

Dimensionering av träkonstruktioner

Regler och formler
enligt Eurokod 5

Del 2

UTGÅVA 2:2016



Generella begrepp
Materialegenskaper
Böjning
Axiell belastning
Tvärsnitt utsatt för skjuvning
Tvärsnitt utsatt för kombinerade spänningar
Element med varierande tvärsnitt eller krökt form
Bruksgränstillstånd
Förband med förbindare av stål
Skivverkan i träregelväggar
Stagning

SVENSKT TRÄ™

Dimensionering av träkonstruktioner

Regler och formler
enligt Eurokod 5

Del 2

UTGÅVA 2:2016



Redaktör

Eric Borgström

Faktagranskare

Eric Borgström och Rune Karlsson

Formgivning och produktion

ProService Kommunikation AB

Illustrationer

Cornelia Thelander

Vendela Martinac

ISBN 978-91-981922-7-8

Utgivare

Skogsindustrierna

Svenskt Trä

Box 55525

102 04 STOCKHOLM

Tel: 08-762 72 60

Fax: 08-762 79 90

E-post: info@svenskttra.se

www.svenskttra.se

Förord

Det här är den andra omarbetade utgåvan sedan den första *Dimensionering av träkonstruktioner Del 2, Regler och formler enligt Eurokod 5* gavs ut 2015. Regler och standarder förändras i takt med samhällsutvecklingen, varför en publikation av det här slaget regelbundet måste ses över.

Bokserien *Dimensionering av träkonstruktioner Del 1–3* har tagits fram främst för att underlätta för konstruktörer att beräkna träkonstruktioner och är anpassad till Eurokoder samt till svenska byggregler enligt EKS 10 (BFS 2015:6). Den används även vid den högre utbildningen på universitet och högskolor.

I bokserien *Dimensionering av träkonstruktioner Del 1–3* ingår också *Del 1, Projektering av träkonstruktioner* samt *Del 3, Dimensioneringsexempel*. Samtliga tre böcker finns på svenska och engelska. I och med att böckerna finns på båda språken är vår målsättning att de ska fylla en funktion hos många användare med olika kunskapsnivåer.

Sammanställningen och redigeringen av *Del 2* har gjorts av Tord Isaksson och Sven Thelandersson vid Lunds Tekniska Högskola i samarbete med författarna till böckerna som nämns ovan; Roberto Crocetti, Marie Johansson, Helena Lidelöw, Robert Kliger, Annika Mårtensson, Bert Norlin och Anna Pousette.

För ytterligare kunskap, information och praktiska anvisningar om trä, limträ och träbyggande finns TräGuiden, www.traguiden.se, som uppdateras kontinuerligt med ny kunskap och praktiska erfarenheter. TräGuiden är mycket omfattande med tabeller, ritningar och illustrationer.

Välkommen in på www.traguiden.se!

Övrig information om trä, limträ och träbyggande finns på www.svenskttra.se.

Stockholm, oktober 2016

Eric Borgström
Svenskt Trä



Dimensionering av träkonstruktioner

Dimensionering av träkonstruktioner Del 1–3 är anpassade till Eurokod 5 och till de svenska tillämpningsreglerna EKS 10 (BFS 2015:6).

- Del 1: Projektering av träkonstruktioner
- Del 2: Regler och formler enligt Eurokod 5
- Del 3: Dimensioneringsexempel



Design of timber structures

Volume 1: Structural aspects of timber construction

Volume 2: Rules and formulas according to Eurocode 5

Volume 3: Examples

Innehållsförteckning

1 Inledning	8
2 Generella begrepp	8
2.1 Lastvaraktighetsklasser	8
2.2 Klimatklasser	8
2.3 Lastkombinationsfaktorer ψ	9
3 Materialegenskaper	10
3.1 Dimensioneringsvärde för hållfasthet i brottgränstillstånd	10
3.2 Hållfasthetsmodifieringsfaktor k_{mod}	11
3.3 Storlekseffekter	12
3.4 Materialegenskaper för standardiserade träprodukter	13
3.4.1 Konstruktionsvirke	13
3.4.2 Limträ	15
3.4.3 Fanerträ (LVL)	17
3.4.4 Träfiberskivor	18
3.4.5 Spånskivor	20
3.4.6 OSB-skivor (Oriented Strand Boards, strimlespånskivor)	21
3.4.7 Plywood	22
3.5 Slutlig elasticitetsmodul	23
4 Böjning	24
5 Axiell belastning	25
5.1 Dragning	25
5.2 Tryck	26
6 Tvärsnitt utsatt för skjuvning	28
7 Tvärsnitt utsatt för kombinerade spänningar	29
7.1 Tryckspänningar i en vinkel mot fibrerna	29
7.2 Kombinerad böjning och axiell dragning	29
7.3 Kombinerad böjning och axiellt tryck	30

8 Element med varierande tvärsnitt eller krökt form	31
8.1 Snedsågade balkar	31
8.2 Sadelbalkar, krökta balkar och bumerangbalkar	32
8.3 Balkar med urtag	34
9 Bruksgränstillstånd	36
9.1 Allmänt	36
9.2 Förskjutning i knutpunkter	37
9.3 Nedböjningar	38
9.4 Vibrationer	39
10 Förband med förbindare av stål	40
10.1 Allmänt	40
10.2 Tvärkraftsbärförmåga för förband trä mot trä och trä mot skiva	40
10.3 Tvärkraftsbärförmåga för förband stål mot trä	42
10.4 Spikförband	44
10.4.1 Tvärkraftsbelastade spikar	44
10.4.2 Krav på spikavstånd och inträngningsdjup	45
10.4.3 Axiellt belastade spikar	48
10.4.4 Kombinerad tvärkraftsbelastning och axiell belastning	49
10.5 Skruv- och dymlingsförband	49
10.6 Förband med träskruv	51
10.6.1 Tvärkraftsbelastade träskruvar	51
10.6.2 Axiellt belastade träskruvar	51
11 Skivverkan i träregelväggar	53
11.1 Förenklad analysmetod A	53
11.2 Förenklad analysmetod B	54
12 Stagning	55
12.1 Enskilda element i tryck	55
12.2 Stagning av balk- eller fackverkssystem	56
Symboler	57
Friskrivningar	61

1 Inledning

Målsättningen med denna publikation är att tillhandahålla formler, information och dimensioneringsregler relaterade till europeisk standard EN 1995-1-1 i ett behändigt och lättillgängligt format. Reglerna som tillhandahålls baseras på de svenska tillämpningsreglerna för EN 1995-1-1, beskrivna i publikationen EKS 10 (BFS 2015:6). Hänvisningar till europeiska standarder antagna och tillämpade i Sverige görs i det följande till prefix SS (Svensk Standard), vilket anger att standarden är tillämpad enligt specifikationerna i EKS 10. Uppmärksamma att SIS och Boverket kontinuerligt ger ut rättelser, tillägg och ändringar till standarderna och de svenska tillämpningsreglerna.

Denna publikation är primärt avsedd för undervisningsbruk och i praktisk konstruktionsdimensionering bör inte hänvisningar göras till denna bok som till ett officiellt dokument. För det syftet bör originaldokumenten SS-EN 1995-1-1, EKS 10 och EN-standarder användas.

2 Generella begrepp

2.1 Lastvaraktighetsklasser

Tabell 2.1 Lastvaraktighetsklasser.

Lastvaraktighetsklass	Ackumulerad varaktighet	Exempel på belastning
Permanent (P)	> 10 år	Egentyngd
Långtid (L)	6 månader – 10 år	Lagrat gods
Medellång (M)	1 vecka – 6 månader	Nyttig last på bjälklag Snölast
Korttid (S)	< 1 vecka	Vindlast
Momentan (I)		Vindstötar Olyckslast Enstaka koncentrerad last på yttertak

Källa: Tabell enligt SS-EN 1995-1-1:2004, 2.3.1.2.

2.2 Klimatklasser (SS-EN 1995-1-1, 2.3.1.3)

Klimatklass 1

Medelfuktkvoten för virke av barrträ överstiger inte 12 %, vilket motsvarar en miljö med temperaturen 20 °C och en relativ luftfuktighet som överstiger 65 % endast några veckor per år.

Exempel: Ytterväggar som omger permanent uppvärmda utrymmen och är skyddade av tät och ventilerad beklädnad. Träelement i uppvärmda inomhusmiljöer.

Klimatklass 2

Medelfuktkvoten för virke av barrträ överstiger inte 20 %, vilket motsvarar en miljö med temperaturen 20 °C och en relativ luftfuktighet som överstiger 85 % endast några veckor per år.

Exempel: Träelement som är ventilerade och skyddade mot nederbörd, såsom takstolar, vindar och kryprumsbjälklag. Stommar i ventilerade byggnader som inte är permanent uppvärmda eller utrymmen med aktiviteter eller förvaring som inte alstrar någon fukt, såsom sommarhus, ouppvärmade vindar, garage och förråd, lantbruksbyggnader och kryprum ventilerade med utomhusluft.

Klimatklass 3

Medelfuktkvoten för virke av barrträ överstiger 20 %, vilket ger en högre fuktkvot än den specificerad för klimatklass 2.

Exempel: Stommar som inte skyddas mot nederbörd eller är i markkontakt, samt byggnadsställningar.

2.3 Lastkombinationsfaktorer ψ

Tabell 2.2 Lastkombinationsfaktorer.

Last	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Nyttig last i byggnader, kategori ¹⁾			
A: Rum och utrymmen i bostäder	0,7	0,5	0,3
B: Kontorslokaler	0,7	0,5	0,3
C: Samlingslokaler	0,7	0,7	0,6
D: Affärslokaler	0,7	0,7	0,6
E: Lagerutrymmen	1,0	0,9	0,8
F: Utrymmen med fordonstrafik, fordonstyngd ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
G: Utrymmen med fordonstrafik, $30 \text{ kN} < \text{fordonstyngd} \leq 160 \text{ kN}$	0,7	0,5	0,3
H: Yttertak	0	0	0
Snölast			
$s_k \geq 3 \text{ kN/m}^2$	0,8	0,6	0,2
$2,0 \leq s_k < 3,0 \text{ kN/m}^2$	0,7	0,4	0,2
$1,0 \leq s_k < 2,0 \text{ kN/m}^2$	0,6	0,3	0,1
Vindlast	0,3	0,2	0
Temperaturlast (ej brand) i byggnader	0,6	0,5	0

¹⁾ Kategori enligt SS-EN 1991-1-1.

Källa: Tabell enligt EKS 10, tabell B-1 (BFS 2015:6).

3 Materialegenskaper

3.1 Dimensioneringsvärde för hållfasthet i brottgränstillstånd

$$f_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot f_k}{\gamma_M}$$

där:

f_d	dimensioneringsvärde för hållfasthetsparameter
f_k	karaktäristiskt värde för hållfasthetsparameter
k_{mod}	modifieringsfaktor som tar hänsyn till effekten av lastvaraktighet och klimatklass för hållfasthetsparametrar
γ_M	partialkoefficient för material, se Tabell 3.1.

Tabell 3.1 Partialkoefficient γ_M för material i brottgränstillstånd.

Material	γ_M
Konstruktionsvirke	1,3
Limträ	1,25
LVL, plywood, OSB	1,2
Spånskiva	1,3
Träfiberskiva (hård, medelhård, MDF)	1,3
Träförband ¹⁾	1,3
Spikplåtsförband ²⁾	1,25

¹⁾ Avser alla typer av förband i en träkonstruktion, där inget annat anges.

²⁾ Avser förband med pressade spikplåtar som utförs under kontrollerade former.

Källa: Tabell enligt SS-EN 1995-1-1:2004, 2.4.1.

3.2 Hållfasthetsmodifieringsfaktor k_{mod}

Tabell 3.2 Hållfasthetsmodifieringsfaktorer k_{mod} för klimatklasser och lastvaraktighetsklasser.

Material	Tillhörande materialstandard	Klimatklass	Lastvaraktighetsklass				
			P	L	M	S	I
Konstruktionsvirke	SS-EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Limträ	SS-EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Fanerträ (LVL)	SS-EN 14374 SS-EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Plywood	SS-EN 636						
	Typ 1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Typ 2	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Typ 3	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
OSB (Oriented Strand Board, strimlespånskiva)	SS-EN 300						
	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	OSB/3, OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	OSB/3, OSB/4	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Spånskiva	SS-EN 312						
	Typ P4, P5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	Typ P5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
	Typ P6, P7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	Typ P7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Träfiberskiva, hård	SS-EN 622-2						
	HB.LA, HB.HLA 1, 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	HB.HLA 1, 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Träfiberskiva, medelhård	SS-EN 622-3						
	MBH.LA 1, 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MBH.HLS 1, 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MBH.HLS 1, 2	2	¹⁾	¹⁾	¹⁾	0,45	0,80
Träfiberskiva, MDF	SS-EN 622-5						
	MDF.LA, MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MDF.HLS	2	¹⁾	¹⁾	¹⁾	0,45	0,80

¹⁾ I klimatklass 2, varaktighetsklasserna P, L och M, tillåts inte fiberskivor i klasserna MBH.HLS1, MBH.HLS2 och MDF.HLS.

Källa: Tabell enligt SS-EN 1995-1-1:2004, 3.1.3.

I ett förband mellan trämaterial med olika värden på k_{mod} , kan hållfasthetsmodifieringsfaktorn bestämmas som:

$$k_{\text{mod}} = \sqrt{k_{\text{mod},1} k_{\text{mod},2}}$$

där $k_{\text{mod},i}$ är hållfasthetsmodifieringsfaktorn för materialen 1 och 2.

3.3 Storlekseffekter

För en del material och brottmoder kan storlekseffekter, även kallat volymeffekter, beaktas, se SS-EN 1995-1-1, 3.2–3.4.

Konstruktionsvirke i böjning och dragning: För dimensioner med höjden h mindre än 150 mm kan de karakteristiska värdena $f_{m,k}$ och $f_{t,0,k}$ ökas med faktorn k_h , där:

$$k_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2} \\ 1,3 \end{array} \right.$$

där:

h tvärsnittshöjden uttryckt i mm.

Limträ i böjning och dragning: För rektangulära tvärsnitt med tvärsnittshöjder mindre än 600 mm, kan värdena $f_{m,k}$ och $f_{t,0,k}$ ökas med faktorn k_h , där:

$$k_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{600}{h} \right)^{0,1} \\ 1,1 \end{array} \right.$$

där:

h tvärsnittshöjden uttryckt i mm.

Fanerträ (LVL) i böjning: För andra tvärsnittshöjder än 300 mm, bör värdet för $f_{m,k}$ korrigeras med en faktor k_h , där:

$$k_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{300}{h} \right)^s \\ 1,2 \end{array} \right.$$

där:

h tvärsnittshöjden uttryckt i mm.

s parameter för storlekseffekt, se Avsnitt 3.4.3.

Fanerträ (LVL) i dragning: Referenslängden vid dragning är 3 000 mm. För andra längder bör draghållfastheten $f_{t,0,k}$ multipliceras med faktorn k_ℓ , där:

$$k_\ell = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{3000}{\ell} \right)^{s/2} \\ 1,1 \end{array} \right.$$

där:

ℓ längden uttryckt i mm.

De värden för parametern s , som ges i SS-EN 14374, för storlekseffekten gällande fanerträ skall användas, se även Avsnitt 3.4.3.

3.4 Materialegenskaper för standardiserade träprodukter

3.4.1 Konstruktionsvirke

Tabell 3.3 Karakteristiska hållfasthets- och styvhetsgenskaper uttryckta i MPa och densitet kg/m³ för konstruktionsvirke i hållfasthetsklass C14 – C40. ¹⁾

Egenskaper	C14	C16	C18	C20	C22
Hållfasthetsvärden					
Böjning parallellt med fibrerna $f_{m,k}$	14	16	18	20	22
Dragning parallellt med fibrerna $f_{t,0,k}$	7,2	8,5	10	11,5	13
Dragning vinkelrätt mot fibrerna $f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Tryck parallellt med fibrerna $f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20
Tryck vinkelrätt mot fibrerna $f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4
Längsskjuvning $f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8
Styvhetsvärden för analys av bärförmåga					
Elasticitetsmodul $E_{0,05}$	4 700	5 400	6 000	6 400	6 700
Styvhetsvärden för deformationsberäkningar, medelvärden					
Elasticitetsmodul parallellt med fibrerna $E_{0,mean}$	7 000	8 000	9 000	9 500	10 000
Elasticitetsmodul vinkelrätt mot fibrerna $E_{90,mean}$	230	270	300	320	330
Skjuvmodul G_{mean}	440	500	560	590	630
Densitet					
Densitet ρ_k ²⁾	290	310	320	330	340
Densitet ρ_{mean} ³⁾	350	370	380	400	410
Egenskaper	C24	C27	C30	C35	C40
Hållfasthetsvärden					
Böjning parallellt med fibrerna $f_{m,k}$	24	27	30	35	40
Dragning parallellt med fibrerna $f_{t,0,k}$	14,5	16,5	19	22,5	26
Dragning vinkelrätt mot fibrerna $f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Tryck parallellt med fibrerna $f_{c,0,k}$	21	22	24	25	27
Tryck vinkelrätt mot fibrerna $f_{c,90,k}$	2,5	2,5	2,7	2,7	2,8
Längsskjuvning $f_{v,k}$	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Styvhetsvärden för analys av bärförmåga					
Elasticitetsmodul $E_{0,05}$	7 400	7 700	8 000	8 700	9 400
Styvhetsvärden för deformationsberäkningar, medelvärden					
Elasticitetsmodul parallellt med fibrerna $E_{0,mean}$	11 000	11 500	12 000	13 000	14 000
Elasticitetsmodul vinkelrätt mot fibrerna $E_{90,mean}$	370	380	400	430	470
Skjuvmodul G_{mean}	690	720	750	810	880
Densitet					
Densitet ρ_k ²⁾	350	360	380	390	400
Densitet ρ_{mean} ³⁾	420	430	460	470	480

¹⁾ För tillämpningar i Sverige är de dominerande hållfasthetsklasserna för konstruktionsvirke C14 och C24.

