



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2019 30 studiepoeng**

Fakultet for realfag og teknologi

# **Tolkning av brannregelverket for høye bygninger i massivtre**

Interpretation of Fire Regulations for Tall CLT Buildings

**Ragnhild Galtvik**

Byggeteknikk og arkitektur



## Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på det femårige masterstudiet Byggeteknikk- og arkitektur ved Norges miljø- og biovitenskaplige universitet, NMBU. Masteroppgaven er skrevet våren 2019 og omfatter 30 studiepoeng.

Oppgaven tar for seg brannregelverket for massivtrebygg over fire etasjer og tolkningsrom i regelverket. Tematikken er valgt fordi jeg er opptatt av at byggebransjen skal bli mer miljøvennlig og vil se på tiltak som gjør at tre i større grad kan benyttes som byggemateriale i bærende konstruksjoner. Samt at massivtre sine branntekniske egenskaper er et aktuelt og interessant tema.

Å skrive masteroppgave har vært en utfordrende, men samtidig lærerik prosess. Det hadde ikke vært mulig uten hjelp og støtte underveis. Jeg vil derfor gjerne takke alle informanter som stilte til intervju. Dere har spilt en helt avgjørende rolle for oppgaven. Videre vil jeg takke min hovedveileder ved NMBU, Martin Ebert, for veiledning og gode tilbakemeldinger underveis i oppgaven. Jeg vil også takke min eksterne veileder i Veidekke Entreprenør Trøndelag, Sigbjørn Faanes, for hjelp, innspill og engasjement.

I tillegg vil jeg rette en stor takk til:

Anne-Lise Lauritsen Galtvik og Andrea Galtvik for korrekturlesing.

Foreldre og søsken for støtte og pep talks ved behov.

Og sist, men ikke minst venner og medstudenter for fem fantastiske år på Ås!

Ås, Mai 2019

---

Ragnhild Galtvik



## Sammendrag

I senere tid har bygging av høye konstruksjoner i massivtre blitt en økende trend. Dette på grunn av at ny teknologi og byggemetoder gjør dette mulig, og som et tiltak for å redusere klimagassutslipp i byggebransjen. Massivtre er et miljøvennlig materiale, som består av lameller av treverk som limes sammen 90 grader på hverandre. De danner massive elementer med stor styrke og stivhet, og kan brukes i bæresystem for større konstruksjoner.

En av flere utfordringer ved bruk av massivtre er brannteknisk prosjektering. Det er manglende erfaring med massivtreets egenskaper under brann per i dag, og dette gjør det vanskelig å si hva som er sikkert nok ved brannteknisk prosjektering. Brannrådgivere går ut fra byggteknisk forskrift, veiledning til byggteknisk forskrift og Eurokode 5 når det skal prosjekteres for bærende trekonstruksjoner. Byggteknisk forskrift inneholder funksjonskrav som angir krav til et formål eller oppgave som skal oppfylles i det ferdige byggverket. Veiledning til byggteknisk forskrift angir veiledning og preaksepterte ytelser. Preaksepterte ytelser er en oppskrift som kan følges for å få godkjent funksjonskravene. Der det ikke finnes preaksepterte ytelser må det dokumenteres at funksjonskravene er oppfylt ved analyse. Analyse må utføres for trekonstruksjoner over fire etasjer. Dette gjør at det blir mer dokumentasjonsarbeid å prosjektere for brennbare kontra ubrennbare konstruksjoner, som har preaksepterte ytelser i brannklasse 3. Mangel på erfaring fra massivtrekonstruksjoner under brann, samt at det er tolkningsrom i regelverket gjør at det blir krevende med brannteknisk prosjektering.

På bakgrunn av dette er problemstillingen i masteroppgaven som følger: Hvordan tolkes brannregelverket for massivtrebygg over fire etasjer av ulike fagmiljø, og hva er følgene av tolkningsrom i regelverket? For å finne svar på problemstillingen ble kvalitativ metode benyttet, ved hjelp av dybdeintervju av brannrådgivere fra ulike fagmiljø.

Hovedfunnene i intervjuene viser at brannregelverket på vesentlige områder tolkes svært forskjellig av de ulike fagmiljøene. Spesielt punkter i regelverket som omhandler massivtre og trekonstruksjoner oppfattes ulikt. Eksempelvis er punktet om dimensjonering av et fullstendig brannforløp for trekonstruksjoner problematisk. Det er også andre vage formuleringer i regelverket som har ulik oppfatning blant fagmiljøene. Regelverket består av funksjonskrav, hvilket gir tolkningsrom og skal gi muligheter for innovasjon og nytenkning. Likevel er det utfordrende at det er så stor uenighet om hvordan brannteknisk prosjektering av massivtrekonstruksjoner over fire etasjer skal løses. Det fører til at mye er opp til den enkelte brannrådgiver når det prosjekteres, og at det er stor usikkerhet om de kvalitative egenskapene av løsningene som blir brukt. Stor usikkerhet gjør at brannsikkerhetsnivået varierer, fra at byggene blir for brannsikre til at de blir for lite brannsikre. Et bygg som er for brannsikkert har lenger prosjekteringstid, lenger byggetid, og generelt flere kostnader, og kan resultere i at byggherre og entreprenør unnlater å bygge slike bygg. Et for lite brannsikkert bygg kan gi fatale konsekvenser for person- og verdissikkerhet, og sikkerhet for rednings- og slokkemannskaper.

For å unngå at noen av tilfellene skjer må det forskes mer på de branntekniske egenskapene til massivtre, for å få sikre forskningsresultater. Sikre forskningsresultater vil gi kunnskap til å utbedre regelverket, lage en dekkende standard for beregning og gi fagmiljøene en enhetlig oppfatning av regelverket og hvilket brannsikkerhetsnivå som er tilstrekkelig. Eventuelt kan det innføres preaksepterte ytelser for massivtrebygg i brannklasse 3, slik at det blir likt for ubrennbare og brennbare materialer.

## Abstract

In recent times, construction of tall cross laminated timber (CLT) buildings has become an increasing trend. New technology, buildings methods, and reducing greenhouse gas emissions in the construction industry are a few reasons for the increase. CLT is an environmentally friendly material, consisting of layers of wood that are glued 90 degrees to each other. Together they form solid elements of high strength, rigidity, and can be used as structural system for larger constructions.

Fire engineering is among one of several challenges when it comes to using CLT. There is a lack of experience with CLT and how it behaves during fire. This makes it hard to say what is truly safe in fire design. Fire engineers use Technical regulations, instruction to Technical regulations and Eurocode 5 to design structural systems of timber constructions. The Technical regulations contains functional requirements that specify general purpose or tasks that will be fulfilled in the completed construction work . The instruction stipulates guidance and pre-accepted performance level. Pre-accepted performance level is a performance level specified by the Norwegian Building Authority. It is made to satisfy or help ensure compliance with one or more functional requirements in the Technical Regulations. Where there is no pre-accepted performance level, this must be documented by analysis. For CLT buildings above four floors, analysis must always be performed. This requires be more documentation for combustible vs. non-combustible structures. Non-combustible structures do have pre-accepted performance level in fire class 3. Lack of experience for CLT constructions during a fire, as well as the fact that there are interpretations in the regulations make it difficult to perform fire design.

Therefore, the issue in this Master's thesis is as follows: How are fire regulations for CLT buildings above four floors interpreted of different fire engineering communities, and what are the consequences of interpretation in the regulations? Qualitative methods were used to answer the issue, consisting of indepth interviews of fire engineers from various fire engineering communities.

The main findings of the interviews show that fire regulations are interpreted very differently by the various fire engineering communities in some parts of the regulations, particularly areas where CLT is involved. For example, calculating a complete duration of a fire for wooden load-bearing system is problematic. There are also other vague formulations in the regulations, where the fire engineering communities have different opinions. The regulations consist of functional requirements, which provide interpretation and shall provide opportunities for innovation. Nevertheless, it is challenging that there is disagreement about how fire design for CLT buildings above four floors should be solved. This means it is up to the individual fire engineer to interpret these regulations when the building is being designed, and there is great uncertainty about the qualitative properties of the solutions being used. Therefore, the level of fire safety varies, from the fact that the buildings become too fireproof so that they become insufficient fireproof. A building that is too fireproof has longer engineering time, longer construction time, and generally more costs, and can result in less CLT buildings being built. An insufficiently fireproof building may have fatal consequences for safety of people, property and for effective fire extinguishing.

To avoid any of these cases, more research is required on how CLT behaves during fire in order to obtain safe research results. These results will provide knowledge of how to improve fire regulations, create a comprehensive standard for fire design and give the fire engineering communities a uniform view of the regulations and fire safety level. Optionally, pre-accepted performance level can be introduced for CLT buildings in fire class 3, so that it would be similar for non-combustible and combustible materials.



# Innholdsfortegnelse

|   |     |
|---|-----|
| Forord.....   | I   |
| Sammendrag.....                                       | III |
| Abstract.....   | V   |
| Innholdsfortegnelse.....                              | VII |
| Tabelliste.....                                       | IX  |
| Figurliste.....                                       | IX  |
| Begreper og definisjoner.....                         | X   |
| 1 Innledning.....                                     | 1   |
| 1.1 Bakgrunn.....                                     | 1   |
| 1.2 Mål for oppgaven.....                             | 2   |
| 1.3 Omfang og begrensninger.....                      | 3   |
| 1.4 Disposisjon.....                                  | 3   |
| 2 Teori.....  | 5   |
| 2.1 Tre.....  | 5   |
| 2.1.1 Tre som byggemateriale.....                     | 5   |
| 2.1.2 Massivtre.....                                  | 6   |
| 2.3 Brannteori.....                                   | 8   |
| 2.3.1 Brannforløp.....                                | 9   |
| 2.3.2 Brannspredning.....                             | 10  |
| 2.3.3 Overflaters og geometriens betydning.....       | 10  |
| 2.3.4 Tid-temperaturkurver.....                       | 11  |
| 2.4 Brann og tre.....                                 | 13  |
| 2.4.1 Forkulling.....                                 | 14  |
| 2.5 Utfordringer med brann og høye massivtrebygg..... | 15  |
| 2.5.1 Delaminering.....                               | 15  |
| 2.6 Regelverk.....                                    | 17  |
| 2.6.1 Regelverkets historie.....                      | 17  |
| 2.6.2 Regelverkets oppbygning.....                    | 18  |
| 2.6.3 Uavhengig kontroll.....                         | 19  |
| 2.6.4 Kompenserende tiltak.....                       | 20  |
| 2.6.5 Branntekniske egenskaper.....                   | 21  |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.6.6 | Brannteknisk prosjekteringsprosess ..... | 22 |
| 2.6.7 | Funksjonskrav.....                       | 25 |
| 3     | Metode.....                              | 27 |
| 3.1   | Valg av metode .....                     | 27 |
| 3.2   | Litteraturstudie.....                    | 28 |
| 3.3   | Dybdeintervju .....                      | 29 |
| 3.3.1 | Utvalg.....                              | 29 |
| 3.3.2 | Intervjuguide .....                      | 30 |
| 3.3.3 | Personvern .....                         | 31 |
| 3.4   | Analyse .....                            | 31 |
| 3.5   | Reliabilitet og validitet.....           | 32 |
| 4     | Resultater .....                         | 35 |
| 4.1   | Forskningsspørsmål 1 .....               | 35 |
| 4.2   | Forskningsspørsmål 2 .....               | 41 |
| 4.3   | Forskningsspørsmål 3 .....               | 42 |
| 4.4   | Forskningsspørsmål 4 .....               | 45 |
| 5     | Diskusjon .....                          | 47 |
| 5.1   | Forskningsspørsmål 1 .....               | 47 |
| 5.2   | Forskningsspørsmål 2 .....               | 49 |
| 5.3   | Forskningsspørsmål 3 .....               | 50 |
| 5.4   | Forskningsspørsmål 4 .....               | 52 |
| 6     | Konklusjon.....                          | 55 |
| 7     | Videre arbeid .....                      | 57 |
| 8     | Referanser.....                          | 59 |
| 9     | Vedlegg.....                             | 61 |

## Tabelliste

|  |    |
|--|----|
| Tabell 1 Oppdeling i tiltaksklasser for brannkonsept. Hentet fra Direktoratet for byggkvalitet. (2010). SAK10. Tilgjengelig fra: <a href="https://dibk.no/byggereglersak/">https://dibk.no/byggereglersak/</a> (lest 05.05.2019).....  | 19 |
| Tabell 2. Risikoklasse. Hentet fra Direktoratet for byggkvalitet. (2017a). TEK17. Tilgjengelig fra: <a href="https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/1/1-3/">https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/1/1-3/</a> (lest 10.03.2019).....   | 23 |
| Tabell 3. Brannklasse og tilførende konsekvens. Hentet fra Direktoratet for byggkvalitet. (2017a). TEK17. Tilgjengelig fra: <a href="https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/1/1-3/">https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/1/1-3/</a> (lest 10.03.2019).....                         | 23 |
| Tabell 4. Brannklasse. Hentet fra Direktoratet for byggkvalitet. (2017a). TEK17. Tilgjengelig fra: <a href="https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/1/1-3/">https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/1/1-3/</a> (lest 10.03.2019).....  | 23 |
| Tabell 5. Bærende bygningsdelers brannmotstand avhengig av brannklasse. Hentet fra Direktoratet for byggkvalitet. (2017a). TEK17. Tilgjengelig fra: <a href="https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/1/1-3/">https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/1/1-3/</a> (lest 10.03.2019)..... | 24 |
| Tabell 6. Oversikt over søkeord, søkemotorer og antall treff (Egen tilvirkning). .....   | 28 |
| Tabell 7. Oversikt over intervjuer og intervjuets lengde. ....   | 29 |
| Tabell 8. Svar på spørsmål om hva et fullstendig brannforløp er. ....  | 35 |
| Tabell 9. Svar på spørsmål om fullstendig brannforløp beregnes med ISO-kurve eller parametrisk kurve.....  | 36 |
| Tabell 10. Svar på spørsmål om hvordan fullstendig brannforløp dokumenteres. ....  | 37 |
| Tabell 11. Svar på spørsmål om det er klart hva som menes med fullstendig brannforløp.....   | 38 |
| Tabell 12. Svar på spørsmål om hva påregnelig slokkeinnsats er. ....   | 39 |
| Tabell 13. Svar på spørsmål om hva brukbar tilgjengelighet er. ....  | 40 |
| Tabell 14. Informantenes mening om tolkningsrom i regelverket. ....  | 44 |

## Figurliste

|  |    |
|--|----|
| Figur 1. Studentbolig i massivtre på Moholt i Trondheim. Foto: Ragnhild Galtvik .....  | 6  |
| Figur 2. Studentbolig i massivtre på Ås. Foto: Ragnhild Galtvik.....   | 6  |
| Figur 3. Illustrasjon av et krysslågt massivtreelement. Bilde hentet fra Håndbok 5 Trehus, SINTEF Byggforsk, s. 99. ....   | 7  |
| Figur 4. Branntrekant og brannfirkant fritt illustrert etter Hagen, B. C. (2004a). Brannkjemi. Tilgjengelig fra: <a href="http://www.hagensforlag.no/brannkjemi.pdf">http://www.hagensforlag.no/brannkjemi.pdf</a> (lest 07.02.2019). ....                                   | 8  |
| Figur 5. Fasene i en brann fritt illustrert etter Hagen, B. C. (2004b). Grunnleggende brannteknikk. Haugesund. ....  | 9  |
| Figur 6. ISO 834 - kurve for standard brann og parametrisk kurve. Fritt illustrert etter Salah Benkorichi, Fire safety engineering. Tilgjengelig fra: <a href="https://www.sbenkorichi.com/fire-models/">https://www.sbenkorichi.com/fire-models/</a> (lest 08.05.2019)..... | 11 |
| Figur 7. Forkulling. Hentet fra Schaffer, E. L. (1968). A simplified test for adhesive behavior in wood sections exposed to fire. ....   | 14 |
| Figur 8. Brannteknisk prosjekteringsprosess fritt illustrert etter Arumungam, A. (2018). Probabilitisk og deterministisk analyse av brannforløp i høye trehus: NTNU.....   | 22 |
| Figur 9. Dybdeintervjuets struktur illustrert etter Tjora, A. (2018). Kvalitative forskningsmetoder i praksis: Gyldendal Norsk Forlag AS. ....   | 30 |

## Begreper og definisjoner

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Analysebygg             | Nytt eller eksisterende byggverk som skal analyseres med hensyn til brannrisiko.  |
| Antennelse              | Starten av en forbrenning (Kollegiet for brannfelig terminologi, u.å).  |
| Automatisk slokkeanlegg | Et anlegg for å slokke eller kontrollere en brann inntil slokking kan fullføres med andre midler. Et automatisk slokkeanlegg kan også dekke funksjonen til et brannalarmanlegg, ved å varsle brann. Slokkeanlegg har generelt lavere følsomhet enn brannalarmanlegg. Automatisk slokkeanlegg vil i de fleste tilfeller bety sprinkleranlegg, og det er det denne oppgaven tar utgangspunkt i (Sorthe et al., 2015). |
| Branncelle              | Hel eller avgrenset del av byggverk hvor en brann fritt kan utvikle seg uten å spre seg til andre bygninger eller deler av byggverket i løpet av en fastsatt tid (Kollegiet for brannfelig terminologi, u.å).   |
| Brannenergi             | Summen av varmemengde som frigis ved forbrenning av alle faste og mobile brannbare materialer i et område (Kollegiet for brannfelig terminologi, u.å).  |
| Brannseksjon            | Del av en større bygning skilt med seksjoneringsvegg(er) på en slik måte at en brann ikke vil spre seg utover brannseksjonen der den startet, med forutsatt innsats fra brannvesenet (Kollegiet for brannfelig terminologi, u.å).   |
| Brannvegg               | Vegg som erstatter avstand mellom høye bygg med tilstrekkelig brannmotstand. Veggene består av materialer som hindrer ekstern antennelse, slik at en brann ikke kan spre seg den ene eller den andre veien mellom bygningene (Kollegiet for brannfelig terminologi, u.å).   |
| Fagmiljø                | Betegnelsen på fagfolk innen brannrådgivning i samme firma.   |
| Iterasjonsprosess       | Gjentakelsesprosess.  |
| Sprinkleranlegg         | Automatisk stasjonært slokkeanlegg med hensikt å slokke eller kontrollere en brann. Anlegget består av blant annet sprinklersentral, røropplegg og sprinklerhoder med vann som slokkemidler.  |
| Trykksatte trapperom    | Trykksetting av trapperommet skal forhindre at røyk trenger inn i trapperommet. Det forutsetter trykkavlastning (røykventilasjon) i mellomliggende rom eller i branncelle innenfor (Direktoratet for byggkvalitet, 2017b).  |

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Klimaendringer er en stor utfordring i dagens samfunn. Jordkloden blir varmere og varmere, fordi konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren øker. Utslipp av klimagasser kommer fra fossile energikilder og for at oppvarmingen skal begrenses må disse utslippene reduseres. Norge har mål om å begrense klimagassutslippene med 40 % innen 2030, sammenliknet med utslipp i 1990 (Naturvernforbundet, u.å). Om dette skal være oppnåelig må tiltak gjøres.

Bygg- og eiendomssektoren står for en relativt stor del av Norges klimagassutslipp. Utslipp fra byggsektoren kommer fra framstilling av byggevarer, transport av byggevarer og drift av bygninger. Ifølge en rapport fra Landbruks- og matdepartementet utgjør byggsektorens direkte klimagassutslipp 14 % av de norske utslippene. 10 % av disse knyttes opp til framstilling og transport av byggevarer (Olofsson et al., 2015). Byggebransjen har tradisjonelt vært kjent for å være en konservativ bransje i miljøsammenheng, men de siste årene har det begynt å skje en forandring. Miljøvern blir mer aktuelt og blir satt på dagsorden. Byggebransjen har skjønnet at de må bidra for at klimagassutslippene skal reduseres.

For å redusere klimagassutslipp i byggebransjen, må alle punkter som gir utslipp per i dag vurderes. Flere miljøtiltak utføres allerede, for eksempel BREAM-sertifisering av bygninger, tiltak for å redusere transporttiltak og det stilles flere krav til innkjøp av lavutslippsmaterialer (Bygg21, 2018). Siden den største andelen av utslipp kommer fra transport og framstilling av byggevarer er dette noe som bør fokuseres på.

Ifølge byggemiljø gjelder CO<sub>2</sub>-utslipp i byggsektoren spesielt produksjon av sement, ferrolegeringer og aluminium (Marton, 2007). Sement og ferrolegeringer er materialer som blir brukt i stål og betong. Selv om tre historisk sett har en sentral rolle som bygningsmateriale i Norge, er det betong og stål som har blitt brukt i bæresystem for større bygninger (Thue, 2019). Nyere teknologi og byggemetoder gjør det mulig å bygge større bygninger med bæresystem i tre. Limtre og massivtre, korrekt kalt CLT (cross laminated timber) eller KL-tre (krysslaminert tre), blir stadig mer utbredt. Eksempler er studentboliger i Trondheim, Ås, Oslo og Bergen, Mjøstårnet i Brumunddal og Maskinparken TRE i Trondheim. Tre har lavere CO<sub>2</sub>-utslipp enn betong, og en studie fra ZEB (The Research Centre on Zero Emission Buildings) viser at et bæresystem i tre har opptil 50 % lavere CO<sub>2</sub>-utslipp enn et bæresystem i stål eller betong (Hofmeister et al., 2015, s. 20).

Bruken av massivtre i bæresystemer for fleretasjes bygninger er økende, men metoden er fortsatt ny og har ulike utfordringer grunnet lite erfaring. Erfaringer så langt viser at det er problemer med akustikk i massivtrebygninger. For å tilfredsstille akustikkkrav må svært krevende og omfattende løsninger til. Brannteknisk prosjektering er også en utfordring, på grunn av manglende erfaring for hva som er brannsikkert for massivtrebygninger og vanskeligheter med å dokumentere funksjonskravene i forskriften (Nøstdal & Heen, 2017). I en anbudsprosess er det viktig at byggeprosjekter er konkurransedyktig på pris, og disse utfordringene gjør at bygg i massivtre ofte kommer dårligere ut økonomisk. Dette gjør det vanskeligere å bygge byggverk i massivtre, kontra tradisjonelle byggverk i stål og betong der metodene er innarbeidet og har vært i bruk i mange år.

## 1.2 Mål for oppgaven

Det er stadig voksende interesse for høye bygninger i massivtre. Siden det ikke er preaksepterte ytelser for byggverk i massivtre over fire etasjer, må slike byggverk dokumenteres med analyse for å oppfylle forskriftskravene. Det antas at dokumentasjonen i stor grad blir utført på bakgrunn av brannrådgiverens egne vurderinger i disse tilfellene. Det er derfor interessant å se på hvordan brannregelverket tolkes av ulike fagmiljø, og om tolkningsrom i regelverket har noen følger for brannteknisk prosjektering av bygninger i massivtre. Samt om fagmiljøene ser andre utfordringer med regelverket. Målet for oppgaven er å undersøke om tolkning i regelverket gjør det unødvendig komplisert å bygge høye bygninger i massivtre.

