

# **Brand i träkonstruktioner**

En studie om brandförlopp i olika slags konstruktioner i trä

Elis Berg

Kandidatuppsats för högskoleingenjörsexamen

Huvudområde: Byggnadsteknik

Högskolepoäng: 15 HP

Termin/år: VT 2021

Handledare: Fredrik Hermansson

Examinator: Lars-Åke Mikaelsson

Kurskod/registreringsnummer: BT024G

Utbildningsprogram: Byggingenjör Hållbart byggande

# Sammanfattning

Det byggs i trä i Sverige som aldrig förr. Det blir alltmer populärt för varje år som går att ersätta prefabricerade element i betong samt pelare och balkar i stål med element med motsvarande funktion i antingen korslimmat trä eller limträ. Under tidsperioden 2010 till och med 2019 har andelen nyproducerade lägenheter i flerbostadshus, som byggts i trä, ökat med 122 %. Det kommer delvis som en följd att det först 1994 blev tillåtet att bygga flervåningshus i trä när funktionskrav infördes. Vid byggande i trä finns det olika sorters trämaterial att välja mellan, tre av dem är konstruktionsvirke, limträ och korslimmat trä. Konstruktionsvirke är ursågade delar av trädstammar och limträ samt korslimmat trä är sammansatta trämaterial av konstruktionsvirke i form av lameller och lim. Skillnaden mellan limträ och korslimmat trä är att lamellerna, lagren, är lagda i samma riktning i limträ och som namnet antyder, korsvis i korslimmat trä. Limträ har formen av pelare och balkar medan korslimmat trä bildar massiva skivelement. Eftersom trä är ett organiskt material kommer det vid hög temperatur att antända och förbrännas. Syftet med uppsatsen är att undersöka huruvida brandförloppet skiljer sig mellan konstruktionsvirke, limträ och korslimmat trä samt ta reda på om limmet påverkar brandförloppet eller inte i fallen med limträ och korslimmat trä. Uppsatsen är av det kvalitativa slaget, och analyserar därmed redan framtagen information snarare än tillföra egen. Informationen hämtas från intervjuer med personer med för uppsatsen relevanta kompetenser och från litteraturstudier. Eftersom alla tre i uppsatsen analyserade material består av eller är konstruktionsvirke kommer brandförloppen i stora drag vara jämförbara. Lamelleringsseffekten i limträ och korslimmat trä kommer göra brandförloppen i de materialen mer gynnsamma. Den stora skillnaden i brandförlopp kommer bero på huruvida det ingående limmet i limträ och korslimmat trä delaminerar vid upphettning. Det finns flera olika sorters lim tillåtna för ändamålet, där vissa sorter delaminerar och andra inte. Uppsatsens slutsats är att materialen som tidigare nämnts i stort genomgår samma brandförlopp och att valet av lim kommer ha påverkan på brandförloppet då eventuell delaminering är ogynnsamt för konstruktionen.

**Nyckelord:** träkonstruktion, funktionskrav, korslimmat trä, limträ, konstruktionsvirke, laminering, delaminering, lamelleringsseffekt, burnout

## Abstract

In Sweden, building with wood have never been so popular as now and to exchange prefabricated elements in concrete and pillars and beams in steel with corresponding elements in either cross-laminated timber and or glued-laminated timber becomes increasingly more popular on a yearly basis. During the timeframe from 2010 through 2019 the share of newly produced flats in multi-storey buildings have risen with 122 %. In part, it can be explained by the introduction of function-based design in Sweden 1994, before that, wooden multi-storey buildings were not allowed. When building with wood, there are several wooden materials to choose from, three of which are dimensional lumber, glued-laminated timber, and cross-laminated timber. Dimensional lumber is sawed parts of logs and glued-laminated timber and cross-laminated timber are engineered wood composed by dimensional lumber in form of laminating stock and adhesives. The difference between glued-laminated timber and cross-laminated timber are that the laminating stock, the layers, are oriented the same way in glued-laminating lumber and as the name suggests, crossed, perpendicular to each other in cross-laminated timber. Glued-laminated timber is used as pillars and beams while cross-laminated timber is used as massive wooden panels. Since wood is an organic material, it will ignite and combust at high temperatures. The purpose of the thesis is to examine whether the fire course differs in dimensional lumber, glued-laminated timber, and cross-laminated timber. The thesis is qualitative, and therefore analyses already researched information rather than providing new. The information is provided by interviews with people with relevant functions according to the thesis and from literary studies. As all three materials analysed in the thesis are composed of or are dimensional lumber the fire course will broadly be comparable, however, the in glued-laminated timber and cross-laminated timber inherent laminating effect will make these materials fire course more advantageous. The main divergence in fire course will depend on whether the in glued-laminated timber and cross-laminated timber inherent adhesive will delaminate when heated or not. There are several different types of adhesives allowed for the purpose where some types will delaminate and other will not when heated. The conclusion of the thesis is that the earlier mentioned materials broadly experience the same fire course, and that the choice of adhesive will have effect on the fire course due to eventual delamination being disadvantageous for the construction.

**Keywords:** fire, wooden construction, fire course, function-based design, cross-laminated timber, glued-laminated timber, dimensional lumber, lamination, delamination, lamination effect, burnout

## Förord

Detta examensarbete avslutar mina tre år på Byggingenjörsprogrammet med inriktning Hållbart byggande på Mittuniversitetet i Östersund. Förutom att vara sista inlämningsuppgift på universitetet för åtminstone den här gången markerar det även övergången från nästan 17 års kontinuerlig skolgång till yrkeslivet.

Även om det enbart är mitt namn som står som författare på arbetet ligger det flera personer bakom de resultat som gjort att jag nu skriver förordet till *Brand i träkonstruktioner – En studie om brandförlopp i olika slags konstruktioner i trä*.

En stor del av universitetsstudierna har bestått av samarbete, både studenter sinsemellan och mellan studenter och lärare. Jag vill därmed tacka de lärare som har undervisat mig på Mittuniversitetet för intressant undervisning och för gott samarbete med mig som student. Ett särskilt tack till Fredrik Hermansson som dessutom handlett mig under examensarbetet. Jag vill också tacka mina kurskamrater för en god stämning på föreläsningar, under grupparbete samt under redovisningar och seminarium. För det mesta har jag arbetat med samma personer, jag vill därför rikta ett särskilt tack till Adam, Fredrik och Håkan för den oerhört goda och glada atmosfär som har varit och för det samarbete vi har haft.

Utän Er hade det åtminstone inte varit lika roligt.

Jag vill även tacka mina föräldrar för den stöttning ni har gett mig under hela min skolgång, ända från förskoleklass till nu. Särskilt vill jag tacka för hjälpen med korrekturläsning av detta arbete, tack Mamma och Pappa.

Till sist vill jag tacka Ulf Olsson och Ulf Nilsson samt Jonas Björklund på Elms Byggnadsfirma AB som låtit mig både applicera mina inlärdade teoretiska kunskaper samt låtit mig slipa på de praktiska färdigheterna under min studietid. Jag är dessutom tacksam för det fina bemötande och tålamod som jag fått från de hantverkare jag arbetat med.

Ämnet *Brand i träkonstruktioner* valdes efter ett ökat intresse för större träkonstruktioner som vuxit fram under utbildningstiden. Redan innan tiden på universitetet fanns ett intresse för både skog och miljö. Möjligheten att kunna konstruera höga och stora byggnader med råvaror som finns så lättillgängligt för de allra flesta i Sverige var anledningar som ytterligare gjorde att jag valde just *Brand i träkonstruktioner* som mitt ämne. Att dessutom kunna göra det med betydligt mindre ekologiskt fotavtryck jämfört med andra material – vilken grej.

Examensarbetet har skrivits under våren 2021 och omfattat 15 högskolepoäng. Handledare har varit Fredrik Hermansson och examinator var Lars-Åke Mikaelsson.

Torsby, juni 2021

Elis Berg

# Innehållsförteckning

<b>Sammanfattning</b> .....	<b>I</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>II</b>
<b>Förord</b> .....	<b>III</b>
<b>Innehållsförteckning</b> .....	<b>IV</b>
<b>Termer och förkortningar</b> .....	<b>VI</b>
<b>1 Introduktion</b> .....	<b>1</b>
1.1 Tidigare och pågående studier inom området.....	2
1.2 Problemformulering .....	2
1.3 Syfte .....	3
1.4 Forskningsfråga.....	3
1.5 Avgränsningar.....	3
<b>2 Metod</b> .....	<b>4</b>
2.1 Urval .....	4
2.2 Litteratursökning .....	4
2.3 Datainsamling .....	5
2.4 Analys.....	6
2.5 Etiska överväganden .....	6
<b>3 Teori</b> .....	<b>7</b>
3.1 Konstruktionsvirke .....	7
3.2 Limträ .....	7
3.3 Korslimmat trä.....	9
3.4 Brand.....	9
3.5 Lim .....	12
<b>4 Resultat</b> .....	<b>14</b>
4.1 Tillverkare av konstruktionsvirke, limträ och korslimmat trä .....	14
4.2 Tillverkare av lim till träprodukter .....	17
4.3 Räddningstjänsten .....	21
4.4 Resultat från litteraturstudie .....	24
<b>5 Diskussion</b> .....	<b>30</b>
5.1 Metoddiskussion.....	30
5.2 Diskussion baserad på resultat från intervjuer .....	31
5.3 Diskussion över resultat från litteraturstudie .....	36

<b>6 Slutsats .....</b>	<b>38</b>
<b>7 Förslag till fortsatta studier .....</b>	<b>39</b>
<b>Referenser .....</b>	<b>A</b>
<b>Bilagor.....</b>	<b>D</b>
Bilaga 1 – Informerat samtycke och användning av personuppgifter.....	D
Bilaga 2 – Tidslinje från Brandforsk 2010:10 sidan 12.....	E
Bilaga 3 – Frågeunderlag, tillverkare av konstruktionsvirke, limträ och korslimmat trä.....	F
Bilaga 4 – Frågeunderlag, tillverkare av lim till träprodukter.....	G
Bilaga 5 – Frågeunderlag, Räddningstjänsten.....	H
<b>Figurförteckning .....</b>	<b>I</b>
<b>Tabellförteckning .....</b>	<b>I</b>

## Termer och förkortningar

Avväxlingsbalk	Liggande bärande element som används där stående element inte kan användas, till exempel över fönster och dörrar
Bjälklag	Bärande konstruktion som bär upp golv i övre våningsplan men ibland även på bottenvåningen
Bräda	Samlingsnamn för ett storleksintervall av sågat och hyvlat virke
Burnout	Ett brandförlopp som självslocknar som följd av för låg värmeutveckling
CLT	Förkortning för Cross-laminated timber
Cross-laminated timber	Engelska benämningen på korslimmat trä
Delaminering	Det som sker när en laminering släpper mellan flera med hjälp av laminering sammansatta stycken, se laminering
Diskontinuitet	En försvagande ändring i träets uppbyggnad, till exempel en kvist
EPI-lim	Emulsionspolymeriserat isocyanatlim, används i sammansatta trämaterial
Eurokod	Samling gemensamma regler för dimensionering av byggnader i Europa
Fiberriktning	Den riktning träråvarans cellulosafiber har, konstruktionsvirke är sågat med fiberriktningen
Fuktkvot	Förhållande som beskriver fukttinnehållet i virke
Funktionskrav	Regler som oberoende av byggnadssätt beskriver vilka egenskaper som byggnaden ska uppnå
Kaseinlim	En limtyp som tidigare användes för invändiga limträelement, baserat på mjölkproteinet kasein
K-virke	Förkortning av konstruktionsvirke
KLH	Förkortning för Kreuzlagenholz
KL-trä	Förkortning för korslimmat trä
Konstruktionsvirke	Ej förädlat byggnadsmaterial av träråvara
Korslimmat trä	Industriellt tillverkat sammansatt och laminerat trämaterial med korslagda lamellager
Kreuzlagenholz	Tyska benämningen på korslimmat trä
Lamell	Tunn skiva, i den här rapporten ett mindre tvärsnitt av träråvara som används i sammansatta trämaterial
Lamelleringsseffekt	Den effekt som ger sammansatta material bestående av lameller en högre uppnådd jämnhet i tillverkning
Laminering	Sammansättning mellan två element med hjälp av lim, se delaminering

Limträ	Industriellt tillverkat sammansatt och laminerat trämaterial med lamellager i samma riktning
MF-lim	Melamin-formaldehydlim, används i sammansatta trämaterial
MUF-lim	Melamin-urea-formaldehydlim, används i sammansatta trämaterial
Plank	Samlingsnamn för ett storleksintervall av sågat och hyvlat virke
Plasticering	Effekt när material efter belastning inte återfår sina ursprungliga egenskaper
PRF-lim	Fenol-resorcinol-formaldehydlim, används i sammansatta trämaterial
PUR-lim	Polyuretanlim, används i sammansatta trämaterial
Pyrolys	Reaktion i uppvärmt trä som innebär att brännbara gaser vandrar ut från träet
Pyrolyszon	Den del av det brinnande träet som genomgår pyrolys
Regel	Samlingsnamn för ett storleksintervall av sågat och hyvlat virke
Stomme	De konstruktionsdelar som bär upp själva byggnaden
Stommsystem	Byggnadsteknik som beskriver stommens uppbyggnad



# 1 Introduktion

Det byggs i trä i Sverige som aldrig förr. Det blir alltmer populärt för varje år som går att ersätta prefabricerade element i betong samt pelare och balkar i stål med element med motsvarande funktion i antingen korslimmat trä eller limträ. Under tidsperioden 2010 till och med 2019 har andelen nyproducerade lägenheter i flerbostadshus, som byggts i trä, ökat från 9 % till 20 %, en ökning med 122 %. (1)

Hur kommer det sig?

Som en följd av de stora svenska stadsbränderna under 1800-talet infördes med 1874 års byggnadsstadga ett förbud mot trähus med mer än två våningar. Förbudet försvann först 1994 och ersattes med funktionskrav. (2)



Figur 1: Enkel träregelstomme med urtag för fönster (Svenskt Trä)

Enligt Hålla Hus började uthus att byggas med träregelstomme i mitten av 1800-talet för att spara både pengar och åtgång av virke. Tidigare hade uthusen timrats. Som val av stomme för bostadshus slog regelstommen igenom först under 1940-talet som en följd av byggmaterialbristen under andra världskriget. (3)

Träreglar består av materialet konstruktionsvirke, K-virke, som är ursågade delar av trädstammar.

En regelstommes utförande begränsas av tillgängliga längder på reglar. Normal lagerhållen maxlängd är för hyvlat virke i Sverige 5400 mm.

Längre längder är ofta fingerskarvade. (4)

För att inte vara lika begränsad med hänseende till spännvidd behöver starkare material ersätta K-virke, ett av alternativen är limträ. (5)

Vad är då limträ?

Limträ är ett, av konstruktionsvirkeslameller och lim, sammansatt material. 1906 tilldelades Otto Hetzer ett patent på den produkt som vi idag kallar limträ. Det stora genombrottet för innovationen kom 1910 under världsutställningen i Bryssel. Där uppvisades limträbågar med hela 43 meters spännvidd. Till följd av utvecklingen av limträ kan träkonstruktioner numera konkurrera med betong och stål som alternativ till stomme även vid större spännvidder. (6)

Byggbranschen går mer och mer emot prefabricering. I en artikel som Byggindustrierna publicerade 27 april 2018 uppges att andelen helt eller delvis förtillverkade stommar i byggnader ökat från 62 till 88 %. I artikeln uppger Emile Hamon att för Veidekkes (ett företag) del "... har vi sett att tiden reducerats upp till trettio procent ..." och att det är där den stora vinsten ligger, i tidsbesparingen på byggarbetsplatsen. (7)

I slutet av 1990-talet lanserades KLH, Kreuzlagenholz i Österrike efter att systemet forskats fram vid landets universitet. KLH kallas KL-trä, korslimmat trä, i Sverige och har oftast formen av stora skivor där brädor eller plankor (lameller) limmas samman i ett udda antal lager där lagren läggs växelvis med 90 graders vinkel mot varandra. (8)

KL-trä är ett stomsystem som medför fullständig industriell tillverkning och alla bärande delar i en byggnad kan vara av KL-trä, alltifrån väggar, golvbjälklag och takskivor. Statiskt beter sig skivor av KL-trä på samma sätt som ett skivelement i betong, med skillnaden att KL-trä har mycket lägre egentyngd. (8)

Trä är ett organiskt material och kan därmed förbrännas. Vid en eventuell eldsvåda som sprids från exempelvis ett värmeljus till duk eller gardin vidare till övrig inredning kommer temperaturen till slut bli hög nog för att träet i konstruktionen ska antändas, förutsatt att mängden brännbart material är tillräcklig.

Jämfört med stomsystem i obrännbara material kommer stommar i trä, förutom att de kan antändas, dessutom fungera som bränsle till brandförloppet (9).

Antänt trä kommer ha olika egenskaper beroende på hur djupt in i träet egenskaperna kontrolleras. Det kan förenklat delas in i tre skikt, med ordning från närmast brand till längst ifrån brand: det förkolnade träet, pyrolyszonen och det opåverkade träet. Det förkolnade träet kommer som namnet antyder vara förkolnat, det har inga lastbärande egenskaper. I pyrolyszonen kommer hållfasthetsegenskaperna vara kraftigt försämrade, men temperaturen är inte hög nog för att förkolningen ska påbörjas. Även i det opåverkade träet kommer en viss temperaturökning leda till försämrade hållfasthetsegenskaper.

