

BRANNSIKRING AV TREKONSTRUKSJONER



Leif Tore Isaksen

- Sivilingeniør bygg fra NTNU
- Jobbet med brannprosjektering siden 2001
- Fagsjef Brann og Sikkerhet i Sweco Norge
- RIF – leder for ekspertgruppe brann
- Jobbet mye med brannprosjektering av trehus

- Leif.isaksen@sweco.no
- +47 93 05 97 90



Brannprosjektering av trehus - Ikke uten problemstillinger

Sannsynligheten for å få en brann ute av kontroll vil alltid være større i en bygning av tre, enn i en bygning av stål og betong (når omfanget av brennbare materialer er større) ¶

Hvordan kan et bæresystem i tre motstå ett fullstendig brannforløp når det i seg selv brenner opp ¶

Det er ikke mulig å bygge høyt i trematerialer. Det vil før eller siden gå galt.

Er det dere som bygger bål ¶

Brannprosjektering av trehus - Ikke uten problemstillinger

Ytelseskriterier for brannmotstand i regelverket er basert på erfaringer med stål- og betongkonstruksjoner og kan ikke overføres til trekonstruksjoner

University of ulster:

Materialegenskapene forandrer seg som følge av temperaturbølgen som går gjennom konstruksjonen. Dette medfører at konstruksjonen kan kollapse, selv om det er tilstrekkelig resttversnitt etter brann

Høringsutkast til revidert VTEK:

Krav til ubrennbare fasadematerialer? Forslaget gjelder:

- bygninger over 8 etasjer (RKL 1,2 og 4)
- bygninger over 4 etasjer (RKL 3, 5 og 6)

Overflatekrav i VTEK:

Krav overflater i brannceller

Krav til overflater i rømningsvei

Krav til overflater i risikoklasse 6

Brannprosjektering av trehus - Ikke uten problemstillinger

Byggeindustrien
bygg.no

Les Byggeindustrien digitalt [TIPS oss](#)

Advarer mot å bygge høyt med massivtre som hovedbærekonstruksjon



Polyseam har gjennomført to fullskala branntester av massivtreveggelementer og en fullskaletest av et etasjeskille. Foto Polyseam

Brannprosjektering av trehus - Ikke uten problemstillinger



Færligere med tre: Sannsynligheten for å få en brann ute av kontroll er liten, men vil alltid være større i en bygning av tre enn i en bygning av stål og betong. Illustrasjon: Arne Kvaloy, foto: NTB SCANPIX/DAVIDO

Kan høye trehus være **BRANNFARLIGE?**

DEBATT BRANNSIKKERHET

EVIND LØKEN,
svillingerør brannsikkerhet

Vi bygger stadig flere høyhus med ubeskyttet treverk som hovedbærekonstruksjon, der det siste forslaget er å bygge det nye regjeringskvartalet i tre. Mange stiller seg spørsmålet om brannsikkerheten i disse bygningene er god nok. Spørsmålet er legitimt, men utfordringen

er ikke personikkerhet, den er mest sannsynlig tilfredsstillende. Utfordringen er om motstanden mot kollaps, og de enorme konsekvensene dette har, er god nok.

I Norge er kravet at høyhus skal ha wellfedsstillende bæreevne og stabilitet gjennom et fullstendig brannforløp, slik dette kan modelleres. Kravet er i prinsippet likt i hele den vestlige verden, og baserer seg på at det er uakseptabelt om et høyhus kollapser som følge av brann. Spørsmålet er derfor om et høyhus av tre tilfredsstiller dette kravet.

Diskusjonen handler i hovedsak om hvilket brannforløp man skal modellere, og hva som er det mest kritiske brannforløpet. Vil dette brann-

forløpet være det samme for en stål- og betongkonstruksjon som for en trekonstruksjon? Og hvordan vil dette brannforløpet være sammenliknet med de brannforløpene man kan forvente seg i et høyhus?

Det mest kritiske brannscenarioet i et høyhus er en brann som kommer ut av kontroll. I praksis innebærer dette en brann hvor brannvesenet er avskjermet fra å slukke brannen, pga. stengte angrepsveier innvendig og høydebegrensninger utvendig. Et slikt scenario forutsetter at ett eller flere brannbegrensende tiltak har sviktet, inkludert sprinkleranlegg og brannskiller.

På verdensbasis inntrer kun noen få slike branner årlig. En slik brann vil ikke ▶▶▶

TEKNISK UKEBLAD 0118 107

Artikkel i TU - Kan høye trehus være brannfarlige?

- Personsikkerhet er ok, men problemet er fare for kollaps, ref forskriftsteksten
- Er brannforløp det samme som i et stål/betongbygg?
 - Brennbare materialer/overflater gir raskere og mer intens brannutvikling
 - Normalt R90 for å motstå fullstendig brannforløp
 - For stål er kritisk brann rask brann med høy temperatur
 - For tre er kritisk brann langsom brann med lav temperatur
 - Trebygninger vil i alle tilfeller ha et lengere brannforløp
- Teori som kan forsvare bruk av tre er at forkullingshastighet reduseres med avtagende brannenergi og etter hvert stopper opp, men dette er ikke tilstrekkelig verifisert
- Limtre kan være ok, men massivtre er «umulig»
- Å dokumentere tilfredsstillende bæreevne basert på 90 minutters standard brann blir derfor feil

Brannprosjektering av trehus - Ikke uten problemstillinger



◀ *Mjøstårnet er et eksempel på et høyhus i massivtre. Bygget har 18 etasjer og en høyde på drøyt 85 meter.*

Brann tekniske utfordringer ved høyhus i tre

Bruken av krysslaminert massivtre (cross-laminated timber, CLT), er på fremmarsj, også i bygg over fire etasjer. Det kan by på brann tekniske utfordringer, ifølge en litteraturstudie som RISE Fire Research publiserte tidligere i år.