På bakgrunn av dette er problemstillingen:

*Hvordan tolkes brannregelverket for massivtrebygg over fire etasjer av ulike fagmiljø, og hva er følgene av tolkningsrom i regelverket?*

For å svare på problemstillingen er det utarbeidet fire forskningsspørsmål:

1. Tolkes brannregelverket for massivtrebygg over fire etasjer forskjellig av ulike fagmiljø?
2. Hvorfor tolkes det forskjellig?
3. Hva er følgene av tolkningsrom i regelverket, og hva er de største utfordringene?
4. Hvordan kan utfordringene løses?

## 1.3 Omfang og begrensninger

Studien begrenses til løsninger som er tilgjengelig i dagens marked i Norge. Det betyr at betegnelsen massivtre i denne oppgaven innebærer CLT (cross laminated timber) eller KL-tre (krysslaminert tre) der lamellene og sjiktene er limt.

Studien gjelder for bygninger i massivtre over fire etasjer, med unntak av bygninger i risikoklasse 1.

Tid-temperaturkurvene i denne oppgaven gjelder for flammebranner. For glødebranner og ulmebrann vil andre kurver gjelde, de er ikke gjennomgått i denne studien.

Betegnelsen «brannregelverket» henviser i denne oppgaven til TEK17 kapittel 11 Sikkerhet ved brann.

## 1.4 Disposisjon

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Kapittel 1 Innledning    | Inneholder bakgrunn for masteroppgaven, problemstilling, mål for oppgaven, omfang og begrensninger.  |
| Kapittel 2 Teori         | Inneholder relevant teori knyttet til problemstillingen og resultatene. Teorien omfatter: Tre, massivtre, brannteori, utfordringer med de branntekniske egenskapene til massivtre og teori om regelverket. |
| Kapittel 3 Metode        | Beskriver valg av metode, hvordan litteraturstudie og dybdeintervjuer ble utført og analysert, samt metodens reliabilitet og validitet.  |
| Kapittel 4 Resultat      | Inneholder resultater fra dybdeintervjuene strukturert under de fire forskningsspørsmålene.  |
| Kapittel 5 Diskusjon     | Inneholder en diskusjon av resultatene fra dybdeintervjuene opp mot teorien funnet i litteraturstudien.  |
| Kapittel 6 Konklusjon    | Kapittelet besvarer problemstillingen basert på resultater og teori.   |
| Kapittel 7 Videre arbeid | Inneholder en kort beskrivelse av videre arbeid som kan gjøres i tilknytning til denne oppgaven.   |
| Kapittel 8 Referanser    | Inneholder referanser brukt i oppgaven.  |
| Kapittel 9 Vedlegg       | Inneholder vedlegg som er relevante og blir vist til i oppgaven.   |





## 2 Teori

I dette kapittelet presenteres teori og sentrale begreper som anses relevant for problemstillingen i oppgaven. Kapittelet tar for seg teori om tre, massivtre, brann og regelverket som gjelder for massivtrebygg over fire etasjer.

### 2.1 Tre

#### 2.1.1 Tre som byggemateriale

Tre er en plante bygd opp av langstrakte celler som frakter væske og stiver av treet. Treverk består av ca. 40 % cellulose, 25 % hemicellulose og 20-30 % lignin. De siste prosentene er forbindelser som harpiks, garvesyre og fett. Vedens tørrstoff består altså av 50 % karbon, 43 % oksygen, 6 % hydrogen og 1 % nitrogen og aske (Bøhmer & Aarnes, 2016).

Treverk har mange gode egenskaper. Det er et fornybart naturmateriale med liten negativ innvirkning på miljøet, forutsatt at tømmeret kommer fra en bærekraftig forvaltet skog (Edwardsen & Ø.Ramstad, 2015). Det er lett tilgjengelig og enkelt å bearbeide. Tre er egnet som byggemateriale på grunn av sin styrke i forhold til sin lave vekt og at det er lett å bearbeide. Treverk har gode varmeisolerende egenskaper, noe som gjør at man i stor grad unngår kuldebroer i trekonstruksjoner. Det er et hygroskopisk materiale, hvilket betyr at det tar opp og avgir fuktighet avhengig av relativ fuktighet i luften og luftens temperatur (Tronstad, u.å.).

Det at tre er et hygroskopisk materiale påvirker hvordan det oppfører seg. Treet sveller når det tar til seg fuktighet og det krymper når det avgir fuktighet. Det er på grunn av denne egenskapen at et trepanel sprekker opp. Treverkets fuktbevegelser er størst i tangentiell retning (parallelt med årringene), omtrent dobbelt så store som i radiell retning (på tvers av årringene). I lengderetning (aksiell retning) er krympingen så beskjeden at den har liten betydning for de fleste formål (Edwardsen & Ø.Ramstad, 2015).

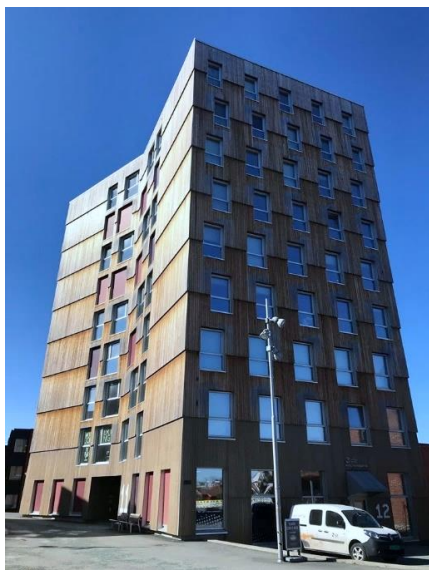
Det er flere utfordringer med å bruke tre som byggemateriale. Det at treverk endrer dimensjoner som følge av endringer i relativ fuktighet og temperatur, kan by på problemer. Det kan oppstå sprekker, fuger kan åpne seg og takstoler kan løfte seg fra skillevegger. Andre ulemper er at det er sensitivt for fukt over lengre tid. Fukt over lengre tid kan medføre at tre råtner og mister bæreevnen. Tre er sårbart ovenfor insekter, som kan gnage hull og ganger i veden. I tillegg er tre et brennbart materiale, som gjør at en eventuell brann har mer brannenergi tilgjengelig.

Økt bruk av tre som byggemateriale vil bidra til reduksjon av CO<sub>2</sub> til atmosfæren. Nedgang i klimagassen CO<sub>2</sub> er positivt for miljøet. Trær tar opp CO<sub>2</sub> fra atmosfæren når det vokser, og lagrer det helt til det nedbrytes eller brennes opp. Derfor er trær og skog en god måte å lagre CO<sub>2</sub> på. Et tre vil ta opp CO<sub>2</sub> helt til det er ferdig utvokst. Deretter, når de er gamle og døende, vil det frigi mer CO<sub>2</sub> enn det tar opp. Hvis trærne høstes når de er ferdig utvokst, før de begynner å frigi CO<sub>2</sub>, kan den lagres i treverket. Hvis treverket brukes i byggverk, blir CO<sub>2</sub> lagret i byggverket. Hvis det i tillegg plantes nye trær når det hogges, og treverket brukes til

materialer eller energi, vil det være CO<sub>2</sub>-nøytralt. Det er viktig at skogen høstes bærekraftig for å oppnå denne effekten. I Norge drives skogen bærekraftig, 9.2 millioner ha av 12 millioner ha skogsareal er miljøsertifisert (Svanæs, 2004).

### 2.1.2 Massivtre

Massivtre er et forholdvis nytt byggemateriale. Spesielt de siste tiår har det blitt stadig mer populært. I Norge er det bygget flere studentboliger i massivtre, og boligblokker er under oppføring. Figur 1 og figur 2 viser eksempler på massivtrebygninger over fire etasjer. Ifølge Treteknisk Håndbok består massivtreelementer av flere lameller eller bord av konstruksjonsvirke som settes sammen til større elementer ved hjelp av ulike typer forbindelsesmidler for statisk samvirke. De vanligste forbindelsesmidlene er lim, spiker/skruer, tredybler og stålstag. Massivtreelementer blir prefabrikert på fabrikk, og kommer som regel oppsetningsklare til byggeplassen. De deles opp i to typer; krysslagte elementer og kantstilte elementer.



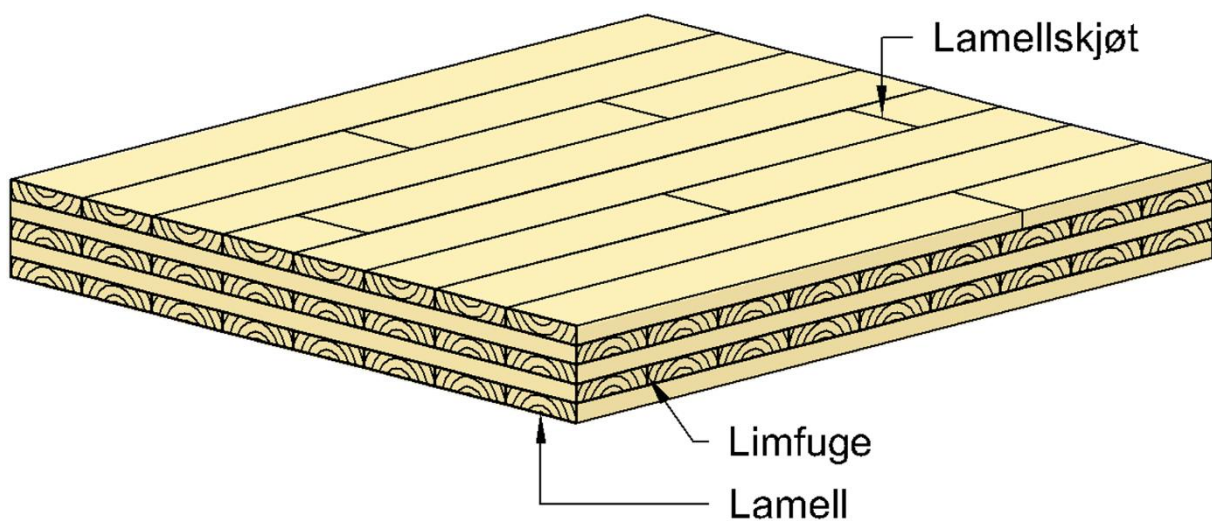
Figur 1. Studentbolig i massivtre på Moholt i Trondheim. Foto: Ragnhild Galtvik



Figur 2. Studentbolig i massivtre på Ås. Foto: Ragnhild Galtvik

Krysslagte elementer er den vanligste typen massivtre og blir korrekt kalt CLT (cross laminated timber) eller KL-tre (krysslaminert tre). Krysslagte elementer er bygd opp av lameller lagd i kryss, satt sammen i forskjellige sjikt. Sjiktene er som regel lagt 90 eller 45 grader i forhold til hverandre. Det betyr at som regel blir et sjikt lagt i lengderetning (spennretning) og neste sjikt på tvers av denne retningen (Treteknisk, 2009). Sjiktene er forbundet av lim eller tredybler, lim er mest brukt. Tykkelsen på elementene varierer og er avhengig av tykkelsen til hvert sjikt og antall sjikt i et element. Dette kan variere fra 3 – 7 sjikt og total tykkelse fra 50-250 mm. Hver lamell har tykkelse fra 10 til 50 mm. Lengden på elementene kan være opptil 18 m og begrenses i praksis av transportmulighetene (Edwardsen & Ø.Ramstad, 2015). Krysslagte elementer har mange bruksområder, og kan brukes som bærende element i vegg, dekke og

tak. Det kan også brukes som innvendige skillevegger. Siden sjiktene er krysslagte vil elementene virke som en plate eller skive, fordi den har styrke- og stivhetsegenskaper i både lengderetning og tverretning. I motsetning til lette trekonstruksjoner, der enkle stendere tar opp de vertikale lastene, tåler krysslagte massivtrelementer mye større laster. På grunn av at sjiktene er krysslagt, vil tørking og svelling på tvers av fiberretningen bli mindre enn for et enkelt bord. Kryssende sjikt vil «låse» og minske den normale krympingen eller svellingen vinkelrett på fiberretningen (Treteknisk, 2009). I fiberretningen vil krymping og svelling bli den samme som for vanlig konstruksjonsvirke. Figur 3 viser hvordan krysslagte massivtrelementer er bygd opp.



Figur 3. Illustrasjon av et krysslagt massivtrelement. Bilde hentet fra Håndbok 5 Trehus, SINTEF Byggforsk, s. 99.

Kantstilte elementer er satt sammen av stående planker (lameller) til større elementer. Tykkelsen på elementene avhenger av bredden på lamellene, og de bindes sammen med spiker, skruer, lim, stålstag eller tredybler (Aarstad et al., 2008).

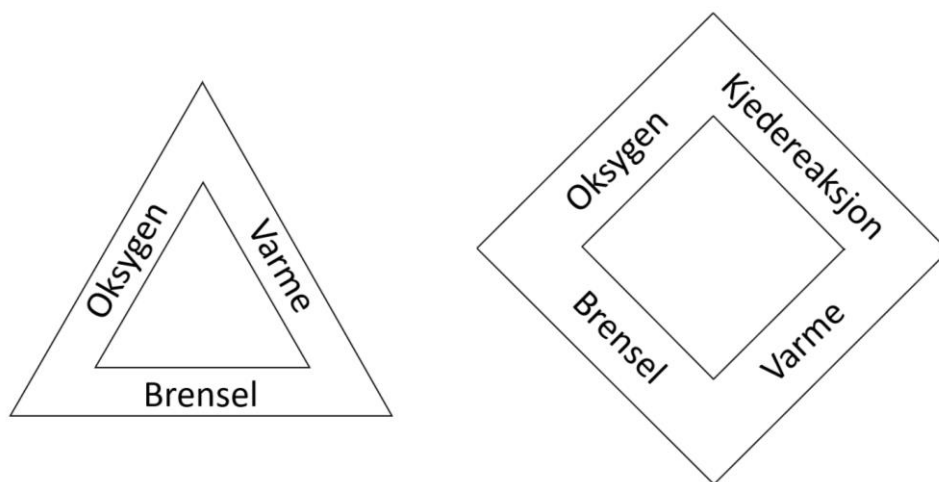
Å bruke massivtrelementer er et miljømessig godt valg. Dette på grunn av lagring av CO<sub>2</sub>, energibruk ved fremstilling og ressursbruk (Aarstad et al., 2008). Tre er et fornybart materiale hvis det blir hentet ut fra en bærekraftig forvaltet skog. Treprodukter fremstilles med liten bruk av fossil energi og kan derfor sies å være lite energikrevende og fremstille. Fremstilling av treprodukter har begrensede utslipp av miljøskadelige stoffer, og totalt har prosessen liten negativ effekt på miljøet. I tillegg er materialet lett nedbrytbart og det kan gjenbrukes til andre formål etter at bygning er kondemnert.

Andre fordeler med å benytte massivtre i byggverk er at det gir godt arbeidsmiljø og er enkelt å sette opp og montere. Elementene har stor fleksibilitet ved konstruksjon, planløsning og formgivning. Det er for eksempel lett å feste på isolasjon og kledning på elementene. I tillegg gir de kortere byggetid enn tilsvarende bygg i betong og stål (ibid).

Det finnes også noen ulemper med å bygge i massivtre. Per nå blir det produsert for lite massivtreelementer i Norge, i forhold til på etterspørselen. Det fører til import fra andre land, noe som ikke er bra i et miljøperspektiv. Dette på grunn av lengre trafikkvei og mulig etterprøvnbarhet av miljøklassifisering når det ankommer Norge. Brannsikkerhet og akustikk er også en utfordring, som fører til at elementene ofte må kles inn.

## 2.3 Brannteori

Brann blir av store norske leksikon definert som en ikke-eksplosiv, varmeutviklende kjemisk reaksjon mellom oksygen og brennbart materiale, normalt under dannelse av flammer og/eller glør, med eller uten røyk. Ofte blir det henvist til branntrekanten når det snakkes om brann. At varme, oksygen og brennbart materiale er det som trengs for at en brann skal oppstå. De senere år har det imidlertid blitt vist til brannfirkanten, hvor kjedereaksjon er en av sidene, se figur 4 (Hagen, 2004a). Forskning viser at frie radikaler må være tilstede, slik at en kjedereaksjon kan finne sted i forbrenningsprosessen.



Figur 4. Branntrekant og brannfirkant fritt illustrert etter Hagen, B. C. (2004a). Brannkjemi. Tilgjengelig fra: <http://www.hagensforlag.no/brannkjemi.pdf> (lest 07.02.2019).

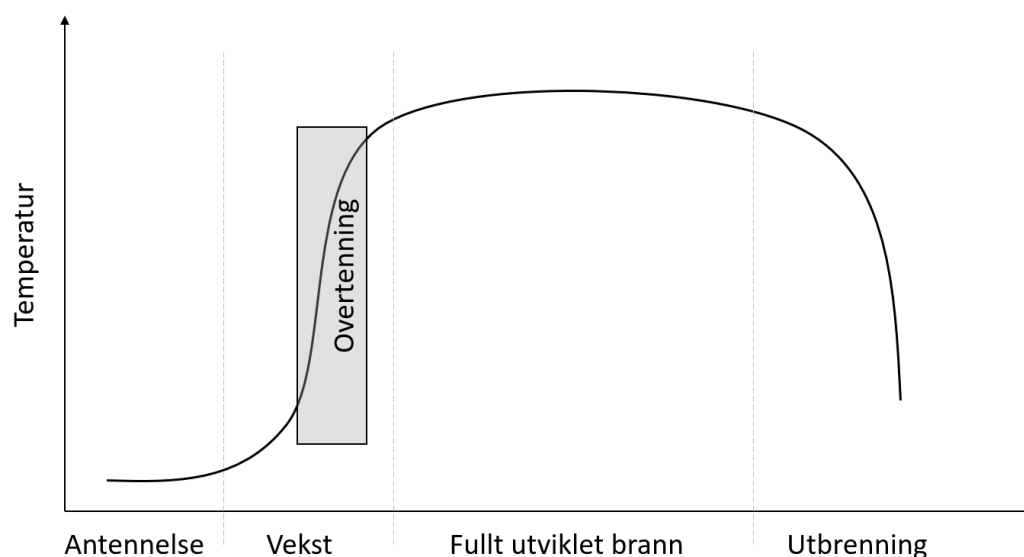
Brann kan deles inn i tre hovedtyper: glødebranner, ulmebranner og flammebrann.

- Glødebrann er brann der materialet forbrennes uten flammer, men lys og varme likevel sendes ut. Glødebranner kan kun oppstå i faste materialer og kan foregå over lang tid.
- Ulmebranner er brann der materialer forbrennes uten utvikling av lys og flamme, men røyk likevel kan oppstå.
- Flammebrann er brann der flammer er tilstede under forbrenning og brenselet er i gassfase. Det er flammebrannen som påvirker byggverk nevneverdig.

### 2.3.1 Brannforløp

Brannforløpet er brannens utvikling fra antennelse til den har sloknet eller er blitt slokket. Brannforløpet kan utvikle seg forskjellig for ulike bygninger, avhengig av materialer og geometri. En rombrann blir definert som en fullt utviklet brann i et rom. En rombrann, hvor tilgangen på brennbart materiale og oksygen er tilstrekkelig, går vanligvis igjennom fire faser. Disse fasene er antennelse, vekst, fullt utviklet brann og utbrenning (Hagen, 2004b). Figur 5 viser kurve over de ulike fasene og temperatur.

- Antennelse inntreffer som følge av gnister, åpen flamme eller selvantennelse av et materiale.
- Vekstfase er når brannen utvikler seg og vokser seg større. Brannen er avhengig av å produsere mer brennbare gasser enn den forbruker, for at den skal vokse og utvikle seg. Om brannen har nok oksygentilgang er den er brenselskontrollert, som vil si at størrelsen på brannen er avhengig av hvor mye brennbart materiale som er tilgjengelig. I vekstfasen vil brannen danne røykgasser som samler seg til et varmt røyklag under taket i rommet. Det er i overgangen mellom vekstfasen og fullt utviklet brann at overtenning kan skje.
- Når brannen er fullt utviklet vil det si at alt brennbart materiale i rommet brenner. Vanligvis er det oksygentilgang som begrenser en fullt utviklet brann. Brannen er da ventilasjonskontrollert og temperaturen er rundt 1200 °C. Ventilasjonskontrollert brann fører til ufullstendig forbrenning av brenselet. Gassen som dannes av dette har høy temperatur og tar lett fyr i møte med oksygen på utsiden av brannrommet. I denne fasen kan brannen spre seg. Uforbrent gass som ikke antennes kan være skadelig for mennesker å oppholde seg i.
- Utbrenningsfasen inntreffer når mengden brennbar gass avtar, og brannen dermed ikke kan opprettholdes og slukker. Utbrenningsfasen kalles også for avkjølingsfasen, fordi temperaturen i rommet reduseres.



Figur 5. Fasene i en brann fritt illustrert etter Hagen, B. C. (2004b). Grunnleggende brannteknikk. Haugesund.

Overtenning inntreffer når alle brennbare flater og røyklaget oppunder taket brenner, da vil rommet fylles av flammer. Som regel oppstår overtenning ved en temperatur på 500-600 grader celsius og varmestrålingen fra røyklaget til gulvflaten er mer enn 20 kW/m<sup>2</sup>. Ved overtenning brenner alle brennbare flater i rommet og flammer slår ut av ventilasjonsåpninger. Overtenning er en rask overgang mellom at brannen er brenselskontrollert og ventilasjonskontrollert (ibid). Varmeproduksjonen øker kraftig ved overtenning, og overtenningstidspunkt er viktig informasjon på grunn av personsikkerhet til brannvesenet.

### 2.3.2 Brannspredning

Brannspredning er at brannen sprer seg. Brannspredning i et rom er avhengig av type materialer i rommet, oksygentilgang og hvilke mengder av materialene brannen kan nå. Årsakene til at brann sprer seg er vel så viktige som selve antennelsen og er avgjørende for hvor stor brannen blir. Derfor er det viktig å benytte passive tiltak som brannvegger, brannseksjoneringsvegger og brannceller for å begrense brannen (Jensen et al., 2018).

En brann kan spre seg på tre måter:

- Varmeledning: At høy temperatur ledes gjennom et materiale og antenner materialer på den andre siden. For eksempel metall som leder varme godt kan gjøre at et metallrør gjennom en vegg kan spre brannen til motsatt side.
- Konveksjon: At varme gasser/røyk strømmer til andre materialer og antenner dem. Dette kan skje gjennom ventilasjonskanaler og utette konstruksjoner.
- Varmestråling: At varmen fra flammer eller røyk overføres ved elektromagnetisk stråling til et annet materiale. Ved kraftig stråling kan andre materialer spontanantenne, eller de varmes opp slik at de lettere antennes ved gnister eller flammer.