Stomelement har beteckningar som beskriver olika brandegenskaper följt av en minsta tidsperiod som egenskapen ska uppfyllas, en sådan beteckning är R60, där R betyder att bärförmågan ska behållas och 60 betyder 60 minuter, brandklassen R60 innebär alltså att elementet behåller sin bärande förmåga minst 60 min.

## 1.1 Tidigare och pågående studier inom området

Tidigare studier inom området brand i träkonstruktioner innefattar bland annat gällande Eurokod över området, *Eurokod 5 Del 1–2 SS-EN 1995-1-2: Allmänt – Brandteknisk dimensionering*, *RISE/SP-rapporten SP 2010:19: Fire safety in timber buildings – Technical guideline for Europe*, insamlingsstiftelsen Brandforsks rapport *Brandforsk 2020:10: Fire Safety in Timber Buildings – A review of existing knowledge*.

Pågående studier inom området är bland annat *GLIF, Glue Line Integrity in FIRE*, lett av RISE samt *FIREWOOD* som koordineras av RISE Fire Research.

## 1.2 Problemformulering

Limträ och korslimmat trä är sammansatta byggnadsmaterial av konstruktionsvirke. Medför det att de förädlade produkterna fortsatt har samma brandegenskaper som innan förädlingen?

Hur påverkas limmet av en brand? Kommer styrkan vara beständig oavsett temperatur? Påverkas limmet först vid en mycket högre temperatur än vad som uppnås under ett normalt brandförlopp eller kommer vidhäftningsegenskaperna bli sämre och på så vis göra att elementen får lägre hållfasthet?

### **1.3 Syfte**

Syftet är att undersöka huruvida brandförloppet skiljer sig mellan konstruktionsvirke, limträ och korslimmat trä samt ta reda på om limmet påverkar brandförloppet eller inte i fallen med limträ eller korslimmat trä.

### **1.4 Forskningsfråga**

Hur skiljer sig det normala brandförloppet i konstruktionsvirke, limträ respektive korslimmat trä och kommer valet av lim ha betydande påverkan på branddimensioneringen (gäller enbart limträ och korslimmat trä)?

### **1.5 Avgränsningar**

Studien är begränsad till att omfatta brandförlopp i konstruktionsvirke, limträ och korslimmat trä. Intervjuer har begränsats till svenska tillverkare av träprodukter och tillverkare av lim till dessa samt sakkunniga inom brandsäkerhet i Sverige.

## 2 Metod

Uppsatsen är av det kvalitativa slaget, och kommer därmed analysera redan framtagen information snarare än tillföra egen. Informationen inhämtas från intervjuer med sakkunniga inom brandskydd och från tillverkare av konstruktionsvirke, limträ, korslimmat trä samt limmet som används i de två sista materialen. Förutom intervjuer genomförs en litteraturstudie där facklitteratur, tidigare studier samt publikationer inom området ingår.

### 2.1 Urval

Deltagare för intervju har valts bland tillverkare av konstruktionsvirke, limträ, korslimmat trä och lim för de nämnda materialen. Geografiskt har urvalet begränsats till tillverkare i Sverige. Förutom tillverkare har även räddningstjänst kontaktats.

I första hand har kontakt tagits via telefon, i andra hand via e-post.

### 2.2 Litteratursökning

Utbildningsmaterial framtaget av Svenskt Trä (som är en del av branschorganisationen Skogsindustrierna), har utgjort grunden i den litteratur som studerats. Både i form av handböcker och webbplattformen TräGuiden. Andra medium som studerats är publikationer och artiklar från företag och organisationer, ett exempel är Hålla Hus som är en informationsportal för byggnadsvård i Västerbotten. En söksträng upprättades efter tidigare given forskningsfråga efter PEO-modellen. Hur söksträngen ser ut och vilka inklusionskriterier som är valda syns nedan.

Forskningsfråga		
Hur skiljer sig det normala brandförloppet i konstruktionsvirke, limträ respektive korslimmat trä och kommer valet av lim ha betydande påverkan på branddimensioneringen (gäller enbart limträ och korslimmat trä)?		
P – Population	E – Exposure	O – Outcome
Tillverkare av konstruktionsvirke, limträ och korslimmat trä, samt ingående lim i Sverige	Brandförlopp	Branddimensionering

Komplett söksträng
(manufacturer*) AND (timber OR wood*) AND (“fire course”) AND (fire protection design)
Databaser
Google Scholar
Inklusionskriterier
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artiklar skrivna på engelska eller svenska</li> <li>• Peer-reviewed artiklar</li> <li>• Vetenskapliga artiklar</li> <li>• Artiklar som är tillgängliga i fulltext</li> <li>• Alla studiedesigner i artiklarna</li> <li>• Artiklar från 1995 till 2021</li> </ul>

## 2.3 Datainsamling

Datainsamlingen från litteraturstudien har gått till som så att i fallen med digital källa har nyckelord sökts efter med hjälp av webbläsarens sökfunktion alternativt dokumentläsarens sökfunktion, när fysiska böcker har studerats har böckernas register fungerat på samma sätt, nyckelord har letats upp och uppgivna sidor och avsnitt har analyserats.

När kontakt tagits med deltagare i studien har i förstaläget intervjuer använts där materialet spelats in för att kunna ge en så korrekt transkribering som möjligt, om intervju inte varit möjlig har frågorna till intervjuunderlaget e-postats och blivit besvarade den vägen. Eftersom både tillverkare av träprodukter och lim har intervjuats har inte samma frågeunderlag kunnat appliceras till alla intervjuer, samma gäller även intervjun med personal på Räddningstjänsten. Frågeunderlaget har inte varit absolut styrande under intervjuerna, utan har verkat som riktlinjer för att få med samma innehåll från alla intervjuer. Däremot har alla frågor i frågeunderlaget ställts och besvarats.

Frågeunderlagen biläggs.

## 2.4 Analys

Efter att intervjuerna genomförts har de transkriberats, ingen svarsskrivning genomfördes under själva intervjuerna, för att hålla dem mer koncisa. Under själva transkriberingen har svaren registrerats i enskilda dokument med frågeunderlaget som rubriksättning. Vid eventuella oklarheter om vad deltagaren menat med sitt svar har frågan ställts igen över samtal eller e-post, samma åtgärd planerades ifall någon störning i samtalets inspelade ljudfil gjort att svaret inte gått att återge korrekt genom transkribering. I de fall som svar har givits över e-post och eller på annat språk än svenska har svaren återgivits rakt av ifall de var på svenska, eller översatts med noggrannhet för att på så vis kunna behålla de karaktäristiska dragen i svarsformuleringarna. I de fall som citat har återgivits har de återgivits på originalspråket. I rapporten kommer svaren redovisas per fråga i stället för per person, detta för att kunna ge både skribent och läsare mer lättjämförliga svar.

## 2.5 Etiska överväganden

I studien har alla tillfrågade blivit tilldelade ett dokument som beskriver villkoren för deltagande i studien. I dokumentet anges även vad studien handlar om, vad syftet är, hur forskningsfrågan lyder, vilken metod som kommer användas för att samla information till studien samt hur och när uppsatsen kommer presenteras.

Deltagandet i studien har varit frivilligt.

Frågan om samtycke till inspelning är ställd flera gånger. Deltagarna har fått frågan både vid diskussion om när intervjun ska äga rum och i början av intervjun. Dessutom framgår det bland villkoren i det tilldelade dokumentet.

Deltagare erbjuds konfidentialitet, det ska inte framgå vem som har uppgett vilka uppgifter i studien, däremot tillåts skribenten diskutera den insamlade informationen och vem som har uppgett den tillsammans med handledare och examinator.

Efter att studien har blivit publicerad kommer det inspelade materialet att raderas.

Dokumentet som beskriver villkoren finns som bilaga.

Som en följd av den konfidentialitet deltagarna lovats kommer inte deltagarnas namn att biläggas utan enbart finnas tillgängligt för skribent, handledare och examinator.

## 3 Teori

### 3.1 Konstruktionsvirke

Träreglrar är vanligtvis i bredden 45 mm och har höjder i multiplar om 25 mm med start vid 45 mm och allt som oftast slut vid 220 mm, där de största tvärsnitten kallas plank (4). En konstruktion av träreglrar består tämligen ofta av mer ingående element än själva reglarna, som består av konstruktionsvirke, K-virke.

Förutom träreglarna, som oftast placeras med centrumavståndet 600 eller 450 mm i väggar krävs även en beklädnad för att konstruktionen ska kunna användas som bjälklag, tak eller vägg. Exempel på beklädnader är träskivor (bland annat OSB och plywood) och gipsskivor, som finns i olika utföranden beroende på önskad funktion. Utrymmet som bildas mellan beklädnad och träreglrar kan fyllas med isolering, med syftet att värmeisolera och eller ljudisolera.



Figur 2: Fingerskarv i konstruktionsvirke (Svenskt Trä)

K-virke begränsas bland annat av den maximala längden på materialet. Önskas längder längre än 5400 mm kommer virket sannolikt vara fingerskarvat (4). Med fingerskarvning menas att virket är ursågat i änden på ett sådant sätt att två virkesändar kan fogas samman liknande när händerna läggs samman med fingrarna omlott.

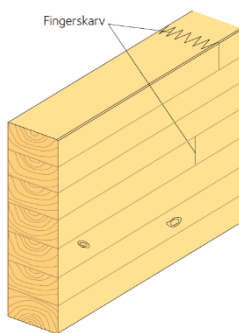
### 3.2 Limträ

Ett stycke limträ är ett sammansatt material av lameller av K-virke.

Sammansättningen sker industriellt. I normalfallet är höjden av raka limträelement multiplar av 45 mm, såsom 180, 225 och 270 mm (10). Tvärsnittets bredd beror på lamellvirket, och allt som oftast ger det en maximal bredd på 225 mm (10).

Om limträ är sammansatt K-virke, torde det inte då ha samma problem med maxlängd?

Både ja och nej, den maximala längden per lamell utan fingerskarvning är fortsatt 5400 mm. Som en följd av att elementet består av flera lameller kan däremot fingerskarvarna placeras så att de aldrig sammanfaller i samma snitt, vilket minskar fingerskarvarnas inverkan på hållfastheten. Det ger upphov till den effekt som kallas lamelleringseffekten. Samma effekt minskar även påverkan från defekter och diskontinuiteter såsom kvistar i en limträbalk till skillnad från en konstruktionsvirkesbalk i samma dimension, eftersom kvistarna aldrig blir genomgående. (11)

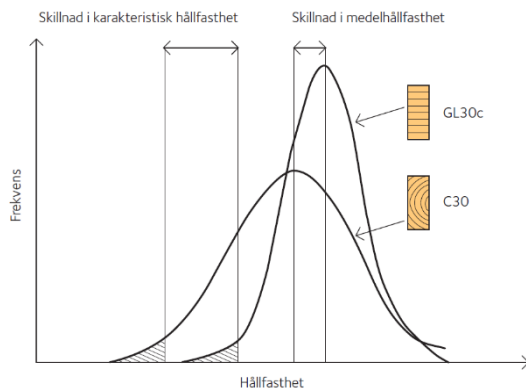


Figur 3: Fingerskarvar i en limträbalk (Svenskt Trä)

Resultatet blir att limträ är ett mer förutsägbart material än K-virke, eftersom variationen inom materialets olika egenskaper blir mindre mellan olika tillverkade element med samma teoretiska förutsättningar. Materialet beräknas därmed ha högre hållfasthet.

Resultatet blir att limträ är ett mer förutsägbart material än K-virke, eftersom variationen inom materialets olika egenskaper blir mindre mellan olika tillverkade element med samma teoretiska förutsättningar. Materialet beräknas därmed ha högre hållfasthet.

Limträ används oftast som pelare eller balkar. Exempel på användningsområde för limträ är som avväxlingsbalk över ett

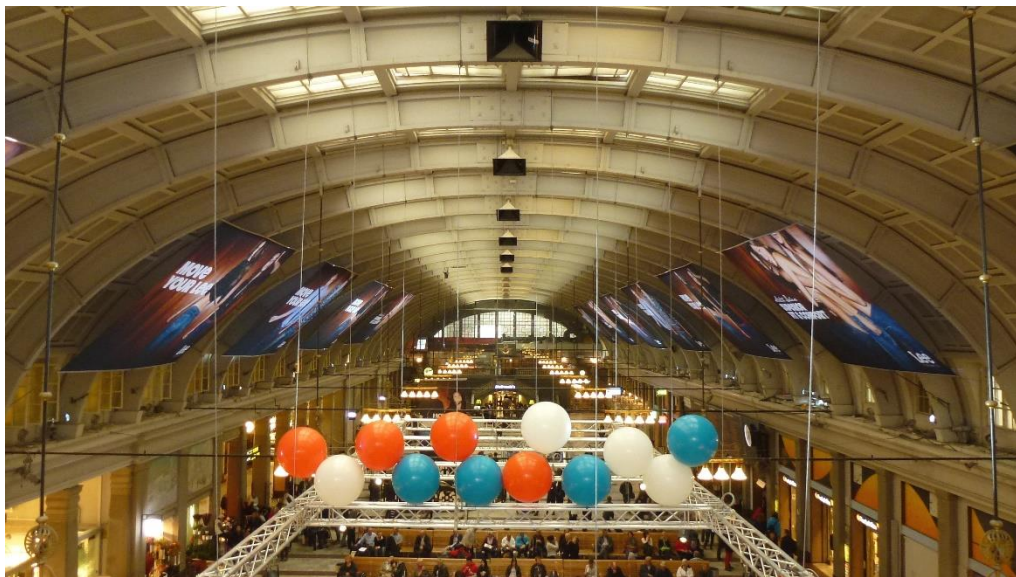


Figur 4: Diagram som visar på den minskade variationen i limträ jämfört med konstruktionsvirke som en följd av lamellerings effekten (Svenskt Trä)

längd längre än så. (12)

Som bindemedel mellan lamellerna använde Otto Hetzer kaseinlim. Kasein är ett mjölkprotein och kaseinlimmet är inte vattenbeständigt. Därmed klarar det inte dagens krav, men eftersom limträet i stationsbyggnaden är under tak fungerar konstruktionen fortfarande. (6)

Numera är lim baserade på melamin och polyuretan vanligast (12).



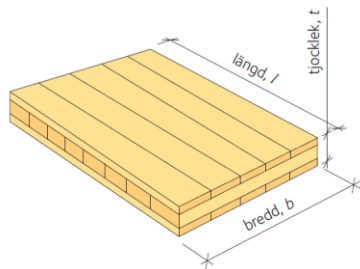
Figur 5: Stockholms Centralstation med de bågformade limträbalkarna synliga i taket (Holger.Ellgaard, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0, [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/archive/3/3b/20120930101508%21Stockholms\\_central\\_takkonstruktion\\_2012.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/archive/3/3b/20120930101508%21Stockholms_central_takkonstruktion_2012.jpg))

större glasparti eller som bärlina till en uteplats. Limträ kan även användas som ersättning till K-virke i bjälklag, tak eller väggar när laster, spännvidder och eller längder blir stora.