Tekst og foto: Sturla Mjølhus

Ved bruk av brennbare konstruksjoner i bygninger i brannklasse 3, vanligvis fem etasjer eller mer, må brann sikkerheten dokumenteres ved hjelp av analyse. Det finnes ikke preaksepterte løsninger ifølge veiledningen til forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK 17).

I en litteraturstudie på oppdrag for Direktoratet for byggkvalitet og Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, har Rise Fire Research og SINTEF Community oppsummert tidligere forskning på brannegenskaper til CLT.

Mjøstårnet er et eksempel på et høyhus i massivtre. Bygget har 18 etasjer og en høyde på drøyt 85 meter. Slik vi leser rapporten fra RISE Fire Research viser brannforskning at bruk av CLT i høye bygninger gir brann tekniske utfordringer som setter store krav til både detaljprosjektering og utførelse, løsninger enn ved bruk av stål eller betong. Dette fordi en brann som involverer trekonstruksjoner, kan få større konsekvenser dersom prosjektering og utførelse er utilstrekkelig. Det gjelder for eksempel sammenføyninger, overganger mellom bygningsdeler, gjennomføringer mellom rom

sier administrerende direktør Rolf Sætorp i Norsk brannvernforening.

CLT-elementer må beskyttes
Bruk av trekonstruksjoner i høye og komplekse bygninger stiller andre krav til konstruksjonen og detaljeringer.

◀ **Selv om det er utført omfattende forskning, er den basert på få store brannforsøk.** ▶


Nina Kristine Blitan i Rise Fire Research

og grad av tildekking av CLT-ene. Flere eksperimenter har vist at eksponert CLT med utilstrekkelig beskyttelse medfører at en brann vokser mer enn intens og varer lenger enn en brann der det er installert brannvern.

Kunnskapshull
Ifølge litteraturstudien til går det nye internasjonale forskningshastigheter ring og selvsløkking. Dette som alle kan ha stor innvirkning på brannutvikling og trekonstruksjonens brannmotstand.

Mjøstårnet er et eksempel på et høyhus i massivtre. Bygget har 18 etasjer og en høyde på drøyt 85 meter. Selv om det er utført omfattende forskning, er den basert på få store brannforsøk, og litteraturstudien fremdeles på flere kunnskapshuller, sier administrerende direktør

RISE SAFETY & TRANSPORT
RISE FIRE RESEARCH



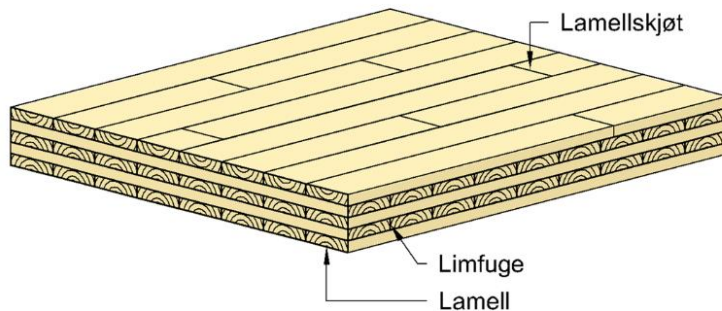
Brann sikkerhet ved bruk av krysslaminert massivtre i bygninger – en litteraturstudie
Nina K. Reitan, Kathinka L. Friquin, Ragni F. Mikalsen
RISE rapport 2019/09

Hva er Trekonstruksjoner?

Massivtre/KLT/CLT

Massivtre består av sammenkoblede lag av treplanker der hvert lag er snudd vinkelrett på det underliggende (ofte kalt CLT, fra *Cross Laminated Timber*, eller på norsk KLT fra *krysslimt tre*). Vanligvis festes lagene til hverandre med lim, men spiker og treplugger kan også brukes.

Massivtre fremstilles i elementer som har stor styrke og kan brukes i bærende vegger, gulv og tak i bygninger. Løsningen gir store sammenhengende trekonstruksjoner som vist nedenfor



Massivtreelement



Utgjør bærende vegger/dekker i en bygning

Hva er Trekonstruksjoner?

Limtre (bjelke/søylesystem)

Limtre er oppbygd av et antall lameller av sortert konstruksjonsvirke. Oppbyggingen med lameller gjør at kvister, spenninger og evt. feil i treverket utjevnes i tverrsnittet. Dette gjør at limtre får mindre spredning i fasthetsegenskapene enn heltre og kan utformes som lange bjelker med stor styrke i forhold til egenvekt.

Limtre kan benyttes til bjelker/søyler i en bygnings bæresystem, der dekker og vegger kan bygges med tradisjonelle metoder og materialer. Dette tilsvarer som i en stålbygning der bjelker og søyler er utført i stålkonstruksjoner.



Limtrebjelke



Bæresystem av limtre, her med betongdekker

Hva er trekonstruksjoner?