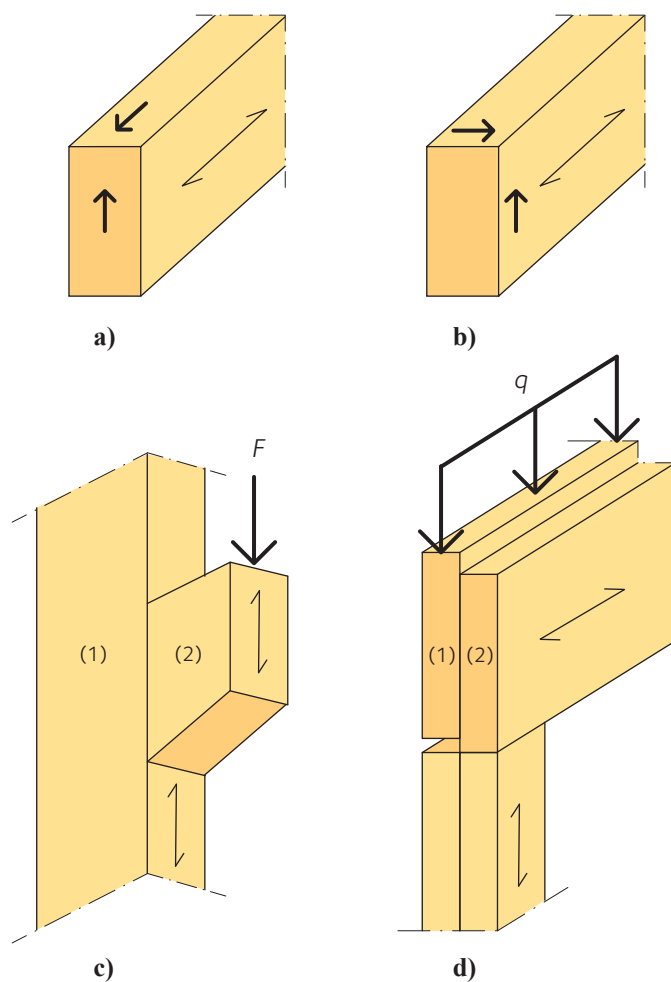
Även hållfasthetsklass C18, C30 och C35 förekommer i Sverige.

²⁾ ρ_k motsvarar 0,05-percentilen.

³⁾ ρ_{mean} motsvarar 0,50-percentilen.

Källa: Tabell enligt SS-EN 338:2016.

Hållfastheten vid rullskjuvning hos konstruktionsvirke är ungefär två gånger draghållfastheten vinkelrätt mot fibrerna enligt SS-EN 1995-1-1, 6.1.7, det vill säga 0,8 MPa. Se Figur 3.1.



Figur 3.1: a) Element med en skjuvspänningskomponent vinkelrätt mot fibrerna (längsskjuvning).
b) Element med båda skjuvspänningskomponenterna vinkelrätt mot fibrerna (rullskjuvning).
Två praktiska exempel. c) Pålimmat träknäp på pelare, längsskjuvning mellan kontaktyta (1) och (2).
d) Två ihoplimmade balkar, rullskjuvning mellan kontaktyta (1) och (2).

3.4.2 Limträ

Tabell 3.4 Karakteristiska hållfasthets- och styvhetssegenskaper uttryckta i MPa och densitet i kg/m³ för kombinerat (c), homogent (h) och klyvsågat (s) limträ. ^{1) 2) 3)}

Egenskaper	GL22c	GL24c	GL26c	GL28c	GL28cs	GL30c	GL32c
Hållfasthetsvärden							
Böjning parallellt med fibrerna $f_{m,k}$ ⁴⁾	22	24	26	28	28	30	32
Dragning parallellt med fibrerna $f_{t,0,k}$	16	17	19	19,5	19,5	19,5	19,5
Dragning vinkelrätt mot fibrerna $f_{t,90,k}$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Tryck parallellt med fibrerna $f_{c,0,k}$	20	21,5	23,5	24	24	24,5	24,5
Tryck vinkelrätt mot fibrerna $f_{c,90,k}$	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Längsskjuvning $f_{v,k}$ (skjuvning och vridning)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Rullskjuvning $f_{r,k}$	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Styvhetsvärden för analys av bärförmåga							
Elasticitetsmodul $E_{0,05}$	8 600	9 100	10 000	10 400	10 400	10 800	11 200
Elasticitetsmodul $E_{90,05}$	250	250	250	250	250	250	250
Skjuvmodul G_{05}	540	540	540	540	540	540	540
Styvhetsvärden för deformationsberäkningar, medelvärden							
Elasticitetsmodul $E_{0,mean}$	10 400	11 000	12 000	12 500	12 500	13 000	13 500
Elasticitetsmodul $E_{90,mean}$	300	300	300	300	300	300	300
Skjuvmodul G_{mean}	650	650	650	650	650	650	650
Densitet							
Densitet ρ_k	355	365	385	390	390	390	400
Densitet ρ_{mean}	390	400	420	420	430	430	440
Egenskaper	GL22h	GL24h	GL26h	GL28h	GL28hs	GL30h	GL32h
Hållfasthetsvärden							
Böjning parallellt med fibrerna $f_{m,k}$ ⁴⁾	22	24	26	28	28	30	32
Dragning parallellt med fibrerna $f_{t,0,k}$	17,6	19,2	20,8	22,4	22,4	24	25,6
Dragning vinkelrätt mot fibrerna $f_{t,90,k}$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Tryck parallellt med fibrerna $f_{c,0,k}$	22	24	26	28	28	30	32
Tryck vinkelrätt mot fibrerna $f_{c,90,k}$	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Längsskjuvning $f_{v,k}$ (skjuvning och vridning)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Rullskjuvning $f_{r,k}$	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Styvhetsvärden för analys av bärförmåga							
Elasticitetsmodul $E_{0,05}$	8 800	9 600	10 100	10 500	10 500	11 300	11 800
Elasticitetsmodul $E_{90,05}$	250	250	250	250	250	250	250
Skjuvmodul G_{05}	540	540	540	540	540	540	540
Styvhetsvärden för deformationsberäkningar, medelvärden							
Elasticitetsmodul $E_{0,mean}$	10 500	11 500	12 100	12 600	13 100	13 600	14 200
Elasticitetsmodul $E_{90,mean}$	300	300	300	300	300	300	300
Skjuvmodul G_{mean}	650	650	650	650	650	650	650
Densitet							
Densitet ρ_k	370	385	405	425	430	430	440
Densitet ρ_{mean}	410	420	445	460	480	480	490

¹⁾ Här har index g (för glulam) i egenskapsbeteckningarna utelämnats.

²⁾ För tillämpningar i Sverige är den dominerande hållfasthetsklassen för limträ GL30c. Även hållfasthetsklass GL28cs, GL28hs och GL30h förekommer i Sverige, se tabell 3.5. Tillgängligheten på övriga hållfasthetsklasser och dimensioner bör kontrolleras med de svenska limträstillverkarna före projektering sker. Se även *Limträhandbok Del 1* för mer information om limträ.

³⁾ Karakteristiska värden för böjning och dragning gäller för limträ med en tvärsnittshöjd av 600 mm. För storlekseffekter, se Avsnitt 3.3.

⁴⁾ Böjhållfastheten i förhållande till den veka axeln antas vara lika med böjhållfastheten i förhållande till den styva axeln.

Källa: Tabell enligt SS-EN 14080:2013.

Tabell 3.5 Tillverkningssortiment för limträpelare och limträbalkar tillverkade i Sverige, i aktuella hållfasthetsklasser.

Bredd <i>b</i> (mm)	42	56	66	78	90	115	140	160	165	190	215
Höjd <i>h</i> (mm)											
90	GL28hs	GL28hs	GL28hs	GL28hs	GL30h	GL30h	GL30h		GL30h	GL30h	GL30h
115						GL30h	GL30h		GL30h	GL30h	GL30h
135	GL28hs	GL28hs	GL28hs	GL28hs	GL30h	GL30h	GL30h		GL30h	GL30h	GL30h
140							GL30h				
160								GL30h			
165									GL30h		
180	GL28cs	GL28cs	GL28cs	GL28cs	GL30c	GL30c	GL30c	GL30c	GL30c	GL30c	GL30c
225	GL28cs	GL28cs	GL28cs	GL28cs	GL30c	GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
270	GL28cs	GL28cs	GL28cs	GL28cs	GL30c	GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
315	GL28cs	GL28cs	GL28cs	GL28cs	GL30c	GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
360	GL28cs*	GL28cs	GL28cs	GL28cs	GL30c	GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
405	GL28cs*	GL28cs	GL28cs	GL28cs	GL30c	GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
450		GL28cs	GL28cs	GL28cs	GL30c	GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
495		GL28cs*	GL28cs	GL28cs	GL30c	GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
540		GL28cs*	GL28cs*	GL28cs	GL30c	GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
585			GL28cs*	GL28cs	GL30c	GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
630			GL28cs*	GL28cs*	GL30c	GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
675				GL28cs*	GL30c	GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
720				GL28cs*	GL30c	GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
765				GL28cs*	GL30c	GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
810					GL30c	GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
855					GL30c	GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
900					GL30c	GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
945						GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
990						GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
1 035						GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
1 080						GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
1 125						GL30c	GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
1 170							GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
1 215							GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
1 260							GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
1 305							GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
1 350							GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
1 395							GL30c		GL30c	GL30c	GL30c
1 440									GL30c	GL30c	GL30c
1 485									GL30c	GL30c	GL30c
1 530									GL30c	GL30c	GL30c
1 575									GL30c	GL30c	GL30c
1 620									GL30c	GL30c	GL30c

Fet stil = Lagersortiment för limträpelare och limträbalkar tillverkade i Sverige.

* Klyvsågat limträ i hållfasthetsklasserna GL28cs och GL28hs ska ha ett höjd-/breddförhållande $h/b \leq 8/1$.

Om en klyvsågad limträbalk med ett höjd-/breddförhållande $h/b > 8$ klarar sig hållfasthetsmässigt, får dock höjden på limträbalken ökas med bibehållen bredd om så önskas (dock rekommenderas av praktiska skäl ett maximalt höjd-/breddförhållande $h/b = 10$).

Förklaring:

h = homogeneous, homogent limträ, c = combined, kombinerat limträ, s = split, klyvsågat limträ.

3.4.3 Fanerträ (LVL)

Tabell 3.6 Karakteristiska hållfasthets- och styvhetsgenskaper uttryckta i MPa och densitet i kg/m³ för fanerträ (LVL) ¹⁾.

Egenskaper	Kerto-S Tjocklek 21–90 mm	Kerto-Q Tjocklek 21–24 mm	Kerto-Q Tjocklek 27–69 mm
Hållfasthetsvärden			
Böjning på högkant (momentvektor vinkelrätt limfogarna) $f_{m,0,edge,k}$	44	28	32
- Parameter för storlekseffekt s	0,12	0,12	0,12
Böjning på lågkant (momentvektor parallellt limfogarna), parallellt med fibrerna $f_{m,0,flat,k}$ (tjocklek 21–90 mm)	50	32	36
Böjning på lågkant, vinkelrätt mot fibrerna $f_{m,90,flat,k}$	-	8,0 ²⁾	8,0
Dragning parallellt med fibrerna $f_{t,0,k}$	35	19	26
Dragning på högkant, vinkelrätt mot fibrerna $f_{t,90,edge,k}$	0,8	6,0	6,0
Dragning på lågkant, vinkelrätt mot fibrerna $f_{t,90,flat,k}$	-	-	-
Tryck parallellt med fibrerna $f_{c,0,k}$	35	19	26
Tryck på högkant, vinkelrätt mot fibrerna $f_{c,90,edge,k}$	6	9	9
Tryck på lågkant, vinkelrätt mot fibrerna $f_{c,90,flat,k}$	1,8	2,2	2,2
Skjuvning på högkant $f_{v,0,edge,k}$	4,1	4,5	4,5
Skjuvning på lågkant, parallellt med fibrerna $f_{v,0,flat,k}$	2,3	1,3	1,3
Skjuvning på lågkant, vinkelrätt mot fibrerna $f_{v,90,flat,k}$	-	0,6	0,6
Styvhetsvärden för analys av bärförmåga			
Elasticitetsmodul			
- parallellt med fibrerna, längs $E_{0,k}$	11 600	8 300	8 800
- parallellt med fibrerna, tvärs $E_{90,k}$	-	1 000 ²⁾	1 700
- på högkant, vinkelrätt mot fibrerna $E_{90,edge,k}$	350	2 000	2 000
- på lågkant, vinkelrätt mot fibrerna $E_{90,flat,k}$	100	100	100
Skjuvmodul			
- på högkant $G_{0,edge,k}$	400	400	400
- på lågkant, parallellt med fibrerna $G_{0,flat,k}$	400	60	100
- på lågkant, vinkelrätt mot fibrerna $G_{90,flat,k}$	-	16	16
Styvhetsvärden för deformationsberäkningar, medelvärden			
Elasticitetsmodul			
- parallellt med fibrerna, längs $E_{0,mean}$	13 800	10 000	10 500
- parallellt med fibrerna, tvärs $E_{90,mean}$	-	1 200 ²⁾	2 000
- på högkant, vinkelrätt mot fibrerna $E_{90,edge,mean}$	430	2 400	2 400
- på lågkant, vinkelrätt mot fibrerna $E_{90,flat,mean}$	130	130	130
Skjuvmodul			
- på högkant $G_{0,edge,mean}$	600	600	600
- på lågkant, parallellt med fibrerna $G_{0,flat,mean}$	600	60	120
- på lågkant, vinkelrätt mot fibrerna $G_{90,flat,mean}$	-	22	22
Densitet			
Densitet ρ_k	480	480	480
Densitet ρ_{mean}	510	510	510

¹⁾ Värdena i tabellen baseras på ett tekniskt godkännande (VTT Certificate No 184/03, daterat 2012) för den dominerande europeiska leverantören (Metsä Wood) av fanerträ (Kerto) och gäller inte för produkter från andra leverantörer. För mer information om och specifika egenskaper för Kerto liksom vanligt förekommande fanerträdimensioner, se VTT Certificate No 184/03 som tillhandahålls av leverantören.

²⁾ För uppbyggnad I–III–I kan värdena 14,0; 2 900 och 3 300 användas istället för värdena 8,0; 1 000 och 1 200.

3.4.4 Träfiberskivor

Tabell 3.7 Karakteristiska hållfasthets- och styvhetsgenskaper uttryckta i MPa och densitet i kg/m³ för träfiberskivor.^{1) 3)}
Hårda skivor (fuktiga förhållanden HB.HLA2) och medelhårda skivor (torra förhållanden MBH.LA2).

Egenskaper	Hårda träfiberskivor (SS-EN 622-2) HB.HLA2			Medelhårda träfiberskivor (SS-EN 622-3) MBH.LA2	
	Nominell tjocklek t_{nom} (mm)				
	≤3,5	>3,5 – 5,5	>5,5	≤10	>10
Hållfasthetsvärden					
Böjning f_m	37	35	32	17	15
Dragning f_t	27	26	23	9	8
Tryck f_c	28	27	24	9	8
Panelskjuvning f_v	19	18	16	5,5	4,5
Skiktsskjuvning f_r	3	3	2,5	0,3	0,25
Medelvärden för styvhet ²⁾					
Böjning E_m	5 000	4 800	4 600	3 100	2 900
Dragning och tryck E_t, E_c	5 000	4 800	4 600	3 100	2 900
Panelskjuvning G_v	2 100	2 000	1 900	1 300	1 200
Densitet					
Densitet ρ_k	900	850	800	650	600

¹⁾ Värdena skall modifieras med k_{mod} eller k_{def} enligt Tabell 3.2 och 9.1. MBH.LA2 kan bara användas i klimatklass 1. HB.HLA2 kan även användas i klimatklass 2.

²⁾ 5-percentilvärden fastställs som 0,8 gånger medelvärdena.

³⁾ Tillgängligheten på skivtyper och skivtjocklekar bör kontrolleras med de svenska skivtillverkarna eller skivleverantörerna före projektering sker.

Tabell 3.8 Karakteristiska hållfasthets- och styvhetssegenskaper uttryckta i MPa och densitet i kg/m³ för MDF.^{1) 3)}
MDF.HLS för fuktiga och MDF.LA för torra förhållanden (SS-EN 622-5).

Egenskaper	Typ	Nominell tjocklek t_{nom} (mm)			
		>1,8 – 12	>12 – 19	>19 – 30	>30
Hållfasthetsvärden					
Böjning f_m	MDF.HLS	22,0	22,0	21,0	18,0
	MDF.LA	21,0	21,0	21,0	19,0
Dragning f_t	MDF.HLS	18,0	16,5	16,0	13,0
	MDF.LA	13,0	12,5	12,0	10,0
Tryck f_c	MDF.HLS	18,0	16,5	16,0	13,0
	MDF.LA	13,0	12,5	12,0	10,0
Panelskjuvning f_v	MDF.HLS	8,5	8,5	8,5	7,0
	MDF.LA	6,5	6,5	6,5	5,0
Medelvärden för styvhet ²⁾					
Böjning E_m	MDF.HLS	3 700	3 200	3 100	2 800
	MDF.LA	3 700	3 000	2 900	2 700
Dragning och tryck E_t, E_c	MDF.HLS	3 100	2 800	2 700	2 400
	MDF.LA	2 900	2 700	2 000	1 600
Panelskjuvning G_v	MDF.HLS	1 000	1 000	1 000	800
	MDF.LA	800	800	800	600
Densitet					
Densitet ρ_k	MDF.HLS	650	600	550	500
	MDF.LA	650	600	550	500

¹⁾ Värdena skall modifieras med k_{mod} eller k_{def} enligt Tabell 3.2 och 9.1. MDF.LA kan bara användas i klimatklass 1.

MDF.HLS kan även användas i klimatklass 2 i lastvaraktighetsklass S och I.

²⁾ 5-percentilvärden fastställs som 0,85 gånger medelvärdena.

³⁾ Tillgängligheten på skivtyper och skivtjocklekar bör kontrolleras med de svenska skivtillverkarna eller skivleverantörerna före projektering sker.

Källa: Tabeller enligt SS-EN 12369-1:2001.