När Stockholms Centralstations stationsbyggnad byggdes om 1925 till 1928 användes limträ. Limträbalkarna är exponerade i taket på stationsbyggnaden. Balkarnas spännvidd är 24 meter men eftersom takkonstruktionen är bågformad med 13 meter höjd blir balkarnas egentliga



### 3.3 Korslimmat trä



Figur 6: En skiva med korslimmat trä (Svenskt Trä)

Korslimmat trä är ett stomsystem som innebär fullständig industriell tillverkning, närmast att jämföra med prefabricerade element i betong eller stål. Den största skillnaden jämfört med betong och stål är att KL-trä har en lägre egentyngd, samt att en byggnadsarbetare kan göra mindre modifieringar i konstruktionen såsom håltagningar, med samma verktyg som används vid en konstruktion i lösvirke. (8)

Det är just egentyngden som lyfts fram som en fördel med KL-trä gentemot andra stomsystem. KL-trä har högre bärförmåga relativt sin egentyngd jämfört med de flesta andra byggmaterial på marknaden. (13)

Vid tillverkning av ett element KL-trä limmas minst tre skikt med lameller ihop. Beroende på i vilken riktning den färdiga skivan behöver vara styvast i väljs vilken riktning som får ett extra skikt. Ibland används även olika hållfasthetsklasser i vek och styv riktning av skivan. I exempelvis en tre-skikts väggskiva kommer sannolikt ytterskikten vara stående och om ett skikt väljs med lägre hållfasthet är det rimligt att anta att det är mellanskiktet, det i vek riktning, som väljs. (14)

Eftersom den stora fördelen med KL-trä är att hela element (exempelvis en väggskiva) tillverkas i ett stycke med de urtagningar som önskas, såsom dörr- och fönsteröppningar, urtag för ventilation och så vidare kommer bärförmågan beräknas olika i de olika partierna av väggelementet. I en del som kommer vara intakt vägg, utan urtag, kommer de skikt som är vinkelräta (vertikala) gentemot golvytan anses bärande, och de parallella (horisontella) kommer anses lastbefriade, det vill säga, inte anses ha någon bärförmåga. Motsatsen gäller över ett större fönsterparti, där kommer i stället de skikt av skivan som är parallella golvytan anses vara bärande. Skivan kommer då motsvara en avväxlingsbalk i en vanlig stomme av lösvirke. Däremot kommer de skikt som är vinkelräta golvet i detta exempel inte anses vara lastupptagande. (15)

Element i korslimmat trä kan tillverkas i stora element, vanligt förekommande maximal gräns för längd är 16 m med förekomst uppemot 30 m och bredd tre meter med förekomst upptill 4,8 meter. De ingående lamellerna har en tjocklek som allt som oftast varierar mellan 20 och 60 mm med bredder mellan 40 och 300 mm. Oftast väljs ett förhållande mellan bredd och tjocklek till bredden fyra gånger tjockleken, 4:1. (14)

KL-trä har precis som K-virke och limträ en begränsning i att maxlängden för en lamell är 5400 mm. Precis som med limträ löses det genom att fingerskarvarna placeras på ett sådant sätt att skarvarna inte överlappas i ett snitt. Det medför att KL-trä blir ett mer homogent material än K-virke med mindre variationer och mer förutsägbart beteende, precis som limträ. (16)

### 3.4 Brand

För att trä ska antända vid närvaro av en liten låga, med en värmestrålning högre än 12 kW/m<sup>2</sup> krävs vanligtvis en yttemperatur på träet runt 300 – 400 °C (17). För att trä ska självantända krävs däremot en värmestrålning över 28 kW/m<sup>2</sup> och yttemperaturen

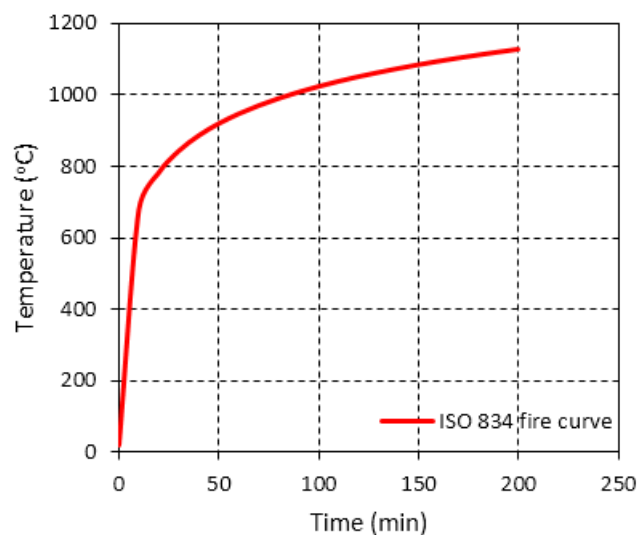
är då ungefär 600 °C (9). Hur lätt trä antänder varierar till exempel med olika träslag, hur grov dimensionen är, virkets densitet, hur fin eller rå ytan är och vilken fuktkvot virket har. (17)

Med högre densitet ökar även hållfastheten enligt Tabell 1. Däremot kommer mängden diskontinuiteter ha större inverkan på hållfastheten än densiteten (18).

Tabell 1: Karakteristiska hållfasthetsvärden och densitet enligt SS – EN 338:2016

Egenskaper	C14	C24	C30
<b>Karakteristiska hållfasthetsvärden, 95 % uppfyllnadsgrad i ett urval (MPa)</b>			
Böjning parallellt fibrerna	14	24	30
Dragning parallellt fibrerna	7,2	14,5	19
Dragning vinkelrätt fibrerna	0,4	0,4	0,4
Tryck parallellt fibrerna	16	21	24
Tryck vinkelrätt fibrerna	2,0	2,5	2,7
Längsskjuvning	3,0	4,0	4,0
<b>Karakteristisk densitet, 95 % uppfyllnadsgrad i ett urval (kg/m<sup>3</sup>)</b>			
Densitet	290	350	380

Det finns en standardiserad temperatur-tid-kurva över ett normalt brandförlopp, ISO 834, vilken används i många brandmotståndsstandardiseringar. (18)

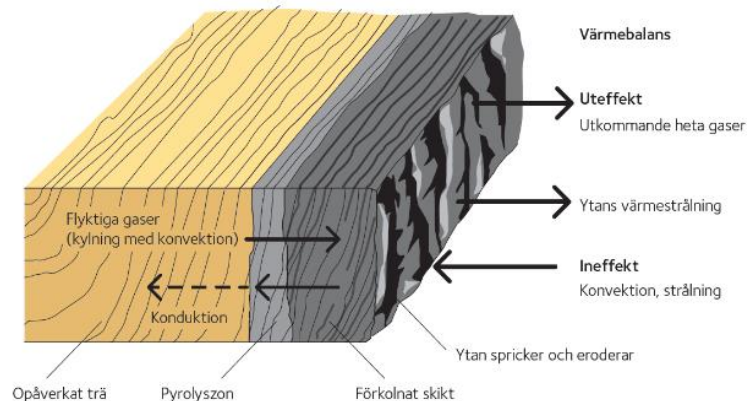


Figur 7: ISO 834, standardiserad temperatur-tid-kurva för ett normalt brandförlopp

Brandbeteendet i trä är komplext. Däremot är kännedom om antändning, pyrolys och förbränning god. I rapporten *Fire Safety in Timber Buildings – A review of existing knowledge*, skriven av Carl Pettersson på Brandforsk 2020 nämns bland annat följande förutsättningar som huvudsakliga för träs brandbeteende och pyrolys:

- Densitet på virket
- Fiberriktning
- Uppvärmningsscenario
- Fuktkvot
- Syrehalt
- Permeabilitet
- Träslag

Trä har som material låg värmekonduktivitet och hög värmekapacitet, det innebär att materialet sprider lite värme och kräver mycket energi för att värmas upp eller kylas ned. Materialet har därmed goda isolerande egenskaper. (9)



Figur 8: De tre skikten som bildas i trä vid brand samt fenomenen under förkolningsprocessen (Svenskt Trä)

Vid en brand i trä kan träråvaran delas in i tre skikt, det förkolnade träet, pyrolyszonen och det opåverkade träet (19).

Ytterst är det förkolnade träet. Vid temperaturer över 500 °C förbränns träkolet i samma takt som det bildas. Är temperaturen i stället mellan 280 och 500 °C kommer träkol bildas men inte förbrännas vidare (17). Vid ett brandförlopp där yttemperaturen på träet ligger i det undre uppgivna spannet kommer det i tjocklek ökade träkolsskiktet isolera resterande del av träet och kommer därmed över tid självsläcka branden. För att branden skall fortgå är därmed en fortsatt värmeutveckling avgörande (17).

Innerst finns det opåverkade träet med temperatur upp till 100 °C. Där kommer hållfasthetsegenskaperna vara nästintill opåverkade av den pågående branden, förutom de relativt små försämringar i hållfasthet som trä får som en följd av förhöjd temperatur (19; 20).

I mitten, innanför det förkolnade träet och utanför det opåverkade träet ligger pyrolyszonen. Där är inte temperaturen hög nog för att träet ska börja förkolna men tillräckligt hög för att ge träet försämrade hållfasthetsegenskaper. Vid temperaturer över 120 °C kommer ligninet, det ämne som binder samman cellulosa-fiberna i till exempel gran och tall, att plasticera, vilket medför försämrade hållfasthetsegenskaper (21). Det som sker i pyrolyszonen är att brännbara gaser bildas som sedan diffunderar ut genom kolskiktet och därefter antänds när de möter syret vid kolskiktets yta. Baserat på hur stor sprickbildning som sker i kolningen av träets yta kommer inbränningshastigheten och därmed även pyrolysen variera. (22)

Vid en fullt utvecklad brand kommer förkolningen ske med en hastighet på omkring 0,6 – 1,0 mm per minut och trä kan därför behålla sin bärförmåga relativt länge (17).

En fortsatt värmeutveckling är avgörande huruvida en brand kommer fortgå eller inte. En eldsvåda kan självsläcka antingen på grund av att allt brännbart i en konstruktion brunnit upp, eller om värmeutvecklingen inte är tillräckligt hög för att antända konstruktionen vidare. Detta kallas 'burnout' på engelska. Möjligheten till en 'burnout' som skett på grund av för låg värmeutveckling för vidare spridning ska inte likställas med en konstruktions möjlighet att självsläckas. Eftersom trästommar i

sig själva är antändningsbara är konstruktionens möjlighet till avstannat brandförlopp lägre än i stommar av icke-brännbart material, eftersom även stommen bidrar med eventuellt bränsle, till skillnad från en stål- eller betongstomme. (23)

I rapporten *Fire Safety in Timber Buildings – A review of existing knowledge* nämns på sida 19 följande aspekter som kan göra en så kallad 'burnout' möjlig i en träkonstruktion, för tydlighetens skull citeras aspekterna på originalspråket:

1. Protected surfaces around the timber that remain for the entire fire duration, or at least until the fire temperatures are low enough to avoid ignition of suddenly exposed surfaces.
2. Cold timber surfaces are not suddenly exposed to the fire i.e. no delamination of charring layer during the fire.
3. The combustion of the burning timber is not sufficient to maintain the fully developed stage of the fire and the structural capacity remains sufficient for the entire duration of the fire. (23)

Alltså, för att en 'burnout' ska kunna ske i en träkonstruktion är det viktigt att de skikt (eget tillägg: exempelvis gipsskivor) som skyddar virket (eget tillägg: reglar, balkar, pelare, massivelement etcetera) är intakta hela brandförloppet, eller åtminstone till dess att temperaturen (och värmestrålningen) är så pass låg att inte träet antänds. Dessutom gäller att inga från brand dittills ej exponerade ytor hastigt exponeras för brand, det kan till exempel ske vid delaminering av det förkolnade lagret under branden. Den sista aspekten som nämns poängterar vikten av att förbränningen på bärande element är så låg så att den fullt utvecklade branden inte kan fortgå och att hållfasthetskapaciteten är stor nog under hela brandförloppet. (23)

Pettersson skriver vidare i sin rapport *Fire Safety in Timber Buildings – A review of existing knowledge* att traditionella branddimensioneringsmetoder inte räknar med stommens bidrag till bränsle i beräkningar över temperatur i fullt utvecklade bränder. Dessutom skriver han att när dimensioneringsgången inte tar hänsyn till att bärande element är i ett förbränningsbart material medför det att branden kan spridas i stället för att nå en 'burnout', vilket kommer innebära en risk att byggnaden kollapsar. (23)

### 3.5 Lim

Svenskt Trä skriver följande i sin artikel om limtyper på webbplatsen Träguiden:

"Trä är ett material som har limmats i 1000-tals år. Trälimning bygger normalt på att limmet skall 'sugas in' i träfibrerna. För att detta skall ske måste limmet väta fibrerna. Detta gäller vid all limning: Limmet måste väta materialet om det ska fastna." (26)

Mängden lim i laminerade träelement är liten. I limträ är andelen obetydlig, mindre än en procent av elementets vikt är lim (27). Däremot är inte inverkan från limmet obetydlig, det är limmet som ger upphov till lamelleringsseffekten i laminerade träprodukter.

För att en limtyp ska få användas i bärande träkonstruktioner måste kraven i standarden SS – EN 14080 uppfyllas. Beroende på om det är fenol- och aminoplastbaserade eller polyuretanbaserade limmer måste därefter SS – EN 301 eller SS – EN 15425 uppfyllas. (5)

I standarderna anges huruvida limtyperna klassificeras som Limtyp I eller Limtyp II. Limtyp I är tillåtet att användas i alla klimatklasser, klimatklass 1 till och med 3. Limtyp II är däremot bara tillåtet i väderskyddade konstruktionsdelar, det vill säga klimatklass 1 och 2. (5)

När limträ märks ska det framgå om det är Limtyp I eller II som använts (6).

Tidigare användes oftast fenol-resorcinol-formaldehydlim, PRF-lim, vid laminering av sammansatta trämaterial i Sverige (3; 6). PRF-lim är ett tvåkomponentslim, det består alltså både av limbas och härdare (3). PRF-lim klassificeras som Limtyp I och ger rödbruna limfogar, numera förekommer laminering med PRF enbart vid export (5). PRF-lim är ett så kallat fenol- och aminoplastbaserat lim och klassificeras därmed enligt SS – EN 301. Ett annat fenol- och aminoplastbaserat lim som numera används vid laminering för inhemsk användning, bland annat av miljöskäl, är melamin-urea-formaldehydlim, MUF-lim, som ger vitaktiga limfogar (3; 5). Eftersom både PRF- och MUF-lim klassificeras som Limtyp I är det dessa limtyper som främst använts vid fingerskarvning av K-virke (5; 7).

En för laminerade trämaterial nyare limtyp är enkomponents polyuretanlim, PUR-lim (6). Att limmet är 'enkomponents' innebär att det är självhärdande. PUR-lim klassificeras som Limtyp II och får därmed enbart användas väderskyddat i klimatklass 1 och 2 (6).

## 4 Resultat

Resultatet omfattar redovisning av intervju svar men även resultat som framkommit i litteraturstudien. Eftersom olika frågeunderlag har använts baserat på vilken typ av organisation den intervjuade tillhör kommer frågeunderlagen redovisas var för sig. Då konfidentialitet har utlovats kommer de intervjuade benämnas som Trätillverkare 1 och 2 (TT1, TT2), Limtillverkare 1 och 2 (LT1, LT2) och Räddningstjänst (RT). Vid eventuella följdfrågor eller liknande från skribenten märks de med EB.

### 4.1 Tillverkare av konstruktionsvirke, limträ och korslimmat trä

#### Vilka av följande material tillverkas av företaget (konstruktionsvirke, limträ och korslimmat trä)?

TT1: Korslimmat trä och konstruktionsvirke.

TT2: Limträ och konstruktionsvirke.

#### Hur resonerar Ni på Ert företag kring aspekten att armerad betong ofta lyfts fram som ett mer brandsäkert material än träbaserade produkter?

TT1: Eftersom trä är ett material som brinner och armerad betong är ett material som inte brinner går det inte att argumentera för trä på just det området. Det vi i stället försöker göra är att avdramatisera genom att beskriva hur trä brinner. "Vi möts oftast med en bild ifrån kunder och intressenter att ... i många fall kan det vara att det i princip kan självantända, liksom bara för att det är trä. Nu överdriver jag lite ... men att det skulle vara direkt farligt." Vi beskriver hur ett brandförlopp går till och hur trä fungerar i brandsituationer. Framför allt trycker vi på att byggreglerna i Sverige följer funktionskrav som är oberoende om det är betong eller trä.

TT2: Vi känner inte att vi har det problemet, vi kan med lätthet leverera limträ med brandklass R120 med hjälp av ökade tvärsnitt.

#### Hur skulle Du beskriva hur brandegenskaperna skiljer sig åt mellan de olika materialen?

TT1: Att man som i fallet med korslimmat trä kan få ett kontinuerligt tvärsnitt som ska stå emot brand känns enligt mig tryggare sett till de täthets och isolerkrav som finns i branddimensioneringen. Det ger en tydligare avgränsning i och med att hela skiktet har samma egenskaper. Vid en regelkonstruktion blir det i stället många delar som undersöks, fler material som påverkar brandförloppet och fler material som tillsammans ska uppnå en isolerande och eller bärande funktion. Ur det hänseendet är korslimmat trä en enklare konstruktion att dimensionera. En svaghet som korslimmat trä har är den osäkerhet som kan finnas kring hur branddimensioneringen ska gå till vid exempelvis beräkning på en KL-vägg eftersom den inte är standardiserad än. Sen har vi aspekten med delaminering, att limmet mellan skikten smälter så att förkolnat KL-trä ramlar av innan det förbränts helt. Det gör att vi får ett nytt förlopp vilket inte stämmer överens med hur man tidigare ansett att standardbränder går till. Det talar för den mer beprövade regelkonstruktionen som har mer stöd från handböcker och byggregler.

