testene konkluderte med at sprinkleranlegget er avgjørende for å kunne stoppe brannen. I test 1 utløste sprinkleranlegget seg etter ca. 2 minutter, som gjorde at brannen sloknet relativt fort. Bare mindre branner gjenstod der vannet fra sprinkleranlegget ikke traff direkte. Den ubeskyttede massivtreveggen bidro ikke til brannforløpet da brannen ikke varte lenge nok til å antenne veggene.

I test 2 ble det observert at det brant igjennom den ubeskyttede massivtreveggen og brannen ville med stor sikkerhet kunne spres til andre arealer i bygget. Det var indikatorer på at massivtreet slipper i lamellene, og at det derfor kan være fordelaktig å bruke tykkere lameller i massivtreet for å forsinke innbrenningsprosessen ved at maksimal innbrenningsdybde oppstår før det er brent gjennom hele lamellen. Brannforsøkene ansees som mangelfulle i forhold til å avgjøre hvordan brannen hadde spredt seg videre i bygget. Avslutningsvis anbefales det å undersøke videre om ulike bygningselementer- og detaljer klarer å tilfredsstille sikkerhetsnivået som kreves i forskriftene ved økende brannenergi i rommet/bygget, spesielt ved bruk av massivtre i skille- og bærekonstruksjoner som er et avvik fra VTEK17.

I 2018 publiserte National Fire Protection Association en rapport skrevet av Joseph Su, Pier-Simon Lafrance, Matthew Hoehler og Matthew Bundy. Rapporten tar for seg et omfattende storskala brannforsøk utført i Canada (Su, Lafrance, Hoehler, Bundy, 2018). Hensikten med brannforsøkene var å finne ut hvordan KLT påvirkes av brann i strukturer som høye bygninger forventes å ha. Det ble utført totalt 6 tester, der de varierte blant annet hvor mange vegger som var tildekket med gipsplater og ventilasjonsåpning. Test 1-1 var en KLT konstruksjon som var helt beskyttet på alle overflater med tre lag gipsplater, som blir brukt som referanse til de 5 resterende testene. Dimensjonene på rommet som ble brukt er 9,1m x 4,6m x 2,7m. De viktigste faktorene som ble dokumentert fra brannforsøkene var ventilasjon til rommet, varmeavgivelseshastighet, total varmeavgivelse, og forkulling av KLT-elementene.

Test 1-3 og 1-5 var testene der det ble benyttet én ubeskyttet KLT-vegg i rommet (21% av totalt overflateareal), forskjellen mellom testene var ventilasjonsåpningen, hvorav test 1-3 hadde noe større ventilasjonsåpning i forhold til test 1-5. Resultater fra testene viste at alle konfigurasjonene med ubeskyttet massivtre opplevde overtenning tidligere enn i referansetesten 1-1. Ubeskyttet KLT gav mer brannenergi i tillegg til inventaret.

Topptemperaturen inne i rommet var dog noe lik som i test 1-1, men varmeavgivelseshastigheten og varmestrålingen til utvendig fasade var høyere enn i test 1-1. Alle testene med eksponert KLT-overflater, utenom test 1-3 som hadde en større ventilasjonsåpning og hvor brannen hadde en tendens til å avta, opplevde en såkalt «andre overtenning» når nytt trevirke ble eksponert på grunn av delaminering. Ellers så var brannen kontinuerlig intens uten tegn til å avta. Da delaminering var en av hovedgrunnene til at brannen utviklet seg til «andre overtenning» stilles det spørsmål til om tykkelse på lameller i KLT-elementet og/eller et mer temperaturbestandig lim ville sinket eller forhindret delaminering. I ettertid av forsøkene ble det brukt «Simulated thermal elements (STE)» som de brukte til å simulere en tid-temperatur-graf av testrommet som et hurtigutløsende sprinklersystem ville forårsaket. Alle STE simuleringene konkluderte med at brannen ville blitt avgrenset til antennespunktet, og ingen av testene ville resultere i en «andre overtenning».

