

## Projektering med hänsyn till brand



Maskinhall av treledsramar med fingerskarvade ramhörn, Söderköping.

Historiskt sett har bränder med trähus inträffat vilket har satt sina spår i bygglagstiftning, bland annat i form av olika restriktioner för användning av trä i byggnader. Erfarenheter har emellertid också visat att i synnerhet grova träkonstruktioner bibehåller en stor del av sin bärförmåga under ett begynnande skede av en brand. Denna erfarenhet avspeglas sedan länge i myndighetskraven i våra byggregler, där oskyddade limträelement och korslimmade tråelement, KL-trä, får användas även i brandsäkra byggnader, men märks också i försäkringsbolagens premiesättning, där man jämför stommar av limträ med stommar av betong.

Räddningstjänsten föredrar limträ framför många andra stommaterial. Erfarenheter från många bränder har visat att sammanstörtning av limträstommar är ytterst sällsynta eftersom bärförmågan förblir betryggande under relativt lång tid. Det finns exempel på att limträstommar restaurerats efter en brand och kunnat behållas i den restaurerade byggnaden. Sedan mitten av 1990-talet har en övergång skett till funktionskrav i brandföreskrifterna. Detta och ökade kunskaper om brandtekniskt korrekt dimensionering och utförande av träkonstruktioner har medfört nya möjligheter för sådana träkonstruktioner som uppfyller kraven på en betryggande brandsäkerhet. Därför används trästommar numera även i flervåningshus.

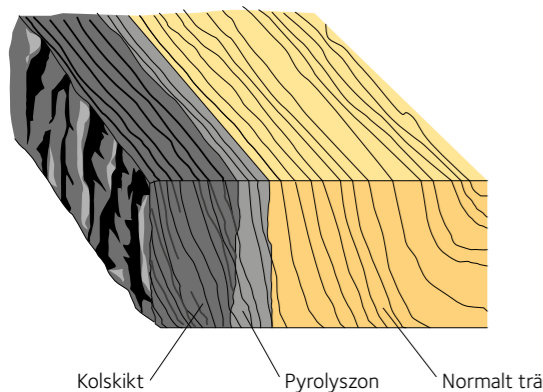
### Limträ och brand

Om en träkonstruktion blir utsatt för brandpåverkan kommer dess ytor att antändas. Förbränningen fortskrider sedan inåt med i stort sett konstant hastighet. Inträngningen sker dock långsamt på grund av att det kolskikt som bildas är värmeisolerande och motverkar värmeledet från brandrummet till pyrolyszonen. I pyrolyszonen råder temperaturer mellan cirka 250 och 350 °C och där bildas brännbara gaser som diffunderar genom kolskiktet tills de möter syre vid dess yta och börjar brinna. En tydlig gräns mellan kolskiktet och restvärsnittet bildas vid 300 °C. Vid breda sprickor och yttre hörn är inbränningen större.

Även metalliska förbindare som skruvar, bultar, dymlingar med mera kan bidra till ökat värmeledet in i limträvärsnittets inre och en ökad inbränning. Limfogarna har ingen negativ inverkan på limträets brandmotstånd, förutsatt att godkända limmer används, till exempel melaminlim. Däremot kan andra, både äldre och nyare limtyper förlora sin hållfasthet vid i brandsammanhang låga temperaturer och förorsaka delaminering, ökad inbränning och ytterligare reduktion av limträets bärförmåga.

Limträets gynnsamma egenskaper vid en brand beror främst på att det "skyddar sig självt", det vill säga genom kolskiktet. Vid konventionella limträförband med utanpåliggande beslag är brandskyddet ofta otillräckligt – här kan det behövas ett extra brandskydd genom att fästa beklädnadsskivor av exempelvis trä eller gips utanpå förbandsdelarna. Ett effektivt sätt att uppnå ett betryggande brandskydd är att använda dold infästning med till exempel inslitsade plåtar och dymlingar av stål. Hål vid dymlingar skyddas mot brandpåverkan genom att dölja dem med träplugg.

Temperaturen i de oförbrända delarna av en grov träkonstruktion förblir även under långvarig brandpåverkan i huvudsak opåverkad. Endast i en smal, cirka 10 mm djup zon omedelbart under kolskiktet, förekommer temperaturer över 100 °C, samtidigt som hållfastheten och styvheten där är väsentligt lägre än i det opåverkade träet.