- 2 (3) hovedprinsipper
 - KLT
 - Limtre
 - Bindingsverk (som regel begrenset til små bygninger og ferdigmoduler)
- Ulike trekonstruksjoner har forskjellige egenskaper og muligheter/begrensninger
- Trehus har ikke nødvendigvis synlig tre over alt
- Man kan ikke konvertere et betongbygg til tre. En trebygning må konstrueres og dimensjoneres på treets premisser

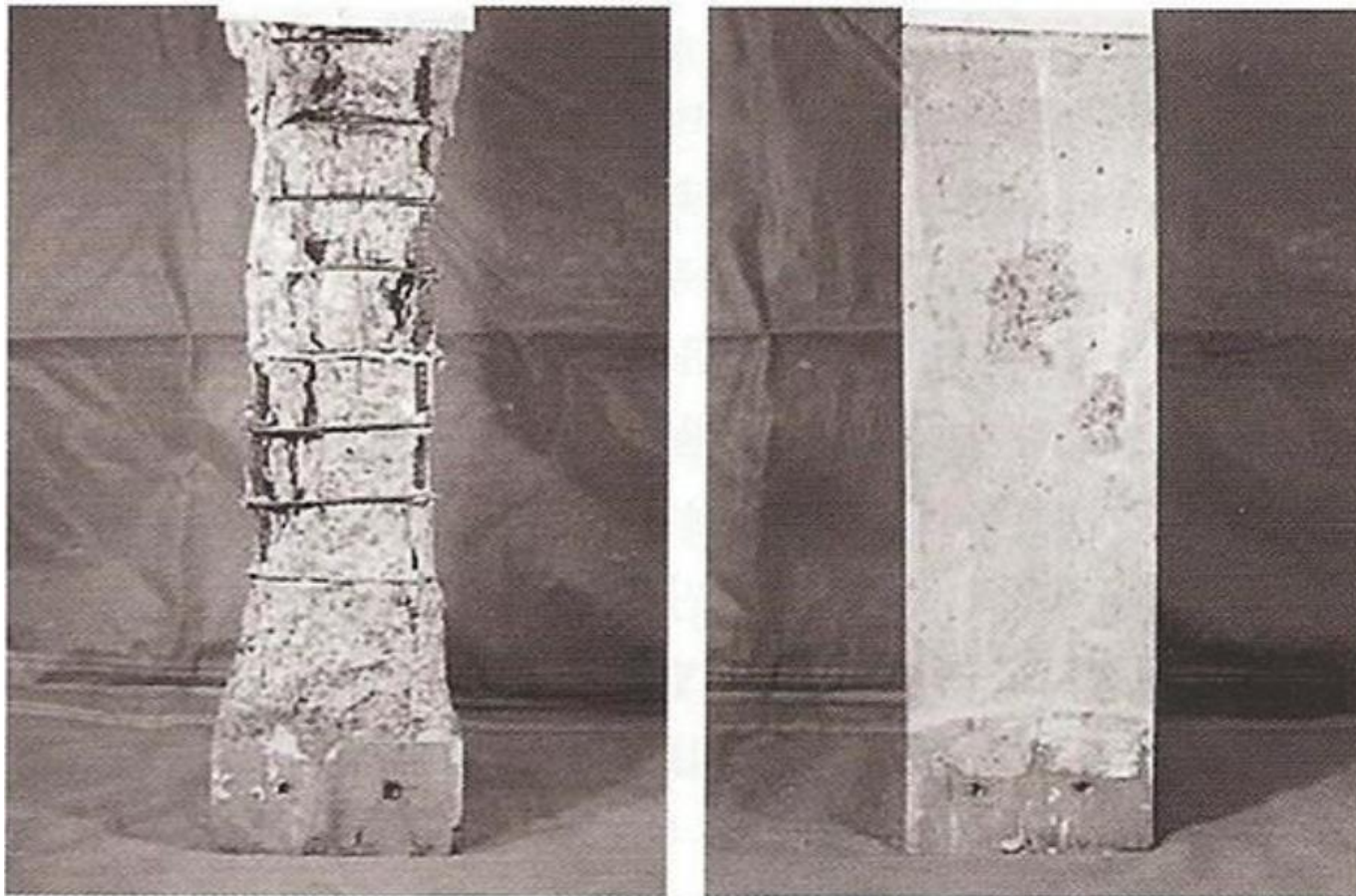
Kan høye trehus være brannfarlige?

- Alle materialer har sine styrker og svakheter

Ubrennbare materialer er ikke ensbetydende med god brannmotstand



Betongkonstruksjoner har også svakheter



Hva med trekonstruksjoner?



Hvorfor står disse igjen etter skogbrann?



Hvorfor ligger disse igjen i leirbålet?



Bruk av trekonstruksjoner – hva sier regelverket?

- Regelverket stiller forskjellige krav til bæresystemet avhengig av bygningens brannklasse
 - Bygninger i BKL 1-2 er i utgangspunktet ok med bæresystem i tre
 - Bygninger i BKL 3-4 er i utgangspunktet ikke ok med bæresystem i tre
- Regelverket stiller uansett krav til overflatematerialer og kledninger i og utenpå bygninger, gjelder alle brannklasser

Bruk av trekonstruksjoner – hva sier regelverket?