### 2.3.3 Overflaters og geometriens betydning

Overflater og geometrien i brannrommet har betydning for utvikling av brannen. De påvirker spredning, tidsforløp og brannens utvikling.

Ifølge Liebe (2016) skjer forbrenningen ved en flammebrann utenfor materialets overflate. Det vil si at overflatens materiale har stor betydning for hvor lett antennelig det er og hvor fort en brann vil utvikle seg. Derimot er det mengden av brennbart materiale som bestemmer varigheten til en brann. Intensiteten til en brann avhenger av brannens areal. Brannens areal er overflatearealet som er involvert i brannen. Effekten brannen avgir er et mål på intensiteten til brannen og dermed er brannens areal et uttrykk for brannens effekt (Liebe, 2016).

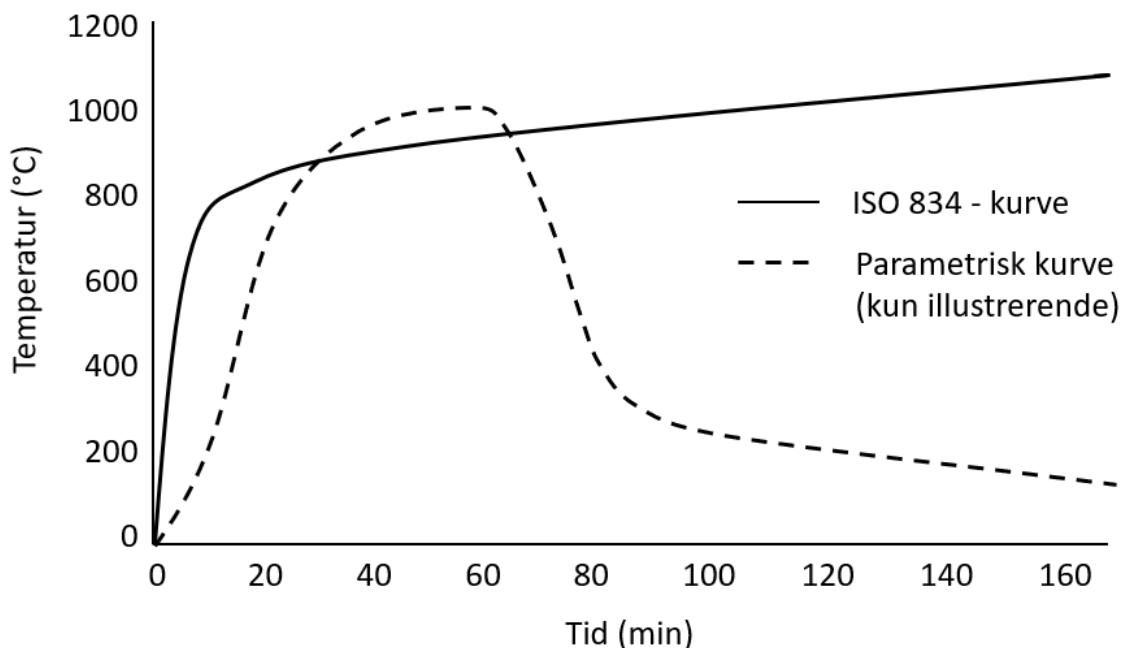
Geometrien i brannrommet har også betydning for brannens utvikling. Det som påvirker hvor raskt forbrenningen skjer under brann er tilgangen på oksygen, påvirkningen av strålevarmen

på overflater som ikke er antent, og massen til materialer som ikke er antent. Geometrien påvirker disse faktorene.

For eksempel er det stor forskjell på brannutviklingen i et hjørne og på en flat vegg. Grunnen til det er at det er flere overflater som stråler varme mot hverandre i et hjørne, og brannen vil derfor utvikle seg fortere. Liebe (2016) skriver at desto flere brennbare flater som avgir strålevarme til andre flater, desto raskere vil antennelsen skje og effekten blir større. I tillegg vil brannen utvikle seg raskere.

#### 2.3.4 Tid-temperaturkurver

Forventet brannforløp kan modelleres ved hjelp av tid-temperaturkurver. En tid-temperaturkurve er en kurve som viser sammenhengen mellom tid og gasstemperatur, og er angitt som en standard prøvingsmetode for brannmotstand. I *NS-EN 1991-1-2: 2002+NA: 2008: Eurokode 1: Laster på konstruksjoner - Del 1-2: Allmenne laster - Laster på konstruksjoner ved brann* (heretter kalt Eurokode 1) finnes det flere tid-temperaturkurver. Kurvene viser temperaturutviklingen for fullt utviklede branner etter at overtenning har skjedd. Disse brannene er kritiske for bæresystemet i bygningen og kan føre til strukturell svikt. Nominelle og parametriske kurver er to av tid-temperaturkurvene som finnes i Eurokode 1, se illustrasjon av kurver i figur 6 (Standard Norge, 2008).



Figur 6. ISO 834 - kurve for standard brann og parametriske kurve. Fritt illustrert etter Salah Benkorichi, Fire safety engineering. Tilgjengelig fra: <https://www.sbenkorichi.com/fire-models/> (lest 08.05.2019)

Nominelle tid-temperaturkurver blir brukt for å klassifisere og påvise brannmotstand for konstruksjoner eller produkter. I *NS -EN 1991-1-2: 2002+NA: 2008 - Eurokode 1: Laster på konstruksjoner – Del 1-2: Allmenne laster – Laster på konstruksjoner ved brann* presenteres det tre nominelle kurver, disse er standardbrann, utvendig brannkurve og hydrokarbonbrann. Den mest kjente er standardbrann eller standard tid-temperaturkurve, illustrert i figur 6. Internasjonalt er denne kjent som ISO 834-kurve (heretter kalt ISO-kurve). Kurven er en graf over temperaturutviklingen som brukes for å anslå den termiske påkjenningen i bygningsdelene. De nominelle tid-temperaturkurvene tar ikke hensyn til avkjølingsfasen, åpningsfaktor, brannlast, geometrien i branncellen eller de termiske egenskapene av omsluttende konstruksjonsdeler (ibid).

Nominelle kurver, eller nominelle branner blir ofte brukt for å påvise bygningsdeler brannmotstand. Da testes bygningsdelen i en brann, med temperatur som følger kurven. Testen inneholder mange forenklinger, grunnet praktiske hensyn. Resultatet av testen kan gi en pekepinn på hvor lenge en bygningsdel holder i en gitt brann. Testen gir bare et av flere mulige brannscenarier (Standard Norge, 2012).

Formler for å regne ut ISO-kurvene til standardbrann, utvendig brannkurve og hydrogenbrann:

|                      |  |
|----------------------|--|
| Standardbrann:       | $\Theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1)$                          |
| Utvendig brannkurve: | $\Theta_g = 660 (1 - 0,678 e^{-0,32t} - 0,313 e^{-3,8t}) + 20$   |
| Hydrokarbonbrann:    | $\Theta_g = 1080 (1 - 0,325 e^{-0,167t} - 0,675 e^{-2,5t}) + 20$ |

$\Theta_g$ : Gasstemperatur [°C]

t: Tid [min]

I tillegg til de nominelle kurvene, er det i Eurokode 1 Tillegg A en metode for beregning av parametriske kurver. Parametriske tid-temperaturkurver beskriver brannens sammenheng mellom tid og temperatur, men tar hensyn til brannlast, åpningsfaktor og termiske egenskaper av omsluttende konstruksjonsdeler. De parametriske kurvene er fastsatt på grunnlag av brannmodeller og de spesifikke fysiske parametrene som karakteriserer forholdene i branncellen (Standard Norge, 2008). På denne måten er det mulig å skape et mer realistisk bilde av en faktisk brannsituasjon og et faktisk brannforløp.



Formler for å regne ut parametriske kurver:

Tid-temperaturkurven for oppvarmingsfasen:

$$\Theta_g = 20 + 1325 (1 - 0,324 e^{-0,2t^*} - 0,204 e^{-1,7t^*} - 0,472 e^{-19t^*})$$

$\Theta_g$ : Gasstemperaturen i branncellen

$$t^* = t \times \Gamma$$

$$\Gamma = [O/b]^2 / (0,04/1160)^2$$

$$b = \sqrt{\rho c \lambda} \quad \text{med følgende grenser: } 100 \leq b \leq 2200 \quad [\text{J/m}^2\text{s}^{1/2}\text{K}]$$

$\rho$ : omsluttende bygningsdelers massetetthet  $[\text{kg/m}^3]$

$c$ : omsluttende bygningsdelers spesifikke varmekapasitet  $[\text{J/kgK}]$

$\lambda$ : omsluttende bygningsdelers varmekonduktivitet  $[\text{W/mK}]$

$$O = A_v \sqrt{h_{eq}} / A_t \quad (\text{åpningsfaktor}) \quad [\text{m}^{1/2}]$$

med følgende grenser:  $0,02 \leq O \leq 0,20$

$A_v$ : samlet areal for vertikale åpninger i veggene  $[\text{m}^2]$

$h_{eq}$ : vektet gjennomsnitt av vindushøyden for alle vegger  $[\text{m}]$

$A_t$ : samlet areal for vertikale åpninger i veggene  $[\text{m}^2]$

Tid-temperaturkurve for avkjølingsfasen:

$$\Theta_g = \Theta_{\max} - 625(t^* - t^*_{\max} x) \quad t^*_{\max} \leq 0,5$$

$$\Theta_g = \Theta_{\max} - 250(3 - t^*_{\max})(t^* - t^*_{\max} x) \quad 0,5 < t^*_{\max} < 2$$

$$\Theta_g = \Theta_{\max} - 250(t^* - t^*_{\max} x) \quad t^*_{\max} \geq 2$$

$$t^*_{\max} = (0,2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O) \cdot \Gamma$$

$$x = 1,0 \text{ hvis } t_{\max} > t_{\text{lim}}, \text{ eller } x = t_{\text{lim}} \cdot \Gamma / t^*_{\max} \text{ hvis } t_{\max} = t_{\text{lim}}$$

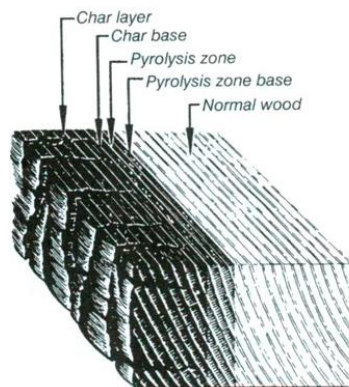
## 2.4 Brann og tre

Tre er et brennbart materiale. Dette er en utfordring når det kommer til å bruke tre som byggemateriale. Treet vil gi et bidrag til brannen, og det gjør at brannen kan utvikles raskere og bli større sammenlignet med ubrennbare materialer. Brannenergien blir større enn hvis byggverket bygges i et ubrennbart materiale. Når tre brenner, skjer en forkullingsprosess, som gjør at tverrsnittet reduseres. Bærekonstruksjonen til byggverket vil derfor svekkes, og det er viktig at dimensjonering av tverrsnitt blir gjort riktig, slik at byggverket ikke kollapser.

Forkullingsprosessen gjør at det dannes et kullag på treet, som beskytter det fra varme og gjør at brannen kan slukke. Tre brenner stabilt, så det er forholdsvis lett å si hvor lang tid det vil gå før det kollapser. På grunn av dette er det lettere for brannvesenet å vite hvor lang innsatstid de har i bygningen.

### 2.4.1 Forkulling

Forkulling er spalting av organiske stoffer ved oppvarming. Ved forkulling avgis flyktige forbindelser, mens rent karbon eller mørke karbonrike forbindelser står tilbake (Uggerud, 2009). Når tre blir tilført tilstrekkelig med energi i form av varme, vil en termisk nedbrytning (pyrolyse) finne sted i treet. Det som skjer er at treet spaltes ned i mindre komponenter, og deretter vil brennbare gasser frigjøres (Treteknisk, 2009). For at pyrolyse skal finne sted må temperaturen være over ca. 100 °C. Økning av temperatur fører til økning av mengde brennbare gasser. Samtidig som brennbare gasser frigjøres, blir det et tap i masse. Brennbare flater blir forkullet. Etter hvert som brannen utvikler seg vil karbonlaget (det forkullede laget) vokse i tykkelse, samtidig som tverrsnittet til treet reduseres, se figur 7. Det forkullede laget er en god isolator og beskytter det underliggende laget mot varme. Varmeledningsevnen til det forkullede laget er ca. halvparten så stor som treverket. Dette påvirker temperaturen og oksygentilgangen til bakenforliggende treverk. Tverrsnittet beskyttes da fra å bli enda mer redusert og massive tverrsnitt av tre har derfor stor evne til å beholde sine styrke- og trevestivhetsegenskaper ved brann. Det forutsettes at det forkullede laget holdes på plass for at det skal ha en slik effekt (Frangi et al., 2009). Desto høyere temperaturen blir, desto mer av treet vil forkulles. Det forkullede laget har ingen stivhet eller styrke.



Figur 7. Forkulling. Hentet fra Schaffer, E. L. (1968). A simplified test for adhesive behavior in wood sections exposed to fire.

Hvor mye treet forkuller er avhengig av innbrenningshastigheten. Innbrenningshastigheten til tre er hastigheten forbranningen forplanter seg innover i treverket med. Den er avhengig av densiteten til treet, og varierer mellom tretype og treprodukt. Ved hjelp av innbrenningshastigheten og brannbelastningstiden konstruksjonen dimensjoneres for, kan mengde av tverrsnittet som forkulles beregnes. Og deretter kan styrke og stivhet til gjenværende tverrsnitt beregnes (Treteknisk, 2009).

## 2.5 utfordringer med brann og høye massivtrebygg

Det er flere utfordringer knyttet til brann og massivtre. Massivtre er et tungt antenkelig materiale og tar derfor ikke så lett fyr. Mange standardiserte tester viser at bygningsdeler av massivtre kan oppnå høy bæreevne og branncellebegrensende funksjon (Reitan et al., 2019). Likevel er massivtre et brennbart materiale og vil gi et større bidrag til brannen. Brennbare materialer brenner på overflaten, og frigir dermed energi som bidrar til videre brann- og røykutvikling. Det er foreløpig usikkert om massivtre vil slukke av seg selv i en brann. Ifølge en rapport fra RISE Research Institutes of Sweden viser flere studier at eksponert massivtre kan medføre at en brann vokser raskere, er mer intens og varer lenger enn en brann med ubrennbare konstruksjoner. Likevel er kunnskapsgrunnlaget for lite til å kunne analysere, prosjektere og modellere (Reitan et al., 2019). En annen utfordring med massivtre er delaminering. Delaminering er at det forkullede og beskyttende laget faller av og nytt friskt tre kommer til syne. Dette gir nytt bidrag til brannen. Problemer knyttet til delaminering står i kapittel 2.5.1 Delaminering. Det er også utfordringer knyttet til bygningsdetaljer i massivtrebygg, herunder gjennomføringer og skjøter, samt at brannrådgivere ikke har nødvendige verktøy og metoder for å modellere riktige brannscenarier for slike bygg (Reitan et al., 2019). Totalt kan det ses at erfaring knyttet til brann og massivtre brukt i bygninger er i dag mangelfull og det er derfor vanskelig for brannprosjekterende å vite hvordan massivtrebygg vil oppføre seg under en brann (Løken, 2018).

At massivtre brukes i høye bygninger, gjør at alle ulempene med at det brukes brennbart materiale får større konsekvenser ved en eventuell brann. Konsekvensen er større fordi et høyere bygg har kapasitet til flere mennesker og faren øker for at flere mennesker, dyr og samfunnsverdier går tapt. De branntekniske utfordringene er blant annet at det blir lengre rømningsvei fra høye etasjer, redning og slokking blir derfor mer utfordrende (Reitan et al., 2019). I tillegg vil røyk- og brann spres hurtigere i en høy bygning på grunn av store trykkforskjeller mellom øvre og nedre etasjer. Brann vil også kunne spres hurtigere i fasaden, fordi redningsmannskap ikke alltid har høyt nok slokkeredskap. Det får store konsekvenser hvis brannen spres til bæresystemet og dette kolliderer, derfor er det viktig at bæresystemet blir stående lenger. Dette er utfordringer som gjelder generelt for alle høye bygninger, men bæresystemet i massivtre og lite erfaring med brann i massivtrebygninger generelt skaper enda større utfordringer.

### 2.5.1 Delaminering

Ved modellering av trekonstruksjoner i brann tas det vanligvis hensyn til reduksjon av tverrsnitt på grunn av forkulling. For massivtreelementer er det lite informasjon om forkulling tilgjengelig. Det finnes likevel noen få eksperimentelle og numeriske undersøkelser. Spørsmålet som blir stilt i disse undersøkelsene er om massivtreelementer oppfører seg likt som homogent tre. Oppførselen ved brann for massivtreelementer er bestemt av oppførselen til hvert sjikt. To situasjoner kan antas:

- 1) At det forkullede laget holder seg på plass og beskytter underliggende/bakenforliggende lag. I dette tilfellet oppfører massivtre seg likt som vanlig homogent tre.
- 2) At det forkullede laget faller av, og nytt, friskt tre kommer til syne. De underliggende lagene vil da ikke beskyttes av det forkullede laget, og det nye treet vil gi bidrag til brannen. Dette fenomenet kalles delaminering. Retning på elementene (horisontal eller vertikal), tykkelse på sjikt og oppførselen til limet kan være med på å påvirke om delaminering skjer. Det nye trelaget kan få høyere forkullingshastighet på grunn av økt branntemperatur. Og hvis brannen er i en avkjølingsfase når delaminering skjer, kan det føre til en ny overtenningsfase.

Forskjellige limtyper mellom sjiktene kan benyttes. I Europa må lim som benyttes i byggverk være godkjent i henhold til ytelseskravene gitt i EN 301 og EN 15425. Under testene som er benyttet er høyeste temperatur 70 °C. Derfor gir dagens standarder ingen (eller lite) informasjon om limets oppførsel i forhøyet temperatur. I artikkelen «Experimental analysis of cross-laminated timber panels in fire» (Frangi et al., 2009) blir fem ulike typer lim testet under en ISO brannmotstandstest. Det ble testet fire typer lim av polyuretan (PUR) og en type melaminureaformaldehyd (MUF). PUR-lim er den dyreste typen, den krever kun luft og fukt for å herde. Limet tåler vann og er fargeløst. MUF-lim krever varme for å herde. Dette limet inneholder formaldehyd som irriterer øyne, nese og svelg. Det er derfor nødvendig med HMS-tiltak i produksjonsfasen av massivtreelementer hvis dette limet benyttes. I testen som er diskutert i artikkelen (ibid) delaminerte alle prøvene med PUR-lim, mens prøvene med MUF-lim delaminerte ikke. Testene viste også at prøvene med MUF-lim hadde konstant forkullingshastighet. For prøvene med PUR-lim var det ikke konstant forkullingshastighet. Forkullingshastigheten økte kraftig når delaminering skjedde. Videre kunne det også ses at forkullingshastigheten for lag med samme tykkelse var avhengig av tidspunktet lagene begynte å forkulle. Jo senere laget startet å forkulle, jo høyere ble forkullingshastigheten. Dette skjedde på grunn av at branntemperaturen økte når brannen utviklet seg, og høyere temperatur ga høyere forkullingshastighet når det ikke var noe beskyttende karbonlag som reduserte effekten av temperaturen.

Masteroppgaven «Branntekniske utfordringer og kompensierende tiltak i høye trehus» (Rønquist, 2018) tar blant annet for seg hvilke typer lim som blir benyttet av ulike produsenter av massivtreelementer. I oppgaven ble de største leverandørene av massivtreelementer i Østerrike og en leverandør i Norge kontaktet og spurt hvorfor de brukte PUR-lim. Hovedårsaken var at MUF-lim inneholder formaldehyd. Som nevnt kan formaldehyd skape irritasjon på øyne, nese og svelg. I tillegg krever formaldehyd varme for å herdes, og i tykke elementer vil det være krevende og dyrt å få varmet dem opp tilstrekkelig. Splitkon, en norsk produsent av massivtre, benytter MUF. Grunnen til det er å unngå delaminering ved brann. Splitkon opplyste at MUF-limet er videreutviklet og betydelig forbedret de siste årene, og at det derfor ikke trenger så mye varme for å herdes. Limet inneholder også mindre formaldehyd enn tidligere (Schaffer, 1968).

## 2.6 Regelverk

### 2.6.1 Regelverkets historie

Helt siden mennesker samlet seg til samfunn har brann og bybrann vært et problem. I Norge har de fleste hørt om bybrannene i Oslo, Bergen, Trondheim og ikke minst Ålesund. De fleste større byer i Norge, har vært delvis eller helt ødelagt av brann. Det har blitt prøvd ut ulike tiltak for å forebygge brannspredning, og helt siden Gultatingsloven på 1100-tallet og Magnus Lagabøters landslov fra 1247 har det vært norsk brannlovgivning (Olsen, 1998). Men det var ikke før i 1904, etter bybrannen i Ålesund i januar samme år, at det kom en brannlov med murtvang for hus i byer og tett bebyggelse. «Lov om forbud mod opførelse af træbygninger i landets byer» ble vedtatt 19.mai 1904 og gjorde det nærmest umulig å bygge nye trebygninger i bykjernen, heller ikke eldre trebygninger kunne bygges på. Murtvang innebar at yttervegger og tak måtte være i mur, som er et ubrennbart materiale. Innvendige konstruksjoner kunne fortsatt være i brennbare materialer. Murtvang vedvarte som et element i bygningslovene i Norge i lang tid etter 1904 (Larsen et al., 2017).

Fra bygningsloven, utgitt 1924, står det i § 113: «I landets byer må trebygninger ikke oppføres, hvis ikke annerledes bestemmes ved vedtekt. Tillatelse til å oppføre trebygninger bør som regel bare omfatte begrensede, innbyrdes adskilte strøk med åpen bebyggelse og bestemt for beboelse» (s.n, u.å). Dette gjorde at bykjerner gikk mer og mer bort fra å bygge i tre, særlig høye hus ble som regel bygget i mur. For eksempel ble bygårder inntil fire etasjer bygget i mur i de største byene.

Først i senere tid, har høye trebygninger blitt mer populært. Nye typer trekonstruksjoner, som limtre og massivtre, gjør det mulig å bygge høyere bygninger i tre. Dagens regelverk er basert på de gamle bygningslovene, og gjør det utfordrende å bygge høyt i tre.

I 1997 kom en ny teknisk forskrift, med funksjonsbaserte regler. Det er denne forskriften dagens forskrift er bygget videre på. Da den kom i 1997 ble det mulig å bygge trekonstruksjoner inntil fire etasjer, og dette gjorde at det ble litt enklere å bygge i tre. Likevel er det et ønske om å bygge enda høyere i tre, men både dagens regelverk og manglende erfaring med høye trekonstruksjoner og brann, gjør det vanskelig å få til.