Rapporten avsluttes med en anbefaling om å undersøke å teste bidraget av ubeskyttet KLT til en brann der delaminering ikke inntreffer.

Carleton University i Ottawa, Ontario publiserte en masteroppgave skrevet av Alejandro R. Medina Hevia der oppgaven gikk ut på å finne ut prosentvis hvor mye areal ubeskyttet KLT en branncelle kan ha som vil gi resultater tilsvarende en helt brannbeskyttet branncelle (Medina Hevia, 2014). Det ble utført 3 tester med ulike konfigurasjoner, hvorav test 1 og 2 hadde to av fire vegger ubeskyttet KLT, og test 3 hadde bare én ubeskyttet KLT-vegg. KLT-elementene som ble brukt bestod av 3 lameller med 105mm tykkelse. Resultatene fra Medina Hevias tester ble sammenlignet med 5 tester utført av McGregor i Ottawa, Canada (McGregor, 2013). Disse testene hadde tilnærmet identiske konfigurasjoner. 3 av McGregors tester hadde alle overflater beskyttet med gipsplater, som ga et godt grunnlag for sammenligning med Medina Hevias delvis ubeskyttede vegger.

Test 1 hadde bakvegg og sidevegg ubeskyttet, test 2 hadde begge sideveggene som stod ovenfor hverandre ubeskyttet, og test 3 hadde bare én av sideveggene i ubeskyttet massivtre.



Figur 6 - Illustrasjon av testoppsettet brukt i Medina Hevias brannforsøk. (Medina Hevia, 2014, s.53)

Alle de beskyttede veggene samt taket brukte to lag gipsplater som beskyttelse. Andre overtenning fant sted i test 1 og test 2 (to av veggene var ubeskyttet) som førte til at brannen ikke sloknet av seg selv og måtte slukkes manuelt. Årsaken til dette var delaminering av KLT-elementene, som gjorde at den øverste og forkullede lamellen falt av og gav brannen tilgang til nytt ferskt trevirke. Det ble spekulert i om delaminering kunne vert unngått eller forsinket om limet som ble brukt i KLT- elementene hadde hatt et høyere smeltepunkt. Test 3 (én ubeskyttet vegg) gav andre resultater, etter at alt inventaret i rommet var brent opp bidro ikke den ubeskyttede KLT-veggen i særlig stor grad til brannen, og til slutt sloknet brannen av seg selv. Test 3 oppførte seg i stor grad som testene utført av McGregor med alle overflater beskyttet.

Konklusjon og videre anbefalinger fra Medina Hevia er at et rom med dimensjoner 4,5m x 3,5m x 2.5m og en døråpning på 2m x 1m og én ubeskyttet KLT-vegg som tilsvarer 29,7% av totalt veggareal presterer i høy grad som et fullt beskyttet rom og resulterer i begge tilfeller i selvslokking. Han anbefaler å utforske effektene av å bruke tykkere lameller i KLT-

elementene, høyere smeltepunkt på limet mellom lamellene, bruk av KLT i himling (med og uten sprinkleranlegg), og effektene av større/mindre ventilasjonsåpninger.

Rise Fire Research publiserte i 2019 en forskningsrapport der de gjennomgikk en rekke brannforsøk fra forskjellige land (N. K. Reitan, K. L. Friquin, R. F. Mikalsen, 2019).

Hovedfokuset lå i å finne ut hvordan beskyttet og ubeskyttet KLT bidro til brannutviklingen i et rom. Det ble sett på totalt 42 forsøk, hvorav ett i Estland, fem i Skottland, fem i Nederland, to i Trondheim, 13 i USA, 15 i Canada og ett i Australia.