TT2: Eftersom konstruktionsvirke sällan överstiger 45 mm bredd kommer det aldrig kunna användas oskyddat ur brandperspektiv, limträbalkar däremot kan tillverkas i större tvärsnitt och därmed användas oskyddade. På de tvärsnitt där konstruktionsvirke kan jämföras direkt

*med limträ är tvärsnittet så små så att de måste skyddas oavsett om det är limträ eller konstruktionsvirke.*

**Om något av materialen ansågs bättre än något annat, ur brandsynpunkt, vad är det enligt Dig som bidrar mest positivt?**

*TT1: Bägge materialen har fördelar gentemot det andra, med KL-trä är det homogena skiktet det som ger en annan täthet än regelkonstruktionen. Regelkonstruktionens fördel är att den är mer beprövad, mer materialeffektiv och antagligen tunnare.*

*TT2: Eftersom limträ kan tillverkas i mycket större tvärsnitt än konstruktionsvirke får det fördelar ur brandsynpunkt gentemot konstruktionsvirke.*

**Om något av materialen ansågs sämre än något annat, ur brandsynpunkt, vad är det enligt Dig som bidrar mest negativt?**

*TT1: Det som talar emot KL-trä är att nästan alla länder i Europa har valt en egen inriktning kring hur KL-trä ska beräknas, vilket talar emot konceptet med Eurokod och EU. Dessutom blir konstruktionen antagligen tjockare och mindre materialeffektiv. Vid en regelkonstruktion kommer beräkningsgången vara krångligare för konstruktören.*

*TT2: -*

*Kommentar EB: Se svar från TT2 i tidigare fråga.*

**Om Du har svarat att företaget tillverkar limträ eller korslimmat trä, vad för typ av lim använder Ni vid sammansättningen?**

*TT1: Polyuretanlim, PUR-lim.*

*TT2: MUF-lim.*

**Hur många limalternativ anser Ni att det finns tillgängligt för Era produkter på marknaden?**

*TT1: Vi valde mellan två sorter, MUF-lim (melamin-urea-formaldehyd) och PUR-lim (polyuretan).*

*TT2: Det finns inte så många, förut hade vi något som hette rödlim (PRF-lim, fenol-resorcinol-formaldehyd), men det var giftigt och eländigt. MUF-limmet får vi hantera i fabriken, det är ett tvåkomponentslim, epoxi-lim är inte att fundera på. Alternativen styrs väldigt mycket utav en kemikalielista.*

**Vilka aspekter har Ni tagit hänsyn till vid valet av lim?**

*TT1: PUR-lim är det vanligast förekommande limmet vid tillverkning av KL-trä idag. Framför allt valdes MUF-limmet bort på grund av förekomsten av formaldehyd, vilket avges under hela produktens livslängd. Vi valde PUR-limmet eftersom det har reagerat färdigt när det härdat, utan emissioner.*

*TT2: Vi har tagit hänsyn till den tidigare nämnda kemikalielistan över vilka sorter vi får hantera, limmet ska dessutom vara lämpat för det område limträet ska användas i. Limmet ska inte vara skadligt för den som hanterar det. Det ska naturligtvis även tåla brand.*

*I valet av lim, är limmets förmåga att stå emot värme en faktor Ni tar hänsyn till?*

*TT1: Nej. I framtiden kan det vid tillverkning av ytterligare produktionslinjer vara av intresse att erbjuda produkter med lim med andra egenskaper, kanske både ur brand- och fuktsynpunkt.*

*TT2: Ja, annars går det inte att branddimensionera med det.*

**Vilka egenskaper har det lim som Ni använder ur ett brandperspektiv?**

*TT1: Limmet är inte värmebeständigt och kommer delaminera vid höga temperaturer, däremot kommer KL-träskivan många gånger av andra skäl utöver brandskydd kläs in, det kan till exempel vara akustiska skäl, vilket kommer ge ett bättre motstånd mot brand.*

*TT2: Det händer inte så mycket med limmet när det brinner. Limträet har så stora dimensioner så det kolar i stället för brinner. Limmet tål temperaturerna, det faller inte isär (kommentar EB: delaminerar), hade det gjort det hade det ju vart katastrof.*

*Följdfråga EB till TT2: Har du någon koll på om det finns en övre temperatur när även MUF-limmet tappar vidhäftningsegenskaperna? Det känns ändå rimligt att gränsen torde finnas någonstans.*

*TT2: Det vet jag inte, jag håller med, gränsen torde finnas. Det är i alla fall inget problem i ett normalt brandförlopp.*

**Finns det något lim på marknaden som Ni vet är bättre ur brandsynpunkt men som Ni väljer att inte använda?**

*TT1: Ja.*

*Kommentar EB: Se svar från TT1 i tidigare frågor.*

*TT2: Det är inget jag kan svara på, jag har inga kunskaper om limmarknaden utöver de lim som vi använder.*

**Arbetar företaget aktivt för att få fram ett nytt och bättre alternativ till det lim som Ni använder just nu?**

*TT1: Ja.*

*TT2: Det har jag svårt att uttala mig om.*

*Om ja, vilken egenskap hos limmet önskar Ni förbättra vid framställningen av ett nytt lim?*

*TT1: Framför allt trycker vi på Trätillverkare 1 på att vi vill ha ett fossilfritt lim, efter det vill vi såklart ha ett mer värmebeständigt lim.*

*TT2: Det skulle vara mindre emissioner i så fall.*

**Arbetar företaget aktivt för att undersöka nya metoder för att få en brandsäkrare produkt?**

*TT1: Trätillverkare 1 är inte direkt inblandade i arbetet med att ta fram brandsäkrare KL-trä och konstruktionsvirke.*

*TT2: Nej, det gör vi inte på så sätt. Vi tycker att den produkten vi har är brandsäker.*



## 4.2 Tillverkare av lim till träprodukter

### **Till vilken eller vilka av följande sammansatta trämaterial tillverkar företaget lim till (limträ och korslimmat trä (KL-trä))?**

*LT1: Vi som limtillverkare tillverkar inget specifikt lim för en viss färdig produkt. Vi tillverkar lim efter de standarder som finns för limmer utan hänsyn till de standarder som finns för limmade träprodukter. För att en limmad träprodukt ska kunna certifieras med CE-märkning krävs det att ett godkänt lim används, för att limmet ska godkännas att användas i limmat trä räcker det att det är godkänt enligt de limstandarder som finns. Våra limmer kan alltså användas i alla limmade träprodukter, så länge limmets kapacitet stämmer överens med vad som krävs enligt träproduktens standard.*

*LT2: Vi på limtillverkare 2 tillverkar lim till alla laminerade träprodukter. Vi tillverkar dessutom alla sorters lim som är tillåtna i bärande träkonstruktioner.*

### **Om bäge, rekommenderar Ni samma lim för både limträ och KL-trä?**

*LT1: Ja.*

*Kommentar EB: Se svar från LT1 i tidigare frågor.*

*LT2: Vi tillverkar både PRF-lim, MF- och MUF-lim, PUR-lim och EPI-lim. Alla våra limsorter som är tillverkade för bärande träkonstruktioner kan användas vid tillverkning av både limträ och KL-trä. Man kan se det som funktionskraven som gäller för byggnader, att limsorterna ska uppfylla vissa krav oavsett vilken slags lim det är. De olika limsorterna har olika standarder, som i princip har samma tester för att göra godkännanden. Vilket lim som rekommenderas beror främst på vilken produktionshastighet sluttillverkaren har och inte vilken träprodukt som tillverkas. Utöver vilken produktionshastighet som sluttillverkaren har vi olika limmer för olika typgodkännanden. Det finns två huvudgrupperingar, typ 1- och typ 2-godkännanden.*

### **Varför rekommenderar Ni den här sortens lim?**

*LT1: Vi på limtillverkare 1 tillverkar endast polyuretanlim (PUR-lim) för användning i limmade träprodukter, vi tillverkar inget formaldehydlim alls och inte heller något Emulsionspolymeriserat isocyanatlim (EPI-lim) för ändamålet.*

*Det finns flera anledningar till det beslutet, PUR-limmet är ett enkomponentslim, limmet behöver alltså inte blandas med en härdare, det är därför mycket enklare att hantera vid applicering. PUR-limmet har även efter härdning en viss flexibilitet och kommer därmed kunna hantera fuktförändringar bättre. Det ger limmet bättre hållbarhetsegenskaper jämfört med limmer som är mer spröda. Användandet av formaldehydlimmer har de senaste decennierna blivit mer och mer reglerat. Vi på limtillverkare 1 bestämde oss redan på 1980-talet för att sluta tillverka formaldehydbaserade limmer och eftersom PUR-lim är helt fritt från det var det vår väg att gå.*

*LT2: Vi rekommenderar inte limsorter baserat på egenskaper limmerna har, utan efter vilka förutsättningar sluttillverkaren har. Vilket skiljer sig från tillverkare till tillverkare. PUR-lim är till exempel ett enkomponentslim och MUF-lim är tvåkomponentslim. Det medför att olika system för att applicera limmet på träåvaran krävs.*

### **Hur skulle Du beskriva limmets egenskaper gällande brandsäkerhet (delaminering, eventuell flampunkt etcetera)?**

*LT1: I allmänhet är det stora problemet att oavsett vilka brandegenskaper limmet har i sig självt är det bara en del av vilka egenskaper hela elementet kommer att ha. Element, såsom brandväggar och branddörrar har en sammansatt brandklassning som element, de ingående komponenterna har inte det. Problemet är att det gällande lim i bärande träkonstruktioner inte finns någon etablerad eller given testmetod i gällande standard. Utöver det så kommer valet av lim inte påverka att limmade träprodukter kommer antändas på samma sätt som vanligt konstruktionsvirke. Vad som behöver diskuteras är i vilka fall som en förhöjd inbränningshastighet kommer vara ett problem. Antagligen är det först vid exponering längre än 60 minuter, dessutom bara när ytterligare brandskyddsåtgärder såsom sprinklers och gipsinklädnad saknas.*

*LT2: Det pågår mycket jobb just nu kring denna fråga, Eurokod 5 genomgår just nu en stor revision, den senaste versionen är från 2005. Då kommer en del förbättringar och ändringar göras, bland annat i brandfrågan med brandkrav och sådant. Vi på limtillverkare 2 är med och utvecklar standarderna som gäller och dessutom i testarbetet vid godkännandelimningarna. Det som diskuteras och undersöks är vilken ökad inbränningshastighet som ska användas vid de inre skikten i fallen där limmet ger efter och orsakar delaminering innan utanpåliggande trä förkolnat helt. Det kommer antagligen finnas två kurvor, en för lim som behåller egenskaperna ända tills det faller av för träråvaran det är fäst i faller av, och en för lim där limmet ger efter innan all träråvara faller av, så kallad delaminering.*

*PRF har ansetts vara ett referenslim när det kommer till brand, ett väldigt aromhaltigt, högpenetrerande lim med hög tvärbindingegrad. Med högpenetrerande menas att limmet tränger djupare in i träet. Det är de ingående fenolerna som ger den goda brandbeständigheten. Samma gäller melaminlimmerna, melamin i sig tillverkas under höga temperaturer och tryck, vilket ger det goda brandegenskaper. Vid riktigt höga temperaturer kan det börja självpolymerisera, men då är temperaturerna så höga så träråvaran är bortom räddning ändå. Alla kombinationer av kolväten, som även ingår i lim, kommer eventuellt förbrännas när temperaturen stiger.*

*PUR-lim har generellt svårare att klara temperaturerna, samma gäller med EPI-lim, trots det är PUR-lim den sort som enligt min kännedom används mest i Europa vid tillverkning av KL-trä. I Nordamerika är MF och MUF vanligare och i Japan är EPI vanligare än i övriga världen, EPI är från början en japansk produkt. Tvärbindingarna i polyuretan börjar sönderfalla vid lite mer än 200 grader Celsius, och det är egentligen svagheten med sorten. Arbete behövs för att utveckla limsorten mot bättre värmebeständighet. Även EPI-limmer har den svagheten med att tvärbindingarna sönderfaller vid relativt låg temperatur, precis som polyuretan.*

### **Vad händer med limmet om det upphettas till temperaturer uppnådda i ett normalt brandförlopp?**

LT1: Alla limmer, precis som alla material i plast kommer att mjukna vid ökade temperaturer. Skillnaden mellan olika limmer är till vilken grad de mjuknar vid given temperatur och vilken kvarvarande vidhäftning det medför. Tyvärr kan inget sägas med säkerhet om det, varken för våra limmer, eller någon annans. Det beror på att det som tidigare nämnts inte finns någon godkänd och standardiserad testmetod för att undersöka detta.

LT2: -

Kommentar EB: Se svar från LT2 i tidigare frågor.

### **Om olika limsorter rekommenderas, vad är vardera limsorts fördelar och nackdelar gentemot varandra?**

LT1: Eftersom det som tidigare nämnts inte finns någon standardiserad testmetod än, kommer det inte vara möjligt att jämföra olika sorters lim. Först när testmetoden är bestämd kommer vi kunna undersöka våra egna produkter och först därefter jämföra dem med andras.

LT2: Huvudfördelarna med MF- och MUF-lim är att det är ett tvåkomponentslim, det går att justera halterna lim och härdare för att kunna hålla samma härdningstid även om temperaturen svänger lite i fabriken. Det är på samma gång en nackdel med att förhållandena behöver beaktas. Med MF- och MUF-lim kan RF-härdning (radiofrekvenshärdning) användas för en snabbare härdning, men det är en ganska dyr investering. PUR-limmet, som ju tidigare nämnt är ett enkomponentslim har fördelen att det är mer lätthanterligt då inga förhållanden lim och härdare behöver beaktas, även utrustningen som används vid applicering blir enklare, då enbart ett system används. Däremot behöver fukthalten tas i beaktning vid härdningen av PUR-lim. Främsta nackdelen med EPI är att det har snabb väntetid, kort tid från applicering till dess att pressen behöver gå ner, vilket i sin tur leder till en snabbare produktion, vilket kan vara en fördel. Brandegenskaperna har vi diskuterat tidigare i intervjun, och där har PRF, MF och MUF bättre egenskaper än PUR och EPI. Dagens evidens visar att PRF, MF och sannolikt MUF skulle ges förkolningskurvan som är konstant hela vägen. PUR skulle hamna i den som räknar med delaminering och ökad inbränningshastighet i början av varje skikt. EPI är inte testat i Europa i samma utsträckning, men det kan klara testerna som krävs i Japan. Däremot måste den ingående svagheten som finns i tvärbindingarna kompenseras för på något sätt.

### **Arbetar företaget aktivt med att framställa ett lim med bättre egenskaper gällande vidhäftning, brandsäkerhet, miljö, arbetsmiljö etcetera?**

LT1: Så länge som det inte finns en standardiserad testmetod för limmade träelement under långtidslast från brand kommer vi vänta med att undersöka vilket område som vi eventuellt kommer behöva förbättra oss inom. Däremot arbetar vi hela tiden med att utveckla våra limmer, även med hänseende till värmebeständighet. Så länge som vi inte vet vilket mål vi strävar efter kommer det inte gå att göra några med evidens underbyggda förbättringar.

LT2: Ja. En stor del av arbetet har de senaste decennierna legat vid att minska emissionerna som ges ifrån lim under produktens livslängd. Nu för tiden finns det MUF-lim som är oklassade, för att det är så låga emissionsnivåer. Gällande arbetsmiljö är MUF- och PUR-lim ganska likoärdiga, det krävs god ventilation och påvisade låga emissioner för att få tillverka det, och det är lagstiftning, självklart försöker vi nå så låga nivåer som möjligt, det ger ett mervärde för alla. Så länge som alla säkerhets och arbetsmiljöåtgärder som finns fungerar medför det ingen förhöjd hälsorisk att arbeta med limtillverkningen.

*Om ja, vilken egenskap prioriteras högst?*

*LT1: Det pågår utveckling inom alla våra limsorter inom alla relevanta områden, arbetsmiljö, bearbethet, värmebeständighet, fuktbeständighet, vilka råvaror som används och dess ursprung, säkerhet i leveranskedjan, hållbarhet, miljö, kostnader etcetera. Dessa aspekter rangordnas inte och prioriteras inte olika. Det kommer styras efter konsumentmarknaden och vilka möjligheter, potentialer och nödvändigheter som ges i varje enskilt fall. Därför finns det ingen 'master plan'.*

*LT2: Vi på limtillverkare 2 jobbar för att nå ett mervärde för alla. Vi strävar efter att få en flexibel och förlåtande produkt ur hanteringsynpunkt. Dessutom med ett brett användningsområde. Så förlåtande som möjligt för så många som möjligt. Den egenskap som alltid kommer prioriteras högst vid utveckling av lim är vidhäftningsegenskaperna, det är ju dem som gör det till ett lim. Målet är hela tiden att inte vara den svaga länken i en produkt, det gäller både hållfasthet och brandbeständighet. Utöver det så går det inte att utlämna utveckling på något område, eftersom godkännanden för nya limmer sker så pass sällan som det görs, oftast inte ens varje år så måste alla områden utvecklas, eftersom kraven för det mesta höjs varje gång.*

### 4.3 Räddningstjänsten

#### **Tycker Du att funktionskraven för brand är tillräckliga?**

*RT: Vi tycker att funktionskrav fungerar bra till mångt och mycket. Det finns idag två sätt att branddimensionera byggnader på, antingen kör man förenklad dimensionering och då följer man Boverkets byggregler (BBR) och allmänna råd. Annars finns det analytisk dimensionering, och görs den rätt tycker vi på Räddningstjänsten att den fungerar bra.*

#### **Tycker Du att det är rimligt att alla stomsystem har samma funktionskrav?**

*RT: Eftersom funktionskrav råder kommer det kräva olika mycket av olika stomsystem, enklast är det att bygga i betong, bygger man i stål eller trä kommer man många gånger behöva kapsla in de bärande elementen för att skydda dem för att uppnå de allmänna råden som finns i byggreglerna. Jag tycker det gör att funktionskrav är en bra lösning. För oss på Räddningstjänsten är det viktigt att veta hur lång tid en byggnads bärande system minst kan förväntas klara av en brand, främst ur ett utrymningsperspektiv, men även när vi ska avgöra huruvida vi ska gå in eller inte.*

#### **Vilken temperatur uppnås under ett normalt brandförlopp?**

*RT: Kan inte ge ett exakt svar, kolla den standardiserade ISO-brandkurvan. Det beror ju såklart på vad som brinner, idag har vi betydligt mer plastbaserade möbler, vilket kan ge en varmare brand. Om brandfarliga vätskor finns kan det ge än högre temperaturer.*

*Hur stor är skillnaden i temperatur i en övertändning mot en brand som inte nått det stadiet än?*

*RT: Det är en stor skillnad, i en övertänd byggnad kan vi exempelvis inte rökdyka på samma sätt, både på grund av temperaturen och den ökade rökmängden som blir till följd av en övertändning. Då vägs vinst mot risk i insatsen. Själoklart gör vi alltid allt vi kan för att rädda människoliv.*

#### **Får Räddningstjänsten reda på vilket stomsystem som är bärande i en konstruktion vid utryckning inför släckningsarbete?**

*RT: Nej, det får vi allt som oftast inte, vi får göra en bedömning på plats alternativt ta kontakt med fastighetsägaren. Finns det en väldigt gedigen insatsplan kan det finnas information om stomsystem, det går inte att förvänta sig att en inringare har koll på vilket stomsystem det är.*