3.4.5 Spånskivor

Tabell 3.9 Karakteristiska hållfasthets- och styvhetsgenskaper uttryckta i MPa och densitet i kg/m³ för spånskivor.^{1) 4)}

Egenskaper	Typ ²⁾	Nominell tjocklek t_{nom} (mm)					
		>6-13	>13 – 20	>20 – 25	>25 – 32	>32 – 40	>40
Böjning f_m	P4	14,2	12,5	10,8	9,2	7,5	5,8
	P5	15,0	13,3	11,7	10,0	8,3	7,5
	P6	16,5	15,0	13,3	12,5	11,7	10,0
	P7	18,3	16,7	15,4	14,2	13,3	12,5
Dragning f_t	P4	8,9	7,9	6,9	6,1	5,0	4,4
	P5	9,4	8,5	7,4	6,6	5,6	5,6
	P6	10,5	9,5	8,5	8,3	7,8	7,5
	P7	11,5	10,6	9,8	9,4	9,0	8,0
Tryck f_c	P4	12,0	11,1	9,6	9,0	7,6	6,1
	P5	12,7	11,8	10,3	9,8	8,5	7,8
	P6	14,1	13,3	12,8	12,2	11,9	10,4
	P7	15,5	14,7	13,7	13,5	13,2	13,0
Panelskjuvning f_v	P4	6,6	6,1	5,5	4,8	4,4	4,2
	P5	7,0	6,5	5,9	5,2	4,8	4,4
	P6	7,8	7,3	6,8	6,5	6,0	5,5
	P7	8,6	8,1	7,9	7,4	7,2	7,0
Skiktskjuvning f_r	P4	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
	P5	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1,0
	P6	1,9	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
	P7	2,4	2,2	2,0	1,9	1,9	1,8
Medelvärden för styvhet ³⁾							
Böjning E_m	P4	3 200	2 900	2 700	2 400	2 100	1 800
	P5	3 500	3 300	3 000	2 600	2 400	2 100
	P6	4 400	4 100	3 500	3 300	3 100	2 800
	P7	4 600	4 200	4 000	3 900	3 500	3 200
Dragning E_t Tryck E_c	P4	1 800	1 700	1 600	1 400	1 200	1 100
	P5	2 000	1 900	1 800	1 500	1 400	1 300
	P6	2 500	2 400	2 100	1 900	1 800	1 700
	P7	2 600	2 500	2 400	2 300	2 100	2 000
Panelskjuvning G_v	P4	860	830	770	680	600	550
	P5	960	930	860	750	690	660
	P6	1 200	1 150	1 050	950	900	880
	P7	1 250	1 200	1 150	1 100	1 050	1 000
Densitet							
Densitet ρ_k	P4	650	600	550	550	500	500
	P5	650	600	550	550	500	500
	P6	650	600	550	550	500	500
	P7	650	600	550	550	500	500

¹⁾ Värdena skall modifieras med k_{mod} eller k_{def} enligt Tabell 3.2 och 9.1. Spånskivor typ 4 och 6 kan endast användas i klimatklass 1. Spånskivor typ 5 och 7 kan även användas i klimatklass 2.

²⁾ Spånskivor delas in i typerna P4 – P7 enligt SS-EN 312 i respektive del 4 – 7.

³⁾ 5-percentilvärden fastställs som 0,8 gånger medelvärdena.

⁴⁾ Tillgängligheten på skivtyper och skivtjocklekar bör kontrolleras med de svenska skivtillverkarna eller skivleverantörerna före projektering sker.

Källa: Tabell enligt SS-EN 12369-1:2001.

3.4.6 OSB-skivor (Oriented Strand Boards, strimlespånskivor)

Tabell 3.10 Karakteristiska hållfasthets- och styvhetssegenskaper uttryckta i MPa och densitet i kg/m³ för OSB.^{1) 6)}

Nominell tjocklek t_{nom} (mm)	OSB/2, OSB/3 ⁴⁾			OSB/4 ⁴⁾		
	>6 – 10	>10 – 18	>18 – 25	>6 – 10	>10 – 18	>18 – 25
Hållfasthetsvärden						
Böjning f_m parallellt med spånen // ²⁾	18,0	16,4	14,8	24,5	23,0	21,0
Böjning f_m vinkelrätt mot spånen $\perp$ ³⁾	9,0	8,2	7,4	13,0	12,2	11,4
Dragning f_t parallellt med spånen // ²⁾	9,9	9,4	9,0	11,9	11,4	10,9
Dragning f_t vinkelrätt mot spånen $\perp$ ³⁾	7,2	7,0	6,8	8,5	8,2	8,0
Tryck f_c parallellt med spånen // ²⁾	15,9	15,4	14,8	18,1	17,6	17,0
Tryck f_c vinkelrätt mot spånen $\perp$ ³⁾	12,9	12,7	12,4	14,3	14,0	13,7
Panelskjuvning f_v	6,8	6,8	6,8	6,9	6,9	6,9
Skiktsskjuvning f_r	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1
Medelvärden för styvhet⁵⁾						
Böjning E_m parallellt med spånen // ²⁾	4 930	4 930	4 930	6 780	6 780	6 780
Böjning E_m vinkelrätt mot spånen $\perp$ ³⁾	1 980	1 980	1 980	2 680	2 680	2 680
Dragning E_t parallellt med spånen // ²⁾	3 800	3 800	3 800	4 300	4 300	4 300
Dragning E_t vinkelrätt mot spånen $\perp$ ³⁾	3 000	3 000	3 000	3 200	3 200	3 200
Tryck E_c parallellt med spånen // ²⁾	3 800	3 800	3 800	4 300	4 300	4 300
Tryck E_c vinkelrätt mot spånen $\perp$ ³⁾	3 000	3 000	3 000	3 200	3 200	3 200
Panelskjuvning G_v	1 080	1 080	1 080	1 090	1 090	1 090
Skiktsskjuvning G_r	50	50	50	60	60	60
Densitet						
Densitet ρ_k	550	550	550	550	550	550

¹⁾ Värdena skall modifieras med k_{mod} eller k_{def} enligt Tabell 3.2 och 9.1.

OSB/2 kan endast användas i klimatklass 1.

OSB/3 och OSB/4 kan även användas i klimatklass 2.

²⁾ Parallellt med spånen i det yttre lagret.

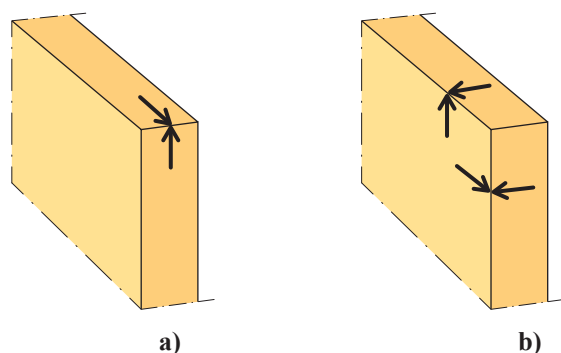
³⁾ Vinkelrätt mot spånen i det yttre lagret.

⁴⁾ OSB delas in i typerna OSB/2–OSB/4, enligt SS-EN 300.

⁵⁾ 5-percentilvärden fastställs som 0,85 gånger medelvärdena.

⁶⁾ Tillgängligheten på skivtyper och skivtjocklekar bör kontrolleras med de svenska skivtillverkarna eller skivleverantörerna före projektering sker.

Källa: Tabell enligt SS-EN 12369-1:2001.



Figur 3.2: Definition av a) panelskjuvning och b) skiktsskjuvning.

3.4.7 Plywood

Tabell 3.11 Karakteristiska hållfasthetsvärden för plywood, för användning vid dimensionering.¹⁾

Hållfasthetsklass ²⁾	Karakteristiska hållfasthetsvärden (MPa)		
	Fiberriktning i ytskiktet ²⁾		
	0 och 90	0	90
	Böjning f_m	Dragning f_t Tryck f_c	
F3	3	1,2	1,5
F5	5	2	2,5
F10	10	4	5
F15	15	6	7,5
F20	20	8	10
F25	25	10	12,5
F30	30	12	15
F40	40	16	20
F50	50	20	25
F60	60	24	30
F70	70	28	35
F80	80	32	40

¹⁾ Värdena skall modifieras med k_{mod} enligt Tabell 3.2.

²⁾ Klasserna identifieras för båda riktningarna parallellt med fibrerna (0) respektive vinkelrätt mot fibrerna (90). F-klasserna för hållfasthet definieras i SS-EN 636.

Tabell 3.12 Klassificering av elasticitetsmodul för plywood vid böjning, dragning och tryck.¹⁾

Styvhetsklass ²⁾	Medelmodul (MPa) ³⁾		
	Fiberriktning i ytskiktet ²⁾		
	0 och 90	0	90
	Böjning E_m	Dragning E_t Tryck E_c	
E5	500	250	400
E10	1 000	500	800
E15	1 500	750	1 200
E20	2 000	1 000	1 600
E25	2 500	1 250	2 000
E30	3 000	1 500	2 400
E40	4 000	2 000	3 200
E50	5 000	2 500	4 000
E60	6 000	3 000	4 800
E70	7 000	3 500	5 600
E80	8 000	4 000	6 400
E90	9 000	4 500	7 200
E100	10 000	5 000	8 000
E120	12 000	6 000	9 600
E140	14 000	7 000	11 200

¹⁾ Värdena skall modifieras med k_{def} enligt Tabell 9.1.

²⁾ Klasserna identifieras för båda riktningarna parallellt med fibrerna (0) respektive vinkelrätt mot fibrerna (90). E-klasserna för styvhet definieras i SS-EN 636.

³⁾ 5-percentilvärden skall bestämmas enligt nedan.

Observera Klasserna för hållfasthet (F) och styvhet (E) skall identifieras för båda riktningarna, 0 respektive 90, baserat på böjningsegenskaper, se SS-EN 636. Värden för dragning och tryck i riktningarna 0 respektive 90 bör bestämmas baserat på klasserna som är giltiga för samma riktningar.

5-percentilen för styvhet tas som X gånger de medelvärden som ges i Tabell 3.12, där:

- $X = 0,67$ för skivor bestående av träarter med en medeldensitet $< 640 \text{ kg/m}^3$.
- $X = 0,84$ för skivor bestående av träarter med en medeldensitet $\geq 640 \text{ kg/m}^3$.

Då 5-percentilen $\rho_{w,05}$ för densiteten är känd, kan medelvärdet härledas ur:

$$\rho_{w,\text{mean}} = \frac{\rho_{w,05}}{0,823}$$

Tabell 3.13 Medelvärden för skjuvstyvhet och karakteristisk skjuvhållfasthet för plywood.^{1) 2)}

$\rho_{w,\text{mean}}$ (kg/m^3)	G_v	f_v	G_r	f_r
	(MPa)			
350	220	1,8	7,3	0,4
400	270	2,7	11	0,5
450	310	3,5	16	0,6
500	360	4,3	22	0,7
550	400	5,0	32	0,8
600	440	5,7	44	0,9
650	480	6,3	60	1,0
700	520	6,9	82	1,1
750	550	7,5	110	1,2

¹⁾ Värdena skall modifieras med k_{mod} eller k_{def} enligt Tabell 3.2 och 9.1.

²⁾ Tillgängligheten på skivtyper och skivtjocklekar bör kontrolleras med de svenska skivtillverkarna eller skivleverantörerna före projektering sker.

Källa: Tabeller enligt SS-EN 12369-2:2011.

3.5 Slutlig elasticitetsmodul

Vid analys av snittkrafter i brottgränstillståndet, där konstruktionselementens styvhet är av betydelse, bör slutliga elasticitetsmodulen $E_{\text{mean,fin}}$ bestämmas enligt:

$$E_{\text{mean,fin}} = \frac{E_{\text{mean}}}{1 + \psi_2 k_{\text{def}}}$$

där:

E_{mean}	elasticitetsmodulens medelvärde
ψ_2	kvasipermanent lastkombinationsfaktor för den last som orsakar den största spänningen i relation till hållfastheten
k_{def}	faktor som tar hänsyn till inverkan av klimatklass på deformationer.

Ett analogt uttryck bör tillämpas för skjuvmodulen G_{mean} och förskjutningsmodulen K_{ser} för knutpunkter med förbindare av dymlingstyp.

Se även Kapitel 9 i denna del (Del 2).

4 Böjning

Dimensionerande böjmomentkapacitet M_{Rd} bestäms ur:

$$M_{Rd} = f_{m,d} \cdot W \cdot k_{crit}$$

där:

$f_{m,d}$	dimensioneringsvärde för böjhållfasthet
k_{crit}	faktor som tar hänsyn till vippning
W	böjmotstånd
$\lambda_{rel,m}$	relativt slankhetstal vid böjning.

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{för } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & \text{för } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & \text{för } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$$

där $\sigma_{m,crit}$ är kritisk böjspänning beräknad enligt klassisk vippningsteori, baserat på 5-percentilvärden för styvhetsgenskaper (SS-EN 1995-1-1, 6.3.3):

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}}{W_y} = \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}}}{\ell_{ef} W_y}$$

där:

$M_{y,crit}$	kritiskt böjmoment vid böjning kring den styva axeln (y)
$E_{0,05}$	5-percentilvärde för elasticitetsmodul parallellt med fibrerna
$G_{0,05}$	5-percentilvärde för skjuvmodul parallellt med fibrerna
I_z	tröghetsmoment kring den veka axeln (z)
I_{tor}	vridtröghetsmoment
ℓ_{ef}	effektiv längd för balken, beroende av upplagsförhållanden och lastkonfiguration, se Tabell 4.1
W_y	böjmotstånd kring den styva axeln (y).

För konstruktionsvirke och limträ av barrträ med rektangulärt, massivt tvärsnitt kan den kritiska böjspänningen tas som:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \ell_{ef}} E_{0,05}$$

Tabell 4.1 Effektiv längd som andel av spännvidden ¹⁾.

Balktyp	Belastning	ℓ_{ef} / ℓ
Fritt upplagd	Konstant moment	1,0
	Jämnt utbredd last	0,9
	Koncentrerad kraft mitt på spannet	0,8
Konsol	Jämnt utbredd last	0,5
	Koncentrerad kraft vid den fria änden	0,8

¹⁾ Värdena i tabellen gäller för en balk som är fixerad mot vridning vid upplagen och belastad i tvärsnittets tyngdpunkt. Om lasten påförs vid den tryckta kanten, så bör ℓ_{ef} ökas med $2h$, medan ℓ_{ef} kan minskas med $0,5h$ för en last som angriper vid den dragna kanten.

Källa: Tabell enligt SS-EN 1995-1-1:2004, 6.3.3.

5 Axiell belastning

5.1 Dragning

Bärförmågan $N_{t,0,Rd}$ vid dragning parallellt fiberriktningen är:

$$N_{t,0,Rd} = f_{t,0,d} A$$

där:

$f_{t,0,d}$ dimensionerande draghållfasthet parallellt fiberriktningen
 A tvärsnittsarea, vid beräkning av tvärsnittsarean ska hänsyn tas till tvärsnittsförminskningar på grund av exempelvis borrhål och slitsar.

Bärförmågan $N_{t,90,Rd}$ vid dragning vinkelrätt fiberriktningen är:

$$N_{t,90,Rd} = f_{t,90,d} \cdot A \quad (\text{för konstruktionsvirke})$$

$$N_{t,90,Rd} = \left(\frac{V_0}{V} \right)^{0,2} f_{t,90,d} \cdot A \quad (\text{för limträ})$$

där:

$f_{t,90,d}$ dimensionerande draghållfasthet vinkelrätt fiberriktningen
 V_0 referensvolym = $0,01 \text{ m}^3$
 V dragpåverkad volym.

5.2 Tryck

Bärförmågan $N_{c,0,Rd}$ vid tryck parallellt fiberriktningen är:

$$N_{c,0,Rd} = f_{c,0,d} \cdot A \cdot k_c$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} \quad \text{för } \lambda_{rel} > 0,3$$

$$k = 0,5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2 \right)$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

$$\lambda = \frac{\ell_e}{i}$$

$$i = \sqrt{I/A}$$

där:

$f_{c,0,d}$	dimensionerande tryckhållfasthet parallellt fiberriktningen
$f_{c,0,k}$	karakteristisk tryckhållfasthet parallellt fiberriktningen
A	tvärsnittsarea
k_c, k	instabilitetsfaktorer
λ_{rel}	relativt slankhetstal
λ	slankhetstal
$E_{0,05}$	elasticitetsmodulens 5-procentsfraktil
ℓ_e	effektiv knäcklängd vid tryck
i	tröghetsradie
I	tröghetsmoment.

Parametern β_c tar hänsyn till initiella avvikelser från rakt tillstånd och kan sättas till 0,2 för konstruktionsvirke och 0,1 för limträ och fanerträ (LVL).

Tvärsnittsförminskningar på grund av exempelvis borrhål och slitsar kan reducera bärförmågan väsentligt.

Bärförmågan vid tryck vinkelrätt fiberriktningen (notera ej axiell belastning) är:

$$N_{c,90,Rd} = k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} \cdot A_{ef}$$

där:

$k_{c,90}$	faktor som tar hänsyn till hur lasten angriper och graden av sammantryckning (SS-EN 1995-1-1, 6.1.5)
$f_{c,90,d}$	dimensionerande tryckhållfasthet vinkelrätt fiberriktningen, dimensionerande värdet bestäms enligt Del 1: Avsnitt 3.1.3
A_{ef}	effektiv kontaktyta vid tryck vinkelrätt fiberriktningen.

A_{ef} bör bestämmas med hänsyn till effektiv kontaktlängd ℓ_{ef} parallellt fiberriktningen, där den verkliga kontaktlängden ℓ på varje sida kan ökas med 30 mm, dock inte med mer än a , ℓ eller $\ell_1/2$, se Figur 5.1.

För ett element som är helt understött, förutsatt att $\ell_1 \geq 2h$, se Figur 5.1 a), bör värdet för $k_{c,90}$ sättas till:

$$\begin{aligned} k_{c,90} &= 1,25 \text{ för konstruktionsvirke av barrträ} \\ k_{c,90} &= 1,5 \text{ för limträ} \end{aligned}$$

Måtten ℓ , ℓ_1 och a definieras i Figur 5.1 och h är elementets tvärsnittshöjd.