## 2.6.2 Regelverkets oppbygning

I Norge er det flere lover og forskrifter som regulerer oppføring av byggverk. Den viktigste er Plan- og bygningsloven. I Plan- og bygningsloven står myndighetenes fastsatte krav som angir minimums kvalitets- og sikkerhetsnivå for byggverk. Deretter kommer byggt teknisk forskrift (heretter kalt TEK17), og veiledning til byggt teknisk forskrift (heretter kalt VTEK). I TEK17 er det funksjonsbaserte regler, hvilket vil si at det er krav til hvilken funksjon et byggverk skal ha. Et funksjonskrav er definert som et overordnet formål eller oppgave som skal oppfylles i det ferdige byggverket. Disse kravene er overordnede og kvalitative (Direktoratet for byggkvalitet, u.å). Kravene i TEK17 må være oppfylt for at byggverket skal oppfylle minimumskravene og bli godkjent av kommunen. Om det gjøres avvik fra TEK17, kreves dispensasjon og kompenserende tiltak slik at kvaliteten og sikkerheten er minst like god som det opprinnelige kravet. VTEK angir veiledninger og preaksepterte ytelser til TEK17. De preaksepterte ytelsene kan følges og da behøves det ikke dokumentasjon. Hvis preaksepterte ytelser ikke følges, kalles det et fravik. Da må det dokumenteres av ansvarlig prosjekterende at den alternative utformingen er minst like god. I VTEK henvises det noen steder til standarder og da skal disse følges på lik linje som teksten i veiledningen.

Regelverket for brannteknisk prosjektering står i kapittel 11 Sikkerhet ved brann, i TEK17 og VTEK. Det er to typer brannteknisk prosjektering; forenklet og analytisk.

Forenklet brannteknisk prosjektering er at byggverket prosjekteres i samsvar med preaksepterte ytelser fra veiledningen til teknisk forskrift (VTEK). De preaksepterte ytelsene er gitt av Direktoratet for byggkvalitet (DiBk). For forenklet brannteknisk prosjektering følges de preaksepterte ytelsene uten fravik, men der det er valgmuligheter i VTEK kan ansvarlig prosjekterende velge de ytelsene som er best egnet for prosjektet. De preaksepterte ytelsene gjelder for brannklasse 1, 2 og 3, og for byggverk inntil 16 etasjer. For byggverk over 16 etasjer, og byggverk som ikke har noen preaksepterte ytelser må det utføres en analytisk brannteknisk prosjektering.

Analytisk brannteknisk prosjektering er at brannsikkerheten må dokumenteres ved analyse, fordi preaksepterte ytelser ikke egner seg eller kan følges. Omfanget av analysen varierer ut fra hvor store fravik fra de preaksepterte ytelsene som er gjort. Byggverk i brannklasse 4 må alltid dokumenteres ved brannteknisk analyse (Direktoratet for byggkvalitet, 2017b). Det er også mulig å kombinere de to prosjekteringsmodellene, dersom preaksepterte ytelser brukes kombinert med fravik.

Det kan være ulike grunner til å benytte analytisk brannteknisk prosjektering. Noen ganger er det lovfestet at det skal benyttes, andre ganger er det ønskelig å fravike preaksepterte ytelser. Grunner til dette kan være at byggverk som ikke følger preaksepterte ytelser kan gi innovasjon, skape nytenkning og gi økonomiske besparelser. Eventuelt kan det finnes bedre løsninger enn de preaksepterte ytelsene for det aktuelle prosjektet, eller at de preaksepterte ytelsene ikke passer det aktuelle byggverket.

Ulempene med å benytte analytisk brannteknisk prosjektering er at det involverer mer dokumentasjon, noe som fører til økt prosjekteringstid og kostnader for brannteknisk prosjektering. Det er ofte mer krevende og komplekse byggverk, som gjør at det stilles høyere krav til brannprosjekterende.

### 2.6.3 Uavhengig kontroll

Plan og bygningsloven kapittel 24 omtaler kvalitetssikring og kontroll med prosjektering og utførelse. § 24-1 sier at ansvarlig prosjekterende og ansvarlig utførende skal ha system for å sikre og dokumentere at plan- og bygningslovgivningens krav er oppfylt. I tillegg skal det gjennomføres uavhengig kontroll av ansvarlige kontrollforetak når a) det foreligger viktige og kritiske områder og oppgaver og b) kommunen krever det etter en konkret vurdering (Lovdata, 2008).

Ifølge Byggesaksforskriften (heretter kalt SAK10) omfatter begrepet «kontroll» uavhengig kontroll i tillegg til den obligatoriske kvalitetssikringen. Uavhengig kontroll betyr at kontrollen skal være uavhengig, den skal gjennomføres av et foretak som ikke har utført arbeidet som skal kontrolleres (Direktoratet for byggkvalitet, 2010). Videre skal ikke foretaket som utfører den uavhengige kontrollen ha noen juridisk, personlig eller økonomisk tilknytning som kontrollen kan påvirkes av.

SAK10 § 14-2 angir når det er obligatorisk krav om uavhengig kontroll. Blant annet står det at for tiltaksklasse 2 og 3 skal det gjennomføres uavhengig kontroll for brannsikkerhet. Et massivtrebygg over fire etasjer vil være i tiltaksklasse 3, jmfør tabell 1. Kontrollkravet begrenses her til prosjektering av brannsikkerhetskonsept. Ved utførelse av uavhengig kontroll for brannsikkerhet skal brannsikkerhetsstrategien kontrolleres. Da må det verifiseres at målene for brannsikkerhet (krav fra TEK17) er oppfylt, og en beskrivelse av brannkonseptet må inngå i kontrollen. Brannkonseptet omfatter alle krav og ytelser som gjelder for detaljprosjekteringen, samt branntegninger (Direktoratet for byggkvalitet, 2010). Utførelsen og dokumentasjonen av kontrollen består av to deler. En del er en overordnet kontroll av dokumentasjon, der det undersøkes om den innehar de nødvendige opplysninger om byggverk og hvordan brannsikkerhet er ivaretatt. Den andre delen er kontroll av verifikasjon av brannsikkerhet når den er verifisert ved analyse. Det må kontrolleres at verifikasjonen for ivaretagelse av brannsikkerhet er faglig akseptabel, og at forskriftskrav er verifisert (ibid).

Tabell 1 Oppdeling i tiltaksklasser for brannkonsept. Hentet fra Direktoratet for byggkvalitet. (2010). SAK10. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggeregler/sak/> (lest 05.05.2019).

| Tiltaksklasse 1  | Tiltaksklasse 2   | Tiltaksklasse 3  |
|--|---|--|
| Byggverk i brannklasse 1 og risikoklasse 1, 2 og 4 som prosjekteres i samsvar med ytelser fastsatt i veiledning til byggteknisk forskrift. | Byggverk i brannklasse 1 og risikoklasse 3, 5 og 6.<br>Byggverk i brannklasse 2 og risikoklasse 1, 2 og 4.<br>Prosjekteres i samsvar med ytelser fastsatt i veiledning til byggteknisk forskrift. | Byggverk i alle brannklasser og alle risikoklasser.<br>Godkjenningsområdet omfatter også helhetlig brannkonsept for byggverk med fravik fra preaksepterte ytelser. |

#### 2.6.4 Kompenserende tiltak

Når fravik fra preaksepterte ytelser gjøres, må det vanligvis benyttes kompenserende tiltak. Et kompenserende tiltak er av kollegiet for brannfaglig terminologi definert som et tiltak som iverksettes for å opprettholde brannsikkerhetsnivået ved fravik av løsninger som er akseptert på forhånd.

Det finnes aktive og passive brannsikringstiltak. Aktive brannsikringstiltak er tiltak som må utløses manuelt eller automatisk ved brann. Eksempel er sprinkleranlegg, brannalarmanlegg og håndsløkkeutstyr. Passive brannsikringstiltak er tiltak som er bygd inn i konstruksjonen. Eksempler er brannvegger, brannceller, brannseksjoneringsvegger (s.n, 2015). Aktive brannsikringstiltak er avhengig av vedlikehold, at anlegget fungerer som det skal eller menneskelig tiltak, og kan derfor sies å være mindre pålitelig enn passive tiltak.

Sikkerhetsnivået har tradisjonelt vært basert på passive sikkerhetstiltak. I veiledning til TEK 97 kunne et passivt tiltak reduseres som følge av et aktivt tiltak. I TEK 10 ble dette ikke lenger mulig, og det samme systemet gjelder i TEK 17. I TEK 17 § 11-12 står det:

- Byggverk i risikoklasse 4 med krav om heis skal ha automatisk brannsløkkeanlegg.
- Byggverk i risikoklasse 6 skal ha automatisk brannsløkkeanlegg.
- Byggverk beregnet for virksomhet i risikoklasse 2 til 6 skal ha brannalarmanlegg.

Disse kravene kommer i tillegg til passive tiltak og det er ikke lenger mulighet til å redusere passive tiltak ved å benytte aktive tiltak som installasjon av automatisk sløkkeanlegg.

I 2015 kom en utredning som undersøkte om det skal være muligheter for reduserte ytelser ved installasjon av automatisk sløkkeanlegg. Utredningen fokuserer på at lettelser i det passive systemet ikke går på bekostning av det totale sikkerhetsnivået. Behovet for et passivt system kunne vært redusert hvis automatiske sløkkeanlegg alltid fungerte ved brann. Det er ikke tilfelle, og derfor er passive tiltak nødvendig for å opprettholde et tilstrekkelig sikkerhetsnivå. Utredningen anbefaler ytelsesreduksjoner der det er bevist at ytelsesreduksjoner ikke går på bekostning av sikkerhetsnivået, forutsatt at automatisk sløkkeinnsats er installert. Analyser og vurderinger på dette er gjort i rapporten (Sorthe et al., 2015). I noen tilfeller er det mulig å velge reduserte preaksepterte ytelser ved installasjon av automatisk sløkkeanlegg. Dette fremgår av de enkelte paragrafene i VTEK (Direktoratet for byggkvalitet, 2017b).

Det er ulike måter å vurdere om de kompenserende tiltakene er gode nok. Det kan gjøres en komparativ analyse eller en risikoanalyse.

En komparativ analyse er en sammenligning mellom to byggverk, der det ene er analysebyggverket og det andre er et referansebyggverk. Analysebyggverket er byggverket det skal dimensjoneres for. Referansebyggverket er et tilsvarende byggverk, utført i henhold til preaksepterte ytelser. Risikoen i analysebyggverket sammenlignes med risikoen i referansebyggverket for et begrenset antall brannscenarier. Hensikten med analysen er å verifisere at analysebyggverket har minst like god sikkerhet som referansebyggverket (Standard Norge, 2012). Sikkerhetsnivået i referansebygget er det som regnes som akseptabel risiko.



En risikoanalyse er en analyse der målet er å avdekke det totale brannrisikobildet i analysebyggverket. Risikoakseptkriterier er fastsatt på forhånd og vurderinger må gjøres opp mot disse. Det som skal tas med i analysen er en sammenstilling av initierende hendelser, konsekvenser og identifikasjon av tilhørende sannsynligheter. Risikoanalysen kan deles i to, kvalitativ analyse og kvantitativ analyse. Den kvalitative analysen er den beskrivende delen av analysen. Målet er her å skaffe en oversikt over bygningskonseptet, finne ut hvor det er brannfare og mulige problemer i konseptet, i tillegg til å definere et begrenset antall brannscenarier som grunnlag for en kvantitativ analyse (Kristoffersen & Mostue, 2005). En kvantitativ analyse er en beregnende analyse. Den utføres hvis det er nødvendig, og da brukes beregningsmetoder og verktøy som er hensiktsmessig i den eksakte problemstillingen.

### 2.6.5 Branntekniske egenskaper

Det er to typer branntekniske egenskaper som er viktige når det kommer til brannteknisk prosjektering. Den ene er brannmotstanden til bygningsdeler, den andre er egenskapene til produkter og materialer ved brannpåvirkning. Brannmotstanden til en bygningsdel er hvor lenge den kan opprettholde bæreevne, integritet og isolasjonsevne, når den prøves i en ovn hvor temperaturen styres i henhold til standard tid-temperaturkurve (Direktoratet for byggkvalitet, 2017b).

Bygningsdelers brannmotstand defineres av VTEK slik:

R – Bæreevne

E – Integritet eller tetthet

I – Isolasjonsevne

M – Mekanisk motstand

R - Bæreevnen angir en bærende konstruksjons evne til å motstå branneksponeering under aktuelle mekaniske laster i en gitt tid, uten at den strukturelle stabiliteten reduseres.

E - Integriteten eller tettheten angir en brannteknisk bygningsdels evne til å motstå branneksponeering kun på en side, uten brannspredning til motsatt side som et resultat av gjennomtrengning av flammer eller varme gasser (angitt i minutter)

I – Isolasjonsevnen er en brannteknisk bygningsdels evne til å motstå branneksponeering kun på en side, uten gjennomtrengning av brann som et resultat av varmegjennomgang fra eksponert til ueksponert side. Gjennomsnittstemperatur på ueksponert side skal ikke overstige 140 °C, og største temperaturøkning skal ikke overstige 180 °C (angitt i minutter).

M – Mekanisk motstand er bygningsdelens evne til å kunne motstå en normert mekanisk belastning etter å ha vært utsatt for brannpåvirkning i klassifiseringstiden. Eksempelvis en bjelke som kollapser over bygningsdelen på grunn av brann.

Produkter og materialers egenskaper defineres i VTEK slik:

Overflatene deles inn i klasser, ut fra hvor brennbare de er. Hovedklassene for overflater er A1, A2, B, C, D, E og F. A1 betyr at produktene ikke i noe stadium vil bidra i brannen, dette er øverste klasse på skalaen. F er nederst, og produkter i denne klassen har ingen bestemt ytelse når det gjelder egenskaper ved brannpåvirkning.

A1 – ubrennbart materiale.

A2-D – Begrenset brennbart materiale. Forskjellig grad av begrenset brennbart materiale, hvor A2 er minst brennbart, og D er mest.

E – Brennbart materiale.

F – Brennbart materiale, dårligere egenskaper enn klasse E.

I tillegg til hovedklasser er det også underklasser. Underklassene er for produktenes røykproduksjon og for brennende dråper. s1, s2 og s3 er for røykproduksjon, der s1 betyr at produktet har liten røykproduksjon. Klassene d0, d1 og d2 er for brennende dråper, der d0 vil si at produktet ikke gir brennende dråper eller partikler ved brann. For s3 og d2 er det ingen begrensning for røykproduksjon eller om produktet avgir brennende dråper ved brann.

### 2.6.6 Brannteknisk prosjekteringsprosess

Brannteknisk prosjekteringsprosessen består av flere ledd, illustrert i figur 8. I første omgang må det bestemmes hva som skal bygges, byggverket må plasseres i en risikoklasse og deretter må det bestemmes hvilken brannklasse det tilhører. Med disse faktorene på plass kan de branntekniske kravene i TEK17 finnes, og den branntekniske prosjekteringen utføres.



Figur 8. Innledende brannteknisk prosjekteringsprosess fritt illustrert etter Arumungam, A. (2018). Probabilitisk og deterministisk analyse av brannforløp i høye trehus: NTNU.

Når et byggverk skal bygges, må det plasseres i en risikoklasse. Risikoklassen bestemmes ut fra trusselen en brann kan innebære for skade på liv og helse, og kan leses ut fra en tabell i TEK17, gjengitt under i tabell 2. Ved hjelp av bestemte risikoklasse for et byggverk, kan tiltak og ytelser for å sikre rømning og redning ved brann bestemmes.

Tabell 2. Risikoklasse. Hentet fra Direktoratet for byggkvalitet. (2017a). TEK17. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/1/1-3/> (lest 10.03.2019).

| Risikoklasse | Byggverk kun beregnet for sporadisk personopphold | Personer i byggverk kjenner rømningsforhold, herunder rømningsveier, og kan bringe seg selv i sikkerhet. | Byggverk beregnet for overnatting | Forutsatt bruk av byggverk medfører liten brannfare |
|--------------|---|--|-----------------------------------|---|
| 1            | Ja  | Ja   | Nei                               | Ja  |
| 2            | Ja/Nei  | Ja   | Nei                               | Nei   |
| 3            | Nei   | Ja   | Nei                               | Ja  |
| 4            | Nei   | Ja   | Ja                                | Ja  |
| 5            | Nei   | Nei  | Nei                               | Ja  |
| 6            | Nei   | Nei  | Ja                                | Ja  |

Videre må brannklassen til byggverket bestemmes. Brannklassen bestemmes ut fra risikoklassen og antall etasjer på bygget. Ut fra brannklassen bestemmes konsekvensen en brann kan innebære for skade på liv, helse, samfunnsmessige interesser og miljø. Tabell 3 viser hvilken konsekvens de ulike brannklassene gir. Tabell 4 viser hvordan brannklasse kan bestemmes ut fra risikoklassen til bygget og antall etasjer.

Tabell 3. Brannklasse og tilførende konsekvens. Hentet fra Direktoratet for byggkvalitet. (2017a). TEK17. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/1/1-3/> (lest 10.03.2019).

| Brannklasse | Konsekvens  |
|-------------|-------------|
| 1           | Liten       |
| 2           | Middels     |
| 3           | Stor        |
| 4           | Særlig stor |

Tabell 4. Brannklasse. Hentet fra Direktoratet for byggkvalitet. (2017a). TEK17. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/1/1-3/> (lest 10.03.2019).

| Risikoklasse | Antall etasjer |       |        |               |
|--------------|----------------|-------|--------|---------------|
|              | 1              | 2     | 3 og 4 | 5 eller flere |
| 1            | -              | BKL 1 | BKL 2  | BKL 2         |
| 2            | BKL 1          | BKL 1 | BKL 2  | BKL 3         |
| 3            | BKL 1          | BKL 1 | BKL 2  | BKL 3         |
| 4            | BKL 1          | BKL 1 | BKL 2  | BKL 3         |
| 5            | BKL 1          | BKL 2 | BKL 3  | BKL 3         |
| 6            | BKL 1          | BKL 2 | BKL 2  | BKL 3         |

Eksempelvis er byggverk beregnet for overnatting i risikoklasse 4 eller 6. Ved fem etasjer eller flere er byggverket i brannklasse 3.

For brannklasse 4 er det ingen preaksepterte ytelser. Grunnen til det er at byggverk i brannklasse 4 er byggverk der konsekvensen ved brann kan bli særlig stor. Det som må tas særlig hensyn til i slike byggverk er brannscenarioer (sannsynlige brannforløp), byggverkets kompleksitet, potensielle konsekvenser ved brann og om brannsikkerhetsstrategien er komplisert. Brannsikkerhetsstrategien regnes som komplisert hvis mange tiltak må virke samtidig og er avhengige av hverandre (Direktoratet for byggkvalitet, 2017a).

Byggverk i brannklasse 3 har preaksepterte ytelser om bygningsdelene holder brannmotstand som er gitt i tabell 5.

Tabell 5. Bærende bygningsdelers brannmotstand avhengig av brannklasse. Hentet fra Direktoratet for byggkvalitet. (2017a). TEK17. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggeteknisk-forskrift-tek17/1/1-3/> (lest 10.03.2019).

| Bygningsdel   | Brannklasse               |   |                            |
|---|---------------------------|---|----------------------------|
|   | 1                         | 2   | 3                          |
| Bærende hovedsystem   | R 30<br>[B 30]            | R 60<br>[B 60]                                    | R 90 A2-s1, d0<br>[A 90]   |
| Sekundære, bærende bygningsdeler, etasjeskillere og takkonstruksjoner som ikke er del av hovedbæresystem eller stabiliserende | R 30<br>[B 30]            | R 60<br>[B 60]                                    | R 60 A2-s1, d0<br>[A 60]   |
| Trappeløp   | -                         | R30<br>[B 30]                                     | R 30 A2-s1, d0<br>[A 30]   |
| Bærende bygningdeler under øverste kjeller  | R 60 A2 -s1, d0<br>[A 60] | R 90 A2-s1, d0<br>[A 90]                          | R 120 A2-s1, d0<br>[A 120] |
| Utvendig trappeløp beskyttet mot flammepåvirkning og strålevarme  | -                         | R 30 [B 30]<br>Eller<br>A2-s1, d0<br>[ubrennbart] | A2-s1, d0<br>[ubrennbart]  |

Jamfør tabell 5 så er det bare ubrennbare materialer i bærende hovedsystem som har preaksepterte ytelser. Det vil si at bygninger med bæresystem i tre som er over fire etasjer, ikke har preaksepterte ytelser i VTEK. Bygninger av denne typen må dokumenteres med analytisk prosjektering. Den analytiske prosjekteringen må dokumentere at brannsikkerheten er på et minst like høyt nivå som for et ubrennbart bæresystem. Alle bæresystem som er under A2-s1, d0 må dokumenteres med analyse. Ubehandlet tre har euroklasse D-s2, d0 og brannbeskyttet treverk har euroklasse B-s1, d0. Dermed har ingen av disse tilhørende preaksepterte ytelser.

### 2.6.7 Funksjonskrav

I dette delkapittelet blir funksjonskrav som er relevante for massivtrebygg over fire etasjer lagt frem.

Kravene for bæreevne og stabilitet ved brann og eksplosjon står angitt i TEK17 § 11-4 og sier:

- (1) Byggverk skal prosjekteres og utføres slik at byggverket som helhet, og de enkelte delene av byggverket, har tilfredsstillende sikkerhet med hensyn til bæreevne og stabilitet.
- (2) Ved dimensjonering for tilfredsstillende bæreevne og stabilitet ved brann skal det medregnes termisk påkjenning fra den brannenergien og det brannforløpet som kan forventes i en byggesak.
- (3) Bæresystemet i byggverk i brannklasse 1 og 2 skal dimensjoneres for å kunne opprettholde tilfredsstillende bæreevne og stabilitet i minimum den tiden som er nødvendig for å rømme og redde personer og husdyr i og på byggverket.
- (4) Det bærende hovedsystemet i byggverk i brannklasse 3 og 4 skal dimensjoneres for å kunne opprettholde tilfredsstillende bæreevne og stabilitet gjennom et fullstendig brannforløp, slik dette kan modelleres.

VTEK sier at et fullstendig brannforløp kan modelleres i samsvar med punkt 3.3 i NS-EN 1991-1-2:2002+NA:2008: Eurokode 1: Laster på konstruksjoner – Del 1-1: Allmenne laster – Laster på konstruksjoner ved brann. Denne eurokoden dimensjonerer brannlastene. For å beregne kapasiteten til trekonstruksjoner vil imidlertid *NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 Eurokode 5: Prosjektering av trekonstruksjoner – Del 1-2: Brannteknisk dimensjonering* (heretter kalt Eurokode 5) gjelde. Eurokode 5 omfatter ikke massivtreelementer, men grunnet mangel på en gjeldende standard for massivtre benyttes denne ved dimensjonering (Standard Norge, 2004).