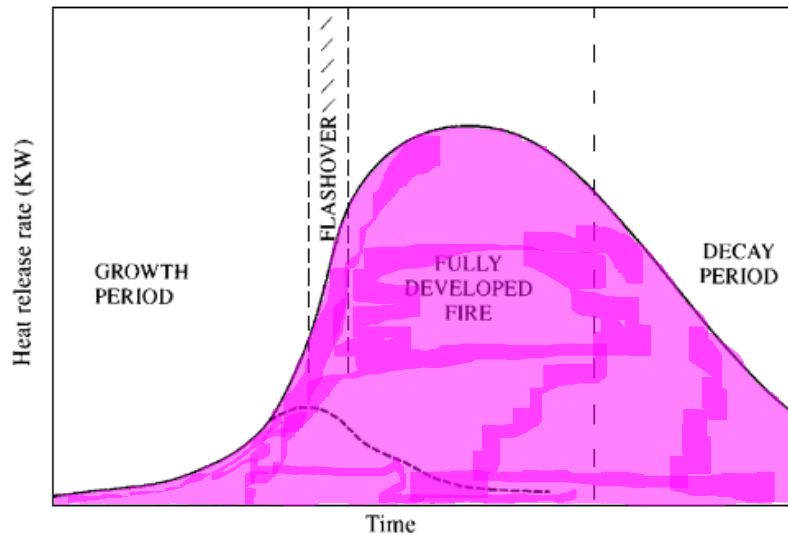
Funksjonsbeskrivelse:

- 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.
- Bærende hovedsystem 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.
- Preakseptert ytelse i Veiledning:

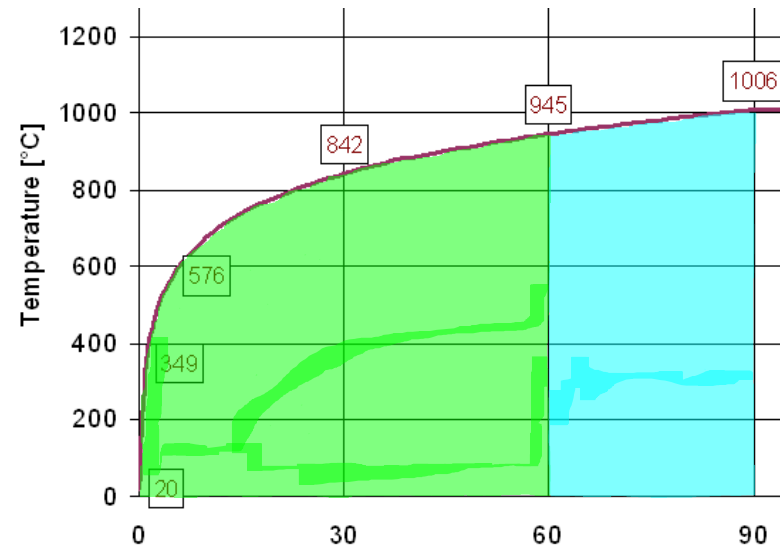
Bygningsdel	Brannklasse		
	1	2	3
Bærende hovedsystem	R 30 [B 30]	R 60 [B 60]	R 90 A2-s1,d0 [A 90]