Litteraturstudiet konkluderer med følgende:

- Brannforsøkene som var gjennomgått viser at rom der det er brukt ubeskyttet KLT inntreffer overtenning noen minutter raskere enn fullt beskyttede rom.
- Maksimaltemperaturen i forsøk der det er benyttet ubeskyttet KLT, uavhengig av andel eksponerte overflater, viser seg å være mer eller mindre lik som i brannforsøk med fullt beskyttede overflater. Det er dog forskjell i andre faser av brannforløpet, som varmeavgivelseshastigheten, hvor den er noe høyere enn i rom med beskyttet KLT.
- Temperaturutviklingen kan ifølge forskning presentert i nyere tid avgrenses til å være lik ubrennbare konstruksjoner ved å benytte bare én ubeskyttet KLT-overflate i branncellen, eller ved at delaminering av KLT-elementet ikke oppstår som et resultat av å bruke lim med høyere temperaturmotstand.
- Det vil kunne være større og mer intensive flammer over ventilasjonsåpninger, eksempelvis vinduer.
- Om det er riktig dimensjonering av lamelltykkelser, samt bruk av en mer temperaturbestandig lim, og tilstrekkelig beskyttelse av KLT, vil brannen etter hvert avta og temperaturen vil falle vesentlig. De anslår at brannen enkelt kan sløkkes i det tilfellet.
- Det er nødvendig med flere tester og dokumentering av hvordan forskjellige konfigurasjoner av KLT vil påvirke brannforløpet slik at dataen kan bli brukt til utvikling av simulerings- og beregningsmodeller til å simulere forskjellig bruk av KLT i brannceller.

5 Diskusjon og analyse

5.1 Regelverk

5.1.1 Norge

Etter en gjennomgang av tidligere byggeforskrifter har vi sett at sikkerhetsnivået i regelverket har endret seg gjennom de siste 70 årene. Til felles ser man at det har skjedd en innstramming i sikkerhetskravene som for eksempel strengere krav til seksjonering, rømningsvei og brannslukkesystemer. Det viktigste tiltaket for å påvirke rømnings- og redningstider som har blitt et krav fra og med TEK10 er kravet om automatisk brannsløkkeanlegg, da sprinkleranlegg har stort potensiale til å begrense en brann i et tidlig stadium.

En stor endring i selve oppbygningen av forskriftene kom i 1997 da forskriften for første gang ble funksjonsbasert i veiledningen (VTEK). Veiledningen til den byggtekniske forskriften forklarer forskriftens krav og gir eksempler på hvordan kravene kan tilfredsstilles i praksis. Risikoklasser og brannklasser ble også presentert i 1997, som setter grunnlaget for prosjektering av bygninger etter deres bruksmål og konsekvens av en mulig brann. I de tidligere forskriftene ble brannsikkerhet basert på etasjer og kvadratmeter. Det ble også tatt i bruk eurokodene for benevning av materialers egenskaper i brann, for eksempel B-s1,d0 istedenfor den norske koden In1.

5.1.2 Andre Nordiske land

Litteraturstudiet har også vært innom regelverket til andre Nordiske land, henholdsvis Danmark, Sverige, Finland og Island, for å utforske hvilke preaksepterte løsninger de praktiserer. Regelverket i de andre landene bruker ikke «risikoklasse 6» slik vi gjør i Norge, så vi har da brukt «bygninger/boliger der folk ikke nødvendigvis er i stand til å redde seg selv» som en fellesfaktor for sammenligning av overflatekrav. Det tas forbehold om noe oversettelsesavvik i referering til regelverk på fremmedspråk. Eksempelvis er regelverket til

Island bare utgitt på Islandsk.

Overflatekrav i preaksepterte ytelser som tilsvarende B-s1, d0 går igjen i samtlige regelverk, men i Sverige kan man i tillegg benytte en noe redusert ytelse til overflaten festet på en overflate med høyere ytelse, preakseptert løsning er overflate av C-s2, d0 som er festet til materiale av klasse A2-s1, d0, eller vanlig bekledning i klasse B-s1, d0. Idéen bak dette er veldig interessant, noe av utfordringen med å bruke ubeskyttet KLT i brannceller er den raske varmeutviklingen det kan forårsake frem til treverket er fullstendig forkullet, samtidig er delaminering av lameller i KLT-elementene også en av usikkerhetene som kan forlenge og intensivere brannforløpet. Er det mulig å få til en konfigurasjon som eliminerer dette? Ved å for eksempel feste en tynn KLT overflate oppå brannbeskyttelsen (gipsplatene) i et rom, slik at man drar nytte av synlig KLT samtidig som overflaten forkulles raskt og gir et minimalt bidrag til brannen uten å eksponere nytt trevirke. Det kunne vært interessant å utforske effektene av en slik konfigurering.