For en massivtrebygning over fire etasjer vil § 11-4 punkt (4) gjelde. Punktet sier at bygningen skal dimensjoneres for å kunne opprettholde tilfredsstillende bæreevne og stabilitet gjennom et fullstendig brannforløp, slik dette kan modelleres. Dette betyr at en brann må avta og slokke av seg selv, uten hjelp av slokkemannskaper.

Kravene for branncellebegrensende konstruksjoner står angitt i TEK17 § 11-8 og sier:

- (1) Byggverk skal deles opp i brannceller på en hensiktsmessig måte. Områder med ulik risiko for liv og helse eller ulik fare for at brann oppstår, skal være egne brannceller med mindre andre tiltak gir likeverdig sikkerhet.
- (2) Brannceller skal være utført slik at de forhindrer spredning av brann og branngasser til andre brannceller i den tiden som er nødvendig for rømning og redning.

Kravene for materialer og produkters egenskaper ved brann står angitt i TEK17 § 11-9 og sier:

- (1) Byggverk skal prosjekteres og utføres slik at det er liten sannsynlighet for at brann skal oppstå, utvikle og spre seg. Det skal tas hensyn til byggverkets bruk og den nødvendige tiden for rømning og spredning.
- (2) Materialer og produkter skal ha egenskaper som ikke gir uakseptable bidrag til brannutviklingen. Det skal legges vekt på muligheten for antennelse, hastigheten av varmeavgivelse, røykproduksjon, utvikling av brennende dråper og tid til overtenning.

## 3 Metode

I dette kapitlet presenteres metoden som er benyttet for å finne svar på problemstillingen i oppgaven. Metodene som ble brukt i denne oppgaven var litteraturstudie og dybdeintervjuer. Litteraturstudien ble benyttet for å finne relevant teori og forskningsresultater om emnet. Dybdeintervju ble benyttet for å hente ny informasjon og kunnskap, samt å kunne svare på problemstillingen. Kapitlet sier noe om valg av metode, beskrivelse av metodene brukt i oppgaven, hvordan analysen er gjennomført og vurdering av metodenes reliabilitet og validitet.

### 3.1 Valg av metode

Metode gjør det mulig å samle inn data for å finne svar på undersøkelser (Dalland, 2017, s. 52). Metode deles inn i to typer, kvantitativ og kvalitativ. I denne oppgaven er det valgt kvalitativ metode. Kvalitativ metode prøver å fange opp meninger, kan ikke tallfestes og er preget av et forhold mellom forsker og undersøkelsesperson (Dalland, 2017).

Det ble vurdert at problemstillingen best kunne løses med kvalitativ metode, for å gi dybdekunnskap om temaet og svar på forskningsspørsmålene. Det er utformet fire forskningsspørsmål for å kunne svare på problemstillingen. Problemstillingen er:

*Hvordan tolkes brannregelverket for massivtrebygg over fire etasjer av ulike fagmiljø, og hva er følgene av tolkningsrom i regelverket?*

For å finne svaret på dette ble det gjennomført en litteraturstudie, en orienteringssamtale og fire dybdeintervjuer. Litteraturstudien og orienteringssamtalen hadde til hensikt å gi bakgrunnskunnskap til å kunne utforme en presis intervjuguide. Intervjuguiden inneholder kvalitative spørsmål som skal gi en forståelse av hvordan brannregelverket tolkes, og følger av dette. Funnene fra dybdeintervjuene analyseres og skal gi svar på problemstillingen.

## 3.2 Litteraturstudie

For å finne relevant teori og forskning om emnet ble det utført en litteraturstudie i begynnelsen av arbeidet med oppgaven. Fremgangsmåten for å finne relevant litteratur var å benytte søkemotorer NMBU-studenter har tilgang til. Søkemotorene er Oria, Web of Science og Google Scholar. Noe litteratur ble også anbefalt av veiledere og informanter. Tabell 6 viser de mest sentrale søkeordene og antall treff i de ulike søkemotorene.

Tabell 6. Oversikt over søkeord, søkemotorer og antall treff (Egen tilvirkning).

| Søkeord                    | Oria | Web of Science | Google Scholar |
|----------------------------|------|----------------|----------------|
| «Brann massivtre»          | 23   |                | 132            |
| «Brannsikkerhet massivtre» | 11   |                | 85             |
| «Brannsikkerhet trehus»    | 12   |                | 157            |
| «Fire clt»                 | 730  | 35             | 20600          |
| «Fire safety clt»          | 249  | 10             | 7190           |

Kildene ble gjennomgått kritisk etter TONE-prinsippet (Overland, 2018). Kritisk gjennomgang ble gjort for å finne den meste relevante litteraturen med høyest kvalitet. TONE-prinsippet består av fire punkter:

- Troverdig: Er forfatteren og utgivelsessted troverdig? Er kilden sikker?
- Objektiv: Er litteraturen objektiv? Er flere sider belyst, og forskning i samsvar med eksisterende forskning?
- Nøyaktig: Er metoden gjennomgått og beskrevet nøyaktig? Er litteraturen oppdatert?
- Egnet: Er litteraturen relevant for det studien trenger svar på?

Byggteknisk forskrift kapittel 11 Sikkerhet ved brann (Direktoratet for byggkvalitet, 2017a), samt veiledningen til forskriften (Direktoratet for byggkvalitet, 2017b) er sentrale kilder i oppgaven. Disse ble brukt for å utarbeide problemstillingen og få kjennskap til regelverket som gjelder for massivtrebygg over fire etasjer.



### 3.3 Dybdeintervju

Dybdeintervju er et intervju mellom intervjuer og informant som studerer meninger, holdninger og erfaringer (Tjora, 2018). Det som skiller dybdeintervju fra fokuserte intervju og kortere intervjuer er at det i større grad benyttes åpne spørsmål. Dette gir informanten mulighet til å gå i dybden der de har mye og fortelle, og komme inn på temaer som ikke nødvendigvis er gitt i intervjuguiden. Digresjonene kan likevel være relevant for undersøkelsen, og gi ny kunnskap selv om det ikke var tenkt ut på forhånd.

For å svare på problemstillingen i denne oppgaven er det hensiktsmessig å bruke dybdeintervju som metode. Personer fra ulike fagmiljø ble intervjuet for å se hvordan de brukte og forholdt seg til brannregelverket. Målet var at informantene skulle gi svar som kunne brukes for å forstå sammenhenger i temaet, utover informantene som individ.

#### 3.3.1 Utvalg

For å finne informanter til undersøkelsen ble det gjort strategiske valg. Strategiske valg er at informanter velges ut fra at de har bestemte kunnskaper eller erfaringer (Dalland, 2017). Alle informantene er brannrådgivere fra ulike fagmiljø som har erfaring med massivtrebygg over fire etasjer. Ekstern veileder i Veidekke Entreprenør Trøndelag hjalp til med å finne informanter og relevante firma som drev med brannteknisk prosjektering av massivtrebygg. Siden bygging av massivtrebyggverk over fire etasjer enda ikke er så utbredt var det vanskelig å finne mange ulike informanter som hadde erfaring på feltet. Det ble derfor ikke gjennomført mer enn fire intervjuer, i tillegg til et orienteringssamtale. Til tross for begrenset antall informanter blir det likevel sett på som tilstrekkelig for å kunne svare på problemstillingen. Dette fordi informantene kom fra ulike fagmiljø, og dermed var uavhengige av hverandre. I tillegg skriver Dalland (2017) at det kvalitative intervjuet ønsker å gå i dybden, og derfor bør ikke antallet informanter være for stort. Gode samtaler med få informanter kan gi mye relevant data.

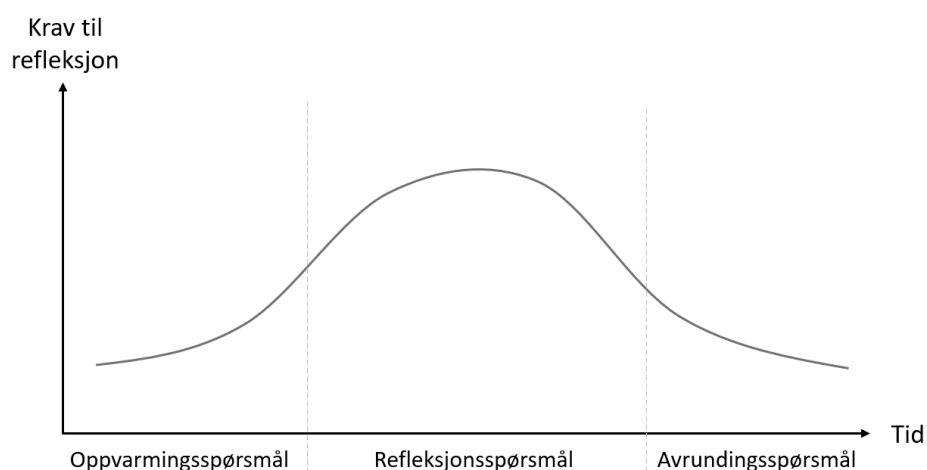
Tabell 7. Oversikt over intervjuer og intervjuets lengde.

| Oversikt over intervju | Type intervju       | Lengde   | Dato            |
|------------------------|---------------------|----------|-----------------|
| Brannrådgiver          | Orienteringssamtale | 1,5 time | 25.januar 2019  |
| Informant 1            | Dybdeintervju       | 1 time   | 26.februar 2019 |
| Informant 2            | Dybdeintervju       | 1 time   | 27.februar 2019 |
| Informant 3            | Dybdeintervju       | 1,5 time | 27.februar 2019 |
| Informant 4            | Dybdeintervju       | 1,5 time | 20.mars 2019    |

Informanter ble først kontaktet og spurt om de kunne stille på intervju. Sted og tid ble avtalt etter dette, og informantene fikk selv komme med forslag til tid og sted som passet dem. Resultatet ble at fire av fem av intervjuer ble avholdt på informantenes arbeidsplass. Et intervju ble avholdt på NMBU. Intervjusituasjoner kan påvirkes av sted, og derfor kan det være beroligende å gjennomføre intervjuet et sted informanten føler seg trygg. Alle intervjuer ble gjennomført ansikt til ansikt, i møterom på de aktuelle stedene. Ved bruk av møterom ble ikke intervjuet forstyrret underveis og det var lettere å unngå bakgrunnsstøy. På NMBU var møterommet lite lydtekt, så det ble en del bakgrunnsstøy. Dette kan ha fått effekt på spørsmål og svar gitt i intervjuet, da det er lettere å misforstå hverandre. Støy var ikke et problem på lydopptaket, så transkripsjonen fra intervjuet fikk ingen følge av dette. Intervjuene ble tatt opp og transkribert i etterkant, for så å bli sendt tilbake til informant. Dette ble gjort for å unngå at uttalelsene ble misforstått. Oversikt over intervjuer finnes i tabell 7, og resulterte i 42 sider med transkribert tekst.

### 3.3.2 Intervjuguide

I etterkant av orienteringssamtalen ble det laget en intervjuguide. Intervjuguiden følger Tjoras (2018) struktur for dybdeintervju, se figur 9. Denne strukturen sier at intervjuet skal ha en oppvarmingsdel, refleksjonsdel og avrundning. Oppvarmingsdelen besto av enkle spørsmål, som skulle gjøre informant komfortabel med intervjusettingen og intervjuer. Eksempel er spørsmål om informantens faglige bakgrunn og erfaring innenfor emnet. I refleksjonsdelen ble spørsmålene mer rettet mot å svare på problemstillingen. Spørsmålene var åpne, og det var rom for å gå i dybden fra informantens side. Oppfølgingsspørsmål ble stilt der det var behov for å belyse hendelser og uttalelser ytterligere. Avrundingsspørsmålene var mer generelle, og førte til en naturlig avslutning på intervjuet. Intervjuguiden ble utarbeidet i samarbeid med hovedveileder og ekstern veileder for å sikre at spørsmålene var relevante og kunne gi svar på problemstillingen. Intervjuguiden ligger vedlagt under Vedlegg A.



Figur 9. Dybdeintervjuets struktur illustrert etter Tjora, A. (2018).  
Kvalitative forskningsmetoder i praksis: Gyldendal Norsk Forlag AS.

Det er både fordeler og ulemper med å bruke en intervjuguide. Det er viktig å ikke bli for låst til intervjuguiden, da det i en intervjusituasjon er viktig å kunne vurdere når det er riktig å gå i dybden og når det er nok med kortfattet informasjon (Dalland, 2017). Dybdeintervjuets ideal er at det skal ha en fri og uformell samtale, der informant føler seg komfortabel. Samtidig har informanten gjerne en forventning om å svare på forhåndsdefinerte spørsmål og det kan bringe seriøsitet til intervjuet. Intervjuer må både stille relevante spørsmål og drive intervjuet framover, og en intervjuguide kan hjelpe til med det. På bakgrunn av dette vekslet forfatter mellom ferdiglagde spørsmål og oppfølgingsspørsmål, for å få flyt og uformell samtale i intervjusituasjonen.

### 3.3.3 Personvern

I en intervjusituasjon samles det inn personopplysninger. På grunn av dette er etikk og personvern noe som må tas hensyn til. Informanten skal ikke komme til skade under intervjuet, altså det skal ikke utføres eksperimenter som kan skade informant på noen måte (Tjora, 2018). Denne oppgaven tar for seg et faglig tema, og fare for skade på informant ses derfor ikke på som stor. Det er likevel viktig at forfatter oppfører seg høflig og viser respekt for informant. Dette ble lagt vekt på under alle intervjuene som ble gjennomført. En annen side ved personvern er at data som er samlet inn ikke skal misbrukes, og at data skal oppbevares på tilfredsstillende måte. Informantene skrev under en på en samtykkeerklæring som sier at de får en kopi av det transkriberte intervjuet og vil kunne trekke sine bidrag om de ønsker det. Informantene vil også kunne endre innholdet i ettertid, dersom det er feilsiteringer eller feilformuleringer. I tillegg vil alle informanter bli anonymisert, slik at det de sier ikke kan spores direkte tilbake til dem. Samtykkeerklæring ligger vedlagt under Vedlegg B. Lydopptak og transkribert intervju er kun tilgjengelig for veiledere og forfatter av oppgaven, og vil slettes etter at masteroppgaven er levert.

## 3.4 Analyse

Analysen gjør det mulig å finne ut hvilke funn intervjuet gir. Analysen er viktig for å få frem innholdet i intervjuet på en saklig måte (Dalland, 2017). Etter at alle dybdeintervju var gjennomført ble det gjort en analyse.

For å unngå at analysen blir farget av forfatterens forhåndskunnskap er det viktig at analysen blir gjort på en systematisk måte. Analysen av dybdeintervjuene gikk ut på å dele inn i ulike koder, og hente ut sitater fra de ulike informantene som hører inn under de ulike kodene. Noen svar kunne passe under flere temaer, og da ble sitatene brukt flere ganger. Tema ble bestemt ut fra intervjuguide og funn i intervju. Deretter ble det foretatt en sammenligning av svarene fra de fire informantene, for å kunne svare på forskningsspørsmålene. Skjema for systematisk analyse av dybdeintervju ligger vedlagt i Vedlegg C.

Analysen i denne oppgaven gjorde det enklere å trekke ut de mest verdifulle funnene fra hvert intervju, i tillegg til å sammenligne funnene.

### 3.5 Reliabilitet og validitet

For at metodene skal gi troverdig resultat, må kravene til reliabilitet og validitet være oppfylt (Dalland, 2017).

Reliabilitet betyr pålitelighet, og at målinger utføres korrekt og feilmarginer angis. At en studie har god reliabilitet vil si at resultatet er til å stole på, og det skal være mulig å gjennomføre undersøkelsen på nytt og få samme resultat og konklusjon. I denne oppgaven er dybdeintervju benyttet. Dybdeintervju er personavhengig, og derfor vil det ikke være mulig å gjenskape nøyaktig det samme intervjuet på nytt. Dermed ville ikke resultatet blitt nøyaktig det samme. At en intervjuguide er brukt, og at det er beskrevet nøye hvordan intervjuene ble gjennomført styrker reliabiliteten.

Tjora (2018) sier at innenfor kvalitativ forskning er en innforstått med at fullstendig nøytralitet ikke kan eksistere. For å dempe at resultatet får liten reliabilitet, bør forfatteren redegjøre for sitt eget engasjement, sin egen rolle og sin førforståelse i studien.

At forfatteren er engasjert i studien er ikke overraskende, da forfatteren selv har valgt tema for oppgaven. Dette kan betraktes som støy, siden det kan påvirke resultatet (Tjora, 2018). Likevel er det en nødvendig ressurs, siden det er engasjementet som driver oppgaven fremover.

For å være bevisst sin rolle, har forfatteren lest om dybdeintervju og tilhørende feilmarginer. Forfatter har fokusert på å holde egne synspunkter og oppfatninger utenfor, samt å stille åpne spørsmål der informant kan svare fritt. To av faremomentene ved at forfatter drar egne synspunkter inn i intervjuet, er at informantene svarer det de tror forfatter vil høre eller at informant går i forsvarsposisjon. Begge disse faremomentene kan skade resultatene i studien. For å unngå at informant ble misforstått eller at informant misforsto forfatters spørsmål, ble alle intervju transkribert og sendt tilbake til informantene. Informantene kunne da sjekke transkripsjon for feilsiteringer og feilformuleringer, og de kunne trekke sine uttalelser.

For å være bevisst sin førforståelse ble spørsmål i intervjuguide nøye gjennomgått. Spørsmålene ble laget basert på teori og orienteringssamtale. Disse faktorene kan derfor ha farget spørsmålene eller spørsmålstillingen. For å i størst mulig grad unngå dette ble intervjuguide gjennomgått med begge veiledere og en uavhengig brannrådgiver. Forfatterens førforståelse kan også gjøre seg gjeldende i analysering av resultater. For å unngå dette har resultat blitt gjennomgått på en objektiv og systematisk måte.

Validitet betyr relevans og gyldighet. For at en studie skal oppnå validitet må det som måles være relevant og gyldig for det som skal undersøkes (Dalland, 2017). Spørsmålene ble utformet fra eksisterende teori og forskning, og de ble nøye gjennomgått og diskutert for å kunne besvare problemstillingen. I intervjusituasjonen ble det stilt oppfølgingsspørsmål ved behov, for at informanter skulle skjønne spørsmålet og svare grundigere. Dette kan gi et sterkere resultat.

Validitet omhandler også utvalg. For å få god validitet til utvalget var det viktig at alle informantene hadde erfaring med brannteknisk prosjektering av massivtrebygg over fire etasjer. Alle informantene hadde minimum mastergrad innenfor feltet, og de hadde flere års relevant erfaring. To av informantene hadde ikke utført brannteknisk prosjektering fullt ut på et massivtrebygg over fire etasjer. En av disse hadde utført uavhengig kontroll på flere prosjekter. Den andre hadde vært involvert i flere prosjekter, og hadde stor kjennskap til regelverket. Svakheten ved dette er at de ikke alltid hadde relevant erfaring og konkrete eksempler. Fordelen er at problemstillingen blir belyst fra brannrådgivere med ulik erfaring.

Totalt sett antas det at både reliabilitet og validitet er god, validiteten bedre enn reliabiliteten.



## 4 Resultater

Kapittelet presenterer hovedfunn fra dybdeintervjuene strukturert under forskningsspørsmål.

### 4.1 Forskningsspørsmål 1

#### Tolkes brannregelverket for massivtrebygg over fire etasjer forskjellig av ulike fagmiljø?

For å avdekke eventuelle forskjeller i tolkning av brannregelverket, ble det stilt konkrete spørsmål som omhandlet formuleringer og spesifikke punkter i regelverket.

I TEK17 kapittel 11 § 11-4 punkt (4) står det at for et byggverk i brannklasse 3 og 4 skal det bærende hovedsystemet dimensjoneres for å kunne opprettholde tilfredsstillende bæreevne og stabilitet gjennom et fullstendig brannforløp. Dette er et omdiskutert punkt i forskriftene, og for å kartlegge hvordan de ulike informantene tolket det, fikk de flere spørsmål som omhandlet dette punktet. Hovedinnhold fra svar på spørsmål «Hva er et fullstendig brannforløp?» gis i tabell 8.

Tabell 8. Svar på spørsmål om hva et fullstendig brannforløp er.

|             | Svar  |
|-------------|---|
| Informant 1 | Synes det er vanskelig å svare på. Det sies ofte at der det er begrenset brannenergi er fullstendig brannforløp 90 minutter, hvis ikke er det 120 eller 240 minutter. Det er flere standarder for utregning av fullstendig brannforløp. Men det er ikke så mange som bruker den definisjonen.   |
| Informant 2 | Et fullstendig brannforløp beregnes ut fra Eurokode 5. Samtidig har eurokoden mangler, så det er nødvendig å se på andre forhold for å beregne det nøyaktig. Hensikten med formuleringen «fullstendig brannforløp» er at en brann alene ikke skal ta knekken på et byggverk.<br>Et fullstendig brannforløp er til det ikke lenger ikke er energi. |
| Informant 3 | I regelverket står det at et fullstendig brannforløp skal dimensjoneres slik dette kan modelleres. Derfor må eurokoden benyttes. En ISO-kurve kan ikke benyttes, den gjelder for stål og betong. Må derfor benytte en parametrisk beregning.  |
| Informant 4 | Det er til brannen har sluttet å brenne. Fra antennelse til det har slukket, uten innvirkning av slokkeinnsats som tekniske tiltak og lignende.   |

Informantene har ulike oppfatninger om hva et fullstendig brannforløp er. To av fire informanter mener det kan beregnes fra Eurokode 5. En synes det er vanskelig å svare på. Den siste sier at et fullstendig brannforløp er fra brannen antennes til det har slukket uten slokkeinnsats.

I tabell 9 svarer informantene på om de bruker ISO-kurve eller parametrisk kurve når fullstendig brannforløp beregnes.