*Följdfråga EB till RT: Vid automatiserat brandlarm, finns det information om byggnaden vid eventuella larm?*

*RT: Det beror på hur Räddningstjänsten valt att göra med så kallad operativ information.*

**Agerar Räddningstjänsten annorlunda om Ni får larm om att en konstruktion med bärande element i trä brinner, om Ni har den vetskapen? Används en annan släckningsstrategi vid träkonstruktioner?**

*RT: Ja, så skulle det kunna bli. Om vi kommer fram till en långt gången vindsbrand med underliggande betongbjälklag kan strategin bli att låta vinden brinna av och under tiden kyla ner underliggande våningar i stället.*

**Om ja, på vilket sätt agerar Ni annorlunda?**

*RT: Om den bärande konstruktionen är i trä kommer vi inte kunna använda nedkylningsstrategin som i fallet med betongbjälklag. Vi kommer också behöva leta mer efter konstruktionsbränder. Generellt kan man säga att vi agerar ganska lika vid bränder oavsett konstruktionsmaterial eftersom funktionskrav råder.*

**Om ja, agerar Räddningstjänsten olika beroende på om konstruktionens bärande element i huvudsak består av konstruktionsvirke, limträ eller korslimmat trä?**

*RT: Nej, så långt har inte den Räddningstjänsten jag representerar kommit, vi förväntar oss att den uppgivna bärigheten stämmer och agerar därefter.*

**Hur ser ett typiskt brandförlopp ut i en träkonstruktion?**

*RT: Brandförloppet beror till stor del av tillgången på luft. Luftspalter är mer förekommande i träkonstruktioner, det kan leda till mer svårsläckta konstruktionsbränder. Bränder startar oftast på samma sätt oavsett stomsystem. I lägenhetshus brukar tiden mellan brandceller vara 60 minuter, och då kanske det tar 30 minuter från att branden startar tills den angriper reglarna som håller upp gips och ytskikt mellan brandcellerna. Om eventuella hålrum inte blivit ordentligt tätade kan branden sprida sig snabbare upp i konstruktionen.*

**Skiljer sig brandförloppet beroende på om konstruktionens bärande delar är i konstruktionsvirke, limträ eller korslimmat trä?**

*RT: Det vet jag faktiskt inte, om det är någon skillnad. Det kan ju göra skillnad om inte limmet håller, men det vill jag inte spekulera i.*

**Hur skulle Du beskriva hur brandegenskaperna skiljer sig åt mellan de olika materialen?**

*RT: Håller limmet ihop ska det ju inte vara några skillnader alls, och har vi rent konstruktionsvirke finns det inga limfogar. Vad jag förstått har det hänt att det kan uppstå glapp i limfogarna om inte limmet håller. Då kan branden smita emellan där och ge ett värre förlopp än vid en lösvirkeskonstruktion.*

**Spelar det någon roll för Er på Räddningstjänsten vad för slags lim som används i konstruktionen vid ett släckningsarbete (gäller limträ och korslimmat trä)?**

*RT: Det beror på i vilket skede i branden vi kommer fram. Vi förväntar oss att konstruktionen ska hålla den uppgivna tiden.*

Vissa sorters lim som används vid tillverkning av limträ och korslimmat trä delamineras vid upphettning, görs några extra säkerhetsåtgärder inför släckningsarbete i en konstruktion där Ni har vetskapen att de bärande elementen riskerar att delaminera under brandförloppet?

RT: Det är något som måste kollas på i ett tidigare skede än vid själva insatstillfället. Har vi fått vetskapen om att en byggnad ska hålla en viss tid men att det lim som använts delamineras vid värme måste kanske vi gå in med lagstöd från plan- och bygglagen eller lagen om skydd mot olyckor och kräva en åtgärd, exempelvis en gipsinklädnad.

Om Ni inte har vetskapen huruvida det lim som används delamineras eller ej, medför det då ett förändrat släckningsarbete än om Ni hade haft vetskapen?

RT: Nej, vi förväntar oss att konstruktionen ska hålla den tid den uppgetts hålla. Vi gör alltid en riskbedömning innan vi går in, vilket vi måste enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter. Förväntar vi oss att konstruktionens delar försvagats är vi mer restriktiva med att skicka in folk. Rökdrykning är sista utvägen.

**Hur brandskyddar man enligt Räddningstjänsten en träkonstruktion lättast, utöver funktionskrav? Vilken åtgärd gör att risken att byggnaden vid eventuell brand brinner ned är minst? Är det någon annat än brandlarm och sprinkler som kan göra stor skillnad?**

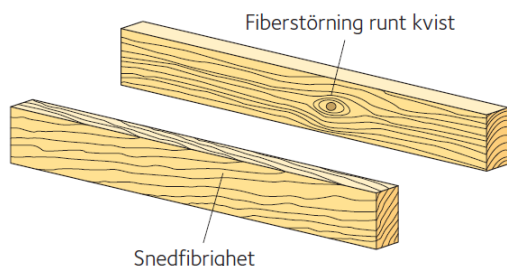
RT: Om sprinkler finns, finns i regel brandlarm, sprinkler är en jättebra funktion, den kanske inte kan släcka branden helt, men den kommer helt klart dämpa brandförloppet och medföra att vi kanske bara behöver färdigsläcka den, dessutom ger det oss mer tid.

## 4.4 Resultat från litteraturstudie

### 4.4.1 Materialens brandegenskaper

Materialens brandegenskaper skiljer sig åt som en följd av den så kallade lamellerings-effekten, som nämns i teoriavsnitt 3.2 Limträ och 3.3 Korslimmat trä. Både limträ och KL-trä är sammansatta trämaterial genom laminering, det vill säga med hjälp av lim. Med lamellerings-effekten och den med den förbättrade jämnheten i hållfasthet materialet uppnår, i ett urval, kan även argument för bättre brandmotståndsegenskaper läggas fram.

#### Konstruktionsvirke



Figur 9: Exempel på diskontinuiteter i konstruktionsvirke (Svenskt Trä)

Konstruktionsvirke är i ett stycke utsågade tvärsnitt av trä, i Sverige oftast tall eller gran. K-virke hållfasthetsmärks antingen visuellt eller maskinellt, den givna hållfastheten kommer vid visuell sortering bland annat bero på mängden diskontinuiteter, det kan till exempel vara kvistar, kådlåpor eller snedfibrighet (24).

De vanligaste visuellt sorterade hållfasthetsklasserna heter T0, T2 och T3. Maskinellt sorterat kallas de i samma ordning för C14, C24 och C30, efter den karakteristiska böjstyvheten i megapascal (MPa). K-virke med högre hållfasthetsklass kommer ha en högre densitet än K-virke med lägre hållfasthetsklass, och densiteten är som tidigare nämnts en av huvudegenskaperna som avgör träets brandbeteende, se Tabell 1. Tabell 1 återfinns även i avsnitt 3.4 Brand, på sidan 10.

Tabell 1: Karakteristiska hållfasthetsvärden och densitet enligt SS – EN 338:2016

Egenskaper	C14	C24	C30
<b>Karakteristiska hållfasthetsvärden, 95 % uppfyllnadsgrad i ett urval (MPa)</b>			
Böjning parallellt fibrerna	14	24	30
Dragning parallellt fibrerna	7,2	14,5	19
Dragning vinkelrätt fibrerna	0,4	0,4	0,4
Tryck parallellt fibrerna	16	21	24
Tryck vinkelrätt fibrerna	2,0	2,5	2,7
Längsskjuvning	3,0	4,0	4,0
<b>Karakteristisk densitet, 95 % uppfyllnadsgrad i ett urval (kg/m<sup>3</sup>)</b>			
Densitet	290	350	380

K-virke med högre hållfasthetsklass kommer alltså vara mer gynnsamt ur ett brandperspektiv både på grund av att det är mer svårantänt som en följd av högre densitet och dessutom för att det kan hålla en given last längre som en följd av den högre hållfastheten (25). Eftersom materialet så länge det inte är fingerskarvat kommer vara från samma trädstam finns en mycket god kunskap om hur materialet hanterar brand.

Vid branddimensionering enligt Eurokod 5 SS-EN 1995-1-2 (EK5-1-2) kommer K-virke beräknas ha en förkolningshastighet på 0,65 mm per minut, detta gäller när en av tvärsnittets sidor är exponerad mot brand. Eftersom K-virke oftast har tvärsnittsbredden 45 mm skulle det innebära att tvärsnittet är borta efter en exponeringstid på en sida på strax under 70 minuter, förutsatt att branden exponerar



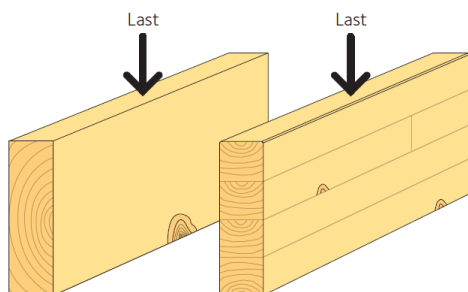
tvärsnittets höjd. Skulle branden verka på bägge sidor om K-virkets bredd halveras tiden, skulle så vara fallet kan det antas att även en tredje av fyra sidor är exponerad. Dessutom ska förkolningshastigheten sättas till 0,8 mm per minut för K-virke vid exponering på tre eller fyra sidor enligt EK5-1-2. (26)

Med hjälp av det resonemanget kan slutsatsen att K-virke inte går att använda oskyddat som konstruktionsmaterial i ett byggnadselement som ska klassas med R-brandklassning (bärförmåga) verka stämma, precis som TT2 nämner i intervjun ovan. Den huvudsakliga användningen för K-virke i bärande konstruktioner kommer vara som reglar i en vägg, golvåsar i ett bjälklag eller som takstolar eller takåsar i ett tak. För att nämnda konstruktionsdelar ska fungera ändamålsenligt krävs som tidigare nämnts någon form av beklädnad, mellanrummet mellan K-virket kan då isoleras vilket gör att risken för mer än en brandexponerad sida minskar. Dessutom kommer beklädnaden skydda K-virket viss tid från brandexponering beroende på typ av beklädnad.

### Limträ

Limträ är tillskillnad från K-virke som namnet antyder limmat, det som är limmat är de konstruktionsvirkeslameller som bildar det sammansatta elementet. Lameller till limträ hållfasthetsorteras efter annan standard än K-virke, här heter hållfasthetsklasserna i stället T15 och T22 (27).

Limträelement med enbart T22-lameller kommer få efterledet -h som betyder homogenus. Används både T15 och T22 kommer det i stället få efterledet -c som betyder combined. (27)



Figur 10: Lamelleringsseffekten kommer göra att limträbalken till höger kan ta större laster än tvärsnittet i konstruktionsvirke till vänster (Svenskt Trä)

Eftersom limträ drar nytta av lamelleringsseffekten som en följd av att flera lameller limmas samman till ett större tvärsnitt kommer påverkan från ingående diskontinuiteter att minska eftersom de inte blir genomgående.

Limträ kommer vid branddimensionering enligt EK5-1-2 att ha en förkolningshastighet på 0,65 mm per minut vid exponering på en sida och 0,7 mm per minut vid exponering på tre eller fyra sidor. (26)

Precis som K-virke kommer inte limträ kunna användas oskyddat som konstruktionsmaterial i ett byggnadselement som ska klassas med R-brandklassning, i bredder som motsvarar träreglar, vilket nämns av TT2 i intervjun ovan. Det är som en följd av att limträ kan tillverkas i stora bredder, tidigare i rapporten uppgett vanligtvis maximalt 225 mm bredd, som limträelement kan användas oskyddat som bärande konstruktion även vid krav på längre R-brandklass.

Eftersom limträ är en laminerad träprodukt finns det en inneboende risk att få delaminering av kolskikt vid brand. Huruvida delaminering sker eller inte beror på valet av lim och Carl Pettersson nämner i rapporten *Fire Safety in Timber Buildings – A review of existing knowledge* att:

” ... glulam and other laminated timber products, which consist of smaller parts of timber laminated together with the timber grains in the same direction, have been found in large scale fire tests ... to perform in a similar way to solid timber when exposed to fire.” (28)

Alltså, limträ och andra laminerade träprodukter med enhetlig fiberriktning har visats inneha liknande egenskaper som massivt trä i större brandtester enligt Carl Pettersson. (28)

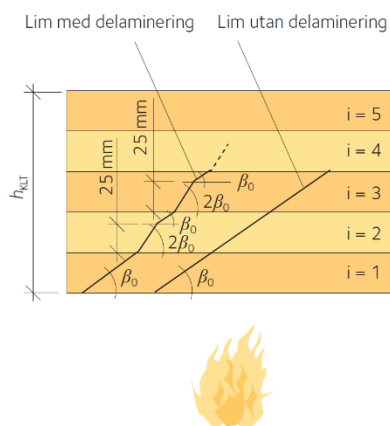
#### *Korslimmat trä*

Även korslimmat trä är en laminerad träprodukt, precis som limträ. Lamellerna består av K-virke, men här hållfasthets-sorteras virket på samma sätt som med K-virke, tillskillnad från limträ. Det förekommer KL-trä med homogena lager med samma hållfasthetsklass rakt igenom, men även kombinerade skivor förekommer. I de fallen kommer lagren med jämna nummer ha en lägre hållfasthetsklass, eftersom de lagren kommer ta laster som inte är övervägande för skivan. Ett exempel är tvärgående lager i en väggskiva, eftersom de som tidigare nämnts kommer ta de laster som verkar över till exempel en dörr eller ett fönster. Likaledes levereras KL-trä antingen med genomgående samma tjocklek på lamellerna, eller med varierande. Efter analys av fyra svenska KL-träleverantörers sortiment (Martinsons, Södra, Stora Enso och Setra) kan det sägas att inget konsekvent val att ha tjockare lameller ytterst, innerst, i udda lager eller i jämna lager går att utläsa, däremot har alla tillverkare relativt lika sortiment (29; 30; 31; 32). Eftersom KL-trä drar nytta av lamelleringseffekten som en följd av att flera lameller limmas samman till ett större tvärsnitt kommer påverkan från ingående diskontinuiteter att minska eftersom de inte blir genomgående. KL-träs egenskaper i olika riktningar gentemot huvudriktningen kommer också jämnas ut som en följd av att fiberriktningen korsläggs i de olika lagren.

För närvarande innefattar inte EK5-1-2 branddimensionering för KL-trä. Däremot har SP/RISE tillsammans med andra europeiska forskningsinstitut tillsammans i forskningsprojektet *FireInTimber (Fire Resistance of Innovative Timber structures)* tagit fram en handbok för den europeiska marknaden som väntas vara en del av forskningsmaterialet som kommer ligga till grund för kommande EK5-1-2. (26)

Handboken heter *Fire Safety in timber buildings – Technical guidelines for Europe*.

Eftersom KL-trä är en laminerad träprodukt finns det en inneboende risk att få delaminering av kolskikt vid brand. Huruvida delaminering sker eller inte beror på valet av lim. KL-trähandboken utgiven av Svenskt Trä hänvisar vidare till *Fire Safety in timber buildings – Technical guidelines for Europe* där två scenarion nämns för förkolningshastighet, ett för lim som kommer delaminera och ett scenario för lim som inte kommer att delaminera vid temperaturer uppnådda under brand. (26)



Figur 11: Skiva i korslimmat trä med två olika förkolningshastighetsscenario (Svenskt Trä)

För lim som inte kommer delaminera ska samma förkolningshastighet användas som vid beräkningssgången av K-virke, alltså 0,65 mm per minut vid brandexponering på en sida. Om det ingående limmet däremot kommer delaminera anger Svenskt Trä förloppet som identiskt som K-virke fram till dess att första lamellen delaminerar, det vill säga 0,65 mm per minut. Efter delamineringen, när det dittills isolerande kolskiktet faller av kommer en ökad förkolning ske på nästkommande lameller. Svenskt Trä sätter den som fördubblad för de första 25 mm på den numera yttersta lamellen, lamell 2. Efter de första 25 mm kommer förkolningshastigheten återigen bli den samma som för K-virke fram till

dess att även denna lamell delaminerar, för att sedan upprepas. (26)

Pettersson skriver på sidan 22 i rapporten *Fire Safety in Timber Buildings – A review of existing knowledge* att:

“The delamination of laminated timber products is not only affected by the characteristics of the adhesive but layout of the laminated product as a system. A thicker outer timber layer in the CLT has been found to perform better against fire induced delamination ...”

Pettersson skriver alltså att delamineringen inte enbart beror på limmet, precis som limtillverkarna framhäver i intervjuerna. Han nämner att lamellagens uppbyggnad spelar roll, och att en KL-träskiva med tjockare yttre lameller löper mindre risk att uppleva delaminering från brand än produkter med tunnare yttersta lager. (33)

#### 4.4.2 Skillnad i brandförlopp

Skillnaden i brandförlopp mellan materialen kan förklaras genom de huvudsakliga användningsområdena för materialen. K-virke används som tidigare nämnts främst i regelstommar i mindre byggnader, limträ används främst som pelare, balkar eller bågar i hallbyggnader eller broar och KL-trä används som ersättning till prefabricerade element i betong med fullständig industriell förtillverkning, främst vid större byggnader i flera plan. Även K-virke används vid prefabricerade element i så kallade 'modulhus' eller 'kataloghus'. Eftersom limträ och KL-trä är framtaget för användning i större byggnader ställer det större krav på bärförmåga över en längre tid vid belastning från olyckslast, såsom brand.