I Dansk regelverk er det en preakseptert ytelse i rom der personer ikke kan bringe seg selv i sikkerhet med minimumskrav B-s1, d0 å bruke opptil 20% av vegg- og takareal av kledningsklasse D-s2, d2. Her åpnes det altså for at 20% av overflaten i rommet kan ha redusert ytelse, men samtidig tilfredsstillende sikkerhet. Dette er av stor interesse i forbindelse med litteraturstudiet, det samsvarer i stor grad med problemstillingen vår om å benytte ubeskyttet KLT i brannceller med ellers strengere krav til overflater.

5.2 Brannforsøk – litteratur

Litteraturen som har blitt gjennomgått viser til brannforsøk utført i en rekke land, blant annet Canada, USA, Skottland og Norge. Hovedfokus i samtlige av brannforsøkene har vært å utforske effektene ved bruk av ubeskyttet KLT i brannceller. Resultatene har bidratt til å gi en bedre forståelse av hvilke utfordringer dette medbringer, og hvilke forhold som har størst påvirkning på brannforløpet.

5.2.1 Hvor mange ubeskyttede overflater?

Mange av brannforsøkene har variert hvor mange, og hvilke, overflater i et rom man benytter ubeskyttet KLT. Rise Fire Research sin rapport fra 2019, hvor de gjennomgikk totalt 42 forsøk, konkluderte med at en optimal konfigurasjon vil være én ubeskyttet KLT-vegg og at flere ubeskyttede KLT-vegger er en uønskelig konfigurasjon med tanke på brannforløpet. Mye av forskningen viser at om man har flere ubeskyttede overflater i en branncelle så vil KLT-overflatene gi et for stort bidrag til brannen og faren for spredning og/eller «andre overtenning» er stor. En rapport fra Treteknisk ble publisert i 2016 der de gjennomførte fokusgrupper for å få en forståelse av folks preferanser når det kommer til innendørs miljø. (K. Bysheim, A. Nyrud, K. Strobel, 2016, s.48) Rapporten påpeker at det generelt ikke er ønskelig med alle overflater i synlig tre, men at en kombinasjon av materialer er foretrukket. Innendørsmiljø der et material er dominerende kan gi negative oppfatninger, for eksempel kan et rom der alle overflater består av tre minne om en gammel trehytte. Det tyder altså på at én ubeskyttet KLT-vegg kan være tilstrekkelig for å kunne dra fordeler av det.

5.2.2 Temperaturutvikling

Samtlige av brannforsøkene i litteraturen er utført med bruk av ubeskyttet KLT på én eller flere av veggene. En av fellesfaktorene, og som blir dokumentert i alle testene med ubeskyttet KLT, er at overtenning inntreffer noe tidligere enn der man har fullt beskyttede vegger.

Litteraturen viser også at selv om overtenning oppstår tidligere, så vil ikke maksimaltemperaturen være merkverdig høyere enn i rom med alle overflater beskyttet. Om branncellen har dårlig/begrenset ventilasjon så kan det ha en negativ effekt ved at brannenergien i rommet blir mer konsentrert og vil produsere større og mer omfattende flammer ut av ventilasjonsåpninger som vinduer. Dette er et forhold det kreves mer kunnskap om, og som bør tas hensyn til ved dimensjonering, da det øker fare for brannspredning til overliggende etasjer.

Et annet element som bør tas hensyn til ved dimensjonering er festemekanismer som blir brukt på brannbeskyttelsen (gipsplater). I flere av testene har nedfall av sjikt, altså at gipsplater har løsnet etter brannpåkjenning, bidratt til å forverre brannen ved at det gir tilgang på ytterligere brennbart materiale. Det vil da være hensiktsmessig å dokumentere metoder for festing av brannbeskyttelsen slik at rommet opprettholder beskyttelsen gjennom hele brannforløpet.