Fullstendig brannforløp for stål og betong

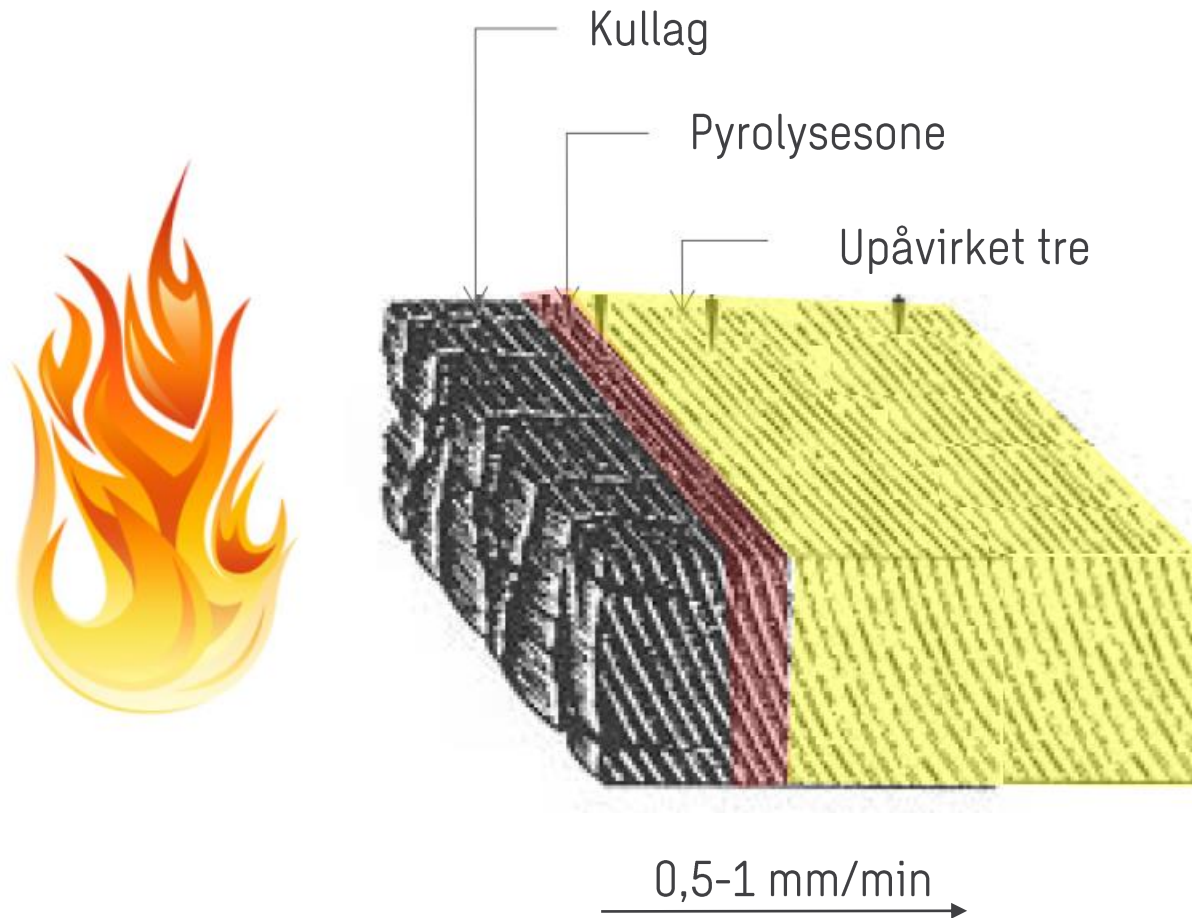
Naturlig brannforløp



Standard Brannkurve



Dimensjonering av trekonstruksjoner ved brann



Dimensjonering av trekonstruksjoner ved brann

- Trekonstruksjoner har mange gode egenskaper, også ved brann.
- Mulighet for å benytte trekonstruksjoner er ingen ny tanke:

Moelven 1961: <https://www.facebook.com/MoelvenLimtre/videos/540165146163531/>

Regelverket er ikke tilpasset bruk av trekonstruksjoner

- R60/R90 er godt nok ved bruk av ubrennbare konstruksjoner
- Hva med tre? Absolutt krav til «fullstendig brannforløp»

Fullstendig brannforløp massivtre (CLT)



Fullstendig brannforløp massivtre (CLT)

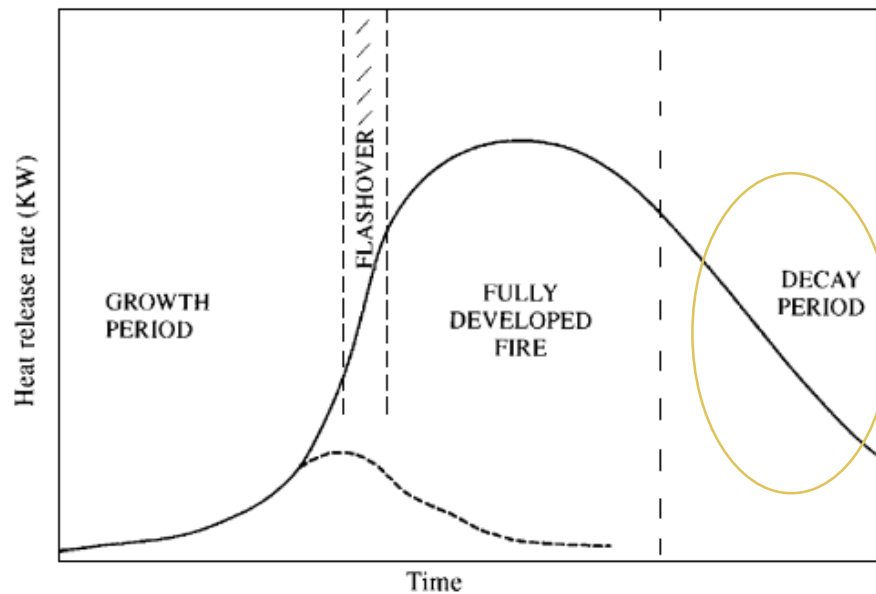
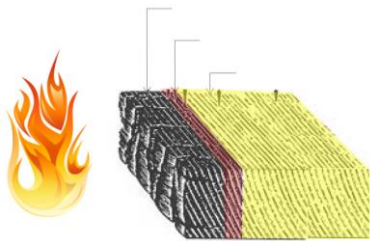


Fullstendig brannforløp massivtre (CLT)



Fullstendig brannforløp i trekonstruksjoner?

- Kan vi dimensjonere trekonstruksjoner for fullstendig brannforløp?
- Er det tilfellet at kullaget isolerer bakenforliggende trematerialer?
- Vil innbrenningen stoppe når brannbelastningen avtar (som den siste stokken i leirbålet)?