Limträ och KL-trä kan, till skillnad från K-virke, i normalfallet förekomma oskyddat som bärande konstruktion i en byggnad. K-virke kommer som tidigare nämnts att vara täckt med beklädnad för att fungera ändamålsenligt som bjälklag, tak eller vägg. Beklädnaden medför ett visst skydd som gör att förkolningen i de bärande elementen av K-virke börjar senare. Även limträ och KL-trä kan beklädas, och kommer då genomgå ett mer gynnsamt brandförlopp enligt uppgifter från TT1 under intervju och den genomförda litteraturstudien.

Den tidigare nämnda ingående risken för delaminering beror på vilket lim som använts vid lamineringen. Så länge det är känt huruvida det ingående limmet löper risk att delaminera vid brand och det tas till hänsyn vid dimensioneringen, kommer inte risken för delaminering utgöra en säkerhetsrisk vid en eventuell utrymning till följd av eldsvåda.

Risk för delaminering utgör ingen säkerhetsrisk så länge delamineringsrisken är känd.



Figur 12: Kvisten i den övre limträbalken har gjort att balken brast tidigare än den undre vid brand (Svenskt Trä)

Det beror på att ett större tvärsnitt kommer dimensioneras för att kompensera den ökade förkolningshastigheten.

I början av resultatdelen påtalades att materialens brandegenskaper skiljer sig åt som en följd av den så kallade lamelleringsseffekten. Detta på grund av den minskade påverkan av diskontinuiteter som erhålls i limträ och KL-trä till följd av metoden.

I Figur 11 påvisas påverkan av diskontinuiteter i två limträbalkar vid brand. Hade en plank med samma tvärsnitt utsatts för samma brandlast hade

den brustit tidigare, som en följd av de mer genomgående diskontinuiteternas inverkan. Även den ökade förkolningshastigheten K-virke känner av gentemot limträ vid brandexponering på tre eller fyra sidor är missgynnsamt, se avsnitt 4.4.1 Materialens brandegenskaper, under underrubrikerna Konstruktionsvirke och Limträ.

#### 4.4.3 Inverkan från val av lim

Beroende på vilket lim som sluttillverkarna av limträ och KL-trä väljer kommer slutprodukten få olika egenskaper.

Det finns olika sorters lim för användning i laminerade träprodukter, Pettersson nämner PUR-lim som den idag vanligaste, men att även PRF-lim, EPI-lim och MUF-lim används. I KL-trähandbok och i Limträhandbok del 1 utgivna av Svenskt Trä nämns PUR-lim och MUF-lim som exempel på lim som används i KL-trä och PUR-lim, MUF-lim och PRF-lim i limträ, med MUF-lim som den mest använda och PRF-lim endast vid export. (26; 28; 34)

Som nämnts i teoriavsnitt 3.2 Limträ använde Otto Hetzler ett kaseinbaserat lim vid tillverkningen av limträelementen till Stockholms centralstation, kaseinlimmet är inte vattentåligt, och är därför inte godkänt längre.

Valet av lim till laminerade träprodukter har stor påverkan på hur och var slutprodukterna kan användas. Beroende på huruvida det ingående limmet är Limtyp I eller II kommer produkterna få användas i olika klimatklasser. Limtyp I är tillåtet i klimatklass 1 till 3 enligt EK5, Limtyp II däremot är enbart tillåtet i klimatklass 1 till 2. Klimatklass 1 är väderskyddat och uppvärmt och klimatklass 2 är väderskyddat. (34)

Ur brandsynpunkt kommer valet av lim vara av betydelse beroende på om delaminering sker eller inte vid brandexponering. Om delaminering sker kommer icke-förkolnat virke exponeras för brand och bidra med mer bränsle till branden.

Enligt Pettersson har forskning visat att för de vanligast förekommande KL-träprodukterna kommer lamineringen att tappa vidhäftningsegenskaperna redan när limmet når temperaturer mellan 90 och 125 °C. Pettersson tillägger att temperatur för förlust av vidhäftningsegenskaper i limmet uppmättes under tester i rapporten *Fire*

*Safety Challenges of Tall Timber Buildings – Phase 2 Task 4* till mellan 200 och 900 °C, men att temperaturer mellan 200 och 400 °C var "significantly more frequent", alltså betydligt mer förekommande. (28)

Enligt standardbrandkurvan som återfinns i ISO 834 uppnås de i föregående stycke uppgivna temperaturer relativt tidigt i brandförloppet, se Figur 6.

Pettersson skriver vidare att temperaturen som innebär delaminering även är beroende av tiden under uppvärmning och att det skulle kunna förklara varför det vid tester på KL-trä påvisats att andra lagret lameller delamineras vid en lägre temperatur än det första. Pettersson nämner att enligt *Fire Safety Challenges of Tall Timber Buildings – Phase 2 Task 4* är MUF-lim den sorts lim som presterar bäst jämfört med de andra sorterna vid högre temperaturer men att egenskaperna skiljer sig åt mellan olika limmer inom samma kategori. (28)

## 5 Diskussion

### 5.1 Metoddiskussion

Metodens styrkor är i mångt och mycket samma som dess svagheter, att studien begränsats till svenska tillverkare av K-virke, limträ och KL-trä samt tillverkare av lim till dessa gör att studien blir nischad och ganska smal. Samtidigt medför det en relativt god möjlighet till upprepning vid ett senare tillfälle.

Metoder som bygger på personkontakt har alltid en svaghet i att det finns en osäkerhetsfaktor i att få tag på personen i fråga. Under studiens gång har det framkommit att personerna som sitter inne på svar och ibland mandat att svara på frågor inom området ofta sitter i möten eller är upptagna med annat, vilket inneburit att tid har spillts på att söka deltagare till studien.

Gällande litteraturstudien har en stor styrka i metoden varit att välja Svenskt Träs publikationer och webbsida TräGuiden som utgångspunkt. Eftersom innehållet varierar i karaktär mellan facklitteratur, vetenskaplig rapport samt lärobok med formelsamling och beräkningsexempel har det breda innehållet kunnat uthämtas därifrån. Det faktum att allt innehåll som använts från Svenskt Trä är tillgängligt gratis gör att även litteraturstudien går att upprepa med god möjlighet vid senare tillfälle.

#### 5.1.1 Reliabilitet

Förutsatt att samma urval görs och samma litteraturstudie görs torde ett likvärdigt resultat erhållas. Resultatet kommer skiljas åt baserat på vilka av de tillfrågade som väljer att delta i studien och om nya rön slagit rot inom området. Studiens resultat gällande inverkan från valet av lim kommer antagligen vara annorlunda när nästkommande Eurokod 5 blir gällande, eftersom just brandpåverkan på lim är en sak som bestämt kommer justeras i den.

#### 5.1.2 Validitet

Det går alltid att diskutera om forskningsfrågan är besvarad på rätt sätt eller inte. I den här studien har forskningsfrågan tolkats som att det är materialen konstruktionsvirke, limträ och korslimmat trä som jämförs, inte de färdiga konstruktionselementen de ingår i. Givet att en träregelvägg som är både isolerad och täckt med exempelvis gipsskiva i brandexponerad sida jämförs med en naken KL-träskiva, som faktiskt förekommer otäckt även i brandexponerad sida, kommer resultatet antagligen skiljas åt från den här studien. Eftersom det är materialen som forskningsfrågan och avgränsningen avser, och inte de konstruktionselement där materialen ingår, bör studien anses vara valid och korrekt.

#### 5.1.3 Generaliserbarhet och transferabilitet

Eftersom studien så tydligt nischer sig till tre specifika trämaterial har inte studien någon särskild transferabilitet eller generaliserbarhet. Även andra trämaterial kan skilja sig åt från studerade material tillräckligt för att resultatet inte ska vara överförbart. Om limmers vidhäftningsegenskaper kommer bestå eller inte vid upphettning kan däremot resultatet vara överförbart till andra områden och frågeställningar, så länge limmerna följer samma standarder och används på motsvarande sätt.

## 5.2 Diskussion baserad på resultat från intervjuer

### 5.2.1 Tillverkare av konstruktionsvirke, limträ och korslimmat trä

#### *Brandsäkerhet*

I intervjuerna framkommer synsätt som både skiljer sig åt och som är samstämmiga. Bägge tillverkarna är överens om att konstruktioner i trä inte är att anse som brandfarliga då de med lagstöd kan erhålla samma godkännanden som stommar i obrännbara material som en följd av de funktionskrav som gäller i Sverige. Bägge tillverkarna är dessutom överens om att trä är ett brännbart material. Det är intressant att få höra citatet från den ena tillverkaren,

*”Vi möts oftast med en bild ifrån kunder och intressenter att ... i många fall kan det vara att det i princip kan självantända, liksom bara för att det är trä. Nu överdriver jag lite ... men att det skulle vara direkt farligt.”*

Att i vissa fall få bemöta sådana uttryck vid en kundkontakt och därmed börja i uppförsbacke direkt kan inte vara lätt, då torde det som tillverkare vara skönt att kunna luta sig mot de gällande funktionskrav som påvisar att trä kan uppfylla samma säkerhet som alla andra beprövade material.

#### *Brandegenskaper*

Bägge tillverkarna lägger fram argument för hur deras respektive sammansatta trämaterial, limträ och KL-trä, har bättre brandegenskaper än vanligt K-virke. KL-trä bildar ett homogent skikt i väggen, något som inte K-virke gör. Limträ kan på grund av sina möjligheter till stora tvärsnitt användas oskyddat i en konstruktion och ändå uppnå långvariga brandklasskrav med avseende på bärighet. Även KL-trä kan uppnå långvariga brandklasskrav oskyddat, men här nämner tillverkaren den inneboende risken med delaminering, vilket inte nämns av tillverkaren av limträ.

K-virke upplevs närmare kunna jämföras med KL-trä än limträ sett till normal användning av materialen.

#### *Val av lim*

Tillverkarna använder olika sorters lim, PUR-lim och MUF-lim.

Tillverkaren som använder PUR-lim nämner att valet stod mellan PUR och MUF men att valet föll på PUR på grund av hur resterande tillverkare på marknaden valt att göra men även på grund av de emissioner som avges från MUF. Tillverkaren som använder MUF nämner att PRF tidigare använts men att det inte är tillåtet längre. Enligt dem beror valet till stor del på vad som gäller enligt en kemikalielista, att limmet ska vara användbart för användningsområdet på slutprodukten och att det ska tåla brand. Intressant är att bara den ena tillverkaren anger värmebeständighet som en påverkande faktor i valet av lim.

### *Brandegenskaper i valt lim*

Tillverkaren som använder PUR-lim uppger att de är medvetna om att limmet inte är värmebeständigt och kommer delaminera vid höga temperaturer, vilket får anses uppseendeväckande. Det blir särskilt uppseendeväckande efter vad som framkommit ur litteraturstudien om skillnaden i brandförlopp vid delaminerande lim jämfört med lim som är värmebeständigt. På grund av de beklädnader som enligt tillverkaren ofta görs kommer ett brandskydd ges ändå, vilket gör saken mindre besvärande.

Tillverkaren uppger att de är medvetna om att det finns lim tillgängligt på marknaden med bättre brandegenskaper men nämner att det vid utökning med ytterligare produktionslinjer kan vara av intresse att välja en annan limtyp, för att kunna få bättre egenskaper mot bland annat brand och värme.

Tillverkaren som använder MUF-lim beskriver limmets egenskaper på samma sätt som litteraturstudien och intervjuer med limtillverkare gjort, att limmet inte påverkas, utan elementet brinner som om det vore ett stycke trä i stället för flertalet. Att uppmärksamma är att här uttrycks en underliggande risk för delaminering som en katastrof.

### *Utveckling av lim*

Tillverkarna betonar önskan om fossilfria limmer (tillverkade med enbart förnyelsebara komponenter), mer värmebeständighet och mindre emissioner. Det fossilfria är en intressant aspekt, särskilt om det går att tillverka limmet med spillprodukter från sågverk eller annan skogsindustri. Det skulle innebära att de sammansatta trämaterialen skulle vara laminerade med ett 'trälim', i ordets rätta bemärkelse.

Att minska emissionerna från limmet skulle minska den exponering som personalen i tillverkningen av lim och sluttillverkningen av sammansatt trä utsätts för, men även exponeringen för de som ska vistas i konstruktionerna efter montage.

Det skulle även eventuellt kunna minska ventilationsbehovet vid tillverkning och på så vis kunna göra produktionskedjan mindre klimat- och miljöbelastande.

### *Utveckling av en mer brandsäker produkt*

Här svarar ena tillverkarens representant att deras företag inte är direkt inblandade i framtagandet av mer brandsäkra trämaterial och andra tillverkaren svarar att de inte gör det eftersom de anser att deras produkt redan är brandsäker.

Det är diskuterbart huruvida det innebär att det inte går att få fram en mer brandsäker produkt eller inte, eller om det rentav innebär att det inte finns ett behov.



## 5.2.2 Tillverkare av lim till träprodukter

Bägge deltagande tillverkarna uppger att de inte tillverkar limmer specifikt till limträ och korslimmat trä utan tillverkar lim efter den standard som ger limmet godkännande att användas i laminerade och bärande träkonstruktioner.

### *Rekommenderad limtyp*

Som tidigare nämnts rekommenderar ingen av de deltagande tillverkarna något särskilt lim specifikt för ett givet sammansatt trämaterial. Ena tillverkaren understryker att limmerna uppfyller samma godkännanden medan den andra utöver det även nämner att ett val sker redan vid skapandet av produktionslinjen, men att det sedan finns några olika parametrar som avgör var och hur limmerna kan användas.

Det var oväntat att det inte fanns tydligare direktiv från tillverkarna vilken sort som lämpar sig till vad, vissa sorter är ju både enligt genomförda intervjuer och litteraturstudie mer lämpliga om elementet utsätts för exempelvis värme.

Ena tillverkaren tillverkade enbart PUR-lim, anledningar till det som uppgavs var bland annat att det var ett enkomponentslim (MUF-lim med flera är tvåkomponentslim) och att PUR-limmet ger en viss flexibilitet även efter härdning som kan göra materialet mer anpassningsbart till bland annat fuktförändringar. En annan aspekt som framhävs är avsaknaden av formaldehyd i PUR-lim.

Andra tillverkaren uppger att de tillverkar alla sorters lim som är tillåtna vid laminering av material till bärande träkonstruktioner och säger att typ av lim väljs efter vilka förutsättningar som sluttillverkaren har.

Det är såklart både intressant och tvetydigt att tillverkarna har så olika men ändå lika syn på hur och vilket lim som ska användas. Att det från bägge håll kan lyftas att det inte är slutprodukten som avgör vilken slags lim som rekommenderas utan andra aspekter men sedan skilja så mycket i hur många typer som tillverkas och erbjuds. Det ger en trygghet i att det kan finnas flera alternativ för att få fram ett bra resultat även om storleken kan skilja mycket på olika produktionslinjer. Däremot kan det inge en osäkerhet för sluttillverkare om så pass olika inställning förmedlas kring vilket lim som ska användas. Det är antagligen önskvärt att bli rekommenderad en typ av lim baserat på egenskaper och därefter välja typ av appliceringssystem, i stället för tvärtom, få egenskaper efter valt appliceringssystem.

### *Brandegenskaper i tillverkade limmer*

Bägge tillverkarna framhäver att det inte finns någon gällande standardisering för hur förkolning- och inbränningshastigheter varken ska testas eller beräknas just nu. Det väntas komma i nästa revision av EK5, som enligt Bilaga 2 (sidan B) kommer komma 2025. Precis som litteraturstudien ger intervjuerna resultatet att det antagligen kommer bestå av två brandförlopp, ett vid och ett utan delaminering. En annan aspekt som framhävs är att det är hela elementet som ges en brandklassning och inte bara limmet.

Att som limtillverkare förneka limmets möjligheter att bidra till ett fördröjt brandförlopp och att i stället svara att det inte bara är limmet som ska stå emot brand när det handlar om tråelement, som det inte går att neka brännbarheten i, blir som att

antyda att det inte spelar någon roll om det delaminerar eller ej, elementet brinner oavsett. Målet för limtillverkarna borde vara att inte kunna sägas vara delaktiga i ett hastigt brott och att möjliggöra förkolning motsvarande att elementet brunnit som om det vore i ett helt stycke. Det vill säga att inte vara den svaga länken.

En kortare beskrivning ges dessutom av varje typ av lim där det tydligt framgår ur intervjun att de så kallade PRF-, MF- och MUF-limmerna är de som är mest värmebeständiga. Även här nämns just temperaturen 200 °C som en kritisk temperatur för vissa limmer, precis som i litteraturstudien, här har det även uttryckts att det är just EPI- och PUR-limmer som har dessa problem.

Det framgår även att alla limmer mjuknar med en stigande temperatur. Åsikten är däremot att inget med säkerhet kan sägas på grund av brist på standardiserade metoder. Att som tillverkaren uttrycker, inte ens kunna jämföra sina egna olika limmer får anses som felaktigt. Även om inte testresultatet, precis som tillverkaren nämner, kommer kunna ses som gällande innan en standard är bestämd. Resultatet kommer kunna utläsas och en eventuell skillnad märkas.

#### *Fördelar och nackdelar mellan olika typer av lim*

Här skiljer sig svaren mycket mellan deltagande tillverkare. Ena tillverkaren påpekar återigen bristen av standardiserad testmetod. Det kan tyckas vara passivt eftersom det trots allt finns publicerad forskning som kommande EK5 kommer baseras på. Det torde alltså vara möjligt att testa sina produkter efter en kvalificerad gissning på hur metoden kommer se ut, för att få ett förhandsresultat.