Tabell 9. Svar på spørsmål om fullstendig brannforløp beregnes med ISO-kurve eller parametrisk kurve.

|             | Svar   |
|-------------|--|
| Informant 1 | Har bare kontrollert brannteknisk prosjekteringa til andre, så har ikke prosjektert med verken ISO-kurve eller parametrisk kurve selv. Er ikke kjent med at så mange bruker den matematiske veien når de skal beregne brannforløp. Den ene er mer aggressive enn den andre.  |
| Informant 2 | ISO-kurven er en ren temperaturkurve. Hvis tre og betong sammenlignes i ISO-kurven, må det pumpes inn mye mer energi for å holde kurven i en ovn med betong sammenlignet med tre. ISO-kurven kan brukes som en referanse i et sikkerhetssystem. Den kan brukes for å vite at konstruksjonen holder en ISO-brann. Men skal det dokumenteres for et fullstendig brannforløp, altså forskriften, er det nødvendig å gjøre tilleggsvurderinger. Det er den parametriske kurven som er relevant å se på når det skal beregnes. Et problem som dukker opp er at Eurokode 5 ikke er dekkende fullt ut, og at kurvene derfor ikke kan regnes på. |
| Informant 3 | Parametrisk kurve benyttes når fullstendig brannforløp skal dokumenteres. ISO-kurven kan også kalles en standard brannkurve, og den er modellert for stål og betong. Når en trekonstruksjon testes i ovn, bevises dette. Da er det ISO-kurven som følges for å holde temperaturen i ovnen. Og da brukes det mye mindre brennstoff for å holde kurven i en ovn med tre kontra betong og stål. Så derfor benyttes parametrisk kurve.   |
| Informant 4 | Holder seg unna ISO-kurve eller parametrisk kurve. Går heller ut fra litteraturkilder som sier noe om hastigheten på brannveksten i et naturlig brannforløp. Et naturlig brannforløp som tar hensyn til åpninger i rommet. Det som må være i fokus i massivtrebygg er hvordan en brann vil se ut i den konkrete branncellen, med konkret brannenergi.  |

Informantene løser beregning av det fullstendige brannforløpet på ulike måter. To av fire informanter bruker den parametriske kurven. De resterende bruker verken parametrisk eller ISO-kurve. Ingen av dem bruker ISO-kurven. To informanter mener at ISO-kurven ikke er dekkende, og at det må gjøres tilleggsvurderinger. Derfor mener de at det er den parametriske kurven som er riktig å bruke.



For å kartlegge hvordan brannrådgiverne dokumenterer fullstendig brannforløp ble det stilt spørsmål om dette. Svarene er gjengitt i tabell 10.

Tabell 10. Svar på spørsmål om hvordan fullstendig brannforløp dokumenteres.

|             | Svar   |
|-------------|--|
| Informant 1 | Lager et referansebygg som er identisk av risikoklasse og brannklasse som analysebygget. Risikomomentene i de forskjellige byggene sammenlignes. Hvis det preaksepterte bygget i betong kan bygges med R90 og R60, så har du tilsvarende brannmotstand i analysebygget.  |
| Informant 2 | Ser på et referansebygg og et analysebygg, og sammenligner dem.  |
| Informant 3 | Det går ikke an å bare regne ISO/standard eller parametrisk kurve. En parametrisk brannkurve regnes med en gitt innbrenningsdybde. Innbrenningsdybden sier noe om hvor mye tre som har gått med i brannen. Men hvis treet og brannenergien fra innbrenningsdybden tas med i beregningen, vil det føre til en større brannenergi i rommet. Dette vil påvirke den parametriske kurven, og gjør at brannen blir større. En større brann vil igjen påvirke innbrenningsdybden, og da blir det nok en gang større brannenergi. Det er en iterasjonsprosess, og innbrenningsdybden vil bli større og større. Dermed vil også brannenergien og brannen bli større. På denne måten vil ikke bygget stå et fullstendig brannforløp, men med kontroll på alle faktorene som skal inn, vil iterasjonsprosessen stoppe opp. Det er slik det må dokumenteres. |
| Informant 4 | Beskriver først brannforløpet helt enkelt med ord. Det inkluderer hvordan rømningsveier fungerer, hvor lang tid det tar før overtenning og hvor lang tid det tar før spredning til andre rom. Videre skilles det på om sprinkleranlegget fungerer eller ikke. Later som om sprinkleranlegget ikke fungerer, hvis ikke er det lite hensiktsmessig å analysere videre. Beskriver med ord hva som skjer videre. Kan bruke en effektutviklingskurve, som viser effektutviklingen av brannen etter en viss tid. Så må det diskuteres hva som skal til for å slukke brannen før alt er brent opp.  |

Informantene bruker tre forskjellige metoder ved dokumentasjon av brannforløpet. To av fire informanter bruker metoden fra NS 3901:2012 med referansebygg og analysebygg, en komparativ analyse. Informant 3 dokumenterer med parametrisk kurve, men ser på faktorer utover beregningsmetoden i Eurokode 1 (Standard Norge, 2008). Informant 4 benytter en kvalitativ risikoanalyse.

På spørsmål om det er klart hva som menes med formuleringen om fullstendig brannforløp svarer informantene følgende i tabell 11.

Tabell 11. Svar på spørsmål om det er klart hva som menes med fullstendig brannforløp.

|             | Svar  |
|-------------|---|
| Informant 1 | Nei, overhodet ikke. Det er uklart. Og et spørsmål som kan stilles er; hvorfor skal et bygg stå et fullstendig brannforløp?   |
| Informant 2 | Synes det er klart nok.   |
| Informant 3 | Vanskelig å svare tydelig på dette. Grunnen til det er at i regelverket står det at byggverket skal dimensjoneres for å stå et fullstendig brannforløp, slik dette kan modelleres. Men Eurokoden som VTEK viser til er ikke dekkende nok, fordi det står ingenting om økt brannenergi med hensyn til tre. Så det er ikke klart i den forstand at det går an å lese seg til det. |
| Informant 4 | Det er klart hva som menes, men det er vanskelig å dokumentere at forskriftskravet er oppfylt.  |

Resultatet er fire forskjellige svar på dette spørsmålet. En informant synes overhodet det ikke er klart hva som menes. En synes det er klart nok. En synes det er uklart fordi Eurokoden ikke er dekkende. En synes det er klart, men vanskelig å oppfylle.

I § 11-4 står det i punkt (3) at «bæresystemet» skal dimensjoneres og i punkt (4) at det «bærende hovedsystemet» skal dimensjoneres. Angående hva forskjellen på bærende hovedsystem og bærende system er, svarer alle informantene tilnærmet likt. At det bærende hovedsystemet er avgjørende for bygningens stabilitet, og bæresystemet omfatter både hovedsystem og sekundærbæring.

I § 11-7 står det at et byggverk skal deles opp i brannseksjoner for å bidra til at en brann, med påregnelig slokkeinnsats, begrenses til den brannseksjonen der den startet. Informantene får spørsmål om hva påregnelig slokkeinnsats er. Svarene gis i tabell 12.

Tabell 12. Svar på spørsmål om hva påregnelig slokkeinnsats er.

|             | Svar  |
|-------------|---|
| Informant 1 | Det kommer an på bygget, men handler blant annet om innsatsveier. Det går på skjønn og antagelser. Det er brannrådgiver som bestemmer hva påregnelig slokkeinnsats er.  |
| Informant 2 | At brannvesenet har mulighet til å begrense brannen. Det er å se på situasjonsplan, brannvesenets adkomst, vurdere brannvesenets mulighet for å gjøre tiltak og hindre at brannen sprer seg.  |
| Informant 3 | Det er ikke noe klart svar på hva det er. Det går på brannvesenets innsatstid og avstand. I VTEK står det preaksepterte ytelser som skal kunne brukes i hele Norge. Men med store forskjeller på brannvesen fra kommune til kommune så henger ikke det på greip. Det går an å se på dimensjoneringsforskriften for å se hva det er. Den gir et innspill om hva som kan forventes. |
| Informant 4 | Vanskelig å si eksakt hva det er, men det er mulig å se på dimensjoneringsforskriften. Påregnelig slokkeinnsats avhenger av blant annet innsatsstyrke og vannmengder tilgjengelig.  |

Tre av fire informanter synes det er vanskelig å si klart hva påregnelig slokkeinnsats er. Alle informanter nevner at faktorer som innsatstid, vannmengder og innsatsstyrke spiller inn. De er enige om at det er brannrådgiver som bestemmer hva påregnelig slokkeinnsats er, men at det kan være lurt å ha en dialog med brannvesenet i kommunen tiltaket skal være i.

I § 11-17 (1) står det at byggverk skal plasseres og utformes slik at rednings- og slokkemannskap, med nødvendig utstyr, har brukbar tilgjengelighet til og i byggverket for rednings- og slokkeinnsats. Informantene fikk spørsmål om hva brukbar tilgjengelighet er. Svarene er gitt i tabell 13.

Tabell 13. Svar på spørsmål om hva brukbar tilgjengelighet er.

|             | Svar   |
|-------------|--|
| Informant 1 | Har hatt flere diskusjoner med kommuner i landet omkring dette. Kommunene bytter ut brukbar med «kjørbar». Stort sett kommer brannrådgiver og kommune til enighet om at kommune har misforstått. Brukbar vil i mange tilfeller si; tilkomst til fots til en eller to av sidene. Og biloppstilling på de to siste fasadene. Det handler om at brannvesenet skal ha mulighet til å slokke. De fleste kommuner har en egen veileder som kan følges. |
| Informant 2 | VTEK angir dette. Samtidig er det lurt å ha kontakt med kommunen hvor tiltaket skal være.  |
| Informant 3 | Handler om brukbar tilgjengelighet fram til bygget. Innebærer å se på kjørbar adkomst og hvilke veier som er egnet for å komme frem med biler. For at det skal være brukbar tilgjengelighet må nivået være likt som preaksepterte ytelser eller bedre. VTEK blir dermed et mål på hva som er godt nok.   |
| Informant 4 | Har aldri tenkt over at ordet brukbar står i forskriften. Tolker det som at de bygningsmessige konstruksjonene og tekniske installasjonene skal være brukbar og fungerende for brannvesenet. Dette kan finnes i de preaksepterte ytelsene i VTEK.  |

Tre av fire informanter sier at mange av kravene tilknyttet brukbar tilgjengelighet kan finnes i VTEK. To av fire informanter sier at det kan være lurt å snakke med kommunen tiltaket skal være i.

For å kartlegge om brannrådgiverne hadde opplevd å tolke regelverket annerledes enn andre brannrådgivere ble det stilt spørsmål om akkurat det. Informant 1 sier at det hender at uavhengig kontroll er uenig med argumentasjonen ved brannteknisk prosjektering. De kan være enige om løsningen, men uenige om måten de kommer frem til løsningen. Videre forklarer informanten at TEK 17 er et fleksibelt lovverk. Det er åpent for en del tolkninger, mens VTEK fastlåser situasjonen litt mer. Informanten har erfart at utførende brannrådgivere kan være liberale med svært livlige tolkninger, mens andre ganger er det kontrollerende som kan være liberale. Informant 2 har ikke erfart å tolke regelverket annerledes enn andre brannrådgivere. Likevel har informanten hørt fra kommunene at noen aktører "prøver seg". Altså at de erklærer ansvar uten å ha grunnlag for det. Informant 3 har opplevd å være uenig med andre brannrådgivere mange ganger.

*"Noen ganger er det små justeringer som ikke er dokumentert godt nok, der begge er enige om at løsningen er bra nok [...]. Men i ytterste konsekvens så har jeg vært borti tilfeller der jeg ser hva de har gjort, og mener at det ikke er godt nok i forhold til forskriftene. Så man ser jo alle tilfeller. Da kan man jo spørre seg om det er fordi den prosjekterende er for dårlig eller om den kontrollerende har lagt lista for høyt."*

- Informant 3 om uenighet i tolkning av TEK17

Informant 4 har også sett at brannrådgivere kan være uenig om hvordan de skal gå frem ved brannteknisk prosjektering. Informanten har til og med opplevd at enkelte brannrådgivere ikke vil prosjektere bygninger i massivtre overhodet.

## 4.2 Forskningsspørsmål 2

### Hvorfor tolkes det forskjellig?

Fra dybdeintervju og litteraturstudie er det funnet to grunner til at regelverket tolkes forskjellig. Den ene grunnen er at TEK17 er et funksjonsbasert regelverk. Den andre grunnen er at det er store usikkerheter i massivtreets branntekniske egenskaper. Dette gjør at brannrådgivere er usikre på hva som er godt nok.

I 1997 kom en ny byggeteknisk forskrift som dagens forskrift bygger på. Før var det bygningsmyndighetene som kontrollerte og godkjente. Så ble det slik at myndighetene kun drev tilsyn, mens de prosjekterende og ansvarlig kontrollerende tok det tekniske ansvaret. Informant 2 mener at regelverket gir muligheter hele veien og samtidig er logisk. Det har blitt sagt at funksjonsbasert regelverk fører til mye synsing, samtidig gir det muligheter for innovasjon og nytenkning. Alle steder hvor det er preaksepterte ytelser i VTEK er det tolkningsrom, i den forstand at det er anledning til å gjøre en analyse. Selv om det er funksjonsbaserte regler, så er det mye som er bundet opp likevel. Informanten mener at det ikke er hensiktsmessig å lage en kokebok der alt er spikret, som et regelverk uten funksjonskrav kanskje vil bli. Informant 4 mener også at et funksjonsbasert regelverk med tolkningsrom gir muligheter. Det gir muligheter for kreative rådgivere som liker å finne gode løsninger som ikke er helt standard. Regelverket gir frihet når det ikke er en kokebok som må følges til punkt og prikke.

Generelt mener flere av informantene at kunnskap om hvordan massivtre oppfører seg under en brann er for lite dekkende. Det finnes ingen erfaring fra kollapse av massivtrebygg som følge av brann alene. For lite kunnskap om delaminering er et stort problem. Andre problemer er: hvor kan eksponerte trevegger stå i forhold til hverandre for å minimere brannen og hvordan skal byggedetaljer utformes. Lite forskning og sikre forskningsresultater er en utfordring. Det fører til at det blir vanskelig å si sikkert hva som er tilstrekkelig ved brannteknisk prosjektering.

En av informantene tar opp et konkret eksempel på som omhandler brannsmitte i kanalføringer. Informanten oppgir at en eksisterende veiledning i et byggforskblad ble oppdatert gjennom en rapport som hadde kommet ut nylig. I ettertid viste det seg derimot at rapporten hadde blitt vurdert som mindre relevant for temaet. Derfor ble informasjonen om

brannsmitte i kanalføringer igjen endret bare et halvt år etter den forrige oppdateringen. Dette viser at feltet er fortsatt under utforskning, noe som fører til usikkerhet om hva som er riktig måte å løse brannsmitte i kanalføringer på. Og om oppdateringene er til å stole på, eller om det vil komme en ny oppdatering om kort tid.

Samtidig som mye er usikkert, mener enkelte at det ikke er så stor risiko med brann i massivtrebygg. En informant sier at mange i bransjen er enige om at massivtre er solid og at det er lite risiko forbundet til det. Massivtre brenner, men det brenner sakte og kontrollert. Det er derfor et forutsigbart materiale. Og hvis det er dimensjonert riktig så er det svært solid.

### 4.3 Forskningsspørsmål 3

#### Hva er følgene av tolkingsrom i regelverket, og hva de største utfordringene?

Informantene pekte på flere utfordringer i regelverket som kompliserer å bygge høye bygg i massivtre. Tolkingsrom i regelverket gjør at det blir store forskjeller i hvordan brannrådgivere utfører brannteknisk prosjektering. En stor utfordring slik tre av informantene ser det er § 11-4 punkt (4) om fullstendig brannforløp. En av informantene sier at grunnen til at formuleringen står i regelverket er for å hindre at brann alene skal ta knekken på et byggverk.

Informant 1 mener myndighetenes holdning til de A2-klassifiserte ubrennbare konstruksjonsdetaljene er problematisk. Informanten synes at regelverket gjør det vanskelig å bevise at bæresystemet står gjennom et fullstendig brannforløp, slik det står i forskriften. Informant 3 sier også at utfordringen i Norge er at TEK17 sier at et byggverk skal stå gjennom et fullstendig brannforløp, og at dette er vanskelig å dokumentere for trekonstruksjoner. Det behøves et stort dokumentasjonsomfang for å kunne dokumentere dette. For tre må det dokumenteres at konstruksjonen vil stå igjennom alle brannscenarier. For stål og betong kan preaksepterte ytelser følges, og siden erfaring viser at bygget står er det godt nok. Informanten mener det er strengere forskriftskrav for trekonstruksjoner, og at dette er uheldig. Informant 4 synes det er vanskelig å finne gode og sikre nok løsninger, som samtidig er praktisk gjennomførbare og mulig å forsvare økonomisk.

*"[...] den er et usikkerhetsmoment. For du kan alltid bli tatt på at du ikke har oppfylt forskriftskravet, og forskriften må man oppfylle. Men da kan man ikke bygge i tre i det hele tatt, uten å kle inn med gips."* – Informant 4 om § 11-4 punkt (4)

Siden forskriftskravet er så vanskelig å dokumentere, øker dokumentasjonsmengden betraktelig sammenliknet med et byggverk som kan følge preaksepterte ytelser. Informant 3 sier at de har måttet utvikle nye metoder for å bevise at forskriftskravet er oppfylt. De har gjennomført tester med fysiske konstruksjoner i brannlab. De måtte gjøre dette for å vise at metodene og beregningsmåtene de utviklet fungerte i praksis.

*«Det er egentlig bare et punkt i denne forskriften som stopper bygg i massivtre, og det er det med fullstendig brannforløp.»* - Informant 4

Det finnes også andre eksempler på fravik som øker dokumentasjonsmengden. Hvis arkitekten ønsker eksponert tre i trapperom og korridorer, er det et fravik. Da sier brannrådgiveren at det må brannmales hvert tiende til tjuende år. Det krever større ansvar for vedlikehold for eier av bygget. Utvendig trekledning er også et konkret eksempel på fravik fra preaksepterte ytelser. Utvendig trekledning er ikke preakseptert for et byggverk over fire etasjer. Som kompenserende tiltak må det brukes en brannimpregnert trekledning, eller brannrådgiver må komme med andre tiltak. Alle disse tiltakene gjør at det samlet blir mer dokumentasjon og mer jobb med brannteknisk prosjektering av høye bygninger i massivtre.

*"Det er vel sånn at de er usikre på hvordan prosjektere i tre, også peker de på dette med fullstendig brannforløp. At dette forskriftskravet sier at du må enten ha tildekket trekonstruksjon eller stål eller betong. Og det å ha tre som ikke er tildekket blir noe som mange rådgivere ikke tør og begi seg ut på. Og når man prosjekterer i dag, så får man uavhengig kontroll som kan henge seg opp i det.» - Informant 4*

Informant 4 sier med dette sitatet at det er usikkerhet i hvordan brannteknisk prosjektering for massivtrebygninger over fire etasjer skal utføres. Det blir mye ekstraarbeid sammenliknet med ubrennbare konstruksjoner, og disse faktorene samlet kan gjøre at mange rådgivere ikke vil eller tør å prosjektere for høye bygninger i massivtre.

I tillegg til formuleringen om fullstendig brannforløp, så er tolkningsrom i regelverket også en utfordring. Det er delte meninger blant informantene om det funksjonsbaserte regelverket, men alle synes det har noen utfordringer. I tabell 14 er de forskjellige informantenes meninger om tolkningsrom i regelverket satt opp.

Tabell 14. Informantenes mening om tolkningsrom i regelverket.

|             | Svar  |
|-------------|---|
| Informant 1 | Mye av regelverket er opp til skjønn. Samtidig har mye blitt bedre etter at kravet om uavhengig kontroll kom.   |
| Informant 2 | Funksjonsbasert regelverk gir flere muligheter. Det er bra, samtidig som det er noen utfordringer. For eksempel føler en del kommuner at de mister kontroll, når aktørene har ansvar for å kontrollere selv.  |
| Informant 3 | Regelverket er generelt fullt av uttrykk som er vanskelig å kvantifisere. Regelverket er for vagt, det er for mange ord som "bør", "kan" og "brukbar" som ikke er kvantifisert. Dette gjør at det er vanskelig å vite hva som er godt nok. For å finne ut hva som er godt nok må VTEK benyttes, ved å se på preaksepterte ytelser og sammenligne med dem. Men VTEK er også full av lite konkrete ord. Hvis det kommer til en krangel der jurister må inn så er det vanskelig for dem å tyde en tekst som ikke er konkret.   |
| Informant 4 | Mange ting burde vært klargjort i regelverket. Men på det meste er det etablert en praksis for hvordan det skal løses. Et eksempel på det er i VTEK § 11-17 preaksepterte ytelser punkt 1. Der står det "Byggverk inntil 8 etasjer må ha tilgjengelighet for brannvesenets høyderedskap (brannbil utstyrt med maskinstige eller snorkel) slik at alle etasjer og brannseksjoner kan nås." Denne blir ikke praktisert slik den står i VTEK, og det blir ikke laget noe fravik på denne preaksepterte ytelsen. Det som skjer i praksis er at hvis det bygges med to trapperom, så tilrettelegges det ikke for høyderedskap. Er det kun ett trapperom i bygget, så tilrettelegges det for høyderedskap med tilgang for hver enkelt boenhet. Så her blir det praktisert en ting, selv om det står noe annet i VTEK. |

*«Ja, vi som brannrådgivere jobber nesten som jurister av og til. Og det er mange som sier at hvis du jobber med brannteknisk prosjektering så får du helt ulikt svar ut fra hvilken brannrådgiver du spør. [...] Og det er ofte sånn at to rådgivere leser samme tekst i VTEK, men kommer frem til ulikt nivå, fordi de tolker den teksten forskjellig.»*

– Informant 3



Informantene fikk også spørsmål om hvor i regelverket det var mest spillerom for tolkning. Informant 1 peker på at § 11-4 om fullstendig brannforløp er noe som har stort spillerom for tolkning i negativ grad. Informant 2 sier at overalt der det er preaksepterte ytelser er det rom for tolkning, men det betyr ikke at det er negativt. Informant 3 synes det er godt strødd med punkter som har rom for tolkningsrom i hele kapittel 11. Men at det er vanskelig å si hvor det er størst spillerom for tolkning. Informant 4 sier at mange av kapitlene i forskriften er formulert slik at det ikke kan sies hva det betyr i praksis. For eksempel i § 11-8 (1). Byggverk skal deles opp i brannceller på en hensiktsmessig måte. Informanten lurer på hva det egentlig betyr, da hensiktsmessig er et lite kvantifiserbart uttrykk.

*«Brannregelverket har masse eksempler hvor det er mulighet for tolkning. [...] Når de tekstene er så vage, da blir det mange ulike svar på det.» – Informant 3*

Informant 3 synes generelt at regelverket har mange ord og formuleringer som er vage.

#### **4.4 Forskningsspørsmål 4**

##### **Hvordan kan utfordringene løses?**

For å kartlegge hva som kan gjøres for å løse utfordringene for brannregelverket for massivtrebygg over fire etasjer ble det stilt spørsmål om forbedringspotensial i, og tilknyttet regelverket. Informantene hadde ulike forslag til hva som kan gjøres bedre.

Tre av informantene mener at uklare punkter og formuleringer i regelverket burde vært klargjort. Tre av informantene mener at det bør komme preaksepterte ytelser for byggverk i brannklasse 3 også for brennbare materialer. Den siste informanten sier at mange i bransjen ønsker det, og derfor bør det bli en realitet.