Figur 92 Brandinträngning

Temperaturrelserna under en brand blir därför försumbara i en limträstomme till skillnad från en stål- eller betongstomme där längdutvidgningen vid en brand kan ge upphov till sekundära skador i till exempel upplag eller anslutande murverkskonstruktioner. En limträkonstruktion förmåddas inte heller lika kraftigt vid brand som en oskyddad stålkonstruktion. Detta är en bidragande orsak till att totalskadorna efter en brand som regel blir mindre i byggnader med limträstomme än i sådana med stålstomme.

### Brandtekniska krav i byggreglerna

De byggnadstekniska brandskyddskraven i Sverige är bland annat formulerade som krav på visst brandmotstånd hos en konstruktion eller byggnadsdel eller på en viss brandteknisk klass hos yttskikt. Det finns även en klassindelning för hela byggnader som styr vilka krav som gäller framförallt beroende på utrymningsmöjligheterna och hur stor risken är för allvarliga personsador om en brand skulle uppstå. Faktorer som byggnadens storlek, antalet våningar och vad den ska användas till, exempelvis bostäder, påverkar byggnadens brandtekniska klass.

Om risken för personsador är mycket stor kräver myndigheterna att byggnaden ska vara brandsäker, det vill säga utförd i byggnadsklass Br0 eller Br1. För andra byggnader kräver man brandhärdigt utförande, det vill säga klass Br2. För de flesta enplansbyggnader räcker dock klass Br3 med de lägsta kraven.

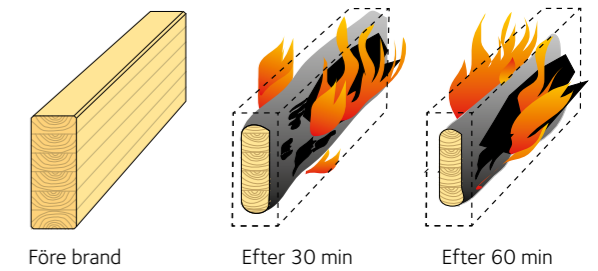
#### Konstruktionselement

Bärande konstruktioner ska, enligt de nationella föreskrifterna, utformas och dimensioneras så att säkerheten mot brott är betryggande även vid brandpåverkan. Man kan visa att kravet är uppfyllt genom att beräkna bärförmågan under realistiska förutsättningar beträffande till exempel temperaturförloppet (så kallat naturligt brandförlopp).

För träkonstruktioner är beräkningsmetoder för dessa ej tillräckligt utvecklade för att kunna användas i praktiken. Därför använder man en förenklad schablonmetod där temperatur-tidkurvan följer ett givet samband (standardbrand). Bärverket byggs då upp av brandtekniskt klassificerade delar dimensionerade för standardbrand av olika varaktighet enligt de nationella föreskrifterna.

Brandteknisk klass för bärande eller avskiljande byggnadsdelar oavsett material anges med beteckningar som R15, R30, R60 och så vidare, eller EI30, EI60 och så vidare där R betyder bärförmåga, E integritet (täthet med avseende på brandgaser och flammor) och I isolering med avseende på temperaturhöjning på den icke brandutsatta sidan. Siffrorna anger den tid i minuter som byggnadsdelen förmår motstå brandpåverkan från en standardbrand, utan att förlora sin bärande eller avskiljande funktion. En bärande avskiljande vägg kan till exempel behöva uppfylla kravet REI60, det vill säga behöva motstå en standardbrand under en timme enligt kriterierna med avseende på alla tre kraven.

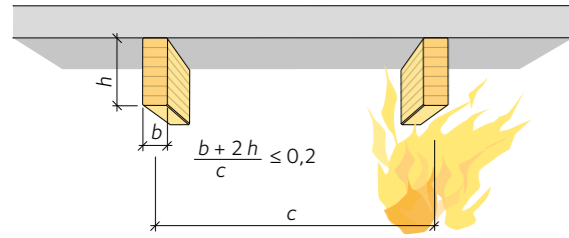
Balkar och pelare av limträ ingår vanligtvis i byggnadsdelar som ska vara både bärande och avskiljande. Ofta är limträelementen synliga och de kommer då också att utgöra en del av byggnadens tak- eller väggytor. Vad gäller den bärande och avskiljande funktionen får balkar och pelare i alla typer av byggnader, även flervåningshus, utföras av limträ, däremot kan krav på yttskikt i vissa utrymmen innebära begränsningar.