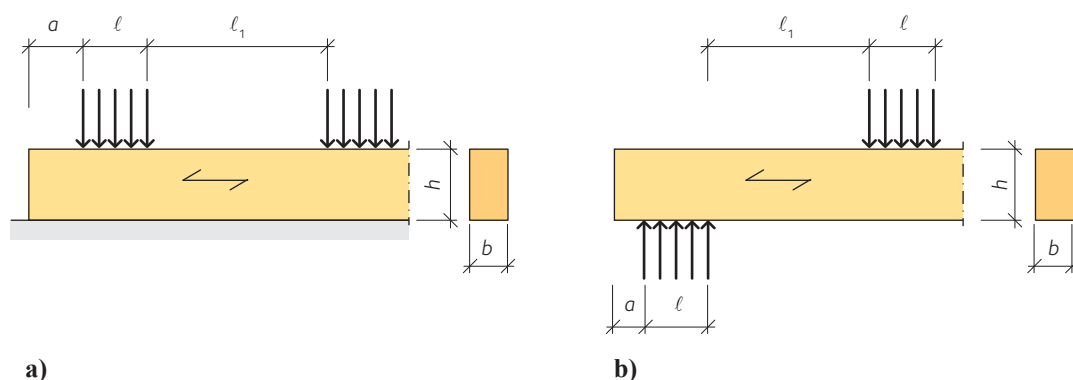
För element på upplag belastade med jämnt utbredd last och/eller punktlaster, förutsatt att $\ell_1 \geq 2h$, se Figur 5.1 b), bör värdet för $k_{c,90}$ sättas till:

$$\begin{aligned} k_{c,90} &= 1,5 \text{ för konstruktionsvirke av barrträ} \\ k_{c,90} &= 1,75 \text{ för limträ förutsatt att } \ell \leq 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

Exempelvis takbalkar med centrumavstånd < 610 mm får därvid betraktas som jämnt utbredd last.

I övriga fall bör värdet för $k_{c,90}$ sättas till 1,0.

Se även Del 1: Avsnitt 3.1.3.



Figur 5.1: Element som är a) helt understött (exempelvis en syll på en betongplatta) och b) som ligger på upplag (exempelvis en balk upplagd på pelare).

6 Tvärsnitt utsatt för skjuvning

För ett rektangulärt tvärsnitt belastat i böjning bestäms tvärkraftsbärförmågan genom:

$$V_{Rd} = \frac{A \cdot f_{v,d}}{1,5}$$

där:

$f_{v,d}$ dimensionerande längsskjuvhållfasthet.

Vid verifiering av skjuvhållfastheten för element i böjning, tas hänsyn till inverkan av sprickor genom användning av en effektiv bredd b_{ef} för elementet, som ges av:

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b$$

där:

b elementets bredd vid det betraktade snittet

$k_{cr} = 0,67$ för konstruktionsvirke och limträ exponerat för nederbörd och solstrålning

$k_{cr} = \min \begin{cases} \frac{3,0}{f_{v,k}} \\ 1,0 \end{cases}$ för konstruktionsvirke och limträ i övriga fall

$k_{cr} = 1,0$ för andra träbaserade produkter i enlighet med SS-EN 13986 och SS-EN 14374, till exempel fanerträ (LVL)

$f_{v,k}$ karakteristisk längsskjuvhållfasthet i MPa.

För möjlighet till tvärkraftsreduktion vid upplag, se SS-EN 1995-1-1, 6.1.7 (3).

För tvärsnitt utsatta för vridning, se SS-EN 1995-1-1, 6.1.8.

7 Tvärsnitt utsatt för kombinerade spänningar

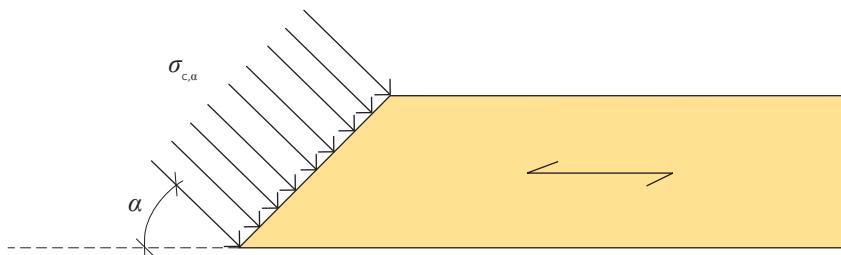
7.1 Tryckspänningar i en vinkel mot fibrerna

Tryckspänningarna $\sigma_{c,\alpha,d}$ i en vinkel α mot fibrerna, se Figur 7.1, bör uppfylla följande villkor:

$$\sigma_{c,\alpha,d} \leq \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

där:

$f_{c,0,d}$ dimensionerande tryckhållfasthet parallellt fiberriktningen
 $f_{c,90,d}$ dimensionerande tryckhållfasthet vinkelrätt fiberriktningen
 $k_{c,90}$ faktor enligt Avsnitt 5.2 som tar hänsyn till inverkan av tryckspänningar vinkelrätt fiberriktningen.



Figur 7.1: Tryckspänningar i vinkel mot fiberriktningen.

7.2 Kombinerad böjning och axiell dragning

Vid kombinerad böjning och dragning skall följande villkor uppfyllas:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_m \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} + \frac{N_{t,0,Ed}}{N_{t,0,Rd}} \leq 1$$

$$k_m \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} + \frac{N_{t,0,Ed}}{N_{t,0,Rd}} \leq 1$$

där:

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$ dimensionerande lasteffekt av böjmoment kring huvudaxlarna
 y respektive z
 $N_{t,0,Ed}$ dimensionerande lasteffekt av axiell dragning
 $M_{y,Rd}$, $M_{z,Rd}$ dimensionerande bärförmåga vid böjning kring huvudaxlarna
 y respektive z
 $N_{t,0,Rd}$ dimensionerande bärförmåga vid axiell dragning
 k_m reduktionsfaktor = 0,7 för rektangulära tvärsnitt och = 1,0 för andra typer av tvärsnitt.

7.3 Kombinerad böjning och axiellt tryck

Vid kombinerad böjning och tryck **utan risk för knäckning**, det vill säga om $\lambda_{\text{rel}} \leq 0,3$, skall följande villkor uppfyllas:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_m \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} + \left(\frac{N_{c,0,Ed}}{N_{c,0,Rd}} \right)^2 \leq 1$$

$$k_m \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} + \left(\frac{N_{c,0,Ed}}{N_{c,0,Rd}} \right)^2 \leq 1$$

där:

$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$	dimensionerande lasteffekt av böjmoment kring huvudaxlarna y respektive z
$N_{c,0,Ed}$	dimensionerande lasteffekt av axiellt tryck
$M_{y,Rd}, M_{z,Rd}$	dimensionerande bärförmåga vid böjning kring huvudaxlarna y respektive z
$N_{c,0,Rd}$	dimensionerande bärförmåga vid axiellt tryck
k_m	reduktionsfaktor = 0,7 för rektangulära tvärsnitt och = 1,0 för andra typer av tvärsnitt.

Vid kombinerad böjning och tryck **med risk för knäckning**, det vill säga om $\lambda_{\text{rel}} > 0,3$, skall följande villkor uppfyllas:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_m \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} + \frac{N_{c,0,Ed}}{k_{c,y} N_{c,0,Rd}} \leq 1$$

$$k_m \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} + \frac{N_{c,0,Ed}}{k_{c,z} N_{c,0,Rd}} \leq 1$$

För beaktande av samtidig vippning och knäckning, se Kapitel 4 respektive Avsnitt 5.2 i denna del (Del 2) för faktor k_{crit} respektive k_c samt se även SS-EN 1995-1-1, 6.3.3 (6).

8 Element med varierande tvärsnitt eller krökt form

8.1 Snedsågade balkar

Spänningarna $\sigma_{m,\alpha,d}$ vid den snedsågade kanten av en balk med rektangulärt tvärsnitt $b \times h$ bör uppfylla följande villkor:

$$\sigma_{m,\alpha,d} = \frac{6M_d}{bh^2} \leq k_{m,\alpha} \cdot f_{m,d}$$

där:

M_d	dimensionerande böjmoment
$f_{m,d}$	dimensionerande böjhållfasthet
$f_{v,d}$	dimensionerande längsskjuvhållfasthet
$f_{t,90,d}$	dimensionerande draghållfasthet vinkelrätt fiberriktningen
$k_{m,\alpha}$	reduktionsfaktor som beskrivs nedan.

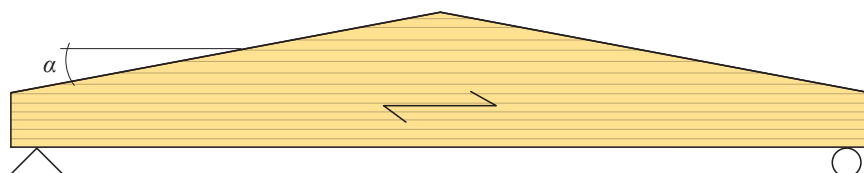
För dragspänningar parallellt med den snedsågade kanten:

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{0,75 f_{v,d}} \tan \alpha \right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{t,90,d}} \tan^2 \alpha \right)^2}}$$

För tryckspänningar parallellt med den snedsågade kanten:

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{1,5 f_{v,d}} \tan \alpha \right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \tan^2 \alpha \right)^2}}$$

Villkoret ovan skall uppfyllas för pulpetbalkar och för sadelbalkar i de delar som har en enkel snedskärning med vinkeln α , se Figur 8.1.



Figur 8.1: Sadelbalk.

8.2 Sadelbalkar, krökta balkar och bumerangbalkar

Spänningen från ett böjmoment $M_{ap,d}$ vid hjässan, se Figur 8.2, skall uppfylla följande villkor:

$$\sigma_{m,d} = k_{\ell} \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2} \leq k_r f_{m,d}$$

med:

$$k_{\ell} = k_1 + k_2 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_3 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2 + k_4 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^3$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \tan \alpha_{ap} + 5,4 \tan^2 \alpha_{ap}$$

$$k_2 = 0,35 - 8 \tan \alpha_{ap}$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \tan \alpha_{ap} - 7,8 \tan^2 \alpha_{ap}$$

$$k_4 = 6 \tan^2 \alpha_{ap}$$

$$r = r_{in} + 0,5h_{ap}$$

$$k_r = 1,0 \quad \text{(sadelbalkar)}$$

$$k_r = \begin{cases} 1 & \text{för } \frac{r_{in}}{t} \geq 240 \\ 0,76 + 0,001 \frac{r_{in}}{t} & \text{för } \frac{r_{in}}{t} < 240 \end{cases} \quad \text{(krökta balkar och bumerangbalkar)}$$

där:

k_{ℓ}	korrektionsfaktor, se ovan
b	balkens bredd
h_{ap}	balkens höjd vid hjässan, se Figur 8.2
k_r	reduktionsfaktor på grund av lamellernas krökning
α_{ap}	ytans lutning vid hjässans mitt, se Figur 8.2
r_{in}	den inre radien, se Figur 8.2
t	limträlamellernas tjocklek.

Vid hjässan bör den största dragspänningen vinkelrätt mot fibrerna $\sigma_{t,90,d}$ uppfylla följande villkor:

$$\sigma_{t,90,d} \leq k_{dis} \cdot k_{vol} \cdot f_{t,90,d}$$

med:

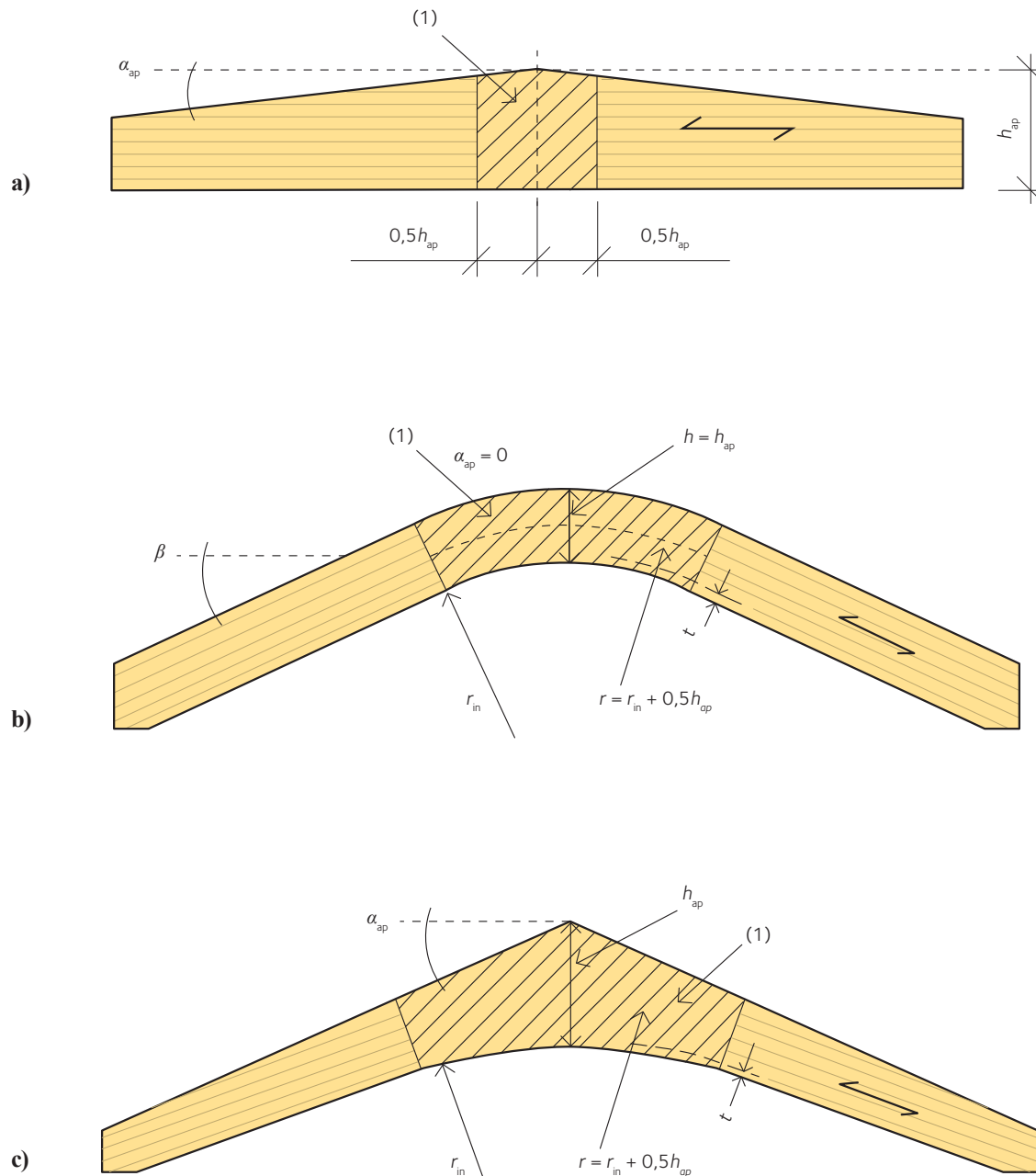
$$k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V} \right)^{0,2} \quad \text{för limträ och fanerträ (LVL) med alla faner parallella med balkaxeln}$$

$$k_{dis} = 1,4 \quad \text{för sadalbalkar och krökta balkar}$$

$$k_{dis} = 1,7 \quad \text{för bumerangbalkar}$$

där:

k_{dis}	faktor som tar hänsyn till effekten av spänningsfördelning vid hjässan
k_{vol}	volymfaktor
$f_{t,90,d}$	dimensionerande draghållfasthet vinkelrätt fiberriktningen
V_0	referensvolym $0,01 \text{ m}^3$
V	belastad volym i hjässzonen, i m^3 , se Figur 8.2, dock högst $2/3$ av balkens totala volym. Se beräkningsuttryck i Del 1: Tabell 3.4.



Figur 8.2: a) Sadelbalk, b) krökt balk och c) bumerangbalk. Fiberriktningen är parallell med den undre kanten. Delen markerad med (1) i figuren är den belastade/krökta volymen V .

Den största dragspänningen $\sigma_{t,90,d}$ vinkelrätt fiberriktningen orsakad av böjmoment kan beräknas som:

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2}$$

där:

$M_{ap,d}$ dimensionerande moment som orsakar dragspänningar parallellt med den inre krökta kanten

k_p korrektionsfaktor, se nedan.

$$k_p = k_5 + k_6 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_7 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2$$

$$k_5 = 0,2 \tan \alpha_{ap}$$

$$k_6 = 0,25 - 1,5 \tan \alpha_{ap} + 2,6 \tan^2 \alpha_{ap}$$

$$k_7 = 2,1 \cdot \tan \alpha_{ap} - 4 \cdot \tan^2 \alpha_{ap}$$

8.3 Balkar med urtag

För balkar med urtag och rektangulära tvärsnitt där fiberriktningen i huvudsak är parallell med elementets längdaxel, bör den effektiva skjuvspänningen τ_d i balken vid ett urtag vid upplaget, uppfylla följande villkor:

$$\tau_d = \frac{1,5V_d}{b_{ef}h_{ef}} \leq k_v f_{v,d}$$

där:

h_{ef} effektiv höjd på tvärsnittet, definierad i Figur 8.3

V_d dimensionerande tvärkraft

b_{ef} tvärsnittets effektiva bredd, enligt Avsnitt 6

k_v reduktionsfaktor, se nedan

$f_{v,d}$ dimensionerande längsskjuvhållfasthet.

För balkar med urtag på motsatta sidan av upplaget, se Figur 8.3 b), är $k_v = 1,0$.

För balkar med urtag på samma sida som upplaget, se Figur 8.3 a), gäller:

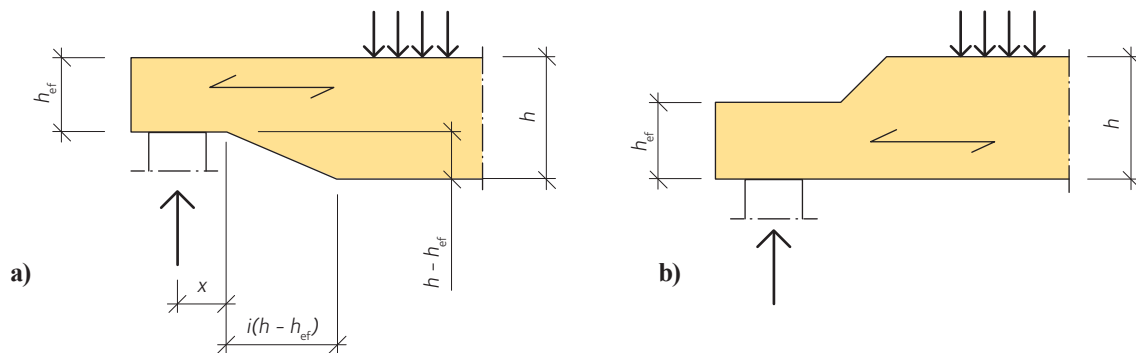
$$k_v = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ k_n \left(1 + \frac{1,1 \cdot i^{1,5}}{\sqrt{h}} \right) \\ \frac{\sqrt{h} \left(\sqrt{\alpha(1-\alpha)} + 0,8 \frac{x}{h} \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)}{1} \end{array} \right.$$

där:

i urtagets lutning, se Figur 8.3 a)
 h balkhöjd, i mm
 x avstånd från upplagets verkningslinje till urtagets inre hörn, i mm, se Figur 8.3 a).

$$\alpha = \frac{h_{\text{ef}}}{h}$$

$$k_n = \begin{cases} 4,5 & \text{för fanerträ (LVL)} \\ 5 & \text{för konstruktionsvirke} \\ 6,5 & \text{för limträ.} \end{cases}$$



Figur 8.3: Balkar med ändurtag.