Branntest fullstendig brannforløp limtre v/Limtreforeningen og Sweco

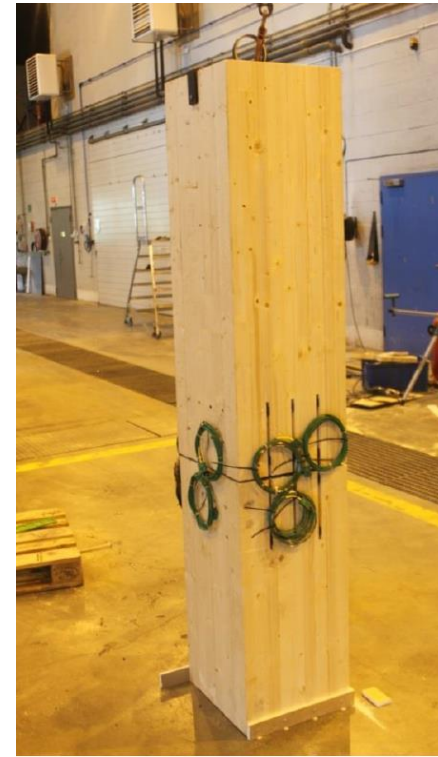
A



B

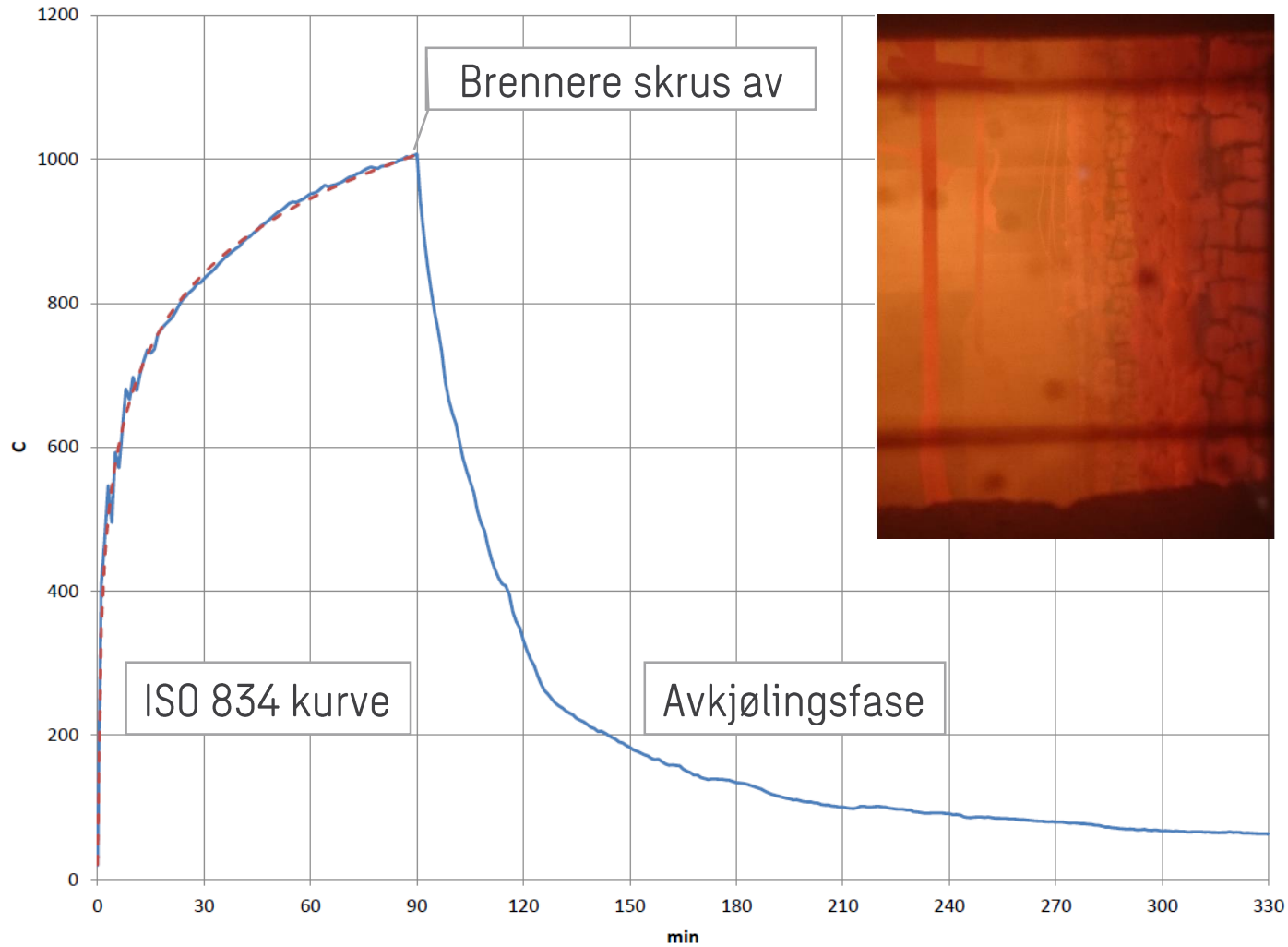


C



Branntest fullstendig brannforløp limtre v/Limtreforeningen og Sweco

Testforløp



Måling av forkullingsdybder



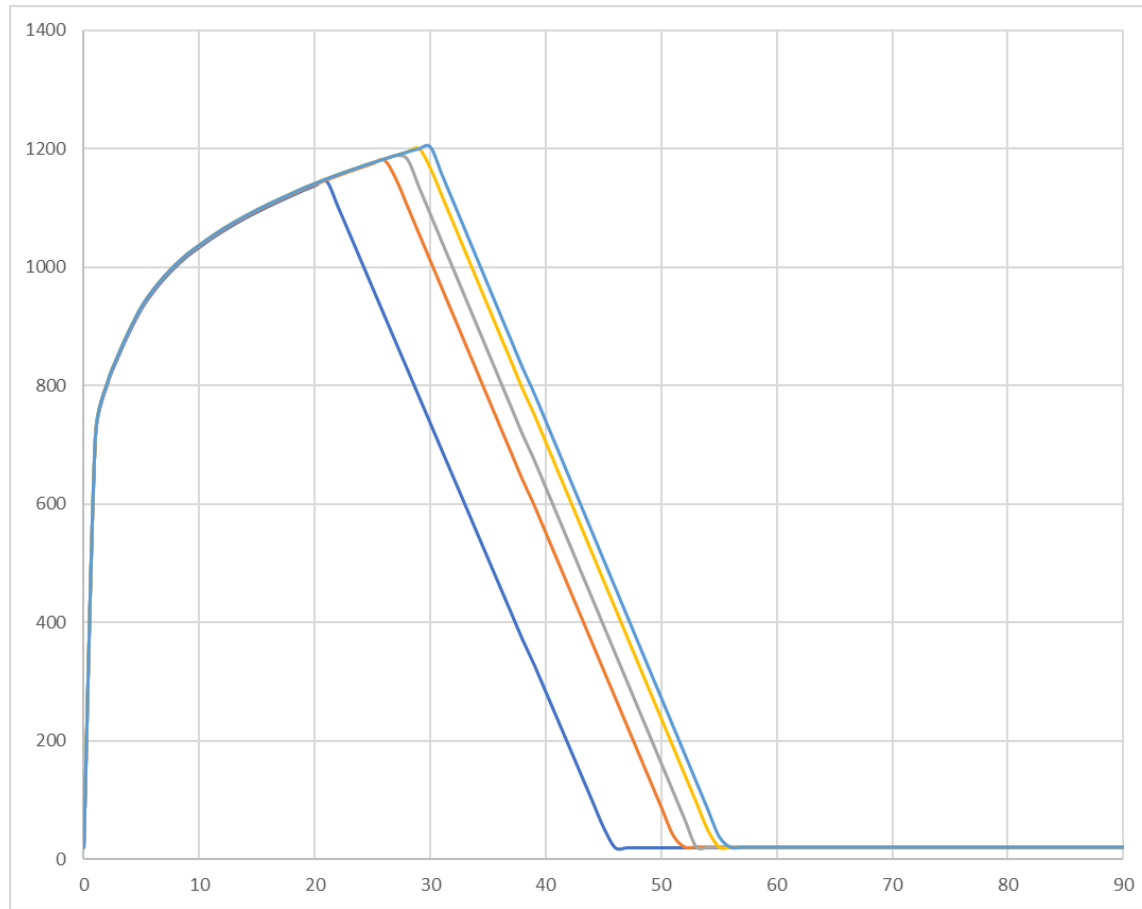
Forkullingsdybder:

Søyle A - 74 mm

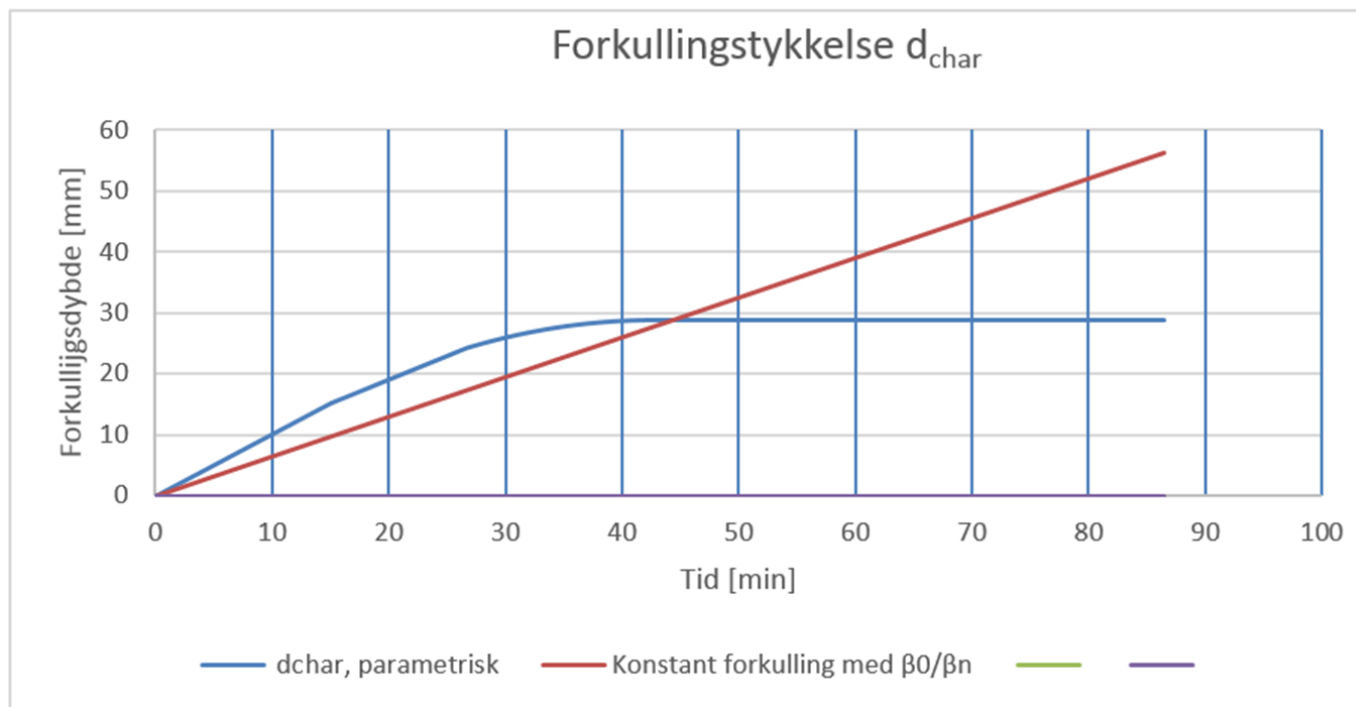
Søyle B - 71 mm

Testresultater benyttes ikke i dimensjonering av konstruksjonenes bæreevne - Eurocodene følges.

Beregning fullstendig brannforløp trekonstruksjoner



Forkullingsdybde og avkjøling iht 1995-1-2



Beregning fullstendig brannforløp trekonstruksjoner

Det er videre mange parametre som vurderes i beregningene og verifiseres før det er mulig å dokumentere fullstendig brannforløp. Merk at preaksepterte ytelser ikke nødvendigvis kan benyttes og RIBr må i større grad delta i detaljprosjekteringen:

- Husk at man må prosjektere ett trebygg. Ikke et betongbygg som man gjør om til trebygg
- Vil innbrenningen stoppe opp?
- Hva med total brannbelastning. Kan andre standarder legges til grunn
- Innbrenningshastighet varierer med materialer og produkter
- Det er stor forskjell på Massivtre og Limtre hva gjelder branntekniske egenskaper
 - Massivtre har utfordringer med delaminering (øket innbrenningshastighet og større brannenergi)
 - Massivtre medfører ofte større andel brennbare overflater som bidrar i brannen (øket brannenergi og motstående flater)