Figur 93 Limträ bibehåller en betydande bärförmåga även under en brand. Det skyddande kolskiktet som bildas på den förbrända ytan bidrar till detta. Bilden åskådliggör ett limträvärsnitt före brand (till vänster), efter 30 min brand (mitten) samt efter 60 min brand (till höger) vid fyrsidigt brandangrepp.



Limträ behåller till skillnad från oskyddat stål sin bärförmåga vid brand.



**Figur 94** Limträbalkars yta kan vara upp till 20 procent av golvarean utan krav på behandling för att uppnå högre ytskiktssklass än europeisk klass D.



Parkeringshus med stomme av limträ och korslimmat trä, KL-trä, Ekorren, Skellefteå.

**Ytskikt**

Ytskikt definieras som den yttre delen av en byggnadskonstruktion som kan bli exponerad i en brands tidiga skede och ytskiktssklassen betecknar förmågan att hindra eller fördröja övertändning och rökutveckling. Ytskiktet kan vara en obehandlad träyta, men om den är ytbehandlad ingår till exempel färg eller lack. För europeiska klasser för ytskikt, så kallade euroklasser, se tabell 19, sidan 65. Klasserna har beteckningar A1 – F med tillägg för rök- och droppklasser, som dock normalt inte är avgörande för materialvalet. De europeiska klasserna motsvarar i stort sett de tidigare svenska klasserna I, II eller III, se tabell 19, sidan 65. Klass B/I är den högsta klass som kan uppnås för brännbara produkter och klass D/III motsvarar egenskaperna hos obehandlad träpanel.

Limträ har generellt visats uppfylla kraven för klass D-s2,d0 enligt den harmoniserade produktstandarden för limträ SS-EN 14080, se tabell 19, sidan 65. I de nationella föreskrifterna ges inga detaljerade krav på ytskikt utom när det gäller utrymningsvägar. I råddtext sägs emellertid att takytor i brandsäkra byggnader (klass Br0 och Br1) bör ha ytskikt som motsvarar klass B/I och väggytor i klass C/II. Brandhårdiga byggnader (klass Br2) bör ha ytskikt klass C/II i tak och klass D/III på vägg. För takytor rekommenderas i båda fallen underlag av obrännbart material eller så kallad tändsdyddande beklädnad, till exempel gipsskiva eller annat obrännbart skivmaterial.

Krav på ytskikt av högre klass än klass D/III (obehandlat trä) kan tillgodoses genom att man väljer något typgodkänt färgsystem. Såväl genomsynliga som täckande alternativ finns. Däremot kan naturligtvis inte krav på underlag av obrännbart material eller tändsdyddande beklädnad uppfyllas för de delar av en tak- eller väggyta som består av synligt limträ.

I praktiken förekommer ofta flera material med sinsemellan olika brandegenskaper inom samma tak- eller väggyta. Det kan då vara svårt att avgöra om normens krav på ytskiktssklass är uppfyllt. En vanlig situation är att man vill ha limträstommen helt eller delvis synlig i ett utrymme där de nationella föreskrifterna kräver ytskikt klass B/I eller C/II på obrännbart underlag.

För närvarande är kunskapen otillräcklig om hur en delvis brännbar yta fungerar med avseende på flamspridning och övertändning. Det är dock uppenbart att små exponerade limträytor på stort avstånd från varandra inte nämnvärt påverkar den brandtekniska funktionen hos en i övrigt obrännbar yta. I anslutning till ovan nämnda råd beträffande ytskiktssklass anges i de svenska föreskrifterna, Boverkets byggregler, BBR följande:

”För mindre byggnadsdelar, där ytskiktet saknar betydelse för brandförloppet, kan ytskikt utföras i lägre klass, dock lägst klass D/III.” Detsamma gäller för små rum i de fall ytskiktet inte påverkar utrymnings säkerheten i byggnaden. Myndigheterna har vid sin bedömning vanligen utgått från att ytskiktssklassen hos en obrännbar bjälklagsplatta (till exempel bärande träullselement) upplagd på obehandlade limträbalkar inte påverkas om den exponerade bruttoarean (summan av för brand utsatta ytor) inte överstiger 20 procent av golvarean. Balkar som är ytbehandlade till klass B/I kan godtas generellt.