5.2.3 Delaminering

Delaminering har vist seg å være en kritisk faktor for om brannen vil føre til en tidligere nevnt «andre overtenning». Om delaminering oppstår og dette skjer, kan selvsløkking utelukkes, derfor er det viktig å finne konfigurasjoner som gjør at delaminering ikke inntreffer. Flere av brannrapportene har konkludert med å utforske hvordan KLT-elementene oppfører seg om man bruker et lim som har et høyere smeltepunkt. Limet som ble brukt i testene til McGregor hadde et smeltepunkt på rundt 200°C. Forkullingstemperatur for tre ligger på rundt 300°C, om man klarer å bruke en limtype med smeltepunkt over dette kan man potensielt redusere og forhåpentligvis eliminere faren for delaminering. Tykkelse på lamellene i KLT-elementene har også vist seg å gi en stor innvirkning på om delaminering vil inntreffe. Forsøkene utført i Medina Hevias masteroppgave bestod av 3 tester, hvorav KLT-elementene i test 1 og 2 hadde en annen leverandør enn KLT-elementene brukt i test 3. Test 1 og 2 resulterte i delaminering og en andre overtenning, mens i test 3 slukket brannen av seg selv. Selv om lamelltykkelsen var lik på KLT-elementene fra begge produsentene (35mm), så ble det brukt bredere lameller i test 3. Medina Hevia spekulerer i om dette kan ha bidratt til at delaminering ikke oppstod i test 3, bredere lameller betyr større kontaktflate, som betyr mer lim per planke, færre planker per lamell, og færre plankeskjøter. Det skal også sies at test 3 ikke fikk like mye varmestråling fra noen av de andre KLT-veggene som kunne bidratt til å øke temperaturen og forkullingsdybden i veggen, siden det bare var én ubeskyttet KLT-vegg i test 3. Her er det kunnskapshull som krever flere tester med forskjellige plankedimensjoner og mer temperaturbestandig lim i KLT-elementer for å avdekke effektene dette kan ha på delaminering.

6 Konklusjon

Litteraturstudiet har sett på hvordan sikkerhetsnivået i RK6 i Norge har utviklet seg med årene. Overflatekrav tilsvarende RK6 i andre Nordiske land er sammenlignet med gjeldende krav i Norge for å finne ut om det er noen betydelige forskjeller i forhold til oppnådd sikkerhetsnivå med de respektive kravspesifikasjonene. Etter en oppsummering av litteraturen som omhandler brannforsøk har vi kommet frem til følgende konklusjoner:

- Det er fortsatt flere kunnskapshull og usikkerheter rundt oppførselen til KLT i ulike brannscenarier, og det konkluderes med at det er behov for mer kunnskap for å kunne dokumentere konfigurasjoner som gir tilfredsstillende brannsikkerhet.
- Det er nødvendig med ytterligere testing og forskning for å kunne understøtte forslaget om å revidere veiledningen til TEK17 i forhold til overflatekravet. Nedenfor vil det bli gitt anbefalinger til hva som bør utforskes for å kunne nå dette målet.

6.1 Anbefaling til videre arbeid

Resultater fra litteraturstudiet har avdekket at det fortsatt flere kunnskapshull når det kommer til brannsikkerhet i brannceller med ubehandlet KLT. Nedenfor blir det punktvis beskrevet hvilke forhold som anbefales å forskes videre på.

- Brannforsøk utført med mindre ventilasjonsåpninger har vist seg å kunne gi et større bidrag til temperatur på utsiden av fasaden, altså på overflaten i naborom ved at brannen blir mer «innestengt». Dette gav også større flammer på utsiden av ventilasjonsåpninger som vindu, som igjen kan øke faren for brannspredning til overliggende etasjer. Det anbefales å forskes mer på effektene av å variere ventilasjonsåpningene til branncellen.
- Det er viktig at utførelsen av festemekanismer på brannbeskyttelsen blir gjort på riktig måte. Nedfall av gipsplater på grunn av feiling i festemekanismen har ført til katastrofale utfall i enkelte av brannforsøkene. Det kan være

hensiktsmessig å utvikle en preakseptert ytelse når det kommer til innfesting av brannbeskyttelse for å redusere risikoen for nedfall av sjikt.