Notera att eventuell tvärkraftsreduktion endast är tillåten i fall b).

9 Bruksgränstillstånd

9.1 Allmänt

Beräkning av nedböjningar baseras vanligtvis på medelvärden av styvhetsegenskaper. Tidsberoende kan tas i beaktande genom att definiera en slutlig elasticitetsmodul $E_{\text{mean,fin}}$ som:

$$E_{\text{mean,fin}} = \frac{E_{\text{mean}}}{1 + k_{\text{def}}}$$

där E_{mean} är elasticitetsmodulens medelvärde och k_{def} tar hänsyn till inverkan av klimatklass på deformationer, enligt Tabell 9.1.

Tabell 9.1 Värderna på k_{def} för virke och träbaserade material.

Material	Tillhörande materialstandard	Klimatklass		
		1	2	3
Konstruktionsvirke	SS-EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Limträ	SS-EN 14080	0,60	0,80	2,00
Fanerträ (LVL)	SS-EN 14374, SS-EN 14279	0,60	0,80	2,00
Plywood	SS-EN 636			
	Typ 1	0,80	-	-
	Typ 2	0,80	1,00	-
	Typ 3	0,80	1,00	2,50
OSB (Oriented Strand Board, strimlespånskiva)	SS-EN 300			
	OSB/2	2,25	-	-
	OSB/3, OSB/4	1,50	2,25	-
Spånskiva	SS-EN 312			
	Typ P4	2,25	-	-
	Typ P5	2,25	3,00	-
	Typ P6	1,50	-	-
	Typ P7	1,50	2,25	-
Träfiberskiva, hård	SS-EN 622-2			
	HB.LA	2,25	-	-
	HB.HLA1, HB.HLA2	2,25	3,00	-
Träfiberskiva, medium	SS-EN 622-3			
	MBH.LA1, MBH.LA2	3,00	-	-
	MBH.HLS1, MBH.HLS2	3,00	4,00	-
Träfiberskiva, MDF	SS-EN 622-5			
	MDF.LA	2,25	-	-
	MDF.HLS	2,25	3,00	-

Källa: Tabell enligt SS-EN 1995-1-1:2004, 3.1.4.

9.2 Förskjutning i knutpunkter

För knutpunkter med förbindare av dymlingstyp kan förskjutningsmodulen för varje skjuvningsplan och förbindare bestämmas ur Tabell 9.2.

Tabell 9.2 Förskjutningsmodul K_{ser} för förbindare i förband trä mot trä och träskiva mot trä.

Typ av förbindare	K_{ser} (N/mm)
Dymlingar	$\rho_m^{1,5} d / 23$
Skruv med eller utan glapp ¹⁾	
Träskruv	
Spik (med förborrning)	
Spik (utan förborrning)	$\rho_m^{1,5} d^{0,8} / 30$
Klammer	$\rho_m^{1,5} d^{0,8} / 80$
Slitsade ringbrickor typ A	$\rho_m d_c / 2$
Skjuvbrickor typ B	
Tandbrickor	
- typ C1-C9	$1,5 \rho_m d_c / 4$
- typ C10 och C11	$\rho_m d_c / 2$

¹⁾ Glappet bör adderas separat till förbindarens förskjutning.

Källa: Tabell enligt SS-EN 1995-1-1:2004, 7.1.

där:

ρ_m	medeldensitet för ingående trämaterial, i kg/m ³
d	förbindarens ytterdiameter, i mm
d_c	förbindardiameter, enligt definition i SS-EN 13271.

Om medeldensiteterna $\rho_{m,1}$ och $\rho_{m,2}$ för två förbundna element är olika, så bör ρ_m i Tabell 9.2 sättas till:

$$\rho_m = \sqrt{\rho_{m,1} \rho_{m,2}}$$

9.3 Nedböjningar

Kontroll av nedböjning w kan baseras på olika lastkombinationer definierade i SS-EN 1990. Den totala nettonedböjningen $w_{\text{net, fin}}$ efter lång tid ges av:

$$w_{\text{net, fin}} = w_{\text{inst}} + w_{\text{creep}} - w_c = w_{\text{fin}} - w_c$$

där:

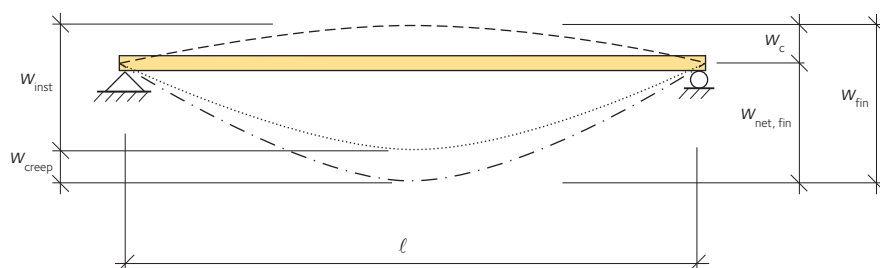
w_{inst}	momentan nedböjning baserad på relevant lastkombination
w_{creep}	nedböjning orsakad av krypning
w_c	överböjning (i förekommande fall)
w_{fin}	slutlig nedböjning av dimensionerande last.

De olika komponenterna visas i Figur 9.1.

Krypdeformationen w_{creep} beräknas som:

$$w_{\text{creep}} = k_{\text{def}} \cdot w_{\text{inst, qp}}$$

där $w_{\text{inst, qp}}$ är momentan nedböjning vid kvasi-permanent kombination av aktuella laster.



Figur 9.1: Definitioner av nedböjning.

De gränsvärden för nedböjning som anges i Tabell 9.3 rekommenderas i SS-EN 1995-1-1.

Tabell 9.3 Exempel på gränsvärden för nedböjning av balkar.

	w_{inst}	$w_{\text{net, fin}}$	w_{fin}
Balk på två upplag	$\ell/300 - \ell/500$	$\ell/250 - \ell/350$	$\ell/150 - \ell/300$
Konsolbalk	$\ell/150 - \ell/250$	$\ell/125 - \ell/175$	$\ell/75 - \ell/150$

Källa: Tabell enligt SS-EN 1995-1-1:2004, 7.2.

Se även tabell 6.1 i Limträhandbok Del 2 (2016).

9.4 Vibrationer

För bjälklag i bostäder med en egenfrekvens lägre än eller lika med 8 Hz ($f_1 \leq 8$ Hz) bör en särskild utredning göras. För bjälklag i bostäder med en egenfrekvens högre än 8 Hz ($f_1 > 8$ Hz) bör följande krav uppfyllas:

$$\frac{w}{F} \leq a \quad [\text{mm/kN}]$$

$$v \leq b^{(f_1 \cdot \xi - 1)} \quad [\text{m}/(\text{Ns}^2)]$$

där:

w	omedelbar maximal vertikal nedböjning av en koncentrerad statisk kraft F som angriper i en godtycklig punkt på bjälklaget, med beaktande av horisontell lastspridning
v	bjälklagets impulshastighetsrespons, vilket är vertikal initialhastighet orsakad av en impuls med storleken 1 Ns som påförs i godtycklig punkt på bjälklaget
ξ	relativ dämpning (ett typiskt värde för träbjälklag kan vara 0,01)
f_1	bjälklagets lägsta egenfrekvens.

Enligt EKS 10 kan följande värden användas i Sverige:

$$a = 1,5 \text{ mm/kN} \quad b = 100 \text{ m}/(\text{Ns}^2)$$

För ett fritt upplagt rektangulärt bjälklag med primärbalkar med spännvidd ℓ , kan f_1 och v beräknas ur:

$$f_1 = \frac{\pi}{2\ell^2} \sqrt{\frac{(EI)_\ell}{m}}$$

$$v = \frac{4(0,4 + 0,6n_{40})}{mB\ell + 200}$$

där:

m	massa per ytenhet, i kg/m^2
ℓ	spännvidd, i m
$(EI)_\ell$	bjälklagets ekvivalenta plattböjstyvhets kring en axel vinkelrät mot den primära balkriktningen, uttryckt i Nm^2/m
n_{40}	antalet moder av första ordningen med egenfrekvenser upp till 40 Hz
B	bjälklagsbredd, i m, notera skrivs b i SS-EN 1995-1-1 och ej att förväxla med b ovan.

Värdet för n_{40} kan beräknas ur:

$$n_{40} = \left\{ \left[\left(\frac{40}{f_1} \right)^2 - 1 \right] \left(\frac{B}{\ell} \right)^4 \frac{(EI)_\ell}{(EI)_B} \right\}^{0,25}$$

där:

$(EI)_B$	är motsvarande plattas böjstyvhets för bjälklaget kring en axel parallell med balkarna, under antagandet att $(EI)_B < (EI)_\ell$.
----------	---

10 Förband med förbindare av stål

10.1 Allmänt

Dimensionerande bärförmåga F_{Rd} för ett träförband i brottgränstillståndet anges vanligtvis som:

$$F_{Rd} = k_{mod} \frac{F_{Rk}}{\gamma_M}$$

där:

F_{Rd}	total dimensionerande bärförmåga för förbandet
F_{Rk}	total karakteristisk bärförmåga för förbandet
γ_M	partialkoefficient för material enligt Tabell 3.1
k_{mod}	hållfasthetsmodifieringsfaktor för trämaterialiet som ingår i förbandet enligt Tabell 3.2.

För beaktande av blockskjuvbrott och klossbrott, se Del 1: Avsnitt 4.9.3 respektive SS-EN 1995-1-1, Bilaga A.

10.2 Tvärkraftsbärförmåga för förband trä mot trä och trä mot skiva

Karakteristisk bärförmåga för spikar, klamrar, skruvar, dymlingar och träskruvar per skjuvningsplan och förbindare, bestäms som ett minimivärde erhållet ur följande uttryck motsvarande olika brottmoder:

Förbindare med enkelt skjuvningsplan, se Figur 10.1

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{ll} f_{h,1,k} t_1 d & (a) \\ f_{h,2,k} t_2 d & (b) \\ \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta) M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta) M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (e) \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (f) \end{array} \right.$$

Förbindare med dubbla skjuvningsplan, se Figur 10.1

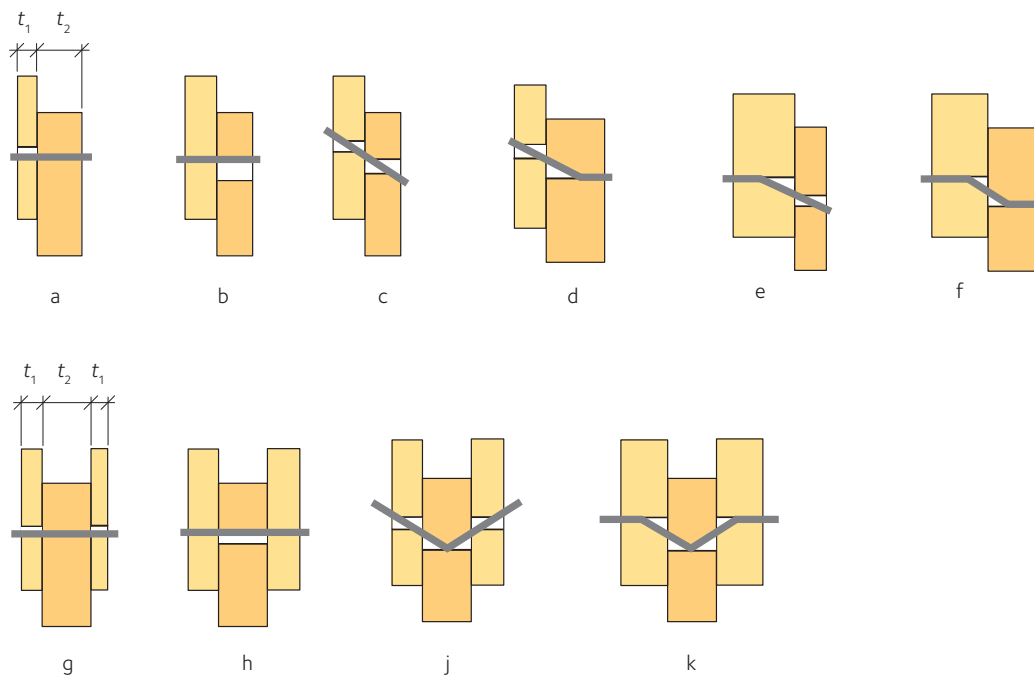
där:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} t_1 d & (g) \\ 0,5 f_{h,2,k} t_2 d & (h) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta) M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (j) \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (k) \end{cases}$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$$

$F_{v,Rk}$	karakteristisk bärförmåga per skjuvningsplan och förbindare
t_i	tjocklek hos virke eller skiva, eller inträngningsdjup, $i = (1, 2)$
$f_{h,i,k}$	karakteristisk hållkanthållfasthet för virkesdel i
d	förbindarens diameter
$M_{y,Rk}$	karakteristiskt flytmoment hos förbindaren
β	förhållandet mellan de ingående trärelementens hållkanthållfastheter
$F_{ax,Rk}$	karakteristisk utdragshållfasthet hos förbindaren

För förbindare med ett skjuvningsplan tas värdet för $F_{ax,Rk}$ som det lägre av värdena på hållfastheten för de två virkesdelarna. De olika brottmoderna visas i Figur 10.1.



Figur 10.1: Brottmoder för virkes- och skivförband. Övre raden: Enkelt skjuvningsplan. Undre raden: Dubbla skjuvningsplan. Bokstäverna refererar till respektive dimensioneringsuttryck ovan.

Bidraget $F_{ax,Rk}/4$ (linverkan) bör inte överstiga följande procenttal av bärförmågan baserat på flyttledsteori, som beskrivs av första termen i högra ledet i var och en av ekvationerna c, d, e, f, j och k ovan:

- runda spikar: 15 %
- fyrkantiga och räfflade spikar: 25 %
- andra spikar: 50 %
- träskruvar: 100 %
- skruvar: 25 %
- dymlingar: 0 %

10.3 Tvärkraftsbärförmåga för förband stål mot trä

Karakteristisk bärförmåga för spikar, skruvar, dymlingar och träskruvar per skjuvningsplan och förbindare, bestäms som ett minimivärde erhållet ur följande uttryck motsvarande olika brottmoder:

Tunna stålplåtar (tjocklek $\leq 0,5 d$) vid enkelt skjuvningsplan:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0,4 f_{h,k} t_1 d & (a) \\ 1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (b) \end{cases}$$

Tjocka stålplåtar (tjocklek $\geq d$, tolerans för håldiameter $\leq 0,1d$) vid enkelt skjuvningsplan:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,k} t_1 d & (c) \\ f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (d) \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (e) \end{cases}$$

Stålplåt med godtycklig tjocklek som mittelelement i förband med dubbla skjuvningsplan:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} t_1 d & (f) \\ f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (g) \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (h) \end{cases}$$

Tunna stålplåtar (tjocklek $\leq 0,5 d$) som yttre element i förband med dubbla skjuvningsplan:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0,5 f_{h,2,k} t_2 d & (j) \\ 1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (k) \end{cases}$$

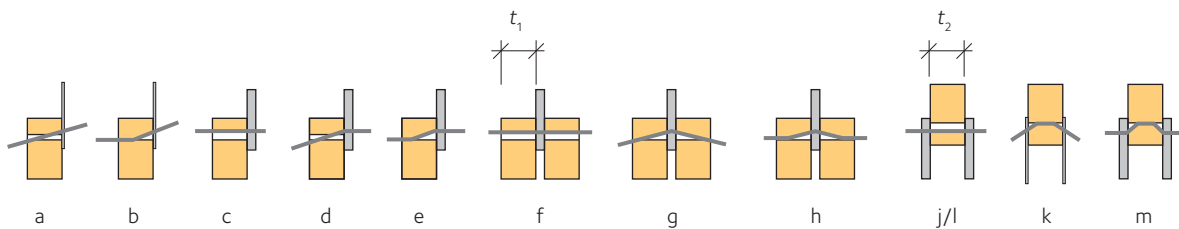
Tjocka stålplåtar (tjocklek $\geq d$) som yttre element i förband med dubbla skjuvningsplan:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0,5 f_{h,2,k} t_2 d & (l) \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (m) \end{cases}$$

där:

t_1 den mindre av sidoelementens virkestjocklekar, eller inträngningsdjupet
 t_2 tjocklek hos det mellersta träelementet.

För övriga beteckningar, se Avsnitt 10.2. De olika brottmoderna visas i Figur 10.2. För mellanliggande plåttjocklekar som är varken tunna eller tjocka, kan bärförmågan beräknas med hjälp av linjär interpolering mellan gränsvärdena för tunn respektive tjock plåt.



Figur 10.2: Brottmoder för förband stål mot trä. Bokstäverna refererar till respektive dimensioneringsuttryck ovan.

10.4 Spikförband

10.4.1 Tvärkraftsbelastade spikar

Symbolerna för tjocklek i förband med enkla eller dubbla skjuvningsplan, se Figur 10.3 a) och b), definieras nedan:

t_1	Förband med enkelt skjuvningsplan, elementtjocklek på huvudsidan. Förband med dubbla skjuvningsplan, minimivärdet av tjocklek på huvudsidan och inträngningsdjup för spetsen.
t_2	Förband med enkelt skjuvningsplan, inträngningsdjup för spetsen. Förband med dubbla skjuvningsplan, mittelelementets tjocklek.