Installation av en automatisk sprinkleranläggning kan möjliggöra så kallade tekniska byten. Det innebär att ett passivt brandskyddssystem, exempelvis en brandklassad konstruktion, ersätts med ett aktivt system som sprinkler. Bland annat kan krav på ytskiktssklass reduceras vid installation av sprinklersystem.

**Tabell 19** Europeiska ytskiktssklasser enligt Eurokod 5

Dimensionering av träkonstruktioner – Del 1-2: Allmänt – Brandteknisk dimensionering

Brandklass	Rökklass	Droppklass	Äldre svensk klass	Exempel på produkter
A1	–	–	Obrännbart	Sten, betong
A2	s1 – s3	d0 – d2	Obrännbart	Gipsskivor, mineralull
B	s1 – s3	d0 – d2	Klass I	Brandskyddat trä
C	s1 – s3	d0 – d2	Klass II	Tapeter på gipsskivor
D	s1 – s3	d0 – d2	Klass III	Trä, träskivor
E	–	–	Oklassat	Vissa plaster
F	–	–	Oklassat	Ej provat

Det finns även avancerade modeller, till exempel genom så kallad Fire safety engineering, för dimensionering av enskilda byggnader där klassificering ger alltför onyanserade lösningar.

**Tabell 20** Europeisk ytskiktssklass för limträ enligt produktstandarden SS-EN 14080

Material	Minimidensitet (kg/m <sup>3</sup> )	Minimigtjocklek (mm)	Klass
Limträ	380	40	D – s2, d0

**Limträkonstruktioners brandmotstånd**

När det gäller brandbelastade träkonstruktioner är de nationella föreskrifterna ytterst återhållsamma med verifieringsmetoder. Beräkningsmodeller om inbränning och hållfasthetsnedsättning kan hämtas från den gemensamma standarden Eurokod 5, medan säkerhetsparametrar (partialkoefficienter, lastreduktionsfaktorer med mera) måste hämtas från det nationella anpassningsdokumentet EKS.

Dimensioneringen av en brandexponerad limträbalk sker i två steg. Först beräknas resttvärsnittet, det vill säga det tvärsnitt som är kvar när man räknat bort kolskiktet. Kolskiktets tjocklek ökar med cirka 0,7 mm/minut. Om man använder detta värde kan den ökade inbränningen vid hörn anses vara beaktad. Eftersom det sker en hållfasthetsreduktion på grund av delvis uppvärmning i resttvärsnittet, kan man enligt en förenklad metod reducera resttvärsnittets area genom en motsvarande ökning av inbränningsdjupet med maximalt 7 mm efter 20 minuters brandexponering. Det härmed erhållna effektiva resttvärsnittet anses då ha samma egenskaper som det kalla tvärsnittet. Med andra ord: dimensioneringen i brandfallet utförs med ett reducerat tvärsnitt som vid normal temperatur.

Dimensioneringsvärdet för hållfasthet för det effektiva resttvärsnittet är då den karakteristiska hållfastheten (vid normal temperatur) dividerat med partialkoefficienten för material vid brand ( $\gamma_m = 1,00$ ). Enligt Eurokod 5 får hållfastheten ökas med 15 procent. Omräkningsfaktorn för reduktion av den dimensionerande hållfastheten med avseende på lastvaraktighet och klimatklass vid dimensionering vid normal temperatur är ej relevant i brandfallet.

**Limträbalkar**

Exempel på limträbalkar med rektangulärt tvärsnitt som uppfyller de brandtekniska klasserna R30 och R60 ges i tabell 21, sidan 67. Det går att få ännu högre brandklass, men då måste erforderliga tvärsnittsmått beräknas särskilt enligt ovan.

Tabellen ger erforderliga mått om branden kan angripa från alla fyra sidorna. Skyddas limträbalkens ovansida, till exempel av anslutande takkonstruktion, krävs bara hälften av de angivna limträbalkhöjderna. Tabellvärdena gäller om ingen risk för vippning föreligger. Vid bortfall av stabiliserande element, till exempel takåsar, måste vippning beaktas vid dimensioneringen.



Ladugård med bärande konstruktion av limträ, Löhammar ladugård, nominerad till Träpriset 2008.