Från den andra tillverkaren delges en kort jämförelse över fördelar och nackdelar med de olika typerna lim och de appliceringssystem som de kräver. Fördelar med både tvåkomponentslim (till exempel MF och MUF) och enkomponentslim (PUR) nämns. Ska enbart värmebeständigheten beaktas uttrycker tillverkaren att det med dagens evidens går att fördela de olika typerna av lim baserat på om de kommer bli tilldelade delamineringskurvan eller inte, vilket får anses som rimligt.

Ena tillverkaren säger att rent arbetsmiljömässigt kan MUF- och PUR-lim nästan likställas eftersom moderna MUF-limmer i vissa fall har så låga emissionsnivåer att de är oklassade, alltså anses ej hälsovådliga att arbeta med. Om så är fallet försvinner ett av huvudargumenten för PUR-lim, nämligen avsaknaden av emissioner. Då torde MUF-lim anses vara ett mer lämpligt lim för laminerade träprodukter, eftersom det har mer fördelaktiga egenskaper vid brand.

#### *Framtagande av lim med bättre egenskaper än de tillgängliga idag*

Enligt svaren i intervjuerna arbetas det löpande hos bägge tillverkarna med att förbättra sina produkter inom alla områden. Här nämns även en fundamental sak som bör eftersträvas hos alla tillverkare av produkter som sedan sätts samman: att alltid eftersträva att inte vara den svaga länken. Om det uppfylls kommer utvecklingen ständigt gå framåt av sig själv.

### 5.2.3 Räddningstjänsten

Efter att ha sammanställt studiens resultat går det att utläsa att intervjun med personal på Räddningstjänsten inte bidrar till att besvara forskningsfrågan. Eftersom intervjun genomfördes fanns det en förhoppning om att så skulle vara fallet. Däremot är insynen i hur Räddningstjänsten ser på bränder i träkonstruktioner fortfarande givande för studien. Av den anledningen är intervjun inkluderad i studien.

#### *Funktionskrav*

Precis som trätillverkarna uttrycker även representant från Räddningstjänsten ett tycke för funktionskrav. Funktionskrav innebär att olika utföranden får användas, förutsatt att de når en viss prestanda, det kan gälla andra saker än brand och behöver inte vara lika på alla platser, till exempel isolermängd för att uppnå ett givet inomhusklimat.

För Räddningstjänsten innebär funktionskraven att det går att på förhand veta hur länge byggnaden kan förväntas bära brandlasterna. Att veta om det på förhand bör innebära en ökad trygghet.

#### *Stomsystem*

Det var intressant att höra att strategierna kan skiljas åt baserat på stomsystem, som med exemplet med att låta en vind brinna ned och i stället välja att stoppa vidare spridning. Att inte just den tillfrågade Räddningstjänsten oftare har koll på vilket stomsystem som gäller ger tudelade tankegångar. Dels ska det ju som tillfrågad säga inte spela någon roll eftersom funktionskrav gäller, däremot har litteraturstudien påvisat att den ökade bränslestillgången från stommen inte medräknats vilket torde göra det av större intresse att veta hur stor del av konstruktionen som är i brännbart material (både bärande och ej bärande konstruktion).

#### *Inverkan från val av lim*

Enligt tillfrågad kommer inte valet av lim spela någon roll vid en släckningssituation. Däremot kommer Räddningstjänsten behöva kliva in med lagstöd om det framgår att byggnaden kommer reagera annorlunda än beräknat och anmält vid brand. I takt med att träkonstruktioner blir vanligare kommer vetenskapen om ingående lims egenskaper vid olyckor behöva bli bättre. Först måste däremot vetenskapen om huruvida det är en trästomme eller inte finnas.

## 5.3 Diskussion över resultat från litteraturstudie

### 5.3.1 Materialens brandegenskaper

Från litteraturstudien har materialens skillnader och likheter i brandegenskaper framhållits. Att materialen till mångt och mycket har liknande egenskaper var väntat, skillnaden ligger i som både intervjuer och litteraturstudie visar i vilka dimensioner materialen finns tillgängliga samt i vilken sorts lim som använts i de sammansatta trämaterialen limträ och korslimmat trä.

I början av resultatavsnitt 4.4.1 Materialens brandegenskaper, nämns lamelleringsseffekten som det som bidrar till den skillnad som är mellan materialen. Lamelleringsseffekten bidrar med en ökad jämnhet och därmed högre satta hållfasthetsvärden, se Figur 4, sidan 8.

Det kan vid första anblick verka underligt att materialen skulle bli starkare av att mindre stycken sammanfogas till större, men efter inläsning om anledningarna varför så är fallet blir det i stället självklart. Efter att ha kommit till klarhet med att lamelleringsseffekten faktiskt fungerar blir det återigen underligt när det senare framgår att just själva lamineringen, som är det som ger lamelleringsseffekten, kan medföra risker i konstruktionen. Detta påvisar betydelsen av kunskap och kännedom om hur materialen reagerar vid brandexponering, men framhäver även vilken skillnad som olika former av beklädnad och isolering kan göra.

Det är en intressant iakttagelse att limträ i högre grad har gemensamma brandegenskaper med K-virke än KL-trä trots att bägge är laminerade trämaterial. Att det som Pettersson nämner beror på den enhetliga fiberriktningen var knappast förvånande, men att korsläggningen i KL-trä som har andra fördelar inte är det i brandsynpunkt är överraskande.

### 5.3.2 Skillnad i brandförlopp

Eftersom materialen har lite olika krav för att kunna användas ändamålsenligt som bärande konstruktion är inte materialens brandförlopp fullt ut jämförbara.

Den i resultatet nämnda inneboende risken för delaminering ska beaktas, men om den är säkerställd som obefintlig kommer de laminerade materialen i sig ha bättre brandegenskaper som en följd av lamelleringsseffekten.

Om en ändamålsenlig vägg i K-virke jämförs med ändamålsenliga väggar i limträ och KL-trä kommer konstruktionerna se lite annorlunda ut, och väggen i KL-trä behöver inte prestera bättre enbart för att materialet är förädlat. En vägg med bärande konstruktion i limträ kommer precis som en regelvägg med K-virke att behöva beklädas för att fungera ändamålsenligt. Den kommer då som en följd av lamelleringsseffekten att prestera bättre.

Att en konstruktion med risk för delaminering automatiskt skulle bli en riskkonstruktion dementeras med stöd av intervjuer och litteraturstudie. Däremot är en konstruktion med risk för delaminering där inte det är känt, en riskkonstruktion. Detta eftersom konstruktionen kommer kompenseras med större tvärsnitt om delamineringsrisken är känd, som en följd av den ökade förkolningshastigheten.

Eftersom det i KL-trä beräknas att lager med fiberriktning vinkelrätt den huvudsakliga belastningen är ej lastupptagande kommer det innebära att KL-träskivan i de fall den enbart är en slät vägg inte kommer räknas tappa ytterligare

bärighet om ett primärlager (stående) och ett sekundärlager (liggande) delaminerar jämfört med om enbart ett primärlager delaminerar. Detta förutsatt att ingen förkolning i nästa primärlager antas påbörjats och att de försämrade hållfasthetsegenskaperna från förhöjd temperatur borträknas.

I KL-trähandbok uppges ett exempel på hur beräkningsgången för förkolningshastighet vid ett delaminerande förlopp kan komma att se ut när EK5 revideras. Exemplet säger att det för yttersta lamellen ska räknas med samma förkolningshastighet som för både K-virke och limträ vid exponering på en sida, för att sedan på de första 25 mm av alla kommande lameller räknas med dubbel hastighet.

Pettersson nämner sedan i sin rapport att KL-träskivor med tjockare yttre lameller kommer prestera bättre vid brandexponering än vid tunnare. Det går helt i linje med vad KL-trähandbok säger. Om den fördubblade förkolningen sker först från och med lamell nummer två och inåt i konstruktionen är det eftersträvansvärt att ha en så lång förkolningsprocess som möjligt på den yttersta lamellen.

Eftersom problemen med delaminering aldrig nämns i sammanhang om enbart limträ, men däremot ofta i hänvisad litteratur om KL-trä kan det antas att det vid limträstillverkning uteslutande används limmer som ej delaminerar. Även resultatet från intervjuerna pekar mot detta.

### **5.3.3 Inverkan från val av lim**

Beroende på val av lim kommer brandegenskaperna i de sammansatta trämaterialen limträ och korslimmat trä att skiljas åt, vissa sorters lim medförde att det sammansatta elementet betedde sig mer likt massivt trä än andra.

Det finns flera olika sorters godkända limmer för användning i bärande träkonstruktioner. Valet av lim har inverkan på brandförloppet på grund av att vissa tillåtna limmer delaminerar vid upphettning. Temperaturen 200 °C nämns både i intervjuer samt litteraturstudie och informationen om att det gäller limsorterna PUR och EPI nämns i intervju med limtillverkare.

Eftersom Pettersson nämner att delaminering sker vid lägre temperaturer ju längre in i konstruktionen branden kommer förstärker det evidensen över att ett tjockare yttre lager av lameller är att föredra ur brandsynpunkt, eftersom det skulle innebära att uppvärmningen av inre delar av konstruktionen bromsas.

Intervjuresultatet är för det mesta överens med litteraturstudiens resultat att melamin-baserade limmer (MF och MUF) är de mest fördelaktiga ur ett brandperspektiv, vilket därmed torde stämma.

## 6 Slutsats

*Hur skiljer sig det normala brandförloppet i konstruktionsvirke, limträ respektive korslimmat trä?*

Materialen har i stort samma egenskaper vid brand. Förkolningshastigheten är identisk vid exponering från en sida, men skiljer sig åt vid exponering på tre eller fyra sidor till limträns fördel jämfört med konstruktionsvirke. Samtidig exponering på mer än två sidor förväntas inte hos korslimmat trä. Detta är en fördel för korslimmat trä då förloppet blir mer förutsägbart.

Limträ som material har inte samma problem med risk för delaminering som korslimmat trä, antagligen som en följd av att limträ för det mesta används oskyddat i konstruktioner och därför väljs lim som inte medför delaminering.

*Kommer valet av lim ha betydande påverkan på branddimensioneringen (gäller enbart limträ och korslimmat trä)?*

Valet av lim kommer ha betydande påverkan på branddimensioneringen eftersom en eventuell delaminering medför en ökad förkolningshastighet i delar av efterkommande lameller. Melaminbaserade limmer (MF och MUF) har visats vara de som har bäst värmebeständighet enligt både intervjuresultat och litteraturstudie.

### Praktiska rekommendationer

Se till att vid dimensionering av laminerade trämaterial ha koll på huruvida ingående lim delaminerar eller inte. Eftersträva ett tjockare lager med lameller ytterst i skivor av korslimmat trä. Eftersträva användning av lim som inte löper risk att delaminera, både för en enklare dimensionering och för ett mer förutsägbart brandförlopp.

Bekläd gärna alla träkonstruktioner för att förlänga konstruktionens motstånd mot brand innan antändning.

Välj inte bort laminerade träprodukter på grund av rädsla för delaminering, korrekt dimensionerat utgör det ingen säkerhetsrisk utöver de risker brand alltid innebär.

## 7 Förslag till fortsatta studier

Vid fortsatta studier bör det undersökas vidare vilken skillnad ett tjockare yttre lager med lameller kan innebära för brandförloppet i korslimmat trä. Det bör också undersökas om eller hur stor skillnad träråvara med högre virkeskvalitet kan förlänga tiden innan påbörjad förkolning.

Skillnaden mellan olika typer av lim bör undersökas djupare.

Studien kan breddas gällande limmerna för att även undersöka bland annat skillnaden mellan limmerna i hantering, miljöpåverkan, arbetsmiljöpåverkan och emissioner efter applicering.

En större undersökning gällande hur olika typer av lim står emot värme bör inkluderas i fortsatta studier.

Vid vidare studier bör antalet deltagande personer i studien ökas, och urvalet bör breddas till att även innefatta tillverkare i andra länder. I första hand länder med samma klimat som Sverige, exempelvis Norge och Finland.

## Referenser

1. **Trä- och Möbelföretagen**. Flerbostadshus. *Trä- och Möbelföretagen*. [Online] Trä- och Möbelföretagen, den 09 04 2021. [Citat: den 09 04 2021.] <https://www.tmf.se/statistik-flerbostadshus>.
2. **Svenskt Trä**. Småhus och flervåningshus. *Svenskt Trä*. [Online] Svenskt Trä, den 04 04 2021. [Citat: den 04 04 2021.] <https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/byggande/olika-trakonstruktioner/smahus-och-flervaningshus/>.
3. **Skellefteå museum**. Regelverk. *Hålla Hus*. [Online] Hålla Hus, den 05 04 2021. [Citat: den 05 04 2021.] <https://hallahus.se/renovera/stommen/trastommar/regelverk/>.
4. **Svenskt Trä**. Dimensioner. *Träguiden*. [Online] Svenskt Trä, den 06 08 2018. [Citat: den 05 04 2021.] <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/sagverksprocessen/sagprocessen/dimensioner/>.
5. **Lidelöw, Helena**. *Dimensionering av träkonstruktioner, del 1*. 3:e. Stockholm : Svenskt Trä, 2019. s. 205. ISBN 978-91-985214-7-4.
6. **Gross, Holger**. *Limträhandbok, del 1*. 5:e. Stockholm : Svenskt Trä, 2016. ss. 6-7. ISBN 978-91-980304-5-7.
7. **Åfreds, Johanna**. Affärer & Samhälle. *Kraftig ökning av prefab under senaste 20-årsperioden*. [Online] Byggindustrin, den 27 04 2018. [Citat: den 07 04 2021.] <https://www.byggindustrin.se/affarer-och-samhalle/bygghistoria/kraftig-okning-av-prefab-under-senaste-20-arsperioden/>.
8. **Gustafsson, Anders**. *KL-trähandboken*. 1:a. Stockholm : Svenskt Trä, 2017. ss. 8-9. ISBN 978-91-981922-5-4.
9. **Pettersson, Carl**. *Fire Safety in Timber Buildings - A review of existing knowledge*. Stockholm : Brandforsk, 2020. s. 17. Brandforsk 2020:10.
10. **Gross, Holger**. *Limträhandbok, del 1*. 5:e. Stockholm : Svenskt Trä, 2016. s. 17. ISBN 978-91-980304-5-7.
11. —. *Limträhandbok, del 1*. 5:e. Stockholm : Svenskt Trä, 2016. s. 15. ISBN 978-91-980304-5-7.
12. **Moelven**. Stockholms Centralstation. *Moelven*. [Online] Moelven, den 12 06 2021. [Citat: den 12 06 2021.] <https://www.moelven.com/se/inspiration-och-koncept/limtra-massivtra-lvl/stockholms-centralstation/>.
13. **Gross, Holger**. *Limträhandbok, del 1*. 5:e. Stockholm : Svenskt Trä, 2016. s. 10. ISBN 978-91-980304-5-7.
14. **Gustafsson, Anders**. *KL-trähandboken*. 1:a. Stockholm : Svenskt Trä, 2017. s. 11. ISBN 978-91-981922-5-4.
15. —. *KL-trähandboken*. 1:a. Stockholm : Svenskt Trä, 2017. s. 16. ISBN 978-91-981922-5-4.
16. —. *KL-trähandboken*. 1:a. Stockholm : Svenskt Trä, 2017. s. 40. ISBN 978-91-981922-5-4.
17. —. *KL-trähandboken*. 1:a. Stockholm : Svenskt Trä, 2017. ss. 16-17,19. ISBN 978-91-981922-5-4.