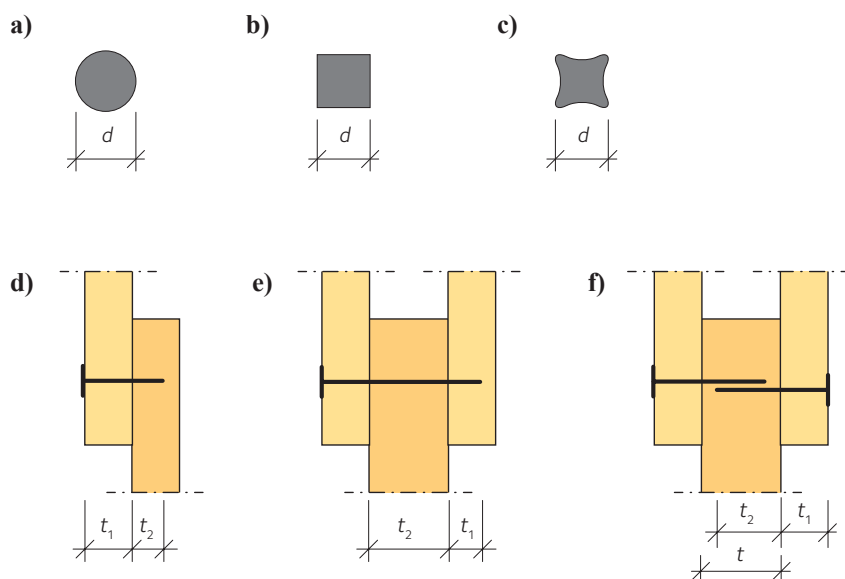
För släta spikar med minsta draghållfasthet 600 N/mm^2 , bestäms karakteristiskt värde $M_{y,Rk}$ (Nmm) för flytmomentet av:

$$M_{y,Rk} = \frac{f_u}{600} 180 d^{2,6} \quad \text{för runda spikar}$$

$$M_{y,Rk} = \frac{f_u}{600} 270 d^{2,6} \quad \text{för fyrkantiga och räfflade spikar}$$

där:

d	spikdiameter enligt definition i SS-EN 14592, i mm, se Figur 10.3 a) – c) nedan
f_u	karakteristisk draghållfasthet för spikmaterialet, i N/mm^2 .



Figur 10.3: Nominell diameter d för a) rund, b) fyrkantig och c) räfflad spik.

Definition av t_1 och t_2 för förband med d) enkelt och e) dubbla skjuvningsplan och f) för överlappande spikar.

För spikar med diameter upp till 8 mm, bestäms karakteristisk hållkanthållfasthet $f_{h,k}$ för trä och fanerträ (LVL) som:

$$f_{h,k} = 0,082 \rho_k d^{-0,3} \quad [\text{N/mm}^2] \quad \text{utan förborrade hål}$$

$$f_{h,k} = 0,082(1 - 0,01d) \rho_k \quad [\text{N/mm}^2] \quad \text{med förborrade hål}$$

där:

$$\begin{array}{ll} \rho_k & \text{träets karakteristiska densitet, i kg/m}^3 \\ d & \text{spikdiameter, i mm.} \end{array}$$

Förbörning bör utföras om:

$$\rho_k > 500 \text{ kg/m}^3$$

$$d > 6 \text{ mm}$$

därvid bör diametern hos förborrade hål inte överstiga $0,8d$.

För spikar med huvuddiameter av minst $2d$, är den karakteristiska hållkanthållfastheten $f_{h,k}$ i N/mm^2 för träskivor:

$$f_{h,k} = 0,11 \cdot \rho_k d^{-0,3} \quad \text{för plywood}$$

$$f_{h,k} = 30 \cdot d^{-0,3} t^{0,6} \quad \text{för hård träfiberskiva (SS-EN 622-2)}$$

$$f_{h,k} = 65 \cdot d^{-0,7} t^{0,1} \quad \text{för spånskiva och OSB}$$

där t är skivtjocklek i mm, d är spikdiameter i mm och ρ_k är karakteristisk skivdensitet i kg/m^3 .

10.4.2 Krav på spikavstånd och inträngningsdjup

Det krävs minst två spikar i ett förband.

För släta spikar bör spetsidans inträngningsdjup vara minst $8d$.

I ett förband med tre element, se Figur 10.3 f), får spikarna överlappa varandra i det mellersta elementet, förutsatt att $t-t_2 > 4d$.

För en rad med n spikar parallellt med fiberriktningen, bör bärförmågan parallellt med fiberriktningen beräknas för ett effektivt antal förbindare n_{ef} enligt:

$$n_{\text{ef}} = n^{k_{\text{ef}}}$$

där:

$$\begin{array}{ll} n & \text{antalet spikar i raden} \\ k_{\text{ef}} & \text{se Tabell 10.1.} \end{array}$$

Om spikarna förskjuts med minst $1d$ i tvärled behöver bärförmågan inte reduceras.

Tabell 10.1 Värderna för k_{ef} .

Centrumavstånd ¹⁾	k_{ef}	
	Utan förborring	Med förborring
$a_1 \geq 14d$	1,0	1,0
$a_1 = 10d$	0,85	0,85
$a_1 = 7d$	0,7	0,7
$a_1 = 5d$	-	0,5

¹⁾ Linjär interpolation tillåten

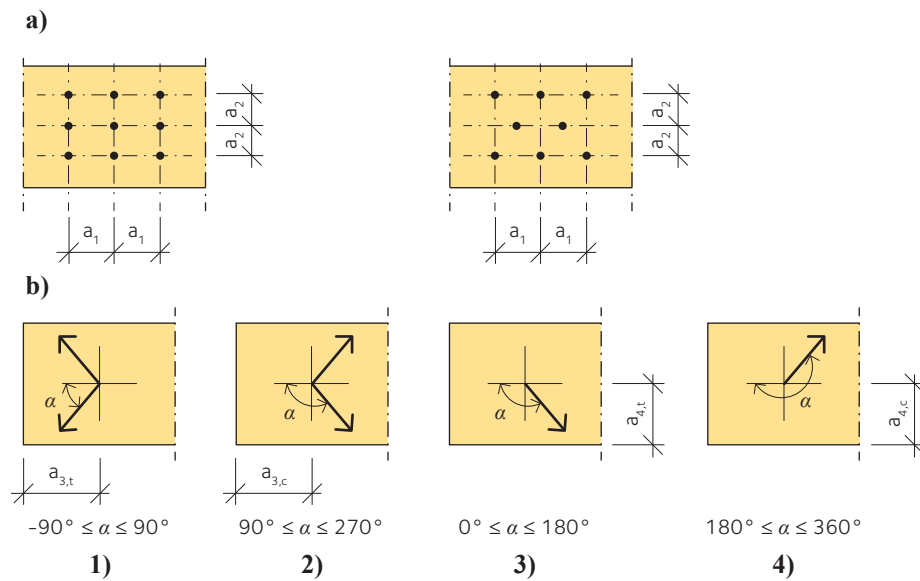
Källa: Tabell enligt SS-EN 1995-1-1:2004, 8.3.1.1.

Tabell 10.2 Minsta centrumavstånd samt änd- och kantavstånd för spikar i förband trä mot trä.

Centrumavstånd och änd-/ kantavstånd	Vinkel α	Minsta avstånd		
		Utan förborrade hål		Förborrade hål
		$\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$	$420 \text{ kg/m}^3 < \rho_k \leq 500 \text{ kg/m}^3$	
a_1 (parallellt fiberriktningen)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$d < 5 \text{ mm:}$ $(5 + 5 \cos \alpha)d$ $d \geq 5 \text{ mm:}$ $(5 + 7 \cos \alpha)d$	$(7 + 8 \cos \alpha)d$	$(4 + \cos \alpha)d$
a_2 (vinkelrätt fiberriktningen)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$7d$	$(3 + \sin \alpha)d$
$a_{3,t}$ (belastad ände)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$(10 + 5 \cos \alpha)d$	$(15 + 5 \cos \alpha)d$	$(7 + 5 \cos \alpha)d$
$a_{3,c}$ (obelastad ände)	$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$10d$	$15d$	$7d$
$a_{4,t}$ (belastad kant)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$d < 5 \text{ mm:}$ $(5 + 2 \sin \alpha)d$	$d < 5 \text{ mm:}$ $(7 + 2 \sin \alpha)d$	$d < 5 \text{ mm:}$ $(3 + 2 \sin \alpha)d$
		$d \geq 5 \text{ mm:}$ $(5 + 5 \sin \alpha)d$	$d \geq 5 \text{ mm:}$ $(7 + 5 \sin \alpha)d$	$d \geq 5 \text{ mm:}$ $(3 + 4 \sin \alpha)d$
$a_{4,c}$ (obelastad kant)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$7d$	$3d$

För förband av träskivor mot trä kan centrumavståndet reduceras med en faktor 0,85 (SS-EN 1995-1-1, 8.3.1.3). För förband med stål mot trä kan centrumavståndet reduceras med en faktor 0,7 (SS-EN 1995-1-1, 8.3.1.4). Beteckningar definieras i Figur 10.4.

Källa: Tabell enligt SS-EN 1995-1-1:2004, 8.3.1.2.



Figur 10.4: Definition av kant- och ändavstånd samt centrumavstånd mellan förbindare.

a) Avstånd parallellt (a_1) och vinkelrätt (a_2) fiberriktningen. b) kant- och ändavstånd (α är vinkeln mellan fiber- och kraftriktning); 1) belastad ände, 2) obelastad ände, 3) belastad kant, 4) obelastad kant.

Tabell 10.3 Vanliga spikdimensioner, avser räfflad spik.

Spikar identifieras av diameter/tvärmått (mm) och längd (mm).

Diameter eller tvärmått (mm)	Längd (mm)
1,4	25
1,7	35
2,0	40, 50, 60
2,3	50, 60
2,5	60
2,8	75
3,1	75
3,4	100
3,7	100
4,0	125
4,3	125
4,7	150
5,1	150
5,5	175
6,0	200
6,5	225
7,0	250
8,0	300

10.4.3 Axiellt belastade spikar

- Spikar som används för att motstå permanent eller långvarig axiell belastning ska vara kamförsedda.
- Axiell lastkapacitet för spikar i ändträ bör inte tillgodoräknas.

Karakteristisk utdragsbärförmåga för en spik $F_{ax,Rk}$ vid spikriktning vinkelrätt mot fiberriktningen, se Figur 10.5 a), och vid skråspikning, se Figur 10.5 b), ges av:

- För andra spikar än släta spikar (definierade i SS-EN 14592):

$$F_{ax,Rk} = \min \begin{cases} f_{ax,k} dt_{pen} \\ f_{head,k} d_h^2 \end{cases}$$

- För släta spikar:

$$F_{ax,Rk} = \min \begin{cases} f_{ax,k} dt_{pen} \\ f_{ax,k} dt + f_{head,k} d_h^2 \end{cases}$$

där:

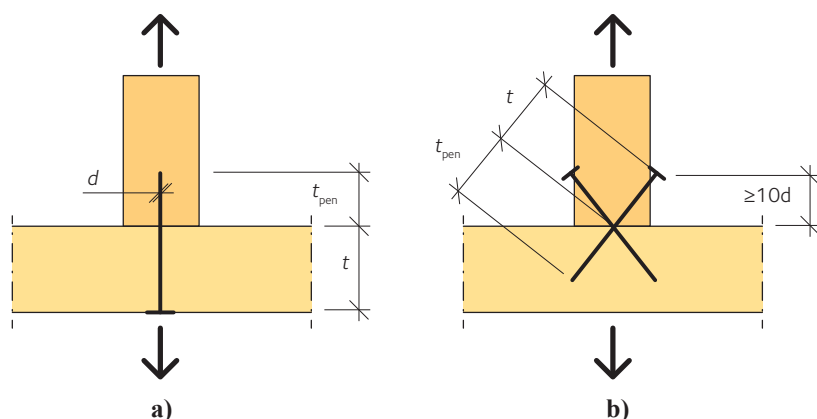
$f_{ax,k}$	karakteristisk utdragshållfasthet för spetssidan
$f_{head,k}$	karakteristisk genomdragshållfasthet för huvudet
d	spikdiameter
t_{pen}	inträngningsdjup på spetssidan eller längd hos den kamförsedda delen av elementet på spetssidan
t	tjocklek av elementet på huvudsidan
d_h	spikhuvudets diameter.

För slät spik med ett inträngningsdjup av minst $12d$, bör följande uttryck för utdrags- och genomdragshållfasthet användas:

$$f_{ax,k} = 20 \cdot 10^{-6} \rho_k^2 \quad [\text{N/mm}^2] \qquad f_{head,k} = 70 \cdot 10^{-6} \rho_k^2 \quad [\text{N/mm}^2]$$

där ρ_k är den karakteristiska densiteten för virket, i kg/m^3 .

Värden för $f_{ax,k}$ och $f_{head,k}$ bör bestämmas genom försök enligt SS-EN 1382, SS-EN 1383 och SS-EN 14358. I praktiskt konstruktionsarbete inhämtas dessa värden från spiktillverkarnas prestandadeklARATIONER.



Figur 10.5: Spikning
a) vinkelrätt fiberriktningen
och b) skråspikning.

10.4.4 Kombinerad tvärkraftsbelastning och axiell belastning

För förband med kombinerad axiell last $F_{ax,Ed}$ och tvärkraft $F_{v,Ed}$ gäller följande interaktionsformler:

- För slät spik:

$$\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1$$

- För övriga spiktyper:

$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 \leq 1$$

där $F_{ax,Rd}$ och $F_{v,Rd}$ är dimensionerande bärförmåga vid axiell belastning respektive tvärkraft.

10.5 Skruv- och dymlingsförband

Karakteristiskt värde för flytmomentet $M_{y,Rk}$ för skruvar och dymlingar:

$$M_{y,Rk} = 0,3 f_u d^{2,6}$$

där:

f_u	karakteristisk draghållfasthet, i N/mm ²
d	skruv- eller dymlingsdiameter, i mm.

För $d \leq 30$ mm erhålls den karakteristiska hållkanthållfastheten vid en vinkel α mot fiberriktningen ur:

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k \quad [\text{N/mm}^2]$$

där:

$$k_{90} = \begin{cases} 1,35 + 0,015d & \text{för barrträ} \\ 1,30 + 0,015d & \text{för fanerträ (LVL)} \\ 0,90 + 0,015d & \text{för lövträ} \end{cases}$$

och:

ρ_k	karakteristisk virkesdensitet, i kg/m ³
d	skruv- eller dymlingsdiameter, i mm.

Tabell 10.4 Minsta centrumavstånd samt änd- och kantavstånd för skruv.

Centrumavstånd och änd-/kantavstånd	Vinkel	Minsta avstånd
a_1 (parallellt fiberriktningen)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 + \cos \alpha)d$
a_2 (vinkelrätt fiberriktningen)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4d$
$a_{3,t}$ (belastad ände)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max(7d; 80\text{mm})$
$a_{3,c}$ (obelastad ände)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$(1 + 6 \sin \alpha)d$
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$4d$
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$(1 + 6 \sin \alpha)d$
$a_{4,t}$ (belastad kant)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d]$
$a_{4,c}$ (obelastad kant)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$

För beteckningar, se Figur 10.4.

Källa: Tabell enligt SS-EN 1995-1-1:2004, 8.5.1.1.

Tabell 10.5 Minsta centrumavstånd samt änd- och kantavstånd för dymlingar.

Centrumavstånd och änd-/kantavstånd	Vinkel	Minsta avstånd
a_1 (parallellt fiberriktningen)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(3 + 2 \cos \alpha)d$
a_2 (vinkelrätt fiberriktningen)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$
$a_{3,t}$ (belastad ände)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max(7d; 80\text{mm})$
$a_{3,c}$ (obelastad ände)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$a_{3,t} \sin \alpha $
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$\max(3,5d; 40\text{mm})$
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$a_{3,t} \sin \alpha $
$a_{4,t}$ (belastad kant)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d]$
$a_{4,c}$ (obelastad kant)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$

För beteckningar, se Figur 10.4.

Källa: Tabell enligt SS-EN 1995-1-1:2004/A2:2014, 8.6.

För en rad med n skruvar eller dymlingar parallellt med fiberriktningen, bör bärförmågan parallellt med fiberriktningen beräknas för ett effektivt antal n_{ef} förbindare enligt:

$$n_{\text{ef}} = \min \left\{ \begin{array}{l} n \\ n^{0,9} \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \end{array} \right.$$

där:

- n antalet skruvar eller dymlingar i raden
- a_1 avstånd mellan förbindarna, i mm
- d diameter hos skruvar eller dymlingar, i mm.

För laster vinkelrätt fiberriktningen bör effektivt antal förbindare sättas till $n_{\text{ef}} = n$ och för vinklar $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ mellan last- och fiberriktning, får linjär interpolation tillämpas.

För skruvade eller dymlade förband med stål mot trä kan reglerna i Avsnitt 10.3 användas.

10.6 Förband med träskruv

10.6.1 Tvärkraftsbelastade träskruvar

För träskruv med slät hals gäller följande:

- Reglerna i Avsnitt 10.2 kan användas, förutsatt att en effektiv diameter d_{ef} används för att ta hänsyn till den gängade delen av träskruven. d_{ef} ska användas när flytmomentkapaciteten och hållkanthållfastheten för den gängade delen bestäms. d ska användas för att bestämma centrum-, änd- och kantavstånd samt effektivt antal träskruvar.
- För $d \leq 6$ mm kan reglerna i Avsnitt 10.4.1 och 10.4.2 tillämpas.
- För $d > 6$ mm kan reglerna i Avsnitt 10.5 tillämpas.

Om den yttre gängdiametern är lika med halsdiametern och den släta halsen tränger in minst $4d$ i den spetsmottagande virkesdelen, kan d_{ef} sättas lika med diametern hos den släta halsen. I övriga fall bör d_{ef} sättas till 1,1 gånger inre gängdiametern.

10.6.2 Axiellt belastade träskruvar

Kapaciteten för ett axiellt belastat träskruvsförband bestäms som minimivärdet för följande brottmoder:

- utdragsbrott för träskruvens gängade del
- genomdragningsbrott för skruvhuvudet
- dragbrott i träskruven.

Brottnod 1:

Den karakteristiska utdragsbärförmågan $F_{ax,\alpha,Rk}$ för ett förband med axiellt belastade träskruvar med $6 \text{ mm} \leq d \leq 12 \text{ mm}$ och $0,6 \leq d_1/d \leq 0,75$, kan beräknas ur:

$$F_{ax,\alpha,Rk} = \frac{n_{ef} f_{ax,k} d \cdot \ell_{ef} \cdot k_d}{1,2 \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}$$

$$f_{ax,k} = 0,52 \cdot d^{-0,5} \ell_{ef}^{-0,1} \rho_k^{0,8}$$

$$k_d = \min \begin{cases} d/8 \\ 1 \end{cases}$$

där:

$f_{ax,k}$	karakteristisk utdragshållfasthet vinkelrätt mot fiberriktningen, i N/mm ²
d	yttre gängdiameter, i mm
d_1	inre gängdiameter, i mm
n_{ef}	effektivt antal träskruvar, se nedan
ℓ_{ef}	inträngningsdjup för den gängade delen, i mm
ρ_k	karakteristisk densitet för träet, i kg/m ³
α	vinkel mellan träskruvens axel och fiberriktningen, med $\alpha \geq 30^\circ$.