Universeum, Göteborg, vinnare av Träpriset 2004.

Om det erforderliga dimensioneringsvärdet för böjmomentet är givet, till exempel genom förutsättningarna beträffande last och konstruktionsutformning, ändras utnyttjandegraden,  $\mu$ , så fort man prövar ett nytt tvärsnitt. Rätlinjig interpolering mellan tabellvärdena är tillåten. Det är dock enklare att beräkna det effektiva resttvärsnittet direkt enligt ovan och att jämföra bärförmågan med den givna lastpåverkan, se *Limträhandbok Del 2*.

### Limträpelare

Brandmotståndet för limträpelare kan beräknas enligt samma principer som för limträbalkar. Eftersom limträpelarens slankhet ökar i takt med att branden reducerar tvärsnittet, kan emellertid inte resultatet sammanfattas i en enkel tabell, utan man måste göra en särskild beräkning för varje enskilt fall. Ofta uppnår man brandteknisk klass R30 utan att tvärsnittsmåtten behöver ökas med hänsyn till brandpåverkan medan klass R60 vanligen kräver viss överdimensionering.

### Brandskydd av förband och beslag – allmänna synpunkter

Medan själva limträelementen har goda egenskaper i samband med en brand, utgör ofta förband och anslutningsdetaljer av stål svaga punkter som kan behöva brandskyddas, om konstruktionen som helhet ska uppfylla kraven för en viss brandteknisk klass. Några regler för brandteknisk klassificering av infästningsdetaljer ges i *Limträhandbok Del 2*. Ytterligare dimensioneringsregler finns i Eurokod 5 som informationen nedan bygger på.

Enligt en förenklad tumregel i Eurokod 5 klarar ett oskyddat spik-, träskruv- eller skruvförband som fullt utnyttjas vid normal temperatur även en brandexponering under minst 15 minuter och ett oskyddat dymlingsförband under minst 20 minuter beroende på konfigurationen av förbandet. Genom lägre utnyttjande kan brandmotståndet till exempel hos dymlingsförband ökas till upp emot 40 minuter. För att uppnå vanliga brandmotståndskrav för brandteknisk klass R30 eller R60 krävs antingen större limträdimension, extra brandskyddsisolering eller reducerad utnyttjandegrad, det vill säga genom överdimensionering. Åtgärderna kan kombineras.

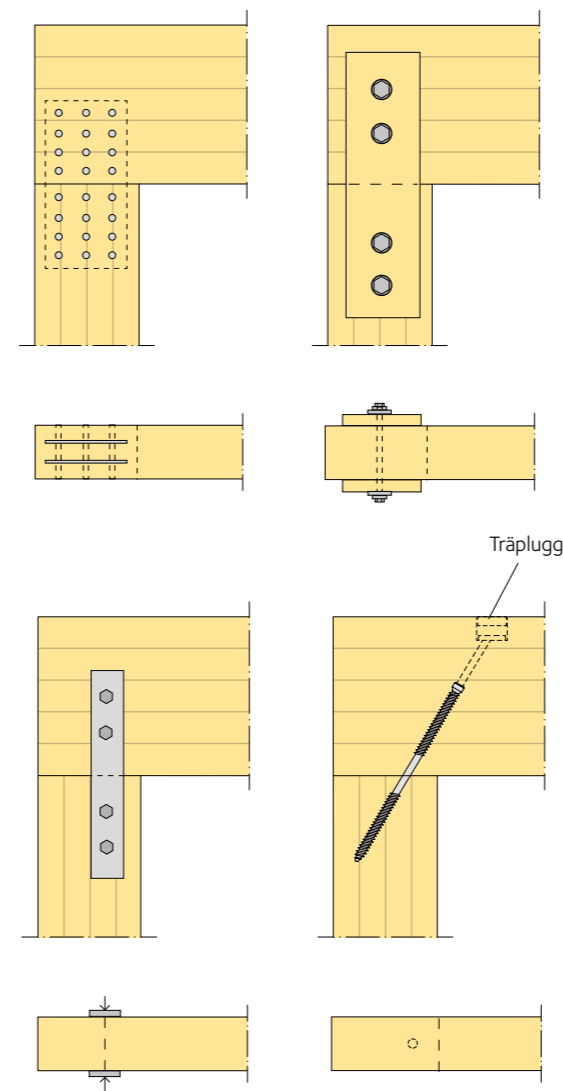
Brandskyddsisoleringens funktion är att fördröja det kritiska temperaturtillståndet efter 15 respektive 20 minuter för ett oskyddat förband så att det tidigast uppträder efter 30 eller 60 minuter.