- Delaminering av KLT sjikt er en av de større utfordringene tilknyttet KLT og brann. Her er det noe manglende kunnskap om hvilke faktorer som forebygger delaminering. Etter oppsummering av resultater fra forskjellige brannforsøk er det spesielt fokus på å undersøke effektene ved å bruke tykkere lameller i KLT-elementene, da dette kan ha en betydning for om maksimal forkullingsdybde oppstår før forkullingen har nådd inn til limet. Det er også ønskelig å utforske effektene ved bruk av en limtype som har høyere smeltepunkt enn forkullingstemperaturen til trevirke, som ligger på rundt 300°C.

Litteraturliste

Jarle Aarstad og Geir Glasø, T., & Aasmund Bunkholt, T. A. (2020). Massivtre. Hentet fra

<http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/20-Massivtre.pdf>

Sally Augustin, David Fell. (2015). Wood as a Restorative Material in Healthcare

Environments. FPInnovations. Hentet fra [http://pilot-](http://pilot-projects.org/pdf/FP_Innovations_Wood_as_a_Restorative_Material_in_the_Healthcare_Environment.pdf)

[projects.org/pdf/FP_Innovations_Wood_as_a_Restorative_Material_in_the_Healthcare_Environment.pdf](http://pilot-projects.org/pdf/FP_Innovations_Wood_as_a_Restorative_Material_in_the_Healthcare_Environment.pdf)

Kristian Bysheim, Anders Nyrud, Kristen Strobel. (2016) Building materials and wellbeing in indoor environments. Rapport nr. 88. Oslo: Treteknisk. Hentet fra

<http://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/rapporter/Rapport-88.pdf>

Boverkets byggregler. (2015) BBR Avsnitt 5 Brandskydd. Hentet fra

<https://www.boverket.se/globalassets/vagledning/kunskapsbanken/bbr/bbr-22/bbr-avsnitt-5>

Boverket.se. (2011) Inndelning i byggnadsklass och verksamhetsklasser. Hentet fra

<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/brandskydd/byggnadsklass-och-verksamhetsklasser/>

Byggeindustrien, K. B. o. M. B. m. t. f. (2018). Betong og miljø – lydegenskaper. Hentet fra

<https://betong.net/wp-content/uploads/5-NBweb-Betong-og-milj%C3%B8-%E2%80%93-lydegenskaper.pdf>

Byggforsk, S. (2017). *Håndbok 5*.

Byggingarreglugerð. (2012) «9.4. KAFLI Öryggisbúnaður vegna brunavarna í byggingum.»,

«9.6.8 Veggir, loft og fastar innréttingar.» Hentet fra

<http://www.mannvirkjastofnun.is/library/Skrar/Byggingarsvid/Byggingarreglugerd/Uppf%C3%A6r%C3%B0%20byggingarregluger%C3%B0%20eftir%20.%20breytingu%20-%20C3%81SS%20m.%20aoskr%C3%A1%2023.2.2019.pdf>

Bygningsreglementet.dk. (2018) Vedlegg 7 - Pre-aksepterte løsninger - Byggeseksjon der folk ikke kan komme seg i sikkerhet med egen hjelp. Hentet fra

https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/05/Vejledninger/Generel_Brand/Bygningsafsnit-i-anv-6

Cameron James McGregor. (2013). Contribution of Cross Laminated Timber Panels to Room Fires. Master Thesis. Canada, Carleton University. Hentet fra

<https://curve.carleton.ca/a2ebdee2-7ae7-4139-ad58-236c5f2c0fc2>

Direktoratet for byggkvalitet. (2017) Slik Leser du TEK17. Hentet fra

<https://dibk.no/byggereglene/alt-om-tek/slik-leser-du-tek17/>

Direktoratet for byggkvalitet. (2017) Byggteknisk forskrift. Kapittel 11 Sikkerhet ved brann.

Hentet fra <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/11/>

Direktoratet for byggkvalitet, (2010) Byggteknisk forskrift. Kapittel 11: Sikkerhet ved brann.

Hentet fra <https://dibk.no/byggeregler/tek/3/11/iii/11-9/>

Direktoratet for byggkvalitet. (2003) REN veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven, utgave 3. Hentet fra

https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere_regelverk/historisk-arkiv-1949---1987/veiledning-ren-til-forskrift-om-krav-til-byggverk-tek-3-utgave.pdf

Direktoratet for byggkvalitet. (1997). Forskrift om krav til byggverk. Hentet fra

https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere_regelverk/forskrift-om-krav-til-byggverk.pdf

Direktoratet for byggkvalitet (1987). Byggeforskrift 1987. Hentet fra

https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere_regelverk/historisk-arkiv-1949---1987/byggeforskrift-1987.pdf

Direktoratet for byggkvalitet (1985). Byggeforskrift 1985. Hentet fra

https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere_regelverk/historisk-arkiv-1949---1987/byggeforskrift-1985.pdf

Direktoratet for byggkvalitet (1983). Byggeforskrift 1969. Hentet fra

https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere_regelverk/historisk-arkiv-1949---1987/byggeforskrift-1969.pdf

Direktoratet for byggkvalitet (1949). Byggeforskrifter av 15. desember 1949, bind 2. Hentet fra https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere_regelverk/historisk-arkiv-1949---1987/byggeforskrift-1949-bind-ii.pdf

Fred G. Evans, N. T. I. (2005). Brannbeskyttet trevirke. Hentet fra <http://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/fokus-pa-tre/Fokus-nr-31.pdf>

Li, Q. (2009). Effect of forest bathing trips on human immune function.

Miljødirektoratet. (2019). Globale utslipp av klimagasser. Hentet fra <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/globale-utslipp-av-klimagasser/>

Ministry of the Environment. (2017) Decree of the Ministry of the Environment on Fire safety of Buildings. Hentet fra https://www.ym.fi/en-US/Land_use_and_building/Legislation_and_instructions/The_National_Building_Code_of_Finland/Fire_safety

Alejandro R. Medina Hevia. (2014) Fire Resistance of Partially Protected Cross-laminated Timber Rooms. Master Thesis. Canada Carleton University. Hentet fra <https://curve.carleton.ca/2aa8ad6f-c477-405a-9b41-4c3a943f7ebd>

Bum Jin Park, Y. T., Tanami Kasetami, Takahide Kagawa, Yoshifumi Miyazaki. (2009). *The physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the forest atmosphere or forest bathing): evidence from field experiments in 24 forests across Japan*. The Japanese Society for Hygiene

Nina K. Reitan, Kathinka L. Friquin, Ragni F. Mikalsen. (2019) Brannsikkerhet ved bruk av krysslaminert massivtre i bygninger – en litteraturstudie. RISE-rapport 2019:09. Hentet fra <https://risefr.no/media/publikasjoner/upload/2019/20385brannsikkerhet-ved-bruk-av-klr-rapport-9-2019.pdf>

SP Fire Research. (2015) Branntest av massivtre. Hentet fra <https://risefr.no/media/publikasjoner/upload/2015/spfr-a15101-branntest-av-massivtre.pdf>

Joseph Su, Pier-Simon Lafrance, Matthew Hoehler, Matthew Bundy. (2018) Fire Safety Challenges of Tall Wood Buildings – Phase 2: Task 2 & 3 – Criss Laminated Timber Compartment Fire Tests. Hentet fra <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Building-and-life-safety/RFTallWoodBuildingsTask2and3.ashx>

Wad, J. (2018). Massivtre stadig mer aktuelt materiale. Hentet fra <https://www.fremtidensbygg.no/massivtre-stadig-mer-aktuelt-materiale/>

Espen Daaland Wormdahl, K. H., Anne Steen-Hansen, Greg Baker og, & Ulfesnes, M. K. (2017). Brannsikkerhet i bygg med massivtre. Hentet fra <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1184737/FULLTEXT01.pdf>