18. **Svenskt Trä.** Brandegenskaper. *TräGuiden*. [Online] Svenskt Trä, den 29 12 2016. [Citat: den 12 07 2021.] <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/traets-egenskaper-och-kvalitet/termiska-egenskaper1/brandegenskaper/>.
19. —. Densitet träprodukter. *TräGuiden*. [Online] Svenskt Trä, den 07 06 2021. [Citat: den 12 06 2021.] <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/traets-egenskaper-och-kvalitet/densitet1/densitet-traprodukter/>.
20. **Pettersson, Carl.** *Fire Safety in Timber Buildings - A review of existing knowledge*. Stockholm : Brandforsk, 2020. s. 49. Brandforsk 2020:10.
21. **Just, Alar, Piazza, Maurizio och Östman, Birgit.** *Limträhandboken*. 5. Stockholm : Svenskt Trä, 2016. s. 238. ISBN 978-91-980304-6-4.
22. **Svenskt Trä.** Inverkan på de mekaniska egenskaperna för trä. *TräGuiden*. [Online] Svenskt Trä, den 14 12 2017. [Citat: den 12 04 2021.] <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/traets-egenskaper-och-kvalitet/mechaniska-egenskaper1/inverkan-pa-de/>.
23. **Just, Alar, Piazza, Maurizio och Östman, Birgit.** *Limträhandboken*. 5. Stockholm : Svenskt Trä, 2016. ss. 237-238. ISBN 978-91-980304-6-4.
24. **Gustafsson, Anders.** *KL-trähandboken*. 1:a. Stockholm : Svenskt Trä, 2017. s. 133. ISBN 978-91-981922-5-4.
25. **Pettersson, Carl.** *Fire Safety in Timber Buildings - A review of existing knowledge*. Stockholm : Brandforsk, 2020. s. 19. Brandforsk 2020:10.
26. **Svenskt Trä.** Limtyper. *TräGuiden*. [Online] Svenskt Trä, den 15 08 2017. [Citat: den 12 06 2021.] <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/trabaserade-produkter/konstruktionselement1/limtyper/>.
27. —. Limträ i kretsloppet. *TräGuiden*. [Online] Svenskt Trä, den 17 01 2017. [Citat: den 12 06 2021.] <https://www.traguiden.se/konstruktion/limtrakonstruktioner/fakta-om-limtra/fakta-om-limtra/limtra-och-miljon/limtra-i-kretsloppet/>.
28. —. Limfogar. *TräGuiden*. [Online] Svenskt Trä, den 17 01 2017. [Citat: den 12 06 2021.] <https://www.traguiden.se/konstruktion/limtrakonstruktioner/fakta-om-limtra/fakta-om-limtra/egenskaper/limfogar/>.
29. —. 1.3.6 Lim. *TräGuiden*. [Online] Svenskt Trä, den 16 01 2017. [Citat: den 12 06 2021.] <https://www.traguiden.se/konstruktion/limtrakonstruktioner/projektering-av-limtrakonstruktioner/limtra-som-konstruktionsmaterial1/tillverkning-av-limtra/lim/>.
30. —. 1.5.2 Limfogar. *TräGuiden*. [Online] Svenskt Trä, den 16 01 2017. [Citat: den 12 06 2021.] <https://www.traguiden.se/konstruktion/limtrakonstruktioner/projektering-av-limtrakonstruktioner/limtra-som-konstruktionsmaterial1/utseendekvalitet-och-ytbehandling/limfogar/>.
31. —. *Att välja trä - En faktaskrift om trä*. 9:e. Stockholm : Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2013. s. 43. ISBN 978-91-633-8989-4.
32. **Pettersson, Carl.** *Fire Safety in Timber Buildings - A review of existing knowledge*. Stockholm : Brandforsk, 2020. s. 36. Brandforsk 2020:10.
33. **Gustafsson, Anders.** *KL-trähandboken*. 1:a. Stockholm : Svenskt Trä, 2017. s. 138. ISBN 978-91-981922-5-4.

34. **Svenskt Trä.** *Att välja trä - En faktskrift om trä.* 9:e. Stockholm : Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2013. s. 68. ISBN 978-91-633-8989-4.
35. **Pettersson, Carl.** *Fire Safety in Timber Buildings - A review of existing knowledge.* Stockholm : Brandforsk, 2020. s. 21. Brandforsk 2020:10.
36. **Martinsons.** Materialguide för Martinsons KL-trä. *Martinsons.* [Online] den 19 10 2020. [Citat: den 07 05 2021.] [https://martinsons.se/wp-content/uploads/2020/10/Mson\\_Materialguide\\_KL\\_Tra\\_201019.pdf](https://martinsons.se/wp-content/uploads/2020/10/Mson_Materialguide_KL_Tra_201019.pdf).
37. **Södra.** Korslimmat trä. *Södra.* [Online] Södra, den 06 05 2021. [Citat: den 06 05 2021.] <https://www.sodra.com/sv/se/byggsystem/komponenter/korslimmat-tra/>.
38. **Stora Enso.** CLT by Stora Enso - Technical brochure. *Stora Enso.* [Online] den 07 05 2021. [Citat: den 06 05 2021.] <https://www.storaenso.com/-/media/documents/download-center/documents/product-brochures/wood-products/clt-by-stora-enso-technical-brochure-en.pdf?mode=brochure#page=6>.
39. **Setra.** Sortiment. *Setra.* [Online] Setra, den 06 05 2021. [Citat: den 06 05 2021.] <https://www.setragroup.com/sv/det-har-ar-korslimmat-tra-kl-tra/sortiment/>.
40. **Pettersson, Carl.** *Fire Safety in Timber Buildings - A review of existing knowledge.* Stockholm : Brandforsk, 2020. s. 22. Brandforsk 2020:10.
41. **Gross, Holger.** *Limträhandbok, del 1.* 5:e. Stockholm : Svenskt Trä, 2016. s. 16. ISBN 978-91-980304-5-7.

# Bilagor

## Bilaga 1 – Informerat samtycke och användning av personuppgifter

Det här dokumentet är till dig som deltar i min studie.

Syftet med studien är att undersöka huruvida brandförloppet skiljer sig mellan konstruktionsvirke, limträ och korslimmat trä och ta reda på huruvida limmet påverkar brandförloppet eller inte i fallen med limträ eller korslimmat trä.

Observera att syftet med studien inte är att jämföra olika fabrikanter produkter ur brandsynpunkt med avseende på valt lim.

Forskningsfrågan är:

Hur skiljer sig det normala brandförloppet i konstruktionsvirke, limträ respektive korslimmat trä och kommer valet av lim ha betydande påverkan på branddimensioneringen (gäller enbart limträ och korslimmat trä)?

Studiens metod kommer vara intervjuer med tillverkare av ovan nämnda produkter (konstruktionsvirke, limträ och korslimmat trä), intervjuer med andra sakkunniga inom området och litteraturstudier av facklitteratur inom området samt tidigare studier.

Uppsatsen kommer presenteras antingen den 9:e, 10:e eller 11:e juni, med största sannolikhet på videolänk och annars på Mittuniversitetet i Östersund. Vid intresse att närvara under presentationen kommer information om hur deltagande sker skickas ut när datum och plats är bestämt på begäran.

Intervjun kommer att spelas in och materialet kommer att bli avpersonifierat innan det presenteras för andra vid sidan av mig själv och min handledare. All information kommer att behandlas konfidentiellt och med största diskretion. All information som spelas in kommer att lagras på min privata dator med lösenord. Allt inspelat material kommer att förstöras efter det att min uppsats blivit godkänd vid examinationen.

Kontaktuppgifter:

Skribent	Handledare	Examinator
Elis Berg	Fredrik Hermansson	Lars-Åke Mikaelsson
076-780 00 42	010-142 89 56	010-142 83 05
<a href="mailto:elbe1800@student.miun.se">elbe1800@student.miun.se</a>	<a href="mailto:fredrik.hermansson@miun.se">fredrik.hermansson@miun.se</a>	<a href="mailto:lars-ake.mikaelsson@miun.se">lars-ake.mikaelsson@miun.se</a>

Jag har fått tillräckligt med information om syfte och hur studien ska gå till samt hur materialet kommer att lagras.

Jag är medveten om att materialet kommer att diskuteras mellan Elis Berg (student) och handledare Fredrik Hermansson samt examinator Lars-Åke Mikaelsson.

Jag är medveten om att jag kan när som helst och utan förklaring kan dra tillbaka min medverkan i studien tills dess att den är publicerad i DIVA databas.

I samband med att jag skriver under här, ger jag mitt skriftliga samtycke att delta i studien.

Signatur: \_\_\_\_\_

Namnförtydligande: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

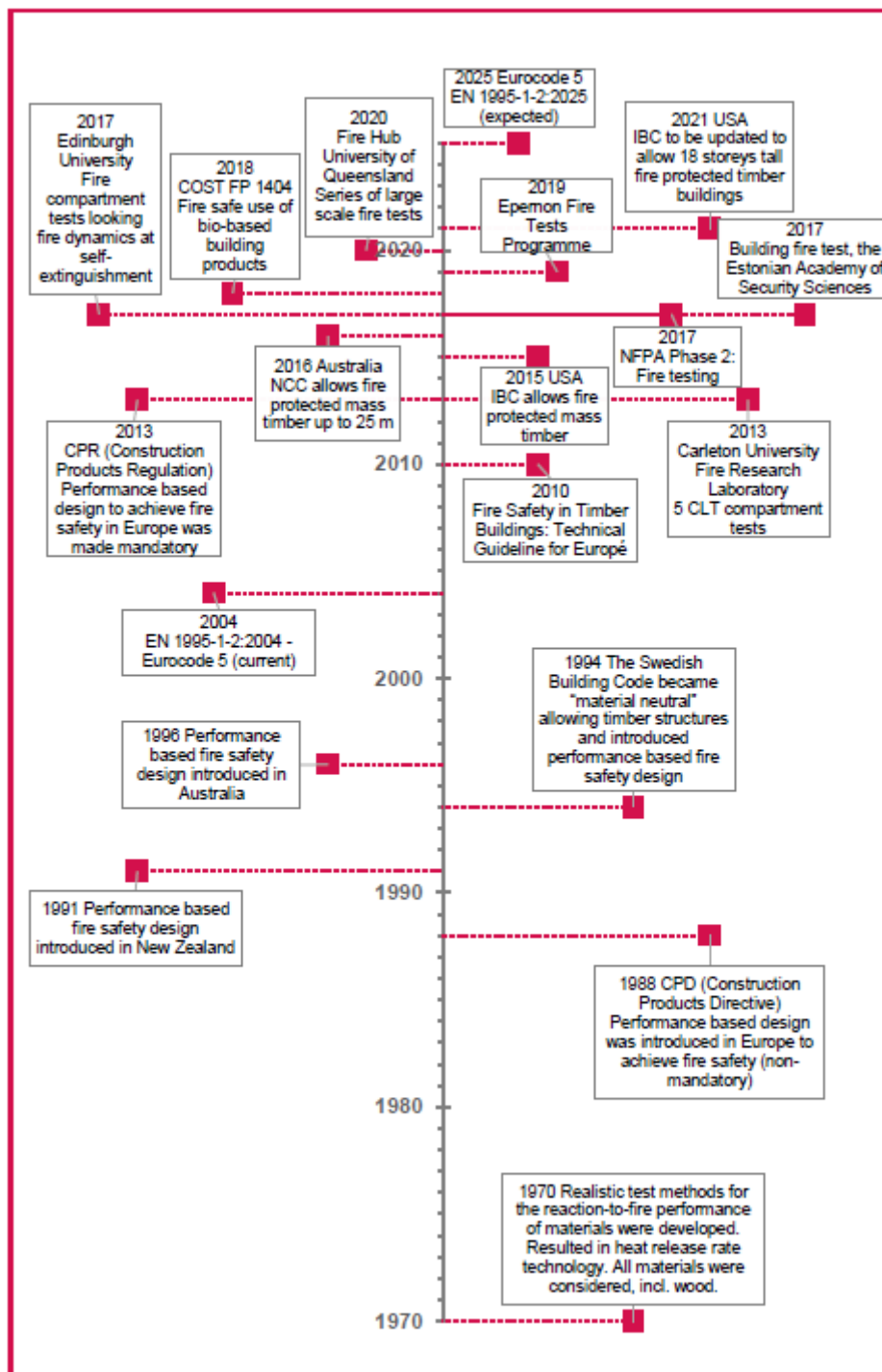
I samband med att jag skriver under här, godkänner jag att mina personuppgifter får användas i studien.

Signatur: \_\_\_\_\_

Namnförtydligande: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

## Bilaga 2 – Tidslinje från Brandforsk 2010:10 sidan 12



### Bilaga 3 – Frågeunderlag, tillverkare av konstruktionsvirke, limträ och korslimmat trä

**Vilka av följande material tillverkas av företaget (konstruktionsvirke, limträ och korslimmat trä)?**

**Hur resonerar Ni på Ert företag kring aspekten att armerad betong ofta lyfts fram som ett mer brandsäkert material än träbaserade produkter?**

**Hur skulle Du beskriva hur brandegenskaperna skiljer sig åt mellan de olika materialen?**

*Om något av materialen ansågs bättre än något annat, ur brandsynpunkt, vad är det enligt Dig som bidrar mest positivt?*

*Om något av materialen ansågs sämre än något annat, ur brandsynpunkt, vad är det enligt Dig som bidrar mest negativt?*

**Om Du har svarat att företaget tillverkar limträ eller korslimmat trä, vad för typ av lim använder Ni vid sammansättningen?**

*Hur många limalternativ anser Ni att det finns tillgängligt för Era produkter på marknaden?*

*Vilka aspekter har Ni tagit hänsyn till vid valet av lim?*

*I valet av lim, är limmets förmåga att stå emot värme en faktor Ni tar hänsyn till?*

**Vilka egenskaper har det lim som Ni använder ur ett brandperspektiv?**

**Finns det något lim på marknaden som Ni vet är bättre ur brandsynpunkt men som Ni väljer att inte använda?**

**Arbetar företaget aktivt för att få fram ett nytt och bättre alternativ till det lim som Ni använder just nu?**

*Om ja, vilken egenskap hos limmet önskar Ni förbättra vid framställningen av ett nytt lim?*

**Arbetar företaget aktivt för att undersöka nya metoder för att få en brandsäkrare produkt?**

#### Bilaga 4 – Frågeunderlag, tillverkare av lim till träprodukter

**Till vilken eller vilka av följande sammansatta trämaterial tillverkar företaget lim till (limträ och korslimmat trä (KL-trä))?**

**Om bägge, rekommenderar Ni samma lim för både limträ och KL-trä?**

**Varför rekommenderar Ni den här sortens lim?**

**Hur skulle Du beskriva limmets egenskaper gällande brandsäkerhet (delaminering, eventuell flampunkt etcetera)?**

**Vad händer med limmet om det upphettas till temperaturer uppnådda i ett normalt brandförlopp?**

**Om olika limsorter rekommenderas, vad är vardera limsorts fördelar och nackdelar gentemot varandra?**

**Arbetar företaget aktivt med att framställa ett lim med bättre egenskaper gällande vidhäftning, brandsäkerhet, miljö, arbetsmiljö etcetera?**

*Om ja, vilken egenskap prioriteras högst?*

## Bilaga 5 – Frågeunderlag, Räddningstjänsten

**Tycker Du att funktionskraven för brand är tillräckliga?**

**Tycker Du att det är rimligt att alla stomsystem har samma funktionskrav?**

**Vilken temperatur uppnås under ett normalt brandförlopp?**

*Hur stor är skillnaden i temperatur i en övertändning mot en brand som inte nått det stadiet än?*

**Får Räddningstjänsten reda på vilket stomsystem som är bärande i en konstruktion vid utryckning inför släckningsarbete?**

**Agerar Räddningstjänsten annorlunda om Ni får larm om att en konstruktion med bärande element i trä brinner, om Ni har den vetskapen? Används en annan släckningsstrategi vid träkonstruktioner?**

*Om ja, på vilket sätt agerar Ni annorlunda?*

*Om ja, agerar Räddningstjänsten olika beroende på om konstruktionens bärande element i huvudsak består av konstruktionsvirke, limträ eller korslimmat trä?*

**Hur ser ett typiskt brandförlopp ut i en träkonstruktion?**

**Skiljer sig brandförloppet beroende på om konstruktionens bärande delar är i konstruktionsvirke, limträ eller korslimmat trä?**

**Hur skulle Du beskriva hur brandegenskaperna skiljer sig åt mellan de olika materialen?**

**Spelar det någon roll för Er på Räddningstjänsten vad för slags lim som används i konstruktionen vid ett släckningsarbete (gäller limträ och korslimmat trä)?**

*Vissa sorters lim som används vid tillverkning av limträ och korslimmat trä delamineras vid upphettning, görs några extra säkerhetsåtgärder inför släckningsarbete i en konstruktion där Ni har vetskapen att de bärande elementen riskerar att delaminera under brandförloppet?*

*Om Ni inte har vetskapen huruvida det lim som används delamineras eller ej, medför det då ett förändrat släckningsarbete än om Ni hade haft vetskapen?*

**Hur brandskyddar man enligt Räddningstjänsten en träkonstruktion lättast, utöver funktionskrav? Vilken åtgärd gör att risken att byggnaden vid eventuell brand brinner ned är minst? Är det någon annat än brandlarm och sprinkler som kan göra stor skillnad?**

## Figurförteckning

Figur 1: Enkel träregelstomme med urtag för fönster (Svenskt Trä) .....	1
Figur 2: Fingerskarv i konstruktionsvirke (Svenskt Trä).....	7
Figur 3: Fingerskarvar i en limträbalk (Svenskt Trä) .....	7
Figur 4: Diagram som visar på den minskade variationen i limträ jämfört med konstruktionsvirke som en följd av lamellerings-effekten (Svenskt Trä).....	8
Figur 5: Stockholms Centralstation med de bågformade limträbalkarna synliga i taket (Holger.Ellgaard, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0, <a href="https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/archive/3/3b/20120930101508%21Stockholm_central_takkonstruktion_2012.jpg">https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/archive/3/3b/20120930101508%21Stockholm_central_takkonstruktion_2012.jpg</a> .....	8
Figur 6: En skiva med korslimmat trä (Svenskt Trä) .....	9
Figur 7: ISO 834, standardiserad temperatur-tid-kurva för ett normalt brandförlopp.	10
Figur 8: De tre skikten som bildas i trä vid brand samt fenomenen under förkolningsprocessen (Svenskt Trä) .....	11
Figur 9: Exempel på diskontinuiteter i konstruktionsvirke (Svenskt Trä).....	24
Figur 10: Lamellerings-effekten kommer göra att limträbalken till höger kan ta större laster än tvärsnittet i konstruktionsvirke till vänster (Svenskt Trä).....	25
Figur 11: Skiva i korslimmat trä med två olika förkolningshastighetsscenario (Svenskt Trä).....	27
Figur 12: Kvisten i den övre limträbalken har gjort att balken brast tidigare än den undre vid brand (Svenskt Trä) .....	28

## Tabellförteckning

Tabell 1: Karakteristiska hållfasthetsvärden och densitet enligt SS – EN 338:2016 .....	10
---	----