Då kraven på yttre och inre gängdiameter inte uppfylls, hänvisas till skruvtillverkarnas deklarerade värden.

Brottnod 2:

Den karakteristiska genomdragsbärförmågan $F_{ax,\alpha,Rk}$ för ett förband med axiellt belastade träskruvar, kan beräknas ur:

$$F_{ax,\alpha,Rk} = n_{ef} f_{head,k} d_h^2 \left(\frac{\rho_k}{\rho_a} \right)^{0,8}$$

där:

$f_{head,k}$ karakteristisk genomdragshållfasthet för träskruven enligt SS-EN 14592 för densiteten ρ_a , se värden i skruvtillverkarnas prestandadeklarerationer
 d_h träskruvshuvudets diameter, i mm.

Övriga beteckningar anges ovan för brottnod 1.

Brottnod 3:

Den karakteristiska dragbärförmågan $F_{t,Rk}$ för ett förband med axiellt belastade träskruvar, kan beräknas ur:

$$F_{t,Rk} = n_{ef} f_{tens,k}$$

där:

$f_{tens,k}$ är karakteristisk hållfasthet för träskruven vid dragbelastning enligt SS-EN 14592, se värden i skruvtillverkarnas prestandadeklarerationer.

För ett förband med en grupp av n träskruvar belastade med en kraftkomponent parallellt med skruvhalsen, är det effektiva antalet träskruvar:

$$n_{ef} = n^{0,9}$$

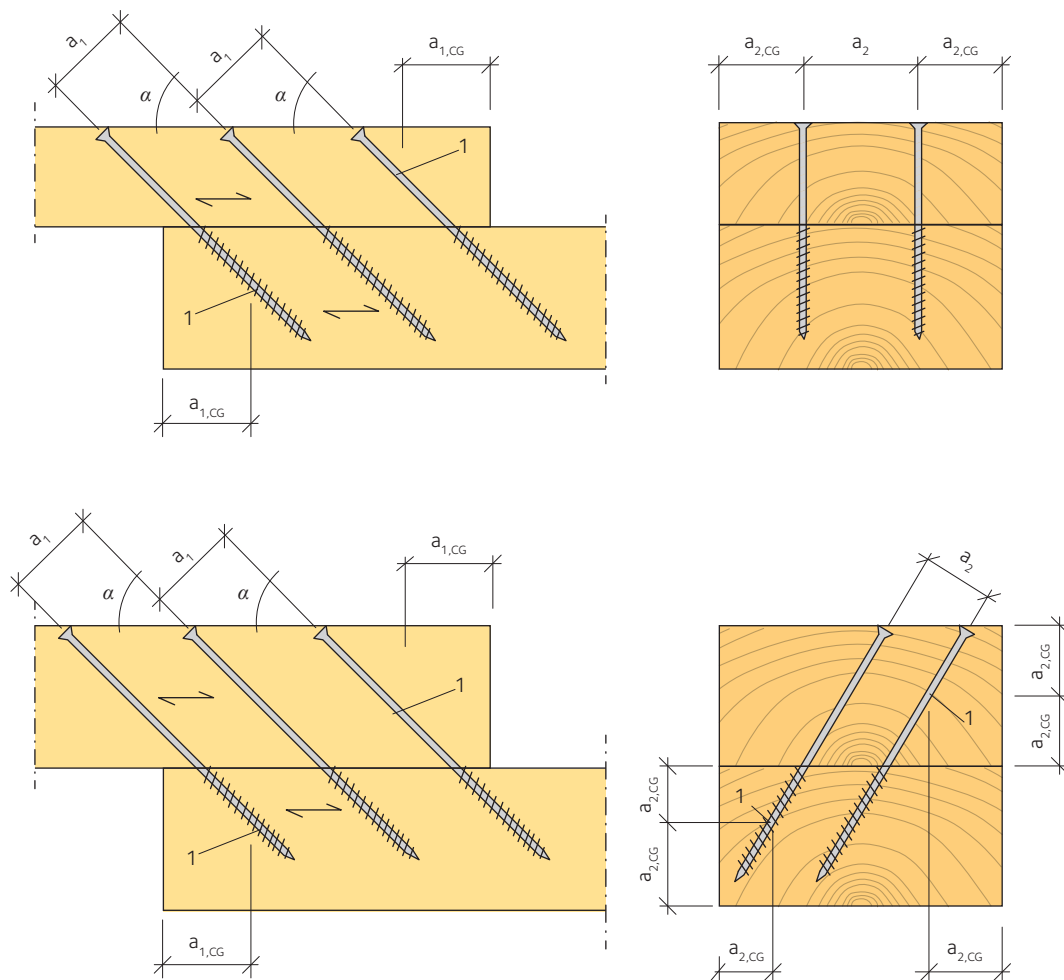
För kombinerad tvärkraft och axiell belastning i träskruvsförband kan interaktionsuttrycket för övriga spiktyper i Avsnitt 10.4.4 användas.

Tabell 10.6 Minsta centrumavstånd samt änd- och kantavstånd för axiellt belastade träskruvar.

Minsta centrumavstånd parallellt fiberriktningen	Minsta centrumavstånd vinkelrätt mot fiberriktningen	Minsta ändavstånd till tyngdpunkten för träskruven i respektive virkesdel	Minsta kantavstånd till tyngdpunkten för träskruven i respektive virkesdel
a_1	a_2	$a_{1,CG}$	$a_{2,CG}$
$7d$	$5d$	$10d$	$4d$

För beteckningar, se Figur 10.6.

Källa: Tabell enligt SS-EN 1995-1-1:2004, 8.7.2.



Förklaring 1: Tyngdpunkten för träskruven i respektive virkesdel.

Figur 10.6: Minsta centrumavstånd samt änd-/kantavstånd för axiellt belastade träskruvsförband.

11 Skivverkan i träregelväggar

11.1 Förenklad analysmetod A

Analysmetod A är endast tillämpbar på skivor med ändförankringar och då bredden för varje skiva är större än eller lika med $h/4$, där h är höjden på väggen, se Figur 11.1. Det förutsätts också att avståndet mellan förbindare är konstant längs varje enskild skivas kanter.

För en vägg med flera väggskivor ges den dimensionerande bärförmågan för horisontell belastning i skivans plan $F_{v,Rd}$ av:

$$F_{v,Rd} = \sum_i F_{i,v,Rd}$$

där:

$F_{i,v,Rd}$ är den dimensionerande bärförmågan mot horisontalbelastning av väggskivan i (med kraft $F_{i,v,Ed}$) som visas i Figur 11.1.

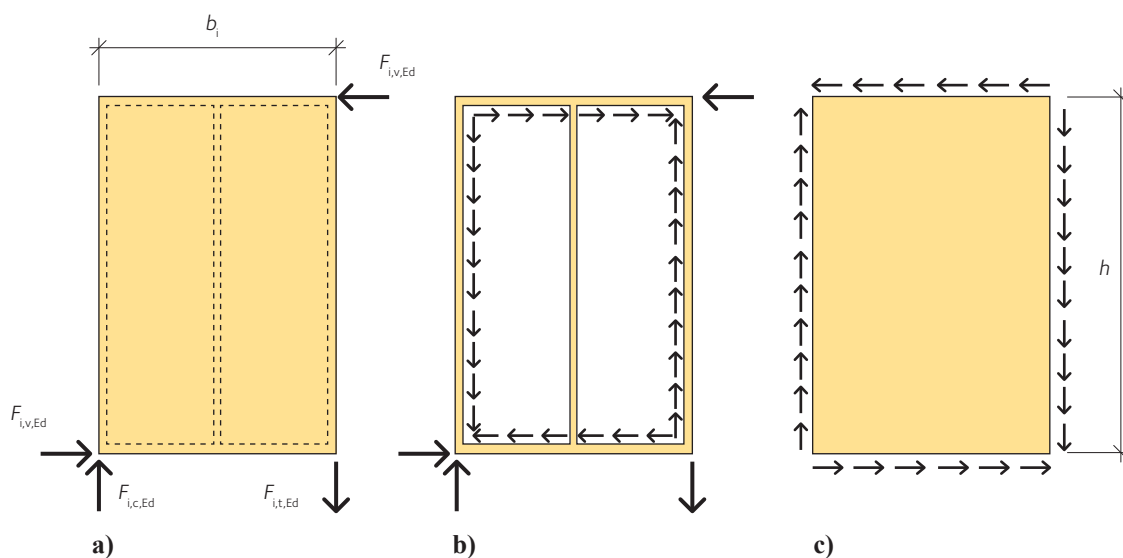
$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd} \cdot b_i c_i}{s}$$

där:

$F_{f,Rd}$ dimensionerande tvärkraftskapacitet för en enskild förbindare
 b_i bredd hos väggskiva i , se Figur 11.1
 s Inbördes avstånd mellan förbindare (konstant längs kanten av varje beklädnadsskiva)

$$c_i = \begin{cases} 1 & \text{om } b_i \geq b_0 = h/2 \\ \frac{b_i}{b_0} & \text{om } b_i < b_0 = h/2 \end{cases}$$

Väggskivor med dörr- eller fönsteröppningar antas inte bidra till bärförmågan vid horisontalbelastning i skivans plan.



Figur 11.1: Krafter verkande på a) väggskiva, b) regelstomme och c) beklädnaden på en väggskiva.

Reaktionerna $F_{i,c,Ed}$ och $F_{i,t,Ed}$ beräknas som:

$$F_{i,c,Ed} = F_{i,t,Ed} = \frac{F_{i,v,Ed} \cdot h}{b_i}$$

11.2 Förenklad analysmetod B

En mer generell metod som även tar hänsyn till bärförmågan för väggelement med öppningar och de positiva effekterna av vertikal last på väggskivorna, beskrivs i SS-EN 1995-1-1, 9.2.4.3.

12 Stagning

12.1 Enskilda element i tryck

Varje mellanliggande sidostöd som utnyttjas för stagning bör ha en minsta fjäderstyvhet C bestämd som:

$$C = k_s \frac{N_d}{a}$$

där:

k_s	modifieringsfaktor enligt Tabell 12.1
N_d	medelvärde för dimensionerande tryckkraft i det stagade elementet
a	facklängd, se Figur 12.1.

Dimensionerande stabiliserande kraft F_d vid varje sidostöd är:

$$F_d = \begin{cases} \frac{N_d}{k_{f,1}} & \text{för konstruktionsvirke} \\ \frac{N_d}{k_{f,2}} & \text{för limträ och fanerträ (LVL)} \end{cases}$$

där $k_{f,1}$ och $k_{f,2}$ är modifieringsfaktorer med värden enligt Tabell 12.1.

Detta uttryck kan även användas för den sidostabiliserande kraften F_d som krävs för den tryckta kanten av en rektangulär balk i böjning om tryckkraften bestäms på basis av:

$$N_d = (1 - k_{\text{crit}}) \frac{M_d}{h}$$

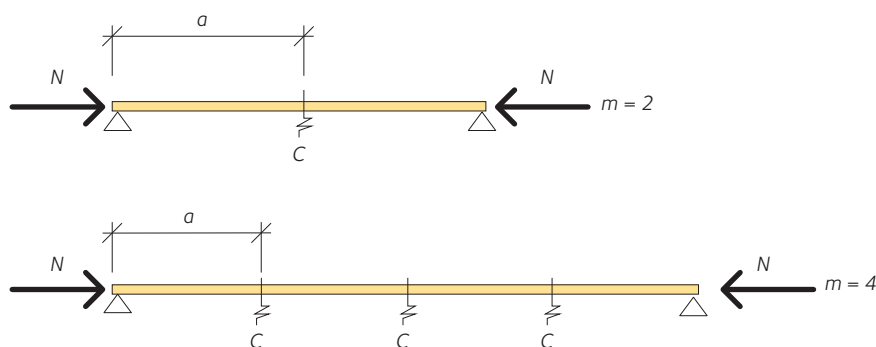
där:

M_d	maximivärde för dimensionerande böjmoment
h	balkhöjd
k_{crit}	faktor som tar hänsyn till effekten av vippning, se Avsnitt 4.

Tabell 12.1 Modifieringsfaktorer för dimensionering av stagningar.

Modifieringsfaktor	Värde
k_s	4
$k_{f,1}$	50
$k_{f,2}$	80
$k_{f,3}$	30

Källa: Tabell enligt SS-EN 1995-1-1:2004, 9.2.5.3.



Figur 12.1: Enskilda element i tryck stagade av sidostöd (C).

12.2 Stagning av balk- eller fackverkssystem

För en serie av n parallella element som tillsammans sidostagas av ett stabiliserande system, se Figur 12.2, kan dimensionerande stabiliserande last som verkar på stagningssystemet representeras av en jämnt fördelad last q_d som ges av:

$$q_d = k_\ell \frac{n \cdot N_d}{k_{f,3} \ell}$$

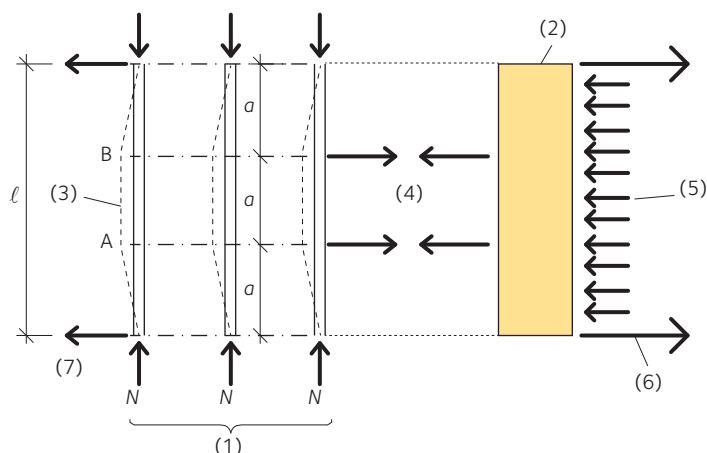
där:

$$k_\ell = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ \sqrt{\frac{15}{\ell}} \end{array} \right.$$

och:

N_d	medelvärde av dimensionerande tryckkraft i <u>ett</u> element
n	antalet element som ska stagas
ℓ	systemets spännvidd, i m, se Figur 12.2
$k_{f,3}$	modifieringsfaktor enligt Tabell 12.1.

Horisontell förskjutning hos det stagande systemet bör inte överstiga $\ell/500$, inklusive inverkan av yttre laster.



- 1) n element i systemet
- 2) stagning
- 3) horisontell förskjutning av systemet på grund av imperfektioner och av andra ordningens effekter
- 4) stabiliserande krafter
- 5) yttre laster som verkar på stagningen
- 6) reaktionskrafter på stagningen på grund av yttre laster
- 7) reaktionskrafter på balkar eller fackverk från stabiliserande krafter

Figur 12.2: System av balkar eller fackverk, stagat i sidled.

Symboler

Symboler i SS-EN 1995-1-1.

Symbol	Förklaring
Latinska versaler	
A	Tvärsnittsytta
A_{ef}	Effektiv area för kontaktytan mellan en spikplåt och det underliggande träet; effektiv kontaktyta vid tryck vinkelrätt mot fiberriktningen
A_f	Flänsens tvärsnittsarea
$A_{\text{net,t}}$	Nettotvårsnittsarea vinkelrätt fiberriktningen
$A_{\text{net,v}}$	Nettoskjuvarea parallellt fiberriktningen
C	Fjäderkonstant
$E_{0,05}$	Elasticitetsmodulens 5-procentsfraktil
E_d	Elasticitetsmodulens dimensioneringsvärde
E_{mean}	Elasticitetsmodulens medelvärde
$E_{\text{mean,fin}}$	Slutligt medelvärde på elasticitetsmodulen
F	Kraft
$F_{A,\text{Ed}}$	Dimensionerande kraft på en spikplåt verkande i den effektiva areans tyngdpunkt
$F_{A,\text{min,d}}$	Minsta dimensionerande kraft på en spikplåt verkande i den effektiva areans tyngdpunkt
$F_{\text{ax,Ed}}$	Dimensionerande axialkraft på en förbindare
$F_{\text{ax,Rd}}$	Dimensionerande värde för axiell utdragsbärförmåga för en förbindare
$F_{\text{ax,Rk}}$	Karakteristiskt värde för axiell utdragsbärförmåga för en förbindare
F_c	Tryckkraft
F_d	Dimensionerande kraft
$F_{d,\text{ser}}$	Dimensionerande kraft i bruksgränstillståndet
$F_{t,\text{Rd}}$	Dimensionerande bärförmåga per förbindare i ett väggelement
$F_{i,c,\text{Ed}}$	Dimensionerande reaktionskraft (tryck) i änden av en väggskena
$F_{i,t,\text{Ed}}$	Dimensionerande reaktionskraft (dragning) i änden av en väggskena
$F_{i,\text{vert,Ed}}$	Vertikal last på en vägg
$F_{i,v,\text{Rd}}$	Dimensionerande bärförmåga vid skivverkan för delelement i eller vägg i
F_{la}	Tvärgående last
$F_{M,\text{Ed}}$	Dimensionerande kraft från ett dimensionerande moment
F_t	Dragkraft
$F_{t,\text{Rk}}$	Karakteristiskt värde för dragbärförmågan hos ett förband
$F_{v,0,\text{Rk}}$	Karakteristisk bärförmåga för en skruv med mellanläggsbricka längs fiberriktningen