Beregning fullstendig brannforløp trekonstruksjoner

- Er R90 det samme for tre som stål/betong (hvor mye fuel skal til for å holde en ISO 834 kurve i testovn)
- Dimensjonering i forhold til faktisk brannbelastning
- For beregning av bæreevne i resttverrsnitt (friskt tre bak kullet) må det tas hensyn til endret egenskaper etter oppvarming
- Montasje og tilslutningsdetaljer vil påvirke branntekniske egenskaper

Basert på dette kan vi komme fram til:

- Hvilken type konstruksjon kan vi benytte
- Hvor mye synlig tre er mulig

Omfang Eksponert treverk

Mjøstårnet - Leilighet

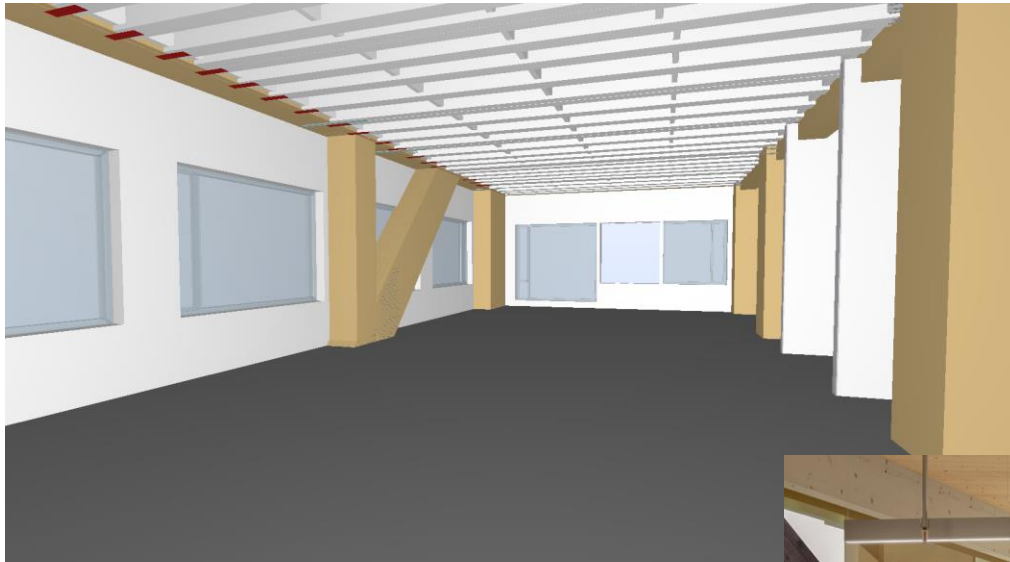


Valle Wood - Kontorlandskap



Omfang Eksponert treverk

Mjøstårnet - Kontorlandskap



Valle Wood - Kontorlandskap



Spørsmål?



Byggverk i brannklasse 1 og 2 (inntil 4 etasjer)

Overflater og kledninger:

- Foskriften krever at 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.
- Preaksepterte ytelser beskriver følgende krav til overflater og kledninger i bygningene:
 - Brannklasse 1 og små brannceller BKL 2-3: D-s2,d0 [In2] og K₂10 D-s2,d0 [K2] (trematerialer)
 - Store brannceller i brannklasse 2-3: B-s1,d0 [In1] og K₂10 B-s1,d0 [K1] (Brannimpregnert tre)
 - Risikoklasse 6 B-s1,d0 [In1] og K₂10 B-s1,d0 [K1] (Brannimpregnert tre)
 - Rømningsvei, samt sjakter og hulrom B-s1,d0 [In 1] og K₂10 A2-s1,d0 [K1-A] (Ubrennbare konstruksjoner)

Byggverk i brannklasse 1 og 2 (inntil 4 etasjer)

Ytterkledninger:

Preaksepterte løsninger beskriver følgende krav til ytterkledning:

- | | | |
|--|---------------|-----------------------|
| – Brannklasse 1: | D-s3,d0 [Ut2] | (trematerialer) |
| – Brannklasse 2-3: | B-s3,d0 [Ut1] | (Brannimpregnert tre) |
| – Noen unntak (BKL 1-2 og RKL 1, 2 og 4) | D-s3,d0 [Ut2] | (trematerialer) |

Merk DIBk foreslår innskjerping etter fasadebrann i England

Høringsutkast til revidert VTEK:

Krav til ubrennbare fasadematerialer? Forslaget gjelder:

- bygninger over 8 etasjer (RKL 1,2 og 4)
- bygninger over 4 etasjer (RKL 3, 5 og 6)

Byggverk i brannklasse 1 og 2 (inntil 4 etasjer)

Overflater:

Alternative løsninger som kan åpne for bruk av trekonstruksjoner

- Tildekking med gips, eller andre platematerialer (ofte nødvendig mht akustikk)
- Brannimpregnering
- Brannmaling/lakk
- Prosjektere med reduserte overflatekrav (analyteløsning)

Gjennomføringer og tilslutninger:

- Alle gjennomføringer i brannklassifiserte konstruksjoner skal branntettes/brannisoleres slik at konstruksjonens brannmotstand ivaretas
- Merk at det finnes langt færre løsninger som er testet/godkjent for gjennomføring i trekonstruksjoner. Dette medfører i mange tilfeller større detaljeringsgrad og dokumentasjon fra rådgivere i prosjektene

SWECO