En informant mener at spesifikt § 11-4 i TEK17 om fullstendig brannforløp må vurderes. Flere peker på at tekniske tiltak som sprinkleranlegg må bli tatt med i et byggverks brannrisikovurdering. En av informantene forklarer hvordan sikkerhetssystemet for brann fungerer. Det består av tre hovedelementer; sprinkleranlegg, brannvesenets innsats og konstruksjonens brannmotstand. I et betongbygg så vil byggverket bestå i en brann bare basert på konstruksjonens brannmotstand. Selv om sprinkleranlegg og brannvesen skulle svikte, så tåler bygningen det. For et byggverk i tre er det annerledes. Men spørsmålet er: må konstruksjonens brannmotstand tåle så mye når sikkerhetssystemet er som det er? Og kan kravene til brannmotstand reduseres når det er krav om sprinkleranlegg?

Det som taler imot er at sprinkleranlegg er et aktivt tiltak, med en annen type sårbarhet enn passive tiltak. Det fører til at byggene blir mindre robuste. Betongkonstruksjoner er mer robuste enn trekonstruksjoner. Likevel er trekonstruksjoner robuste nok, med sikkerhetssystemet som finnes i dag mener informanten.

*«Funksjonskravet sier at passive tiltak skal gjøre at konstruksjonen skal stå et fullstendig brannforløp. Men i praksis mener jeg at de tekniske tiltakene som sprinkleranlegg og tilrettelegging for brannvesenet er såpass viktige at de ikke kan overses. Jeg mener man skal flytte fokus litt bort fra passive tiltak. [...] jeg vil heller se på hvordan vi øker brannvesenets muligheter til å slukke brannen. Og hvordan øke sprinkleranleggets mulighet til å slukke brannen.» – Informant 4*

Det siste to av informantene foreslår som en forbedring er bedre dokumentasjon av materialer og produkter, slik at de som bygger vet hvordan materialene og produktene oppfører seg under brann. Eksempelvis nevner informant 2 at på grunn av limfugene i massivtreelementene og fare for delaminiering, er det nødvendig med produktinformasjon. Eventuelt kunne en separat europeisk standard, en kort veiledning eller et byggforsksblad omhandlet hvordan ulike detaljer skal løses.

Informant 4 beskriver at per nå er det en utfordring at ingen vet sikkert hvordan byggedetaljer for massivtre skal utføres. Hvis for eksempel en kanal skal føres gjennom en vegg, så er det ingen veiledning for det. Vanligvis gjøres det på fabrikken under produksjon. Fabrikken får da tegninger på hvor kanalene skal gå, og hullene blir frest ut. Siden tetter de det med samme type masse som i et betongbygg. Dette kan være godt nok brannteknisk, men så får det konsekvenser for lyd ved at det forplanter seg mye lyd gjennom veggene. Branntekniske tiltak i massivtrebygg får konsekvenser for andre fag, fordi det er for lite kunnskap om hvordan detaljene skal utføres. Informanten foreslår derfor en separat veiledning som beskriver ulike detaljer. Denne veiledningen kan for eksempel inneholde beskrivelse av hvordan gjennomføringer skal utføres, hvordan brannmaling skal utføres, hvordan kledning med gips skal utføres og hvordan utvendig kledning skal utføres.

## 5 Diskusjon

Dette kapittelet diskuterer funnene i resultatkapittelet opp mot teorien i teorikapittel for hvert enkelt forskningsspørsmål.

### 5.1 Forskningsspørsmål 1

#### Tolkes brannregelverket for massivtrebygg over fire etasjer forskjellig av ulike fagmiljø?

For å svare på forskningsspørsmål 1 ble informantene spurt flere spørsmål om hvordan de tolket og oppfattet regelverket. På de fleste spørsmålene svarer informantene ulikt. Det er kun ett spørsmål alle svarer det samme på, og det er spørsmålet om forskjellen på et bæresystem og et bærende hovedsystem. Det er flere spørsmål der to eller tre av informantene svarer likt, men likevel har ikke alle fire samme oppfatning.

TEK17 § 11-4 punkt (4) handler om at et byggverk skal dimensjoneres for å kunne opprettholde tilfredsstillende bæreevne og stabilitet gjennom et fullstendig brannforløp. I orienteringssamtale med brannrådgiver ble det trukket fram at det er stor uenighet om dette funksjonskravet, og at ulike brannrådgivere ikke vet hvordan kravet skal tolkes. På bakgrunn av dette ble det stilt flere spørsmål om betydning, dokumentasjon og beregning av fullstendig brannforløp.

Informantene har ulik oppfatning av hva et fullstendig brannforløp er. Litteraturstudien sier at et fullstendig brannforløp er brannens utvikling fra antennelse til den har slukket eller er blitt slukket. Det er dette svaret en av informantene gir. I VTEK står det at et fullstendig brannforløp kan modelleres i samsvar med punkt 3.3 i Eurokode 1. For trekonstruksjoner benyttes Eurokode 5 for å beregne kapasiteten til bygget. To av informantene svarer at de benytter Eurokode 5, selv om de presiserer at det er den parametriske kurven som benyttes. Beregning av parametriske tid-temperaturkurver er beskrevet i tillegg A i Eurokode 5. Den siste informanten sier at det er vanskelig å svare på hva et fullstendig brannforløp er. At en av informantene synes det er vanskelig å svare på er ikke unaturlig, da det ikke er noen felles enighet om dette spørsmålet. Det er lite forskning på hvordan et fullstendig brannforløp i tre utarter seg, det gjør det vanskelig å besvare spørsmålet.

Angående ISO-kurve og parametriske kurve så er det ingen av informantene som bruker ISO-kurven ved beregning av fullstendig brannforløp. To av dem bruker den parametriske kurven. ISO-kurven er en standard kurve, som ofte benyttes for ubrennbare materialer. Mange synes ikke den er relevant å benytte for brennbare materialer. Og det stemmer med inntrykket fra intervjuene, da ingen av informantene bruker ISO-kurven ved beregning av fullstendig brannforløp. De to informantene som ikke bruker den parametriske kurven, bruker verken ISO-kurve eller parametriske kurve.

Ved dokumentasjon av fullstendig brannforløp benyttes tre forskjellige metoder av de fire informantene. To av informantene gjør en komparativ analyse. En gjør en parametriske beregning, men peker på at Eurokode 5 ikke er dekkende, så det gjøres beregninger utover

denne. En informant gjør en kvalitativ risikoanalyse. At tre forskjellige metoder benyttes styrker resultatet om at § 11-4 punkt (4) tolkes forskjellig av de ulike fagmiljøene.

På spørsmålet om informantene synes det er klart hva som menes med formuleringen «et fullstendig brannforløp» er det fire forskjellige svar. Svarene spriker fra at en informant mener det ikke er klart overhodet, til at en annen mener det er klart nok. Dette indikerer at det er stor uenighet om hvordan dette tolkes.

Angående de andre punktene og formuleringene i regelverket er informantene mer samstemte. Likevel gir tre av informantene uklare svar på hva påregnelig slokkeinnsats er. En informant nevner at det er vanskelig å si eksakt hva det er og en annen sier at det ikke er noe klart svar på dette. Informantene har mange like idéer om hva formuleringen betyr. Likevel tyder svarene på at de er usikre, og at mye går på skjønn og antagelser i prosjektene som utføres.

Brukbar tilgjengelighet er i likhet med påregnelig slokkeinnsats en formulering som tolkes ulikt. Tre av fire informanter sier at mange av kravene finnes i VTEK. Formuleringen tolkes relativt likt av de tre, selv om det er noen forskjeller i svarene deres. En informant sier at de har diskutert dette med diverse kommuner under byggeprosjekter. Kommunene bytter ifølge informanten ut «brukbar» med «kjørbar». Dette er et eksempel på at også kommunene kan tolke forskriftsteksten ulikt fra dem som utfører analysen.

Summen av disse svarene fra informantene viser at regelverket på vesentlige punkter tolkes forskjellig av ulike fagmiljø. Det eneste spørsmålet alle informantene var enige om var forskjellen på et «bæresystem» og «et bærende hovedsystem». Dette viser at på noen punkter er fagmiljøene enige, og det gjelder punkter der det er innarbeidet en felles enighet om hvordan det tolkes basert på flere års erfaring. Brannteknisk prosjektering av massivtrebygg er forholdsvis nytt i byggebransjen. Funnene i intervjuene viser også at det er andre formuleringer og ord enn de som er knyttet til massivtre som kan tolkes.

I tillegg til at informantene svarer ulikt på mange av spørsmålene de får fra regelverket, oppgir tre av informantene at de har opplevd å tolke regelverket ulikt fra andre brannrådgivere. Det blir tolket ulikt i varierende grad. Enkelte ganger kan de ulike brannrådgiverne være enige om løsningen, men uenige om måten de løser det på. Andre ganger kan de være uenige om brannteknisk prosjekteringen til den andre brannrådgiveren er brannsikker nok. Informant 4 har opplevd at andre brannrådgivere ikke vil prosjektere massivtrebygg overhodet. En slik tolkning vil ha stor konsekvens for antall massivtrebygg som bygges, og vil derfor ha betydning for miljøfokus i byggebransjen. Dette vitner om at det er store forskjeller i hvordan ulike fagmiljø ser på regelverket knyttet til massivtrebygg, og hvordan de tolker det.

## 5.2 Forskningsspørsmål 2

### Hvorfor tolkes det forskjellig?

I forskningsspørsmål 1 blir det slått fast at brannregelverket for massivtrebygg over fire etasjer tolkes forskjellig av ulike fagmiljø. I tillegg er det andre deler av regelverket som også tolkes ulikt, selv om det ikke er direkte knyttet til massivtre.

Hvorfor det tolkes forskjellig er det flere grunner til. Den første grunnen er at TEK17 er et funksjonsbasert regelverk. Det betyr at det er funksjonskrav som skal oppfylles, men disse kan oppfylles på ulik måte og det er flere muligheter å oppfylle funksjonskravene på. To av informantene sier at et funksjonsbasert regelverk gir muligheter. Et funksjonsbasert regelverk benyttes for å få en variert bygningsmasse og unngå at alle byggverk blir like. Informant 2 har lik oppfatning når han/hun sier at det ikke er hensiktsmessig å ha et regelverk der alt må følges til punkt og prikke som en oppskrift. Det samme tenker informant 4 på når han/hun sier at det funksjonsbaserte regelverket gir frihet og muligheter for kreative rådgivere som vil finne nye løsninger. Det at regelverket er funksjonsbasert er dermed en sentral grunn for at regelverket tolkes forskjellig. Samtidig er det mange steder i regelverket som ikke tolkes forskjellig, og det er ofte på steder i regelverket der det er mange års erfaring på området.

Den andre grunnen til at det tolkes forskjellig er lite kunnskap om de branntekniske egenskapene til massivtre. Som funnene viser er det i stor grad punkter i regelverket som er knyttet til massivtre som tolkes ulikt. Det tyder på at områder der det er mange års erfaring, har brannrådgiverne opparbeidet seg en fast måte å tolke regelverket på. I praksis betyr det at fagmiljøene løser det på samme måte, selv om regelverket er funksjonsbasert. For massivtre er det ikke mange års erfaring å lene seg på, og flere av brannrådgiverne blir derfor usikre på hvordan det er riktig å tolke punktene som er tilknyttet massivtre. Informantene oppgir at kunnskap om hvordan massivtre oppfører seg under brann er for lite dekkende. Dette stemmer med funn i litteraturstudien. Det er få tester på hvordan massivtre oppfører seg under brann. Det er ikke nok forskningsresultater på verken hvordan et fullstendig brannforløp utarter seg for en trekonstruksjon, eller om delaminering vil skje under brann. Dette gjør at brannrådgiverne blir usikre på hva som er riktig. Enkelte peker på forskning som viser at bygningsdeler av massivtre kan oppnå høy bæreevne og branncellebegrensende funksjon, og derfor er et trygt byggemateriale når det kommer til brann. Enkelte brannrådgivere peker derimot på forskning som viser at eksponert massivtre vil medføre at brannen vokser raskere, er mer intens og varer lenger enn en brann i ubrennbare konstruksjoner. Hvis en brann ikke slukker før alt brennbart materiale er brent opp, betyr det for en massivtrekonstruksjon at hele bygningen har kollapset. Brannrådgiverne som mener at massivtre ikke vil slokke av seg selv, er trolig blant dem som ikke vil prosjektere for massivtrebygg i det hele tatt. Ulike oppfatninger om hva som er sikkert nok fører til ulike tolkninger. Mangelfull kunnskap om hvordan massivtre oppfører seg under brann er en av grunnene til at det tolkes forskjellig.

### 5.3 Forskningsspørsmål 3

#### Hva er følgene av tolkningsrom i regelverket, og hva de største utfordringene?

Funn i intervjuene viser at det både er fordeler og ulemper som følge av tolkningsrom i regelverket. Fordelene og ulempene har innvirkning for både rådgiver, byggherre, entreprenør og kunde/bruker.

Fordeler som følge av tolkningsrom i regelverket er for det første at et funksjonsbasert regelverk gir muligheter og kan føre til innovasjon i byggebransjen. Et regelverk der alt er spikret ville ført til mindre variasjon i byggemetoder og mindre arkitektonisk frihet. For at byggebransjen skal forbedre seg og være nyskapende, må det være rom for det. Tolkningsrom i regelverket vil bidra til nettopp dette.

Den andre fordelen med regelverket slik det er i dag er at det utføres uavhengig kontroll. Informant 1 mener at det har blitt en bedre bransje etter at kravet om uavhengig kontroll kom. Informant 4 mener derimot at uavhengig kontroll kan henge seg opp i hvordan prosjekteringen utføres, og at det ikke alltid er positivt. Det er altså delte meninger angående uavhengig kontroll. Praksisen er slik at ved brannteknisk prosjektering av massivtrebygninger over fire etasjer, må det utføres uavhengig kontroll. Dette kan være en fordel fordi regelverket tolkes da av to ulike brannrådgivere, som ser på det samme prosjektet. Det fører til faglig dialog mellom rådgiverne. Faglig dialog er positivt da det gjør at rådgiverne reflekterer mer over problemer og utfordringer i prosjektet, og kan sørge for en spesialtilpasset løsning for hvert enkelt prosjekt.

Ulemper som følge av tolkningsrom i regelverket har betydning for rådgiver, byggherre, entreprenør og kunde/bruker.

For rådgiverne fører tolkningsrom til stor spredning i hvordan de brannprosjekterer for massivtrebygg. Det blir ulike løsninger på slike bygg, noe som kan gi stor forskjell i hvor brannsikre de er. Enkelte brannrådgivere kan tolke regelverket mye strengere enn det faktisk er ment å være, noe som fører til ekstremt brannsikre byggverk. Enkelte vil da mene at bygget er for brannsikkert. Andre brannrådgivere tolker regelverket på en måte som fører til for lite brannsikre byggverk. Ingen av disse scenarioene er optimale. Når brannregelverket tolkes så forskjellig skaper det stor usikkerhet om hva som er tilstrekkelig nivå for brannteknisk prosjektering. Som en informant påpeker er det mange som sier at for hver nye brannrådgiver er det et nytt svar når det gjelder brannteknisk prosjektering. Spørsmålet som kan stilles er: skal være slik at brannteknisk prosjekteringen avhenger av hvilken brannrådgiver som benyttes? Nåværende situasjon er at mye opp til den enkelte brannrådgivers integritet. Da er det ikke nødvendigvis regelverket som bestemmer om noe kan bygges eller hvilket sikkerhetsnivå byggverket får, men den enkelte brannrådgiver.

For byggherre og/eller entreprenør er ulemper som følge av tolkningsrom i regelverket at byggverket kan overdimensjoneres hvis det er for brannsikkert. At byggverket er for brannsikkert er ikke et problem i seg selv, da det hever personsikkerheten og verdisikkerheten til bygget. Men det er ikke hensiktsmessig å overdimensjonere ved prosjektering av byggverk. Det fører til økt materialbruk, mer transport av byggematerialer, lenger prosjekteringstid og lenger byggetid. Dette er faktorer som er skadelige i miljøsammenheng og gir høyere

kostnader. Høyere kostnader og lenger byggetid kan føre til at byggherre eller entreprenør velger tradisjonelle løsninger med stål og betong. Det bidrar ikke til økt satsing på massivtrebygg, og gjør det dermed vanskeligere for byggebransjen å bli mer miljøvennlig. Høyere kostnader kan også føre til at byggherre og entreprenør velger brannrådgivere med liberale tolkninger av regelverket. Problemet blir da at enkelte brannrådgivere med strengere tolkninger blir luket ut av markedet. En konsekvens av dette kan bli at byggverket prosjekteres for lite brannsikkert.

At et byggverk prosjekteres for lite brannsikkert er heller ikke ønskelig for byggherre, entreprenør eller brukere. Fokuset på å bygge miljøvennlig kan ikke overgå fokuset på brannsikkerhet. Da vil ikke person- og verdissikkerhet bli tilstrekkelig, og det er ingen tjent med. Størst konsekvens har dette selvfølgelig for brukerne av bygget ved en eventuell brann.

For kundene og brukerne av byggverket kan et for lite brannsikkert bygg gi fatale konsekvenser. For lav personsikkerhet kan i verste fall føre til tap av menneskeliv. Om bygget ikke er brannsikkert nok til å stå imot en kollaps, kan også store verdier gå tapt i en brann. Brannregelverket bør derfor vurderes, for å finne et felles mål for hva som er godt nok, slik at en katastrofal brann ikke skjer uten at brannsikkerheten i bygget er tilstrekkelig.

De største utfordringene i regelverket er:

Tre av fire informanter oppgir av de synes TEK17 § 11-4 punkt (4) og usikkerheten om formuleringen «et fullstendig brannforløp» er en stor utfordring. Informant 4 sier at dette punktet er det eneste som stopper bygg i massivtre. Årsaken til denne uttalelsen er at det ikke kan bevises at en konstruksjon i massivtre kan stå et fullstendig brannforløp. VTEK viser til standard for beregning, men i realiteten er ikke standarden dekkende. Dette er en utfordring da det er umulig å oppfylle forskriftskravet. Og som informant 4 sier så må forskriftskravet oppfylles. Informant 3 synes det er strengere krav for tre (brennbart materiale) enn stål og betong (ubrennbart materiale). Informanten sier at for tre må det bevises at konstruksjonen står gjennom alle brannscenarioer, i motsetning til stål og betong der det ut fra erfaring kan sies at sikkerhetsnivået er godt nok.

Den neste utfordringen som er avdekket under intervjuene er vage formuleringer i regelverket generelt. At det er mange ord som ikke har entydig betydning, gjør at det blir vanskelig for de som jobber med regelverket å vite hva som er godt nok. Et eksempel som informant 4 påpeker er TEK17 § 11-8 punkt (1): Byggverk skal deles opp i brannceller på en hensiktsmessig måte. Her kan det være vanskelig å si eksakt hva hensiktsmessig måte betyr, og dermed blir det ulike løsninger i analysen.

Den siste utfordringen er at det er for lite forskning på de branntekniske egenskapene til massivtre. Siden forskning og erfaring på området er mangelfull, er kravene strenge. Det er ikke en direkte utfordring i regelverket at det er lite forskning, men regelverket lider under dette. Lite forskning og sikre forskningsresultater gjør at brannrådgivere ikke har nødvendige metoder for å modellere riktige brannscenarioer for slike bygg. Usikkerhet om de branntekniske egenskapene til massivtre skaper splid blant rådgiverne, som fører til at det blir store forskjeller i hvordan regelverket tolkes og hvordan den branntekniske prosjekteringen utføres.

## 5.4 Forskningsspørsmål 4

### Hvordan kan utfordringene løses?

Tre hovedpunkter kan oppsummere hvordan utfordringene kan løses. Det er ved å se spesifikt på forbedringer i regelverket, å se på tiltak som kan gjøre at fagmiljøene får en felles oppfatning, og mer praktisk forskning på de branntekniske egenskapene til massivtre.

Det første punktet er å gjennomgå regelverket og forbedre det. Formuleringen om fullstendig brannforløp bør vurderes omformulert. Grunnen til det er at det ikke er mulig å oppfylle forskriftskravet ved prosjektering av massivtrebygg. Flere av informantene mener at tekniske tiltak bør bli tatt med i vurderingen når brannsikkerheten skal bestemmes. Slik som forskriften er i dag, er det lovpålagt at automatiske brannsløkkeanlegg skal brukes for byggverk i risikoklasse 4 hvor det kreves heis. Da kan det ikke benyttes som et kompensierende tiltak. Men automatiske brannsløkkeanlegg i tillegg til andre passive og aktive tiltak fører til et svært høyt sikkerhetsnivå i bygningen. Det må vurderes om sikkerhetsnivået blir tilstrekkelig nok når automatisk brannsløkkeanlegg installeres, slik at passive tiltak kan reduseres. Hvis forskriftskravet ikke skal forandres, bør beregningsmetodene som det blir vist til i VTEK utbedres. Beregningsmetodene er ikke dekkende for brannteknisk prosjektering av massivtrebygg i dag, og skal det være mulig å oppfylle kravet ved hjelp av Eurokode 5 må den oppdateres.

I tillegg til formuleringen om fullstendig brannforløp er det mange andre formuleringer der det ikke er klart hva som menes. Det er mange vage ord som blir brukt, eksempelvis «bør», «kan» og «brukbar». Det må vurderes om de vage ordene er tydelige nok til at rådgiverne tolker de riktig. I noen tilfeller kan ordbruken føre til feiltolkninger, og ordene det gjelder må muligens skiftes ut for å få mer samstemte fagmiljø og et konsekvent regelverk.

En annen ting flere av informantene ønsker, er å innføre preaksepterte ytelser for brennbare konstruksjoner i brannklasse 3. Da blir det likt som for ubrennbare konstruksjoner. Det kan dermed bli lettere for byggherre og entreprenør å velge massivtre når det skal bygges. Om dette gjøres er det fortsatt mulig å løse prosjekteringen på annen måte ved å fravike preaksepterte ytelser. Det går ikke utover innovasjon og muligheter, samtidig som det blir lettere å prosjektere for brann i massivtrebygg.

Neste punkt er at fagmiljøene må få en felles oppfatning av regelverket. Stor spredning i hvordan fagmiljøene løser brannteknisk prosjektering for massivtrebygg skaper stor usikkerhet hos både rådgivere, byggherre, entreprenør og kunde. Det er flere tiltak som kan gjøres for å skape en felles oppfatning blant fagmiljøene. En av informantene oppga at en separat europeisk standard eller et byggforskblad som omhandler massivtre ville vært til stor hjelp. Et separat informasjonshefte eller lignende, ville mest sannsynlig gjort fagmiljøene mer samstemte. Da hadde de hatt noe konkret å se til dersom de var i tvil om løsninger. Eventuelt kunne felles konferanser om temaet hjulpet for å få et mer enhetlig syn på regelverket. Tilstrekkelig informasjon om hvordan ting løses og hvilket brannsikkerhetsnivå som er godt nok, er noe som mangler i regelverket i dag.