$F_{v,\text{Ed}}$	Dimensionerande tvärkraft per skjuvningsplan för en förbindare; horisontell dimensionerande kraft på en väggskena
$F_{v,\text{Rd}}$	Dimensionerande tvärkraftsbärförmåga per skjuvningsplan för en förbindare; dimensionerande tvärkraftsbärförmåga
$F_{v,\text{Rk}}$	Karakteristisk tvärkraftsbärförmåga per skjuvningsplan för en förbindare
$F_{v,w,\text{Ed}}$	Dimensionerande tvärkraft i balkliv
$F_{x,\text{Ed}}$	Dimensioneringsvärde för en kraft i x -riktningen
$F_{y,\text{Ed}}$	Dimensioneringsvärde för en kraft i y -riktningen
$F_{x,\text{Rd}}$	Dimensioneringsvärde för en plåts bärförmåga i x -riktningen
$F_{y,\text{Rd}}$	Dimensioneringsvärde för en plåts bärförmåga i y -riktningen
$F_{x,\text{Rk}}$	Plåtens karakteristiska bärförmåga i x -riktningen
$F_{y,\text{Rk}}$	Plåtens karakteristiska bärförmåga i y -riktningen
$G_{0,05}$	Skjuvmodulens 5-procentsfraktil
G_d	Skjuvmodulens dimensioneringsvärde
G_{mean}	Skjuvmodulens medelvärde
H	En takstols totala höjd
I_f	Flänsens tröghetsmoment
I_{tor}	Vridtröghetsmoment
I_z	Tröghetsmoment kring den vekare axeln
K_{ser}	Förskjutningsmodul
$K_{\text{ser,fin}}$	Slutlig förskjutningsmodul
K_u	Momentan förskjutningsmodul vid brottgränstillstånd
$L_{\text{net,t}}$	Tvårsnittareans nettobredd vinkelrätt mot fiberriktningen
$L_{\text{net,v}}$	Nettolängd av brottyta vid skjuvning
$M_{A,\text{Ed}}$	Dimensionerande moment på en spikplåt
$M_{\text{ap,d}}$	Dimensionerande moment i hjässzonen
M_d	Dimensionerande moment
$M_{y,\text{Rk}}$	Karakteristiskt flytmoment för en förbindare
N	Axialkraft
$R_{90,d}$	Dimensionerande fläkbärförmåga
$R_{90,k}$	Karakteristisk fläkbärförmåga
$R_{\text{ax,d}}$	Dimensionerande bärförmåga för ett axiellt belastat förband
$R_{\text{ax,k}}$	Karakteristisk bärförmåga för ett axiellt belastat förband

Källa: SS-EN 1995-1-1:2004, 1.6

$R_{ax,\alpha,k}$	Karacteristisk bärförmåga i en vinkel α mot fiberriktningen
R_d	Dimensionerande värde på bärförmåga
$R_{ef,k}$	Effektiv karakteristisk bärförmåga för ett förband
$R_{w,d}$	Dimensionerande tvärkraftsbärförmåga för en vägg
R_k	Karacteristisk bärförmåga
$R_{sp,k}$	Karacteristisk fläkbärförmåga
$R_{to,k}$	Karacteristisk bärförmåga för en tandbricka
$R_{v,d}$	Dimensionerande tvärkraftsbärförmåga för en vägg
V	Tvärkraft; volym
V_u, V_ℓ	Tvärkrafterna i övre respektive nedre delen av en balk med ett hål
W_y	Böjmotstånd kring y -axeln
X_d	Dimensionerande värde för en hållfasthetsegenskap
X_k	Karacteristiskt värde för en hållfasthetsegenskap
Latinska gemena	
a	Avstånd
a_1	Avstånd, parallellt fiberriktningen, mellan förbindare inom en rad
$a_{1,CG}$	Minsta ändavstånd till tyngdpunkten för träskruven i respektive virkesdel
a_2	Avstånd, vinkelrätt fiberriktningen, mellan rader av förbindare
$a_{2,CG}$	Minsta kantavstånd till tyngdpunkten för träskruven i respektive virkesdel
$a_{3,c}$	Avstånd mellan förbindare och obelastad ände
$a_{3,t}$	Avstånd mellan förbindare och belastad ände
$a_{4,c}$	Avstånd mellan förbindare och obelastad kant
$a_{4,t}$	Avstånd mellan förbindare och belastad kant
a_{bow}	Största initialkrokighet i en virkesdel i ett fackverk
$a_{bow,perm}$	Största tillåtna initialkrokighet i en virkesdel i ett fackverk
a_{dev}	Största placeringsavvikelse för ett fackverk
$a_{dev,perm}$	Största tillåtna placeringsavvikelse för ett fackverk
b	Bredd
b_i	Bredd hos skiva i eller vägg i
b_{net}	Fritt avstånd mellan väggreglar
b_w	Livets bredd
d	Diameter; gångans ytterdiameter
d_1	Diameter för centrumhålet hos en mellanläggsbricka; gångans innerdiameter
d_c	Mellanläggsbrickans diameter
d_{ef}	Effektiv diameter

d_h	Förbindarens huvuddiameter
$f_{h,i,k}$	Karacteristisk hållkanthållfasthet för trädel i
$f_{a,0,0}$	Karacteristisk förankringshållfasthet per ytenhet för $\alpha = 0^\circ$ och $\beta = 0^\circ$
$f_{a,90,90}$	Karacteristisk förankringshållfasthet per ytenhet för $\alpha = 90^\circ$ och $\beta = 90^\circ$
$f_{a,\alpha,\beta,k}$	Karacteristisk förankringshållfasthet
$f_{ax,k}$	Karacteristisk utdragshållfasthet för spetsändan för en spik; karakteristisk utdragshållfasthet
$f_{c,0,d}$	Dimensionerande tryckhållfasthet längs fiberriktningen
$f_{c,w,d}$	Dimensionerande tryckhållfasthet hos balkliv
$f_{t,c,d}$	Dimensionerande tryckhållfasthet hos balkfläns
$f_{c,90,k}$	Karacteristisk tryckhållfasthet vinkelrätt mot fiberriktningen
$f_{t,t,d}$	Dimensionerande draghållfasthet hos balkfläns
$f_{h,k}$	Karacteristisk hållkanthållfasthet
$f_{head,k}$	Karacteristisk genomdragshållfasthet för förbindare
f_1	Lägsta egenfrekvens
$f_{m,k}$	Karacteristisk böjhållfasthet
$f_{m,y,d}$	Dimensionerande böjhållfasthet kring y -axeln (huvudaxel)
$f_{m,z,d}$	Dimensionerande böjhållfasthet kring z -axeln (huvudaxel)
$f_{m,\alpha,d}$	Dimensionerande böjhållfasthet i vinkeln α mot fiberriktningen
$f_{t,0,d}$	Dimensionerande draghållfasthet längs fiberriktningen
$f_{t,0,k}$	Karacteristisk draghållfasthet längs fiberriktningen
$f_{t,90,d}$	Dimensionerande draghållfasthet vinkelrätt mot fiberriktningen
$f_{t,w,d}$	Dimensionerande draghållfasthet hos balkliv
$f_{u,k}$	Karacteristisk draghållfasthet för skruv
$f_{v,0,d}$	Dimensionerande panelskjuvhållfasthet
$f_{v,\alpha,\alpha,k}$	Karacteristisk utdragshållfasthet i vinkel α mot fiberriktningen
$f_{v,\alpha,\alpha,k}$	Karacteristisk utdragshållfasthet vinkelrätt mot fiberriktningen
$f_{v,d}$	Dimensionerande skjuvhållfasthet
h	Höjd; vägghöjd
h_{ap}	Hjässzonens höjd
h_d	Håldjup
h_e	Inträngningsdjup; avstånd till belastad kant
h_{ef}	Effektiv höjd
$h_{t,c}$	Höjd hos tryckt fläns
$h_{t,t}$	Höjd hos dragen fläns

Källa: SS-EN 1995-1-1:2004, 1.6

h_{rl}	Avstånd från hålets undre kant till elementets underkant
h_{ru}	Avstånd från hålets övre kant till elementets överkant
h_w	Livhöjd
i	Vinkel på urtag
$k_{c,y}, k_{c,z}$	Instabilitetsfaktor
k_{cr}	Sprickfaktor för tvärkraftsbärförmåga
k_{crit}	Faktor som används vid beräkning av vippning
k_d	Dimensionsfaktor för skiva
k_{def}	Deformationsfaktor
k_{dis}	Korrektionsfaktor som tar hänsyn till spänningsfördelningen i hjässzonen
$k_{f,1}, k_{f,2}, k_{f,3}$	Korrektionsfaktorer för bärförmåga hos stagningar
k_h	Höjdfaktor
$k_{l,q}$	Faktor för utbredd last
k_m	Faktor som tar hänsyn till omfördelning av böjspänningar i ett tvärsnitt
k_{mod}	Lastvaraktighets- och fuktfaktor
k_n	Faktor för väggs beklädnad
k_r	Reduktionsfaktor
$k_{R,red}$	Reduktionsfaktor för bärförmåga
k_s	Faktor för avstånd mellan förbindare; korrektionssfaktor för fjäderkonstant
$k_{s,red}$	Reduktionsfaktor för inbördes avstånd
k_{shape}	Faktor beroende på tvärsnittets form
k_{sys}	Faktor för bärförmåga hos ett system
k_v	Reduktionsfaktor för balkar med urtag
k_{vol}	Volymfaktor
k_y eller k_z	Instabilitetsfaktor
$\ell_{a,min}$	Minsta förankringslängd för en inlimmad skruv
ℓ	Spännvidd; kontaktlängd
ℓ_A	Avstånd från ett hål till elementupplagets centrumlinje
ℓ_{ef}	Effektiv längd; effektiv fördelningslängd
ℓ_v	Avstånd från ett hål till elementets ände
ℓ_z	Centrumavstånd mellan hål
m	Massa per ytenhet
n_{40}	Antal frekvenser under 40 Hz
n_{ef}	Effektivt antal förbindare
p_d	Utbredd last
q_i	Ekvivalent jämnt utbredd last
r	Krökningsradie
s	Avstånd/delning
s_0	Basavstånd mellan förbindare
r_{in}	Innerradie

t	Tjocklek
t_{pen}	Inträngning
u_{creep}	Krypdeformation
u_{fin}	Slutlig deformation
$u_{fin,G}$	Slutlig deformation för permanent last G
$u_{fin,Q,1}$	Slutlig deformation för den variabla huvudlasten Q_1
$u_{fin,Q,i}$	Slutlig deformation för samhörande variabla laster Q_i
u_{inst}	Momentan deformation
$u_{inst,G}$	Momentan deformation för permanent last G
$u_{inst,Q,1}$	Momentan deformation för den variabla huvudlasten Q_1
$u_{inst,Q,i}$	Momentan deformation för samhörande variabla laster Q_i
w_c	Överhöjning
w_{creep}	Krypnedböjning
w_{fin}	Slutlig nedböjning
w_{inst}	Momentan nedböjning
$w_{net,fin}$	Slutlig nettonedböjning
v	Impulshastighetsrespons
Grekiska gemena	
α	Vinkeln mellan x-riktningen och kraften i en spikplåt; vinkeln mellan kraft och fiberriktning; vinkeln mellan lastens angrepp och den belastade kanten (eller änden)
β	Vinkeln mellan fiberriktningen och kraften för en spikplåt
β_c	Rakhetsfaktor
γ	Vinkel mellan x-riktningen för en spikplåt och tråelementets huvudriktning
γ_M	Partialkoefficient för materialegenskaper, tar också hänsyn till osäkerheter i beräkningsmodell och måttavvikelser
λ_y	Slankhetstal svarande mot böjning kring y-axeln
λ_z	Slankhetstal svarande mot böjning kring z-axeln
$\lambda_{rel,y}$	Relativt slankhetstal svarande mot böjning kring y-axeln
$\lambda_{rel,z}$	Relativt slankhetstal svarande mot böjning kring z-axeln
ρ_k	Karakteristisk densitet
ρ_m	Medeldensitet
$\sigma_{c,0,d}$	Dimensionerande tryckspänning längs fiberriktningen
$\sigma_{c,\alpha,d}$	Dimensionerande tryckspänning i vinkeln α mot fiberriktningen
$\sigma_{f,c,d}$	Medelvärde för dimensionerande tryckspänning i fläns

Källa: SS-EN 1995-1-1:2004, 1.6

$\sigma_{f,c,max,d}$	Dimensionerande tryckspänning i flänsens yttersta fiber
$\sigma_{f,t,d}$	Medelvärde för dimensionerande dragspänning i fläns
$\sigma_{f,t,max,d}$	Dimensionerande dragspänning i flänsens yttersta fiber
$\sigma_{m,crit}$	Kritisk böjspänning
$\sigma_{m,y,d}$	Dimensionerande böjspänning kring y-axeln (huvudaxel)
$\sigma_{m,z,d}$	Dimensionerande böjspänning kring z-axeln (huvudaxel)
$\sigma_{m,\alpha,d}$	Dimensionerande böjspänning i vinkeln α mot fiberriktningen
σ_N	Normalspänning
$\sigma_{t,0,d}$	Dimensionerande dragspänning längs fiberriktningen
$\sigma_{t,90,d}$	Dimensionerande dragspänning vinkelrätt fiberriktningen
$\sigma_{w,c,d}$	Dimensionerande tryckspänning i balkliv
$\sigma_{w,t,d}$	Dimensionerande dragspänning i balkliv
τ_d	Dimensionerande skjuvspänning
$\tau_{F,d}$	Dimensionerande förankringsspänning av axiell kraft
$\tau_{M,d}$	Dimensionerande förankringsspänning av moment
$\tau_{tor,d}$	Dimensionerande skjuvspänning av vridning
ψ_0	Faktor för kombinationsvärde av variabla laster
ψ_1	Faktor för frekvent värde på variabel last
ψ_2	Faktor för kvasipermanent värde på variabel last
ζ	Relativ dämpning

Källa: SS-EN 1995-1-1:2004, 1.6

Friskrivningar

Genom att använda innehållet i *Dimensionering av träkonstruktioner Del 1–3* godkänner du nedan angivna användarvillkor. All information i *Dimensionering av träkonstruktioner Del 1–3* tillhandahålls endast i informationssyfte och ska inte anses vara en rådgivande eller professionell relation med läsaren.

All information tillhandahålls i befintligt skick och utan någon form av garanti, i den utsträckning som tillåts av gällande lag. Även om utgivaren i rimlig omfattning försöker tillhandahålla tillförlitlig information i *Dimensionering av träkonstruktioner Del 1–3*, garanterar inte utgivaren att innehållet är fritt från felaktigheter, misstag och/eller avsaknad av information eller att innehållet är aktuellt och relevant för användarens behov.

Utgivaren, Föreningen Sveriges Skogsindustrier, lämnar ingen garanti för några resultat som härrör från nyttjandet av informationen som finns i *Dimensionering av träkonstruktioner Del 1–3*. All användning av information i *Dimensionering av träkonstruktioner Del 1–3* sker på eget ansvar och på egen risk.

Rättigheterna till innehållet i *Dimensionering av träkonstruktioner Del 1–3* tillkommer Föreningen Sveriges Skogsindustrier. Innehållet skyddas enligt upphovsrättslagen. Missbruk beivras. Kopiering av innehållet är förbjuden.

Föreningen Sveriges Skogsindustrier tar inte något ansvar för skada som må orsakas på grund av innehållet i *Dimensionering av träkonstruktioner Del 1–3*.

Publikationer och hemsidor från Svenskt Trä

Publikationer om trä

Beställ via www.svenskttra.se/publikationer.



Att välja trä

Samlad information om materialet trä. 120 sidor. Format A4.



Dimensionering av träkonstruktioner i tre delar

1. Projektering av träkonstruktioner. 316 sidor.
 2. Regler och formler enligt Eurokod 5. 64 sidor.
 3. Exempel. 64 sidor.
- Format A4.



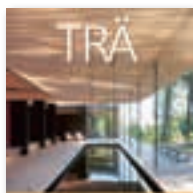
Lathunden

En hjälpreda vid dimensionering och virkesåtgång. 76 sidor. Format A6. Finns även som app. Sök efter Lathunden i App Store, Google Play eller Windows Phone Store och ladda ner.



Hantera virket rätt

Folder och etikett i färg som beskriver hur man lagrar trä på byggarbetsplatsen. 6 sidor och etikett. Format A4.



Trä – ett medvetet val

Om träets miljöfördelar och argument. 12 sidor. Format 210 x 210 mm.



Guide för handelssortering och hållfasthetsklasser

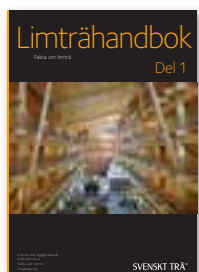
12 sidor. Format A4.

Handelssortering

En hjälpreda om sågade trävaror i Europa enligt SS-EN 1611-1. 60 sidor. Format A5.

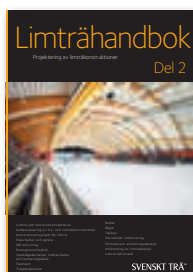
Publikationer om limträ

Beställ via www.svenskttra.se/publikationer.



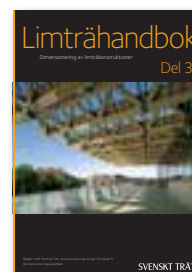
Limträhandbok Del 1

Fakta om limträ och vägledning vid projektering. 88 sidor. Format A4.



Limträhandbok Del 2

Konstruktionsberäkningar för statisk dimensionering av limträ. 268 sidor. Format A4.



Limträhandbok Del 3

Beräkningsexempel för de vanligaste limträkonstruktionerna. 224 sidor. Format A4.



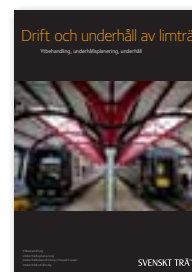
Limträ PocketGuide

Samlad information om limträ. 36 sidor. Format A6.



Hantera limträ rätt

Folder och snabbguide i färg som beskriver hur man lagrar limträ på byggarbetsplatsen. 6 sidor och etikett. Format A4.



Drift och underhåll av limträ

Folder som beskriver ytbehandling och underhåll av limträ. 6 sidor. Format A4.

Hemsidor



www.svenskttra.se



www.traguiden.se



www.svenskttra.se/limtra



www.traradhuset.se



För mer information om trä:
www.svenskttra.se

SVENSKT TRÄ™

Svenskt Trä verkar för kunskapsspridning, inspiration och utveckling som rör trä, träprodukter och träbyggande. Målsättningen är att genom information och inspiration öka träanvändningen i Sverige och på utvalda marknader utomlands. Svenskt Trä syftar också till att lyfta fram trä som ett konkurrenskraftigt, miljövänligt och hållbart material.

Svenskt Trä är en verksamhet inom branschorganisationen **Skogsindustrierna**. Bakom Svenskt Trä står svensk sågverks- och limträindustri.

© Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2016.

Box 55525
102 04 Stockholm
Tel: 08-762 72 60
Fax: 08-762 79 90
info@svenskttra.se
svenskttra.se

ISBN 978-91-981922-7-8



7 350009 430937 >