Utanpåliggande ståldetaljer kan skyddas med brandskyddsfärg enligt respektive tillverkarens anvisningar. Ett effektivt skydd av förband uppnås när det kläs in med trä eller limträ, plywoodskivor, fanerträ, gipsskivor eller stennull. En brandskyddsisolering av trä eller plywoodskivor bör helst vara så tjock att den inte brinner bort under den tid som klassificeringen avser. Anledningen är att vinsten med brandskyddsisoleringen avtar mycket snabbt efter att skyddet har fallit bort. Detsamma gäller för vanliga gipsskivor som kan falla ned när träet har börjat förkolna bakom gipsskivan, medan en brandgipsskiva sitter kvar betydligt längre. Inklädnad med utanpåliggande brandskydd är effektivare än motsvarande överdimensionering av trädelarna eftersom den motverkar även ökad värmeledning in i tvärsnittet genom förbindarna. Skivor av limträ, fanerträ eller plywood skruvlimmas mot limträytan. I stället för limning är målning med brandskyddsfärg på ena kontaktytan ett effektivt sätt att täppa till eventuella springor. Hos dymlingsförband fås ett mycket effektivt

brandskydd genom ökade limträdimensioner plus träpluggar respektive träkilar som skyddar dymlingarna respektive plåtarna från brandexponeringen. Hos skruvförband är det viktigt att skruvskallen försänks och täcks av brandskyddsisoleringen.

Tabell 22 ger exempel på erforderliga isolertjocklekar för klasserna R30 och R60 hos olika brandskyddsisoleringar för dymlingsförband med inslitsad stålplåt och för spikplåt respektive spikningsplåt eller andra utanpåliggande beslag. I vissa fall krävs lägre lastutnyttjande hos förbandet vid normal temperatur.

Det billigaste alternativet är vanligtvis stennull men utseendemässigt är inklädnad med limträ, plywood, fanerträ, eller målning med brandskyddsfärg att föredra.



Figur 95 Exempel på olika typer av pelare-balkanslutningar för limträ som uppfyller visst brandmotstånd.

Tabell 21 Minsta balkhöjd med hänsyn till brandteknisk klass för limträbalkar med rektangulärt tvärsnitt. Fyrsidigt brandangrepp<sup>1)</sup>

Brandklass	$\mu$	Limträ balkbredd (mm)					
		90	115	140	165	190	215
R30	0,50	180	180	180	180	180	180
	0,75	225	180	180	180	180	180
	0,90	360	225	180	180	180	180
	1,00	585	270	225	180	180	180
R60	0,50	–	810	360	270	225	225
	0,75	–	–	765	450	360	315
	0,90	–	–	–	630	450	405
	1,00	–	–	–	900	585	450

<sup>1)</sup> Om översidan är skyddad mot brand i minst R30 respektive R60 gäller halva tabellvärdet. Utnyttjandegraden  $\mu$  = förhållandet mellan lasteffekt vid farligaste lastkombination och bärförmåga vid dimensionering i brottgränstillståndet utan hänsyn till brand.

Tabell 22 Exempel på brandskyddsisolering av olika förband. Isolertjocklek<sup>1)</sup> i mm

Material	Dymlingsförband		Spikplåt, spikningsplåt, beslag	
	R30	R60	R30	R60
Skivor av stennull	25	45	45	–
Trä, limträ, fanerträ	19	33	27	39
Plywood	20 <sup>2)</sup>	50 <sup>2)</sup>	30 <sup>2)</sup>	60 <sup>2)</sup>
	2x12 <sup>3)</sup>	3x12 <sup>3)</sup>	–	–
Gipsskiva, normal	13	3x13 <sup>3)</sup>	2x13 <sup>3)</sup>	3x13 <sup>3)</sup>
Brandskydds-gipsskiva	15	2x15 <sup>3)</sup>	15	2x15 <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Standardtjocklekar kan vara större.

<sup>2)</sup> Totaltjocklek. Vid flera skivlag ska varje skivlag spikas eller skruvas.

<sup>3)</sup> Spikning eller skruvning av varje skivlag.