For å få til utbedringene nevnt i avsnittene over er det nødvendig med mer forskning på de branntekniske egenskapene til massivtre. Noen av punktene det er for lite forskning på er:

- Hvordan et fullstendig brannforløp utarter seg i en trekonstruksjon.
- Hvor mye trekonstruksjonen vil bidra til brannlasten under en brann.
- Delaminering.
- Beregningsmetoder, og om beregningsmetodene stemmer med virkelige branner.
- Hvordan byggedetaljer skal utføres for å unngå brannspredning og større branner.

Delaminering er det allerede en del forskning på, og forskningsresultatene viser at limet som brukes er avgjørende. PUR-lim vil delaminere, mens MUF-lim vil ikke delaminere (Frangi et al., 2009). Likevel er det ikke krav til hvilket lim som skal brukes. Produktdokumentasjon er derfor også et punkt som må forbedres. Det bør ikke være slik at massivtreelementene limes med en limtype som delaminerer, når det kan unngås.

For å få mer informasjon til fagmiljøene, må det utføres flere tester og forsøk med massivtre og brann. Riktig informasjon må innhentes, slik at det ikke er noe tvil om hva som stemmer. I dag er det ingen erfaring med at massivtre kollapser som følge av brann, så det er vanskelig å si om et massivtrebygg står gjennom et fullstendig brannforløp eller ikke. Det er ikke ønskelig å finne ut dette via en stor brann, da det kan få fatale konsekvenser for personsikkerhet, verdisikkerhet og sikkerhet for rednings- og slokkemannskaper. Det må gjennomføres mer forskning på massivtre i virkelige branner, slik at fagmiljøene som prosjekterer og entreprenørene som bygger kan føle seg sikre på at brannsikkerheten er tilstrekkelig.



## 6 Konklusjon

Denne studien har hatt som formål å finne ut hvordan brannregelverket for massivtrebygg over fire etasjer tolkes av ulike fagmiljø, og hva som er følgene av tolkningsrom i regelverket. Funnene som er gjort viser at brannregelverket tolkes forskjellig på vesentlige punkter i regelverket av ulike fagmiljø. Spesielt punkter som omhandler massivtre og trekonstruksjoner, har store forskjeller i hvordan de oppfattes. TEK17 § 11-4 punkt (4) som handler om at et bygg skal ha tilstrekkelig bæreevne og stabilitet gjennom et fullstendig brannforløp er en formulering som skaper stor splid i fagmiljøene. Andre punkter, der det er mange års erfaring på området, er ikke gjenstand for like store forskjeller. Likevel er det mange ord og formuleringer som er vage i regelverket generelt. Det blir slått fast at mye er opp til skjønn og antagelser, hvilket gjør at mye baseres på den enkelte brannrådgivers oppfatning.

Grunnen til at det tolkes ulikt er todelt. For det første er det et funksjonsbasert regelverk, som består av funksjonskrav som skal oppfylles. Det betyr at det ikke må gjøres på en bestemt måte, så lenge funksjonskravene er oppfylt er det flere måter å løse det på. I veiledningen til byggt teknisk forskrift er det noen steder angitt preaksepterte ytelser som kan følges, og ved hjelp av dem vil funksjonskravene bli oppfylt. For massivtrebygg over fire etasjer er det ingen preaksepterte ytelser, og analytisk prosjektering må dermed utføres. Den andre grunnen til at regelverket tolkes ulikt er at det er manglende erfaring på de branntekniske egenskapene til massivtre. Det fører til usikkerhet og ulike oppfatninger blant brannrådgiverne, som igjen fører til ulik tolkning av regelverket.

Følgene av at regelverket tolkes ulikt er mange. Det som er positivt med tolkningsrom i regelverket er at det gir muligheter for innovasjon og nytenkning. Det gjør det mulig å finne nye bygningstyper og løsninger, og ikke bare følge en oppskrift i regelverket.

Negativt med tolkningsrom i regelverket er at det fører til stor splittelse i hvordan brannrådgiverne utfører brannteknisk prosjektering for slike bygg. Det blir usikkert hva som er tilstrekkelig nivå, og det kan få følger for både byggherre, entreprenør og kunde. Det skal ikke være slik at brannsikringsnivået bestemmes ut fra den enkelte brannrådgiverens syn. Enkelte brannrådgivere synes at massivtre er et stabilt materiale som kan oppnå høy bæreevne og branncellebegrensende funksjon. Følgene kan bli at bygget prosjekteres for lite brannsikkert. Andre brannrådgivere synes at det er alt for stor usikkerhet rundt massivtreets branntekniske egenskaper, samt at det er umulig å oppfylle forskriftskravet. Følgene av dette kan være at de prosjekterer et alt for brannsikkert bygg eller unngår å prosjektere bygg i massivtre. Ingen av delene er optimale. Overdimensjonering fører til økte kostnader og lengre byggetid, og kan gjøre at byggherre og entreprenør unngår å bygge i massivtre på grunn av det. Det er også fare for at brannrådgivere som tolker brannregelverket på en streng måte blir luket ut av markedet, fordi liberale brannrådgivere foretrekkes. Et for lite brannsikkert bygg kan få fatale konsekvenser for personsikkerhet, verdisikkerhet, samt sikkerhet for rednings- og slokkemannskaper.

De største utfordringene i regelverket som er avdekket i oppgaven er:

- Forskriftskrav § 11-4 punkt (4) om fullstendig brannforløp. Det er tilnærmet umulig å bevise at forskriftskravet kan oppfylles slik det står formulert i dag. Og Eurokode 5 som brukes for beregning er ikke dekkende for massivtre.
- Vage formuleringer i regelverket generelt. Mange ord har ikke entydig betydning, og kan føre til stor usikkerhet blant de som jobber med regelverket.
- For lite praktisk forskning på de branntekniske egenskapene til massivtre. Eksempelvis hvordan massivtre oppfører seg under brann, hvordan et fullstendig brannforløp utarter seg i trekonstruksjoner, hvor mye brannen vil bidra til brannlasten og hvordan byggedetaljer skal utformes for å unngå at brann sprer seg eller blir unødvendig stor.

For å løse utfordringene er det tre hovedtiltak som kan gjøres. Det første er å se på formuleringer i regelverket, og vurdere om de er tydelige nok. Det er regelverket som skal angi hvilket brannsikringsnivå som er tilstrekkelig. Dersom det ikke ut fra regelverket kan leses hvilket nivå det betyr, bør de vage formuleringene skiftes ut. Forskriftskravet om fullstendig brannforløp i § 11-4 punkt (4) bør også vurderes. Slik forskriftskravet står i dag er det umulig å oppfylle for massivtrebygg, og det fører til færre prosjekter med massivtre. Et tiltak som kan bidra til å oppfylle forskriftskravet er preaksepterte ytelser i brannklasse 3 for brennbare materialer, på samme måte som for ubrennbare materialer. I tillegg må Eurokode 5 for beregning av et fullstendig brannforløp oppdateres. Den er ikke dekkende for massivtrebygninger i dag, og må derfor utbedres.

Det andre som kan gjøres for å løse utfordringene, er å utføre tiltak som fører til en felles oppfatning av regelverket blant fagmiljøene. Ulike tiltak kan benyttes. Informasjonshefter, rapporter eller konkrete veiledninger om hvordan massivtre skal brannprosjekteres kan utformes, slik at fagmiljøene har informasjon tilgjengelig om de er i tvil. Eventuelt kan konferanser om emnet arrangeres, der de får en mer enhetlig forståelse og det blir mer faglig dialog rådgiverne imellom.

For å få til utbedringene over, er det nødvendig med mer forskning på de branntekniske egenskapene til massivtre. Det må gjøres flere forsøk, slik at det er mulig å si sikkert hvordan fagmiljøene skal brannprosjektere for massivtrebygg. Forskingen som finnes i dag er ikke dekkende, og det kan ikke sies ut fra forskning hvordan brannteknisk prosjektering skal løses for høye bygninger i massivtre. Det er foreløpig ingen erfaring med at massivtrebygg kolliderer som følge av brann, og det er ikke ønskelig å få erfaring gjennom en stor brann der mennesker, verdier og redningsmannskaper er i fare.

## 7 Videre arbeid

Denne oppgaven har sett på hvordan de ulike fagmiljøene har tolket brannregelverket for massivtrebygg over fire etasjer, og hvilke følger tolkningsrom i regelverket har. Det er slått fast at ulike fagmiljø innen brannrådgivning tolker regelverket forskjellig, og at en av grunnene til det er at det er for lite forskning på de branntekniske egenskapene til massivtre.

Videre arbeid innenfor temaet burde derfor fokusere på å øke kunnskapen om hvordan massivtre oppfører seg under brann. Tester på hvordan et fullstendig brannforløp utarter seg i en trekonstruksjon, delaminering og andre områder der det er for lite forskning vil hjelpe for å få mer kunnskap.

Det burde arbeides videre med å utvikle nye og dekkende beregningsmetoder for massivtre og trekonstruksjoner generelt. Samt vurdere i hvilken grad beregningsmetodene stemmer med virkeligheten.

Hvordan byggedetaljer for massivtre skal løses på best mulig måte vil også være relevant å se videre på. Eksempelvis hvordan gjennomføringer og skjøter utformes, hvor mange flater med eksponert tre som kan være i samme rom og hvor flatene skal stå i forhold til hverandre.



## 8 Referanser

- Aarstad, J., Glasø, G. & Bunkholt, A. (2008). Fokus på tre: Massivtre. Bygg21. (2018). *Bygg- og eiendomssektorens betydning for klimagassutslipp*. I: Bramslev, K. (red.): Bygg21.
- Bøhmer, E. & Aarnes, H. (2016). *Tre - plante*. Tilgjengelig fra: [https://snl.no/tre\\_-\\_plante](https://snl.no/tre_-_plante) (lest 18.02.2019).
- Dalland, O. (2017). *Metode og oppgaveskriving*: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Direktoratet for byggkvalitet. (2010). *SAK10*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggeregler/sak/> (lest 05.05.2019).
- Direktoratet for byggkvalitet. (2017a). *TEK17*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/1/1-3/> (lest 10.03.2019).
- Direktoratet for byggkvalitet. (2017b). *Veiledning til byggteknisk forskrift*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/globalassets/byggteknisk-forskrift-tek17/byggteknisk-forskrift-tek17-med-veiledning.-lastet-ned-januar-2019.-direktoratet-for-byggkvalitet.pdf> (lest 10.03.2019).
- Direktoratet for byggkvalitet. (u.å). *3.2.3 Funksjonsbasert regelverk*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/saksbehandling/kommunalt-tilsyn/temaveiledninger/tilsyn/del-3--vedlegg/vedlegg-3.2/3.2.3.-funksjonsbasert/> (lest 08.03.2019).
- Edvardsen, K. I. & Ø.Ramstad, T. (2015). *Trehus*.
- Frangi, A., Fontana, M., Hugli, E. & Jübstl, R. (2009). Experimental analysis of cross-laminated timber panels in fire.
- Hagen, B. C. (2004a). *Brannkjemi*. Tilgjengelig fra: <http://www.hagensforlag.no/brannkjemi.pdf> (lest 07.02.2019).
- Hagen, B. C. (2004b). *Grunnleggende brannteknikk*. Haugesund.
- Hofmeister, T. B., Kristjansdottir, T., Time, B. & Wiberg, A. H. (2015). *Life Cycle GHG Emission from a wooden load-bearing alternative for a ZEB office concept: The Research Centre on Zero Emission Buildings*.
- Jensen, K., Rimstad, N. Ø. & Hoel, O. (2018). *Brann*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/brann> (lest 18.02.2019).
- Kollegiet for brannfaglig terminologi. (u.å). *Kollegiet for brannfaglig terminologi*. Tilgjengelig fra: <http://www.kbt.no/> (lest 22.04.19).
- Kristoffersen, B. & Mostue, B. A. (2005). *Brannsikkerhet i bygg: Sammenligning av alternative branntekniske strategier*: Sintef.
- Larsen, K. E., Arnesen, H. & Vik, H. (2017). *614.014 Bygningslovgivning og byggebestemmelser fra første halvdel av 1800-tallet til 1930*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/615/bygningslovgivning\\_og\\_byggebestemmelser\\_fra\\_foerste\\_halfdel\\_av\\_1800-tallet\\_til\\_1930](https://www.byggforsk.no/dokument/615/bygningslovgivning_og_byggebestemmelser_fra_foerste_halfdel_av_1800-tallet_til_1930) (lest 03.05.2019).
- Liebe, G. (2016). *Brann i bygg*: Norsk Brannvernforening.
- Lovdata. (2008). *Plan- og bygningsloven*.
- Løken, E. (2018). Hvor brannfarlige er egentlig høye trehus? *Teknisk Ukeblad*.
- Marton, I. (2007). *Innspill til sektorvis klimahandlingsplan for byggsektoren*: Byggemiljø. Tilgjengelig fra: [https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/md/vedlegg/forurensing/et-klimavennlig-norge/byggenaeringens\\_miljosekretariat2.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/md/vedlegg/forurensing/et-klimavennlig-norge/byggenaeringens_miljosekretariat2.pdf) (lest 22.03.2019).
- Naturvernforbundet. (2019). *Klima*. Tilgjengelig fra: <https://naturvernforbundet.no/klima/> (lest 22.03.2019).
- Naturvernforbundet. (u.å). *Norges klimamål*. Tilgjengelig fra: [https://naturvernforbundet.no/klima/norsk\\_klimapolitikk/norges-klimamal-article31620-131.html](https://naturvernforbundet.no/klima/norsk_klimapolitikk/norges-klimamal-article31620-131.html) (lest 22.03.2019).
- Nøstdal, P. L. & Heen, P.-I. (2017). *Massivtre eller betong*. Tilgjengelig fra: <http://veidekke.no/incoming/article26272.ece/binary/Betong%20eller%20massivtre.pdf> (lest 27.03.2019).

- Olofsson, G., Bardalen, A., Time, B., Løbersli, E. M., Lenvik, G., Nøkleholm, H. & Aasnæs, H. (2015). Skog22 - Nasjonal strategi for skog- og trenæringen.
- Olsen, D. L. (1998). *Brannteknisk prosjektering*.
- Overland, J.-A. (2018). *TONE-strategi for kildekritikk*. Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/subjects/subject:14/topic:1:185701/resource:1:169741> (lest 04.04.2019).
- Reitan, N. K., L.Friquin, K. & F.Mikalsen, R. (2019). *Brannsikkerhet ved bruk av krysslaminert massivtre i bygninger - en litteraturstudie*. Direktoratet for byggkvalitet: RISE Fire Research.
- Rønquist, M. (2018). *Branntekniske utfordringer og kompensere tiltak i høye trehus*: Høgskulen på Vestlandet.
- s.n. (2015). *Brannsikring av kirkebygg - en temaveiledning for kirkebyggforvaltninger*: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. Tilgjengelig fra: <https://www.dsb.no/lover/brannvern-brannvesen-nodnett/veiledning-til-forskrift/brannsikring-av-kirkebygg--en-temaveiledning-for-kirkebyggforvaltninger/#tekniske-krav> (lest 28.03.2019).
- s.n. (u.å). *Lov om bygningsvesenet*. Tilgjengelig fra: [https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere\\_regelverk/historisk-arkiv-1949---1987/lov-om-bygningsvesenet.pdf](https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere_regelverk/historisk-arkiv-1949---1987/lov-om-bygningsvesenet.pdf) (lest 28.03.2019).
- Schaffer, E. L. (1968). *A simplified test for adhesive behavior in wood sections exposed to fire*.
- Sorthe, L. E., Bjelland, H. & Forsên, N. e. (2015). *Utredning: Muligheter for reduserte branntekniske ytelser ved installasjon av automatisk slokkeanlegg*: Direktoratet for Byggkvalitet.
- Standard Norge. (2004). *NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 - Eurokode 5: Prosjektering av trekonstruksjoner - Del 1-2: Brannteknisk dimensjonering*.
- Standard Norge. (2008). *NS-EN 1991-1-2:2002+NA:2008: Eurokode 1: Laster på konstruksjoner - Del 1-2: Allmenne laster - Laster på konstruksjoner ved brann*.
- Standard Norge. (2012). *NS 3901:2012: Krav til risikovurdering av brann i byggverk*.
- Svanæs, J. (2004). Fokus på tre: Tre og miljø.
- Thue, J. V. (2019). *Hus*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/hus> (lest 28.03.2019).
- Tjora, A. (2018). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Treteknisk. (2009). *Treteknisk Håndbok*.
- Tronstad, S. (u.å.). Fokus på tre: Trefuktighet - tørking.
- Uggerud, E. (2009). *Forkulling*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/forkulling> (lest 19.02.2019).



## 9 Vedlegg

### Vedlegg A

#### Intervjuguide om brannregelverk for massivtrebygg over fire etasjer

##### Innledning

1. Hva er din bakgrunn?
  - a) Hva slags stilling har du?
  - b) Hvor lenge har du hatt denne stillingen, og hva innebærer den?
  
2. Har du vært med på brannteknisk prosjektering av byggverk over fire etasjer i massivtre?
  - a) Hvilke(t) prosjekt(er) har du vært med på?
  - b) Ble det brukt analytisk prosjektering i disse/dette prosjektet?

##### Generelle utfordringer

3. Hva er de største utfordringene du ser mht. brannteknisk prosjektering for høye massivtrebygg?
  
4. Har du erfart utfordringer i brannregelverket når du har prosjektert for massivtrebygg over fire etasjer?
  
5. Hvor ser du størst forbedringspotensial i nåværende regelverk?

##### Spesifikt i regelverket (TEK17)

6. § 11-4 sier at for et byggverk i brannklasse 3 og 4 skal det bærende hovedsystemet dimensjoneres for å kunne opprettholde tilfredstillende bæreevne og stabilitet gjennom et fullstendig brannforløp, slik dette modelleres.
  - a) Hva mener du er et fullstendig brannforløp?
  - b) Hvordan dokumenterer du brannforløpet? (ISO-kurve eller parametrisk kurve)

- c) Ender brannforløpet når alt brennbart materiale er brent opp eller når brannen slukker?
  - d) Synes du det er klart hva som menes med et fullstendig brannforløp?
7. I § 11-4 står det i punkt (3) at «bæresystemet» skal dimensjoneres, og i (4) at «det bærende hovedsystemet» skal dimensjoneres.
- a) Er det noen forskjell på disse begrepene?
  - b) Hvis ja, hva tenker du er forskjellen?
8. I § 11-7 punkt 1) c) står det at byggverk skal deles opp i brannseksjoner for å bidra til at en brann, med påregnelig slokkeinnsats, begrenses til den brannseksjonen der den startet. Hva menes med påregnelig slokkeinnsats?
9. I § 11-17 punkt (1) står det at byggverk skal plasseres og utformes slik at rednings- og slokkemannskap, med nødvendig utstyr, har brukbar tilgjengelighet til og i byggverket for rednings- og slokkeinnsats.
- a) Hva menes med brukbar tilgjengelighet?
  - b) Hvem bestemmer hva som er brukbar tilgjengelighet?

## Avslutningsvis

10. Hvilken del av regelverket synes du har størst spillerom for tolkning?
11. Har du opplevd at andre brannrådgivere har tolket regelverket annerledes enn deg?
12. Er det andre steder i regelverket hvor du som brannteknisk prosjekterende har vært usikker på hvordan det skal tolkes?

## Vedlegg B

### Samtykkeerklæring for intervju

Beskrivelse av oppgaven:

Dette intervjuet er en viktig del av informasjonen som brukes i min avsluttende masteroppgave ved studiet Byggeteknikk og arkitektur ved Norges miljø- og biovitenskapelige Universitet (NMBU). Formålet med oppgaven er å kartlegge om det er uklarheter og tolkningsrom i brannregelverket for massivtrebygg over fire etasjer.

Lydopptak:

Intervjuet vil bli tatt opp, med mindre du ønsker å reservere deg mot dette.

- Opptak som blir gjort i intervjuet blir oppbevart på egen smarttelefon, og blir slettet etter at opptaket er transkribert ned og masteroppgave avsluttet. Opptaket transkriberes snarest mulig etter intervjuet.
- Ved endelig publisering vil ikke dine bidrag i oppgaven kunne føres direkte tilbake til deg.

Intervjuer:

Jeg, Ragnhild Galtvik, gir med dette en formell erklæring på at innholdet i dette intervjuet ikke under noen omstendigheter skal misbrukes.

- Informanten vil få en kopi av intervjuet, og vil kunne trekke sine bidrag dersom han/hun ønsker det.
- Informanten vil også kunne endre innholdet i ettertid dersom han/hun ønsker det. Eksempler kan være feilsiteringer eller formuleringer.

Informanten:

Jeg er kjent med hva dette intervjuet skal brukes til, og har forstått mine rettigheter rundt intervjuet.

Studenten kan kontaktes ved:

Tlf: 91377914

Epost: [rgaltvik@outlook.com](mailto:rgaltvik@outlook.com)

Signatur og dato:

---

Informant

---

Ragnhild Galtvik

Masterstudent ved  
Fakultetet for realfag og teknologi,  
NMBU

## Vedlegg C

### Skjema for systematisk analysing av dybdeintervju

| Tema  | Informant 1 | Informant 2 | Informant 3 | Informant 4 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Utdanning   |             |             |             |             |
| Erfaring  |             |             |             |             |
| Stilling  |             |             |             |             |
| Erfaring med brannteknisk prosjektering av massivtrebygg over fire etasjer              |             |             |             |             |
| Utfordring med hensyn til brannteknisk prosjektering av massivtrebygg over fire etasjer |             |             |             |             |
| Kompenserende tiltak  |             |             |             |             |
| Sprinkleranlegg   |             |             |             |             |
| Funksjonsbasert regelverk   |             |             |             |             |
| Forbedringspotensial i nåværende regelverk  |             |             |             |             |
| Fullstendig brannforløp   |             |             |             |             |
| ISO-kurve / parametrisk kurve   |             |             |             |             |
| Dokumentasjon av fullstendig brannforløp  |             |             |             |             |
| Når ender brannforløpet?  |             |             |             |             |
| Er det klart hva som menes med fullstendig brannforløp?                                 |             |             |             |             |
| Forskjell på bæresystem og bærende hovedsystem  |             |             |             |             |
| Påregnelig slokkeinnsats  |             |             |             |             |
| Brukbar tilgjengelighet   |             |             |             |             |
| Usikker på tolkning i regelverket   |             |             |             |             |
| Størst spillerom for tolkning i regelverket   |             |             |             |             |
| Tolket regelverket annerledes enn andre brannrådgivere                                  |             |             |             |             |
| Brannsikkerhetsstrategi   |             |             |             |             |





**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway