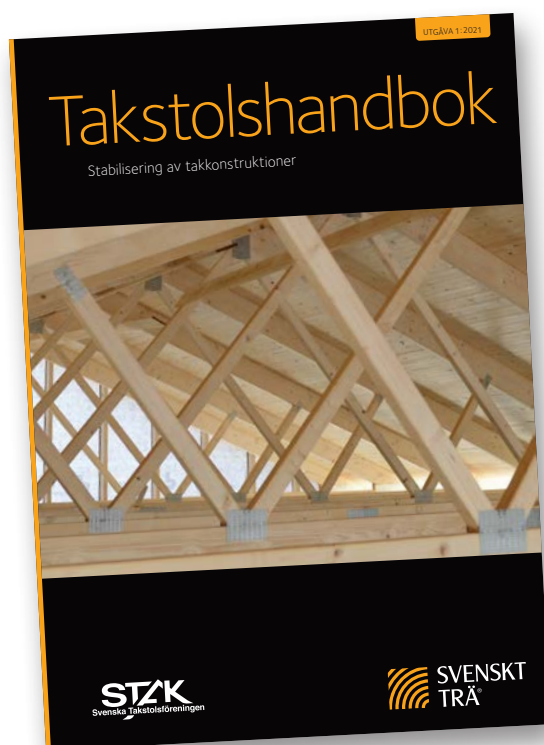


Takstolshandbok

Stabilisering av takkonstruktioner





Takstolshandbok är ett resultat av ett samarbete mellan branschorganisationerna Svenska Takstolsföreningen, STAK, och Svenskt Trä. *Takstolshandbok* utgör en del i Svenskt Träs satsning på handböcker för byggande i trä. Andra handböcker som givits ut är:

- *Dimensionering av träkonstruktioner Del 1*, som behandlar projektering av träkonstruktioner.
- *Dimensionering av träkonstruktioner Del 2*, som innehåller regler och formler enligt Eurokod 5.
- *Dimensionering av träkonstruktioner Del 3*, som ger ett antal dimensioneringsexempel för olika träkonstruktioner.
- *Limträhandbok Del 1*, som behandlar fakta om limträ och vägledning vid projektering.
- *Limträhandbok Del 2*, som innehåller konstruktionsberäkningar för statisk dimensionering av limträ.
- *Limträhandbok Del 3*, som ger ett antal beräkningsexempel för de vanligaste limträkonstruktionerna.
- *Limträhandbok Del 4*, som behandlar planering och montage av limträkonstruktioner.
- *KL-trähandbok*, som behandlar fakta om korslimmat trä och vägledning vid projektering.

För ytterligare kunskap, information och praktiska anvisningar om trä, limträ, KL-trä 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!

Information om trä, limträ, KL-trä och träbyggande finns också på www.svenskttra.se.

Stockholm, april 2021

Johan Fröbel och Petter Werner
Svenskt Trä

Niklas Bjärholm, Mats Lindblom och Stefan Nilsson
Svenska Takstolsföreningen, STAK

Förord

Avsikten med *Takstolshandbok* är att hjälpa konstruktörer och projektörer att dimensionera och projektera takkonstruktioner med takstolar av trä. *Takstolshandbok* beskriver takstolar av trä och utförandet av olika takkonstruktioner i trä. *Takstolshandbok* ger bakgrund och vägledning gällande stabilisering av takkonstruktioner med takstolar av trä. *Takstolshandbok* belyser också några av de många tillämpningar där trätakstolar används idag. Handboken riktar sig huvudsakligen till konstruktörer och projektörer men även studenter, byggentreprenörer och andra aktörer inom byggprocessen.

Takstolshandbok refererar huvudsakligen till europeiska konstruktionsstandarder och Eurokoder som är gemensamma dimensioneringsregler för byggnadsverk vid verifiering av bärförmåga, stadga och beständighet. Till Eurokoderna har nationella val gjorts som utgår från medlemsstaternas olika förutsättningar avseende geologi, klimat och kulturella förutsättningar. Dessa nationella val för Sverige anges i Boverkets föreskrifter om tillämpning av europiska konstruktionsstandarder, EKS 11 (BFS 2019:1). I EKS 11 finns även övergripande regler om säkerhet, kontroll, dokumentation och ändring av byggnader.

Där svenska EKS 11 saknar regler eller presenterar ifrågasatta dimensioneringsmetoder har andra metoder föreslagits. Vid beräkning av trätakstolars egenskaper och bärförmåga i olika sammanhang har därför metoder som baserar sig på forskning och praxis använts.

Tolkningen av byggregler, forskningsrapporter, industriella dokument och motsvarande är gjord av författarna och avsikten är att förmedla den gällande praxis som används vid dimensionering. Det presenterade materialet är avsett att fungera som vägledning; det slutgiltiga ansvaret för dimensionering och utformningen ligger alltid hos konstruktören.

Skellefteå, april 2021

Anders Gustafsson
RISE Research Institutes of Sweden AB

Fackverkstakstolar till garagebygge under montage.



Innehållsförteckning

Bakgrund 7

- 1.1 Introduktion 7
- 1.2 Dimensionering och beräkningsgrunder 8
- 1.3 Laster och lastfall 14
- 1.4 Skötsel av takkonstruktioner 19

Trä och miljö 21

- 2.1 Trä och virkeskvaliteter 21
- 2.2 Limträ 28
- 2.3 Fanerträ 30
- 2.4 Miljö 30

Takstolar 34

- 3.1 Virke till takstolar 34
- 3.2 Spikplåtar, beslag och fästdon 35
- 3.3 Tillverkning, kontroll och ansvar 39
- 3.4 Transporter 40
- 3.5 Hantering av takstolar på byggarbetsplatsen 40
- 3.6 Montage 44

Takstolstyper 48

- 4.1 Takstolstyper 48
- 4.2 Val av takkonstruktion 52
- 4.3 Takfotsutförande 56
- 4.4 Anslutningar av tak för vinkelbyggnader 57
- 4.5 Avväxlingar 60
- 4.6 Träbjälkar 63

Stabilisering av takkonstruktion 71

- 5.1 Horisontell stabilisering 71
- 5.2 Global stabilisering 72
- 5.3 Principer för stagning av konstruktioner 73
- 5.4 Principer för stabilisering av tak 75
- 5.5 Överslagsberäkning 79
- 5.6 Kontroll av styvheten hos takstolens överram 82

Stabilisering av fackverkstakstolar 84

- 6.1 Principer för stabilisering av fackverkstakstolar 84
- 6.2 Stabilisering med dragband 86
- 6.3 Förankring av takstolar 88
- 6.4 Knäckavstyvning av diagonaler 91
- 6.5 Projektering och detaljer 93
- 6.6 Valmat tak 98

Stabilisering av ramverkstakstolar 101

- 7.1 Principer för stabilisering av ramverkstakstolar 101
- 7.2 Utförande och montage 102
- 7.3 Förankring och detaljer 104

Stabilisering med skivor 107

- 8.1 Principer för stabilisering med skivor 107
- 8.2 Dimensionering av takskivor 111

Exempel 1: Stabilisering med dragband och parallellfackverk ¹²⁰

- 9.1 Konstruktion, mått och dimensioneringsunderlag ¹²⁰
- 9.2 Laster ¹²¹
- 9.3 Generellt ¹²³
- 9.4 Stabilisering av tak ¹²³
- 9.5 Dimensionerande krafter ¹²⁶
- 9.6 Kontroll av material ¹²⁶
- 9.7 Kontroll av infästningar ¹²⁸
- 9.8 Kontroll av styvhet ¹³⁰

Exempel 2: Stabilisering av tak med takplywoodskivor ¹³²

- 10.1 Konstruktion, mått och dimensioneringsunderlag ¹³²
- 10.2 Laster ¹³³
- 10.3 Generellt ¹³⁴
- 10.4 Kontroll av yttertaksskiva vid samverkan vind mot gavel och tryckt överram ¹³⁶

Symboler ¹⁴⁰

Referenser ¹⁴⁴

Friskrivningar ¹⁴⁵

Publikationer och hemsidor från Svenskt Trä ¹⁴⁷

Bakgrund

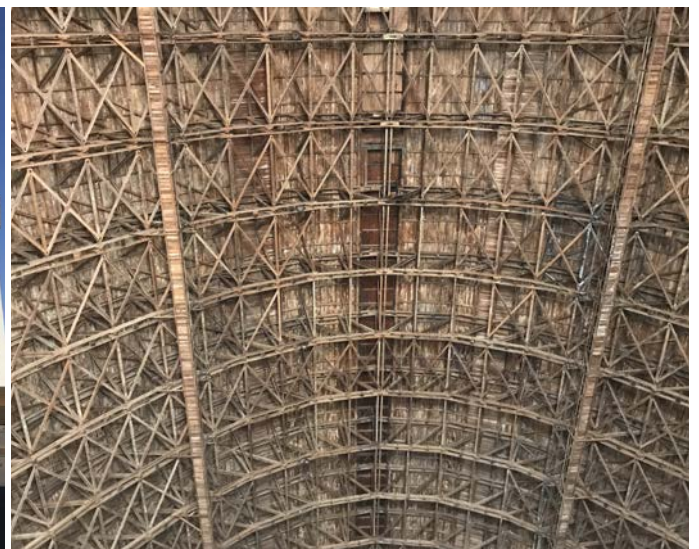
1.1 Introduktion

Takstolen är en del av den bärande konstruktionen i ett yttertak. I sin enklaste form består den av två mot varandra lutande virkesdelar av konstruktionsvirke, som sammanfogas i taknock och sammanbinds nertill av takstolens underram. Takstolar kan byggas upp som fackverks- eller ramverkskonstruktioner. Vilken typ av konstruktion och vilka virkesdimensioner som är lämpligast att använda bestäms av takets storlek, form och yttre förhållanden.

Konstruktioner av trä har under hundratals år använts till tak för olika typer av byggnader. I förhållande till sin vikt är trä ett av de starkaste konstruktionsmaterialen och passar väl till både stora och små takkonstruktioner. Från början användes grova dimensioner med enkla sammanbindningar i form av dymlingar. I slutet av 1800-talet utvecklades olika typer av förbindningar av stål vilket var en start i att optimera takkonstruktionerna. Under många år spikades takstolarna ihop med hjälp av laskar av trä.

Takstolar tillverkas numera industriellt som färdiga byggkomponenter och är märkta enligt gällande standarder. Delarna sammanfogas med spikplåtar som pressas in i träet vid knutpunkterna. Tekniken kan användas för prefabricering för alla typer av bärande trärelement. Vid dimensionering av takstolar används utvecklade takstolsberäkningsprogram baserade på SS-EN 1995-1-1.

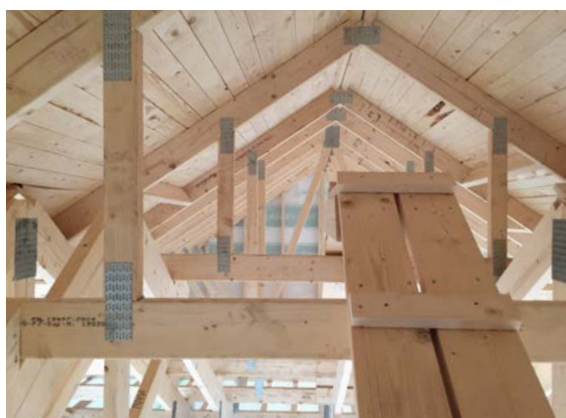
- 1.1 Introduktion 7
- 1.2 Dimensionering och beräkningsgrunder 8
 - 1.2.1 Lasteffekter 9
 - 1.2.2 Säkerhetsklasser 10
 - 1.2.3 Lastvaraktighets- och klimatklasser 11
 - 1.2.4 Dimensionerande bärförmåga och styvhet 12
- 1.3 Laster och lastfall 14
 - 1.3.1 Egentyngd 14
 - 1.3.2 Snölast 15
 - 1.3.3 Vindlast 16
 - 1.3.4 Nyttig last 16
 - 1.3.5 Laster på takkonstruktion under uppförandefasen 17
- 1.4 Skötsel av takkonstruktioner 19
 - 1.4.1 Snöskottning av tak 19



Hangar för zeppelinare byggd på 1940-talet. Takkonstruktionen av träfackverk.



Äldre typ av takstol.



Modern takstol.



Fackverkskonstruktion vid brobyggande.

Den första utstansade pressplåten togs fram av A. Carrol Sandford i Florida, 1952. Han var en av pionjärerna i det så kallade "two by four"-byggandet i USA. Det innebar också starten för industriell tillverkning av takstolar i Sverige. I början av 1960-talet köptes den första takstolspressen från USA av en svensk småhustillverkare. I köpet ingick även ensamrätten för användandet av deras design för pressplåtar i Sverige. De första dimensioneringsreglerna för prefabricerade takstolar kom till 1968 och genomarbetade dimensioneringsregler var färdiga 1974.

Idag finns det cirka 70 takstolstillverkare i Sverige som industriellt tillverkar bärande takstolar av trä. Totalt tillverkas 600 000 – 700 000 industriellt tillverkade takstolar per år i Sverige. Takstolar och träfackverk är idag en optimerad ingenjörprodukt och har i alla sina former stor betydelse för utvecklingen av byggandet för såväl småhus, flervåningshus, skolor, daghem, industribyggnader, offentliga byggnader, hallbyggnader och kontorsbyggnader, som för väg-, gång- och cykelbroar och bärande form vid brobyggande.

1.2 Dimensionering och beräkningsgrunder

Vid all dimensionering är det nödvändigt att det finns marginal mellan de påkänningar som uppkommer på grund av påförda laster och de påkänningar materialen klarar av att bära. Det finns ett antal osäkerheter som måste beaktas:

- Fel vid projektering och byggande.
- Osäkerhet i lastnivåer.
- Osäkerhet i materialet.

Exempelvis kan man på byggarbetsplatsen placera takstolarna med för stort centrumavstånd, snölasten kan vara något högre än normens värde eller att konstruktionsvirket inte helt når upp till förutsatt hållfasthetsklass. Vid konstruerandet och byggandet måste byggnormerna beakta att avvikelser enligt ovan uppstår. Dock är det inte rimligt att normen ger säkerhet mot extrema avvikelser eller mot att flertal stora avvikelser uppträder samtidigt.

Grunden vid dimensionering av konstruktioner med hjälp av partialkoefficientmetoden är att verifiera att dimensioneringsvärdet för lasteffekt E_d för ett specifikt konstruktionselement är mindre än bärförmågans dimensioneringsvärde R_d :

$$E_d \leq R_d$$

där:

E_d är dimensioneringsvärdet för lasteffekt såsom inre kraft, moment eller en vektor som representerar flera inre krafter eller moment.

R_d är dimensioneringsvärdet för motsvarande bärförmåga.

Konstruktioner i trä ska beräknas och dimensioneras enligt gällande normer. Eurokoderna utgör tillsammans med Boverkets konstruktionsregler, EKS, de svenska konstruktionsreglerna för verifiering av bär-förmåga, stadga och beständighet hos byggnadsverk. I EKS anges Sveriges nationellt valda parametrar som gäller vid användningen av Eurokoderna. De nationella valen baseras exempelvis på olika nationella förutsättningar avseende geologi, klimat, levnadssätt och säkerhetsnivåer.

Normerna baseras på partialkoefficientmetoden, som är den beräk-ningsmetod som tillämpas för bärande konstruktioner i de flesta länder i Europa. Metoden innebär att konstruktionerna kontrolleras i två gränstillstånd – brottgränstillståndet och bruksgränstillståndet. Med gränstillstånd menas ett tillstånd i vilket en konstruktion eller en konstruktionsdel nått och jämnt uppfyller ställda krav.

I brottgränstillståndet kontrolleras att konstruktionerna har till-räcklig säkerhet mot brott. I bruksgränstillståndet kontrolleras att konstruktionen inte får deformationer av sådan storlek att de inte uppfyller de funktionskrav som ställs på konstruktionerna.

Dimensionering enligt Eurokoderna förutsätter att:

- Konstruktionerna utformas av kvalificerade och erfarna personer.
- Industri, verkstäder och byggarbetsplatser är underkastade till-fredsställande tillverkningskontroll.
- Byggnadsmaterial och produkter används så som föreskrivs i Eurokoderna eller i relevanta material- eller produktbeskrivningar.
- Byggnaden underhålls.
- Byggnaden används i överensstämmelse med vad som förutsatts vid projekteringen.

1.2.1 Lasteffekter

Med lasteffekt avser man till exempel deformationer, moment, tvär-kraft eller annan snittstorhet förorsakad av last. Den dimensione-rande lasteffekten bestäms med utgångspunkt från dimensionerings-värden för aktuella laster, placerade i ogynnsammaste lastställning. Vanligtvis dimensioneras en konstruktion inte för en enskild last utan för olika lastkombinationer. Med utgångspunkt från en huvud-last (med sitt fulla värde) som kombineras med möjliga andra laster (med reducerade värden) fås ett dimensionerande lastfall. Reducerade laster erhålls genom att det karakteristiska värdet Q_k reduceras med faktorerna ψ_0 , ψ_1 och ψ_2 som beskrivs enligt följande:

- Kombinationsvärdet ($\psi_0 Q_k$), används för verifiering i brottgränstill-stånd, och för de karakteristiska kombinationerna för irreversibelt bruksgränstillstånd, (följderna av att lasterna överskrider ett visst bruksgränskrav består när lasterna upphör att verka).
- Frekventa värdet ($\psi_1 Q_k$), används för verifiering i brottgränstill-stånd för olyckslaster och för reversibelt bruksgränstillstånd. Det frekventa värdet överskrids ungefär en procent av tiden.
- Kvasipermanenta värdet ($\psi_2 Q_k$), används för att uppskatta långtids-verkan i bruksgränstillstånd, såsom nedböjningar eller sprickbild-ning, och för att beakta variabel last i olycksfallskombinationer i brottgränstillstånd. Det kvasipermanenta värdet motsvarar den variabla lastens tidsmedelvärde.



Takras där dimensionerande snölasten överskridits.

Faktorn ψ_2 kan även ses som en faktor som omvandlar kortvariga laster till motsvarande permanenta laster vid dimensionering av långtidseffekter såsom krypning. SS-EN 1990 definierar kombinationsregler för laster för olika dimensioneringssituationer och Boverkets konstruktionsregler, EKS, anger nationellt valda värden för Sverige. Följande generella *ekvation 1.1* gäller till exempel för dimensionering vid varaktiga eller tillfälliga dimensioneringssituationer i brottgränstillstånd:

$$1.1 \quad E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \cdot \gamma_{G,j} + Q_{k,1} \cdot \gamma_{Q,1} + \sum_{i > 1} Q_{k,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot \gamma_{Q,i}$$

där:

- E_d är dimensionerande värde för lasteffekten.
- $G_{k,j}$ är karakteristiskt värde för den permanenta lasten j .
- $\gamma_{G,j}$ är partialkoefficient för den permanenta lasten j .
- $Q_{k,1}$ är karakteristiskt värde för en variabel huvudlast.
- $\gamma_{Q,1}$ är partialkoefficienten som tillhör $Q_{k,1}$.
- $Q_{k,i}$ är karakteristiskt värde för den samverkande variabla lasten i .
- $\psi_{0,i}$ är reduktionsfaktor för kombinationsvärde för variabel last i .
- $\gamma_{Q,i}$ är partialkoefficient för den variabla lasten i .



Pågående byggprojekt med fackverkstakstolar.

1.2.2 Säkerhetsklasser

För olika typer av byggnader är risken för att brott i konstruktionen ska medföra allvarliga personskador olika beroende på vad byggnaden används till och för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsdelens funktion. Risken är exempelvis större för personskada vid böjbrott i en takbalk än vid böjbrott i en väggregel och risken är större om balken bär upp taket över en sporthall än om den sitter i ett virkesmagasin.

I Sverige beaktar man dessa skillnader genom att bärande konstruktioner hänförs till olika säkerhetsklasser, beroende på vilka konsekvenser ett brott i konstruktionen för med sig. Indelning i säkerhetsklasser är ett svenskt nationellt val till Eurokoderna. Vid dimensionering med partialkoefficientmetoden enligt Boverkets konstruktionsregler, EKS, i brottgränstillstånd ska säkerhetsklassen för en byggnadsverksdel beaktas med hjälp av partialkoefficient γ_d enligt *tabell 1.1*. I bruksgränstillståndet gör man däremot inte någon åtskillnad mellan säkerhetsklasserna. Normalt dimensioneras takstolar för säkerhetsklass 2.

Tabell 1.1 Partialkoefficient vid dimensionering i brottgränstillstånd

Klass	Omfattning	Partialkoefficient, γ_d
Säkerhetsklass 1	(låg), liten risk för allvarliga personskador	0,83
Säkerhetsklass 2	(normal), någon risk för allvarliga personskador	0,91
Säkerhetsklass 3	(hög), stor risk för allvarliga personskador	1,00

1.2.3 Lastvaraktighets- och klimatklasser

Styvhet och bärförmåga hos en träkonstruktion är i hög grad beroende av varaktigheten hos de laster som verkar på konstruktionen. Vid dimensioneringen skiljer man därför mellan laster med olika varaktighet. Byggnormerna anger korrektionsfaktorer för hållfasthets- och styvhetsvärden med hänsyn till lastvaraktighetsklass.

Bärförmåga beräknas med utgångspunkt från de materialvärden som gäller för den last i en lastkombination som har kortast varaktighet. Nedböjning beräknas som summan av de ingående lasternas nedböjningsbidrag; vart och ett beräknat med hänsyn till den enskilda lastens varaktighet.

Vilken varaktighetsklass eller lasttyp som en last ska hänföras till beror i viss mån på geografiska, klimatiska och kulturella förhållanden. Snölast betraktas till exempel som långvarig (vanligt värde) eller medellång (karaktäristiskt värde) i Sverige och Finland, medan Norge och Danmark och stora delar av övriga Europa behandlar snölast som kortvarig.

Träets fuktkvot har, liksom lasternas varaktighet, stor inverkan på materialets hållfasthet och styvhet. Torrt trä är både starkare och styvare än fuktigt trä. Byggnormerna hanterar detta genom att definiera ett antal klimatklasser, var och en representerande ett bestämt fuktkvotsintervall inom det område som är typiskt för byggnadskonstruktioner. Byggnormerna anger korrektionsfaktorer för hållfasthets- och styvhetsvärden med hänsyn till lastvaraktighetsklass. Träets slutfuktkvot i en konstruktion bestäms utifrån sin omgivning, temperatur och luftens relativa fuktighet, se figur 1.1.

Klimatklass 1 karakteriseras av en miljö där den relativa luftfuktigheten endast under några få veckor per år överstiger 65 % och aldrig når 80 %. Detta motsvarar en fuktkvot i materialet som bara under kortare perioder överstiger 12 %. Hit räknas bland annat:

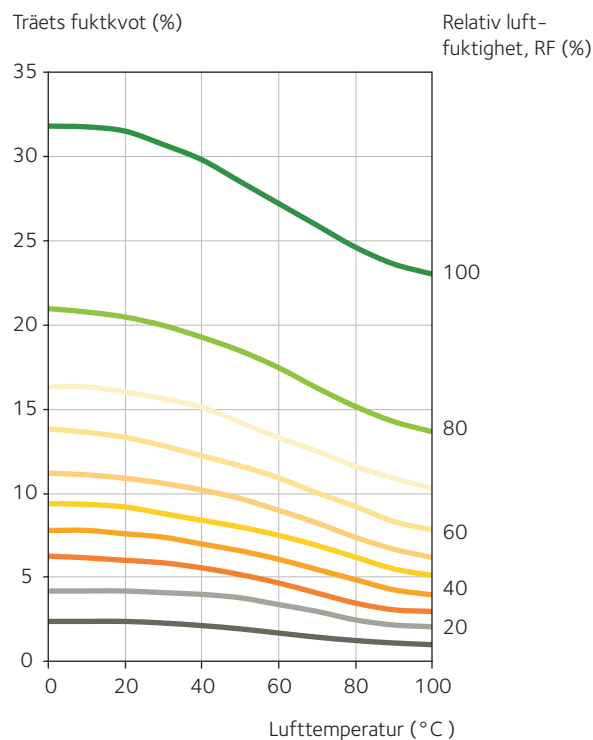
- Vindsbjälklag och takkonstruktioner i kalla men ventilerade vindsutrymmen över varaktigt uppvärmda lokaler.
- Väggskivor i ytterväggar till varaktigt uppvärmda byggnader om de skyddas av ventilerad och dränerad beklädnad.
- Bottenbjälklag över kryputrymmen som ventileras med inomhusluft.
- Stommar i väl ventilerade simhallar, ishallar och isolerade ridhus.

Klimatklass 2 karakteriseras av en miljö där den relativa luftfuktigheten endast under några få veckor per år överstiger 80 %. Detta motsvarar en fuktkvot i materialet som bara under kortare perioder överstiger 16 %. Hit räknas bland annat:

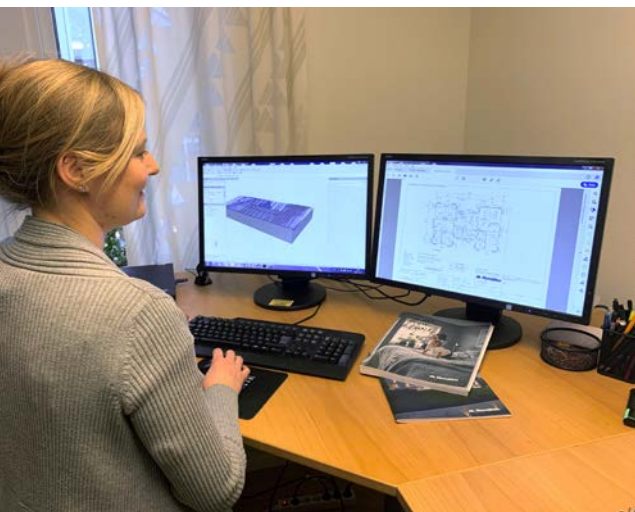
- Bjälklag över uteluftsventilerade kryputrymmen.
- Takstolskonstruktioner i lokaler eller byggnader som inte är permanent uppvärmda, till exempel fritidshus, kalla lagerbyggnader, isolerade ridhus och jordbruksbyggnader.
- Konstruktioner i dåligt ventilerade simhallar.

Klimatklass 3 karakteriseras av en miljö som ger ett större fuktinnehåll än det som svarar mot klimatklass 2. Hit räknar man bland annat:

- Konstruktioner i lokaler eller byggnader med fuktalstrande verksamhet eller lagring.
- Konstruktioner som är oskyddade mot nederbörd eller i direkt markkontakt.



Figur 1.1 Jämviktsfuktkvoten i trä som funktion av temperaturen vid olika värden på relativa luftfuktigheten, RF



Beräkningsprogram för dimensionering av takstolar.

1.2.4 Dimensionerande bärförmåga och styvhet

Dimensionering i brottgräns

Definitionsmässigt är brottgränstillståndet det stadium då en konstruktion eller konstruktionsdel är på gränsen att rasa samman, då en konstruktion har uppnått sin maximala bärförmåga. Vid beräkning i brottgränstillståndet kontrolleras enbart konstruktionens bärförmåga utan redovisning av samtidiga deformationer. En takstol kan exempelvis böja ner flera centimeter vid dimensionering i brottgränstillståndet utan att detta innebär att bärförmågan är uttömd. Det enda som beaktas är att materialet håller så att takstolen inte kollapsar. Dimensionerande bärförmåga i brottgränstillståndet bestäms med utgångspunkt från ett materials dimensionerande hållfasthetsvärde. Detta beräknar man genom att justera det karakteristiska värdet f_k med hänsyn till lasttyp och klimatklass med faktorn k_{mod} och med partialkoefficienten γ_M för osäkerhet i materialet:

$$1.2 \quad f_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot f_k}{\gamma_M}$$

där:

- f_k är karakteristiskt hållfasthetsvärde.
- k_{mod} är korrektionsfaktor med hänsyn till klimatklass och lastvaraktighet.
- γ_M är partialkoefficient för materialegenskaper.

Dimensionering i bruksgräns

I bruksgränstillståndet kontrolleras konstruktionens funktion under de laster som mestadels av tiden verkar på byggnaden. Kontroll görs av bland annat bjälkars deformationer och bjälklagets svikt. Takstolens nedböjning bör kontrolleras så att underramen inte böjer ned så mycket att icke bärande mellanväggar riskerar att bli bärande och att takstolens statiska funktion ändras så att brott uppstår.

Dimensionerande materialvärden i bruksgränstillståndet erhålls genom att först justera värdet med hänsyn till klimatklass, k_{def} . Därefter dividerar man resultatet med partialkoefficienten γ_M för osäkerhet i materialet. Normalt sätts $\gamma_M = 1,0$ vid dimensionering i bruksgränstillståndet.

Vid beräkning av deformationer i bruksgränstillstånd för bärverk som består av delar eller komponenter med olika tidsberoende bör medelvärdet på den slutliga elasticitetsmodulen, $E_{\text{mean,fin}}$, skjuvmodulen, $G_{\text{mean,fin}}$ och förskjutningsmodulen $K_{\text{ser,fin}}$, beräknas med hjälp av följande formler:

$$1.3 \quad E_{\text{mean,fin}} = \frac{E_{\text{mean}}}{(1 + k_{\text{def}})}$$

$$1.4 \quad G_{\text{mean,fin}} = \frac{G_{\text{mean}}}{(1 + k_{\text{def}})}$$

$$1.5 \quad K_{\text{ser,fin}} = \frac{K_{\text{ser}}}{(1 + k_{\text{def}})}$$

där:

- E_{mean} är elasticitetsmodulens medelvärde.
- G_{mean} är skjuvmodulens medelvärde.
- K_{ser} är förskjutningsmodulen.
- k_{def} är en faktor för krypdeformation som tar hänsyn till klimatklass.

Partialkoefficient och modifieringsfaktorer

Partialkoefficienten γ_M beror bland annat på graden av kontroll vid dimensionering och tillverkning men även på materialets homogenitet. Värdet på partialkoefficienten γ_M för materialegenskaper anges ofta i Eurokodens nationella anpassningsdokument och skiljer sig mellan olika länder. Vid dimensionering av trätakstolar bör man använda 1,25–1,3 för en byggnad som ska uppföras i Sverige.

Hållfasthetsmodifieringsfaktorn k_{mod} är en reduktionsfaktor för den karakteristiska hållfastheten och beror på lastvaraktighets- och klimatklass.



Pågående bygge av småhus med ramverkstakstolar.

Tabell 1.2 Exempel på partialkoefficient γ_M vid dimensionering av träkonstruktioner

Material	Partialkoefficient, γ_M
Konstruktionsvirke	1,3
Limträ	1,25
Fanerträ, plywood, OSB	1,2
Träförband	1,3
Spikplåtsförband	1,25

Tabell 1.3 Värderna på k_{mod} för konstruktioner av konstruktionsvirke och limträ

Klimatklass	Lastvaraktighetsklass, k_{mod}				
	Permanent	Långtid	Medellång	Korttid	Momentan
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

Tabell 1.4 Värderna på k_{def} för konstruktioner av konstruktionsvirke och limträ

Klimatklass	Korrektionsfaktor, k_{def}
1	0,60
2	0,80
3	2,00

1.3 Laster och lastfall

För en hel byggnad finns det många möjliga lastkombinationer. Vid dimensionering av en takkonstruktion finns det fyra lastkombinationer som är speciellt aktuella. Den samlade inverkan av permanenta och variabla laster bestäms enligt SS-EN 1990. En sammanställning av de vanligaste lastkombinationerna vid dimensionering av en takkonstruktion visas i *tabell 1.5 a)–d)*.

Tabell 1.5 Sammanställning av vanligaste förekommande lastfallen vid dimensionering av takkonstruktioner

Exempel i säkerhetsklass 2.

a) Lastfall 1, Snö är huvudlast i kombination med vindlast, SS-EN 1990 ekvation 6.10b		
Egentyngd, $q_{G,d}$	$\gamma_d \cdot 0,89 \cdot 1,35 \cdot q_{G,kj,sup}$	$0,91 \cdot 0,89 \cdot 1,35 \cdot q_{G,kj,sup} = 1,09 \cdot q_{G,kj,sup}$
Snölast, $q_{s,d}$	$\gamma_d \cdot 1,5 \cdot q_{s,k}$	$0,91 \cdot 1,5 \cdot q_{s,k} = 1,37 \cdot q_{s,k}$
Vindlast (både mot vägg och takyta), $q_{v,d}$	$\gamma_d \cdot 1,5 \cdot \psi_0 \cdot q_{v,k}$	$0,91 \cdot 1,5 \cdot 0,3 \cdot q_{v,k} = 0,41 \cdot q_{v,k}$
b) Lastfall 2, Vind är huvudlast i kombination med snölast, SS-EN 1990 ekvation 6.10b		
Egentyngd, $q_{G,d}$	$\gamma_d \cdot 0,89 \cdot 1,35 \cdot q_{G,kj,sup}$	$0,91 \cdot 0,89 \cdot 1,35 \cdot q_{G,kj,sup} = 1,09 \cdot q_{G,kj,sup}$
Snölast, $q_{s,d}$	$\gamma_d \cdot 1,5 \cdot \psi_0 \cdot q_{s,k}$	$0,91 \cdot 1,5 \cdot \psi_0^{(1)} \cdot q_{s,k} = (0,83 - 1,09) \cdot q_{s,k}$
Vindlast (både mot vägg och takyta), $q_{v,d}$	$\gamma_d \cdot 1,5 \cdot q_{v,k}$	$0,91 \cdot 1,5 \cdot q_{v,k} = 1,37 \cdot q_{v,k}$
c) Lastfall 3, Vindsug som verkar på taket, SS-EN 1990 ekvation 6.10b		
Egentyngd, gynnsam, $q_{G,d}$	$\gamma_d \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot q_{G,inf}$	$0,91 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot q_{G,inf} = 0,81 \cdot q_{G,inf}$
Vindlast (enbart takyta), $q_{v,d}$	$\gamma_d \cdot 1,5 \cdot q_{v,k}$	$0,91 \cdot 1,5 \cdot q_{v,k} = 1,37 \cdot q_{v,k}$
d) Lastfall 4, Snö är huvudlast i bruksgränstillstånd, frekvent last, SS-EN 1990, Tabell A1.4		
Egentyngd, $q_{G,d}$	$1,0 \cdot q_{G,kj,sup}$	$1,0 \cdot q_{G,kj,sup}$
Snölast, $q_{s,d}$	$1,0 \cdot \psi_1 \cdot q_{s,k}$	$1,0 \cdot \psi_1^{(2)} \cdot q_{s,k}$
Vindlast (mot takyta), $q_{v,d}$	$1,0 \cdot \psi_1 \cdot q_{v,k}$	$1,0 \cdot 0,2 \cdot q_{v,k}$

där q_k är lasternas karakteristiska värden och q_d är lasternas dimensionerande värde.

¹⁾ Värdet på ψ_0 varierar mellan 0,6 och 0,8 beroende på snölastens storlek.

²⁾ Värdet på ψ_1 varierar mellan 0,3 och 0,6 beroende på snölastens storlek.

Tabell 1.6 Vanligt förekommande värden för egenlast

Typ av konstruktion	Egenlast
Lätt tak	0,10–0,35 kN/m ²
Tungt tak	0,55–1,00 kN/m ²
Bjälklag med isolering	0,25–0,35 kN/m ²
Takstolar	0,05 kN/m ²

1.3.1 Egentyngd

Takstolar och takkonstruktioner dimensioneras utifrån takets form, upplag, takets egentyngd, gällande vind- och snölasters samt övriga laster. Vanligtvis används ett centrumavstånd av 1 200 mm men mindre centrumavstånd, 600 och 900 mm, förekommer.

Egentyngden har stor betydelse för konstruktionen då denna last gäller under lång tid. Även om den i jämförelse med snölast ofta är relativt liten så kan egenlast medverka till stora krypningar hos träkonstruktioner. Vid projektering av takstolar och speciellt i tidiga skeden av projektet då alla delar inte är förbestämda används ofta värden för egenlasten enligt *tabell 1.6*.

Tabell 1.7 Egentyngd och minsta taklutning för olika typer av taktäckning

Taktäckning	Egentyngd (kN/m ²)	Vanligt förekommande minsta rekommenderad taklutning
Kanalplast	0,05	5°
Tätskiktsmatta, underlagspapp, underlagsspont	0,20	3°
Shingel, underlagspapp, underlagsspont	0,25	14°
Takplåt dubbelfalsad, underlagspapp, underlagsspont	0,20	5,7°
Takplåt profilerad, läkt, underlagsduk	0,10	14°
Takpannor falsade, läkt, underlagspapp, underlagsspont	0,60	14°
Takpannor falsade, läkt, underlagsduk	0,45	14°
Takpannor ofalsade, läkt, underlagspapp, underlagsspont	0,50	22°

Ovan angivna värden inkluderar inte bärverk, isolering och invändig beklädnad.

Vid slutgiltig dimensionering av takstolen och konstruktionen i sin helhet kan det behövas en noggrannare bestämning av konstruktionens egentyngd. Vanligt förekommande egentyngd för olika material visas i tabell 1.7.

Ytterligare information om allmänna laster, egentyngd och nyttig last för byggnader återfinns i Eurokoder och standarder samt tillverkarnas produktblad.

1.3.2 Snölast

Snölasten är för svenska förhållanden oftast den största lasten på ett tak. Verksam snölast kan beräknas enligt följande:

- Bestäm grundvärdet på $s_{s,k}$, snölast på mark, där byggnaden ligger med hjälp av de nationella gällande snölastvärden som finns i Boverkets konstruktionsregler, EKS. Snölastkartor över Sverige finns bland annat publicerad på Boverkets hemsida.
- Aktuell snölast på tak uttryckt i kN/m² fås genom multiplikation med formfaktorn μ som erhålls från gällande Boverkets konstruktionsregler, EKS.

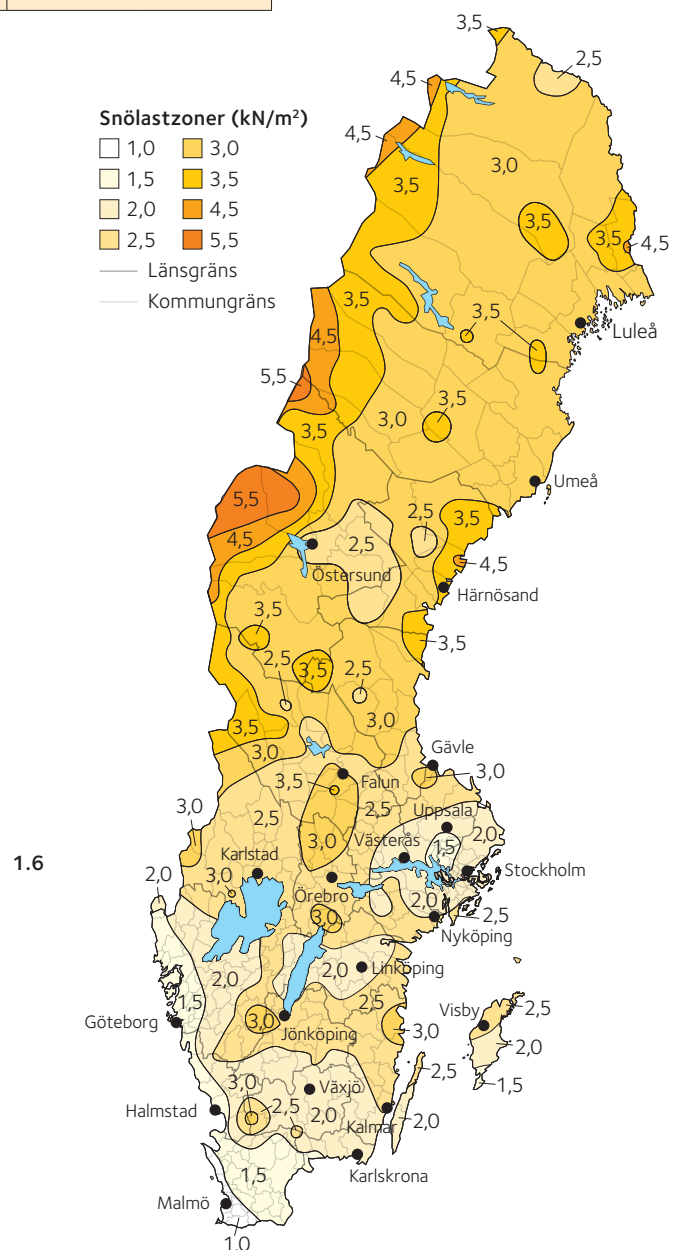
Den karakteristiska snölasten, $q_{s,k}$ erhålls enligt följande:

$$q_{s,k} = \mu_i \cdot c_e \cdot c_t \cdot S_k$$

där:

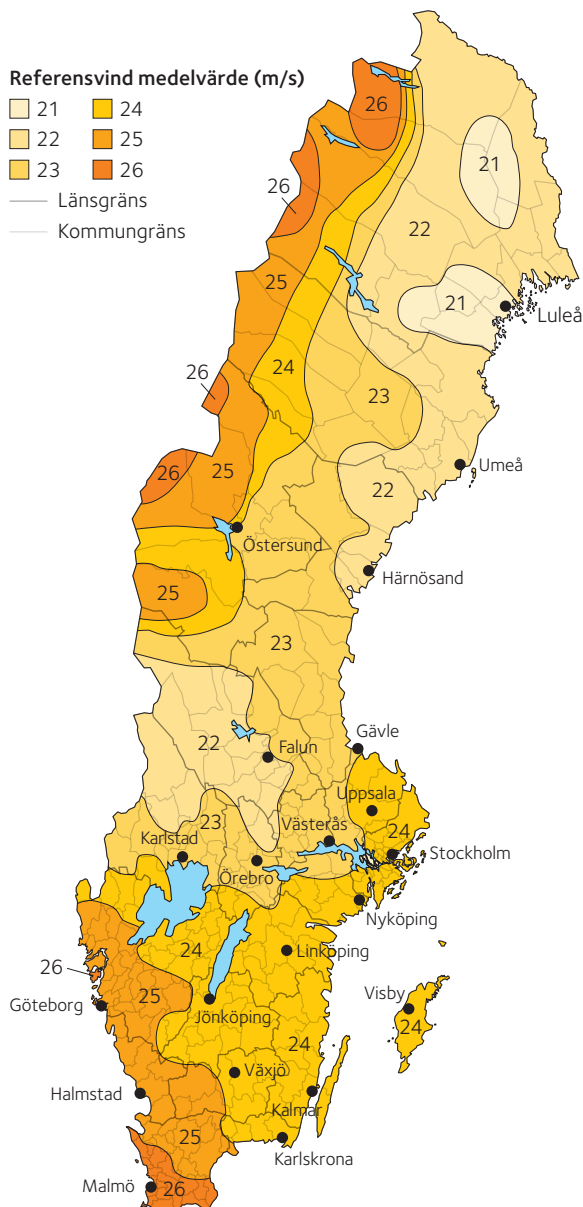
- μ_i är takets formfaktor.
- c_e är exponeringsfaktor. Ska vara minst 1,0 om det inte föreligger speciella förhållanden.
- c_t är termisk koefficient, vanligtvis 1,0.
- S_k är karakteristiskt värde på snölast på mark, kN/m².

Ytterligare information om formfaktorer och lastfördelning på taktyper återfinns i Eurokoder och gällande Boverkets konstruktionsregler, EKS.



Figur 1.2 Snölastens grundvärde enligt Boverkets konstruktionsregler, EKS 11

Snözoner för snölast på mark, $s_{s,k}$, som med sannolikheten av 0,98 inte överskrids en gång per år (ekvivalent med 50 års återkomsttid) baserat på mätdata från 148 meteorologiska stationer.



Figur 1.3 Referensvindhastighet enligt Boverkets konstruktionsregler, EKS 11. Referensvindhastighetens grundvärde $v_{b,0}$ i m/s som bestäms på 10 m höjd över marken i terrängtyp II.

1.3.3 Vindlast

Vindlasten ger även ett bidrag till totala lasten på takytan. Vindlasten kan även ge upphov till uppåtriktade krafter, lyftkrafter, som bestäms vid dimensionering av takstolar och infästningar. I de flesta fall motverkas lyftkrafterna av egentyngheten hos takkonstruktionen. Taket förankras i stommen med hjälp av byggbeslag eller bandstål. Verksam vindlast kan beräknas enligt följande:

Den verksamma vindlasten på en yta, w_e , på höjden z erhålls enligt följande för utvändig vindlast:

$$1.7 \quad w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

och för invändig vindlast:

$$1.8 \quad w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$$

där:

$q_p(z_e)$ är karakteristiskt hastighetstryck för utvändig vindlast.

$q_p(z_i)$ är karakteristiskt hastighetstryck för invändig vindlast.

c_{pe} är formfaktor för utvändig vindlast.

c_{pi} är formfaktor för invändig vindlast.

I de fall hänsyn till topografin eller till byggnadens egenfrekvens inte behöver beaktas kan hastighetstrycket beräknas enligt:

$$1.9 \quad q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

där:

q_b är referenshastighetstrycket.

$C_e(z)$ är exponeringsfaktorn, enligt Boverkets konstruktionsregler, EKS.

Vindlastkartor över Sverige finns bland annat publicerade på Boverkets hemsida. Ytterligare information om formfaktorer och lastfördelning på takytan återfinns i gällande Boverkets konstruktionsregler, EKS, och SS-EN 1991-1-4.

1.3.4 Nyttig last

Träbjälklag och därmed understrukna ramverkstakstolar påverkas av olika laster, främst egentynghet och nyttig last. Nyttig last varierar med byggnadens användningssätt, till exempel som bostad eller kontor. Det finns olika typer av nyttig last som last av inredning, personer och maskiner. Uppträdande laster kombineras till olika lastfall.

I Boverkets konstruktionsregler, EKS 11, tabell C-1 finns lastvärden för olika lasttyper avsedda för dimensionering. För angivna karakteristiska värden på nyttig last som ska tillämpas vid dimensionering av ett bjälklag, se tabell 1.8, sidan 17. Utformning och spännvidd bestäms av konstruktionens hållfasthets- och deformationsegenskaper. Av lastkombinationerna beräknas dimensionerande lasteffekt, som ska vara mindre eller lika med den dimensionerande bärförmågan.

Egentyngheten av flyttbara skiljeväggar beaktas med en jämnt utbredd last q_k som bör adderas till den nyttiga lasten på bjälklag

Tabell 1.8 Nyttig last på bjälklag för olika verksamheter och kombinationsfaktorer

Kategori	q_k (kN/m ²)	Q_k (kN)	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Anmärkning
Bostäder	2,0	2,0	0,7	0,5	0,3	
Vindsbjälklag I	1,0	1,5	0,7	0,5	0,3	minst 0,6 m fri höjd och fast trappa till vinden
Vindsbjälklag II	0,5	0,5	0,7	0,5	0,3	minst 0,6 m fri höjd och med tillträde genom lucka med maximal storlek 1 × 1 m
Kontor	2,5	3,0	0,7	0,5	0,3	
Samlingslokaler C1-C5	2,5-5,0	3,0-4,5	0,7	0,7	0,6	
Balkonger	3,5	2,0	0,7	0,5	0,3	

enligt tabell 1.8. Storleken på den jämnt utbredda lasten beror på skiljeväggens egentygnd enligt följande:

- för flyttbara skiljeväggar med egentygnden $\leq 1,0$ kN/m
väggglängd: $q_k = 0,5$ kN/m².
- för flyttbara skiljeväggar med egentygnden $> 1 \leq 2,0$ kN/m
väggglängd: $q_k = 0,8$ kN/m².
- för flyttbara skiljeväggar med egentygnden $> 2 \leq 3,0$ kN/m
väggglängd: $q_k = 1,2$ kN/m².

Nyttig last ska räknas som en variabel fri last i sin helhet. Nyttig last på bjälklag kan reduceras med en reduktionsfaktor α_A som beror av areor som bärs upp av det aktuella bjälklaget.

$$\alpha_A = \frac{5}{7} \cdot \psi_0 + \frac{A_0}{A} \leq 1,0 \quad 1.10$$

där:

- ψ_{0-2} är kombinationsfaktor enligt tabell 1.8.
- A_0 är 10 m².
- A är belastad area.

Där nyttig last från flera våningsplan belastar pelare och väggar kan den totala nyttiga lasten reduceras med en faktor α_n . Där nyttig last verkar samtidigt med andra variabla laster som vind, snö och maskiner ska den totala nyttiga lasten i ett lastfall betraktas som en enda last. När nyttig last betraktas som en samverkande last ska endast en av de två faktorerna ψ och α_n användas. Det lägsta värdet används.

$$\alpha_n = \frac{2 + (n-2) \cdot \psi_0}{n} = \pi \cdot r^2 \quad 1.11$$

där:

- n är antalet våningsplan ovanför belastad bärverksdel.
- ψ_0 är kombinationsfaktor enligt tabell 1.8.

α_A och α_n kan kombineras vid lastnedräkning. Icke bärande mellanväggar brukar ingå i nyttig last.

1.3.5 Laster på takkonstruktion under uppförandefasen

Under montageskedet kan det ibland krävas temporära stagningar som måste dimensioneras för de krafter som kan uppkomma under byggtiden.

Den information som en byggnadskonstruktör behöver för att beräkna laster och dess effekter på en takkonstruktion under uppförandeskedet har sammanställts nedan under en så kallad tillfällig

dimensioneringssituation. Tillfällig dimensioneringssituation är enbart aktuell under en mycket kortare tidsperiod än bärverkets avsedda livslängd. Den aktuella dimensioneringssituationen som behandlas är bärverk under montage. De primära laster som ska beaktas i uppförandefasen av ett bärverk är:

- **Permanent last**, G , det vill säga takkonstruktionens egenvikt.
- **Variabel last**, Q , det vill säga huvudsakligen snölast och vindlast.

Nedan behandlas endast de laster som kan leda till stommens instabilitet i sidled, som oftast är orsaken till haverier under montagefasen. Därför beaktas endast vindlast i avsnittet. Andra ordningens effekter, orsakade av avvikelser från den ideala geometrin kan, för normala spännvidder och vanlig slankhet av bärverkets delar, i regel försummas vid stabilitetskontroll av lätta stommar under uppförandefasen.

Vindlast på bärverk enligt SS-EN 1991-1-4

Resultande kraft på en takstol eller en bärverksdel orsakad av vind kan bestämmas på följande sätt enligt SS-EN 1991-1-4, *avsnitt 5.3*:

$$1.12 \quad F_w = c_f \cdot q_p(z) \cdot A_{\text{ref}}$$

där:

- c_f är formfaktorn för kraft på bärverket.
- $q_p(z)$ är det karakteristiska hastighetstrycket för referenshöjden z .
- A_{ref} är bärverkets eller bärverksdelens referensarea, det vill säga den anblåsta arean.

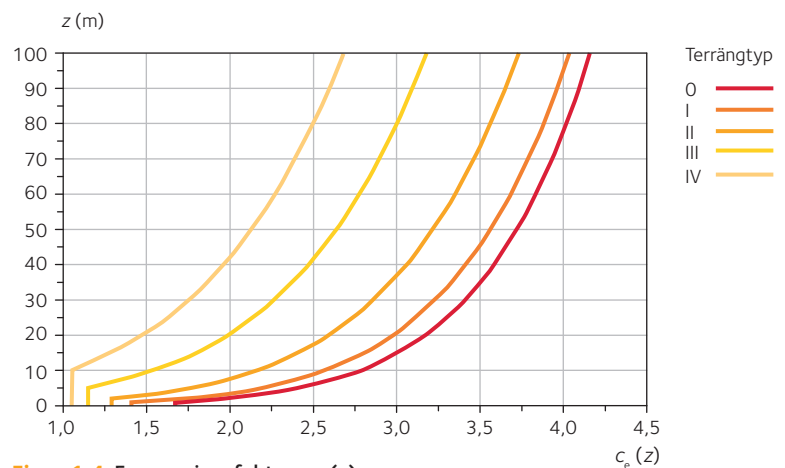
Formfaktorn för kraft, c_f , enligt SS-EN 1991-1-4, *avsnitt 7.9.2*, ger den resulterande vindlasten på bärverket eller bärverksdelen. För takstolar och balkar under montage kan man anta $c_f = 1,8$.

Det karakteristiska hastighetstrycket, $q_p(z)$, på höjden z i meter, kan bestämmas enligt:

$$1.13 \quad q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

där:

- $c_e(z)$ är exponeringsfaktorn.
- q_b är referenshastighetstrycket i N/m^2 enligt $q_b = 0,625 \cdot v_b^2$.



Figur 1.4 Exponeringsfaktorn $c_e(z)$

Vid dimensionering av bärverk under montage kan man definiera referensvindhastigheten v_b som en funktion av årstid, på 10 m höjd över marken i terrängtyp II:

$$v_b = c_{\text{season}} \cdot v_{b,0}$$

där:

$v_{b,0}$ är referensvindhastighetens grundvärde (den karakteristiska medelvindhastigheten under 10 minuter) i m/s som bestäms på 10 m höjd över marken i terrängtyp II, se figur 1.3, sidan 16.

c_{season} är årstidsfaktorn, se tabell 1.9.

1.4 Skötsel av takkonstruktioner

Normalt behövs ingen direkt skötsel av den bärande takkonstruktionen då takstolar med mera är dimensionerade med stora säkerhetsmarginaler. En allmän tillsyn av taket bör dock göras med ett bestämt intervall. Efter snörika vintrar eller onormala vindlaster kan det vara lämpligt att inspektera konstruktion okulärt och titta efter sprickor i konstruktionsverket, lösa spiknings- och spikplåtar och strävor eller snedställningar.

1.4.1 Snöskottning av tak

Normalt är taket dimensionerat för de laster som uppkommer och det är enbart takbeklädningen som kan behöva bytas efter 30 – 50 år. Under senare tid har det dock förekommit år med stora lokala snömängder och där dimensionerande snölast har överskridits. Ventilationsskorstenar och kupor på taken medför även risk för snöansamlingar och som fastighetsägare är man ansvarig att kontrollera om det finns risk för takras i samband med stora snömängder.

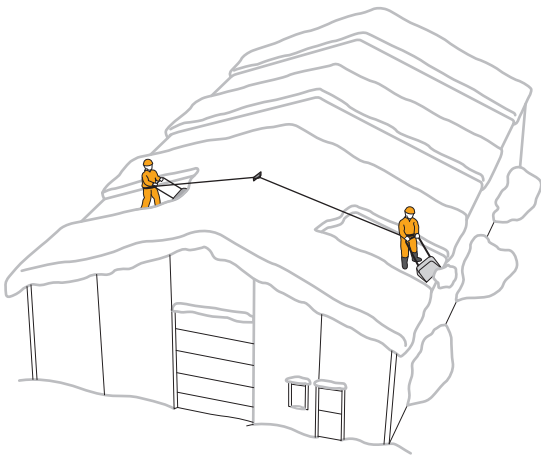
Tabell 1.9 Årstidsfaktorn c_{season} för årets månader

Månad	c_{season}
Januari	1,00
Februari	0,83
Mars	0,82
April	0,75
Maj	0,69
Juni	0,66
Juli	0,62
Augusti	0,71
September	0,82
Oktober	0,82
November	0,90
December	1,00

1.14



Stor snömängd medför extra belastning på takkonstruktionen.



Figur 1.5 Så ska taket skottas

Några råd kring snöröjning av tak:

- Genomför snöskottningen på ett sätt som är säkert för de som skottar och för eventuella förbipasserande. Se också till att inte skada tak- och byggnadskonstruktionen.
- Anlita professionella snöröjare om du är osäker på hur takskottningen ska genomföras på ett säkert sätt.
- Tänk på var snön skottas. Spärra av områden om det finns risk för att förbipasserande kan skadas av fallande snö. Stora fallhöjder tillsammans med snöklumpar ger stora krafter.
- Skotta rännor vinkelrätt frånnocken ner mot takfoten för att undvika stora snöras. Skotta taket i remsor och skotta på båda sidor om nock samtidigt. Starta cirka 2 m in från gavlar och skotta en cirka 2 m bred remsa. Skotta sedan remsor med cirka 5 m mellanrum längs hela taket. Skotta sedan övriga delar av taket, se figur 1.5.
- För att undvika snedfördelning skottas taken så att man uppnår jämnt fördelad last.
- För att undvika att skada papp, plåt och tegel lämna kvar lite snö på taket (cirka 100 mm).

För att undersöka om det krävs skottning behövs en kontroll av snömängden. Det kan göras enligt följande:

- Ta ett öppet rör med en bestämd innerdiameter.
- Tryck eller vrid ner röret genom snön lodrätt mot takytan på den plats där du vill mäta.
- Lyft upp röret och se till att all snö kommer med genom att täcka rörets mynning.
- Väg den uppsamlade snön.
- Använd nu följande formel för att bestämma snöns utbredda last:

$$1.15 \quad q_{\text{snö}} = \frac{g}{(0,07585 \cdot d^2)}$$

där:

$q_{\text{snö}}$ är den uträknade vikten av snön i kg/m².

g är vikten av den uppsamlade snön i kg.

d är rörets diameter i cm.

Resultatet jämförs med värden i tabell 1.10.

Tabell 1.10 Rekommenderade värden som inte bör överskridas. Snözonsindelning se figur 1.3, sidan 16.

Snözön	Snövikten bör inte vara större än (kg/m ²)
1,0	80
1,5	120
2,0	160
2,5	200
3,0	240
3,5	280
4,5	360
5,5	440

Trä och miljö

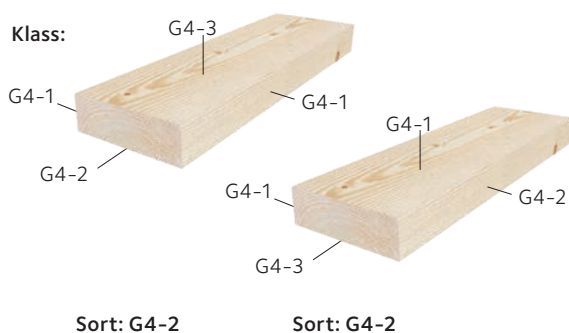
Trä är ett mångsidigt råmaterial och ett av få förnybara byggmaterial. Träkonstruktioner brukar karakteriseras av en kombination av olika komponenter som tillsammans ger bästa möjliga bärförmåga, värme-, ljud- och fuktisolering, brandmotstånd samt lång livslängd. Genom att öka andelen trä i byggandet kan användningen av andra byggmaterial, som till exempel betong, stål och tegel, minska. Dessa byggmaterial kommer inte från förnybar råvara, kräver mycket energi för sin framställning och innebär ofta stora utsläpp av koldioxid.

2.1 Trä och virkeskvaliteter

Egenskaperna hos trä varierar mellan olika träslag, mellan olika träd och inom samma träd och skapas av trädets genetiska förutsättningar och förhållandena under trädets tillväxt. Egenskaper som är av betydelse för materialets användbarhet är dess densitet, hårdhet, styvhet, beständighet, fuktupptagningsförmåga och värmeledningsförmåga. Fuktinnehållet i virket påverkar i hög grad de mekaniska egenskaperna. Hållfastheten är generellt sett hög i förhållande till vikten jämfört med andra material. De värmeisolerande egenskaperna är förhållandevis goda och den specifika värmekapaciteten relativt hög. Beständigheten beror på val av träslag, timrets hantering, sågning, torkning och lagring på byggarbetsplatsen. Många av egenskaperna är tätt kopplade till varandra.

- 2.1 Trä och virkeskvaliteter 21
 - 2.1.1 Handelssortering 22
 - 2.1.2 Hållfasthetssortering 23
 - 2.1.3 Virkets styrka och svagheter 24
 - 2.1.4 Hållfasthet och styvhet för konstruktionsvirke 26
 - 2.1.5 Fukt och lastvaraktighet 27
- 2.2 Limträ 28
- 2.3 Fanerträ 30
- 2.4 Miljö 30
 - 2.4.1 Skogen och dess förädling 31
 - 2.4.2 Skogen räcker till 31
 - 2.4.3 Tillverkning av olika byggmaterial och klimatavtryck 32





Figur 2.1 Exempel på sortbestämning

Varje sida bedöms för sig och hänförs till en egen klass. Vid sortbestämning av virkesstycket som helhet kan en valfri flatsida vara en klass lägre än virkesstyckets sort.

2.1.1 Handelssortering

Utöver de mekaniska egenskaperna varierar träets visuella utseende genom naturlig förekomst av särdrag som kvistar, vedförändringar och deformationer. Antalet och storleken av dessa särdrag benämns ofta som en gradering av virkesstyckets kvalitet. Indelningen i olika kvalitetsklasser, även kallat handelssorter, görs vanligtvis enligt den europeiska standarden för handelssortering SS-EN 1611-1. Vid sågverken sorteras virket enligt sorteringsregeln för utseendesortering, *Handelssortering av trävaror*. Däremot i bygghandeln och för beskrivning av virkeskvaliteter som används i byggandet, exempelvis i AMA Hus, RA Hus och Svenskt Träs Produktkatalog, www.traprodukter.se, tillämpas vanligen handelssorterna enligt den gällande europeiska standarden för utseendesortering, SS-EN 1611-1.

Enligt sorteringsstandard SS-EN 1611-1, kan sorteringen göras på såväl flat- som kantsidorna eller enbart flatsidorna. Sorterna kallas då G4 respektive G2. Sortbeteckningarna följs av en siffra som anger virkets kvalitet, 0-4, med 0 som högsta kvalitet. En sort kan då få beteckningen G4-2, vilket innebär en 4-sidig visuell sortering av typiskt byggvirke, motsvarande KLASS V, Kvinta, enligt *Handelssortering av trävaror*. Virke sorterat enligt SS-EN 1611-1 är inte avsett för bärande ändamål. Sorteringen sker istället för att skapa kvaliteter med ett visst utseende. Exempelvis bedöms torra kvistar hårdare än friska kvistar. Man bedömer också egenskaper, som påverkar virkets funktion, exempelvis deformation. Vanliga trävaror med lämpliga handelssorter och träslag visas i *tabell 2.2*.

Tabell 2.1 Virkeskvaliteter. Ungefärliga relationer mellan de olika kvalitetsklasserna – handelssorterna.

Sorteringsregler	Kvalitetsklasserna – handelssorterna						
	OS				Kvinta	Utskott	
Handelssortering av trävaror	I	II	III	IV	V ²⁾	VI	VII
SS-EN 1611-1							
4-sidig sortering	–	–	G4-0	G4-1	G4-2 ²⁾	G4-3	G4-4
2-sidig sortering ¹⁾	–	–	G2-0	G2-1	G2-2	G2-3	G2-4

¹⁾ 2-sidig sortering, G2, används sällan i Sverige.

²⁾ Vanligaste byggvirket.

Tabell 2.2 Virkeskvaliteter. Vanliga trävaror med lämpliga handelssorter och träslag.

Typ av trävara	Sort	Träslag
Dimensionshyvlad virke	G4-2 – G4-3	Gran och furu
Konstruktionsvirke	G4-0 – G4-2	Gran och furu
Underlagsspont	G4-2 – G4-3	Gran
Formvirke	G4-4 eller bättre	Gran och furu
Emballagevirke	G4-3	Gran och furu
Utvändiga panelbrädor och vindskivor	G4-2 eller bättre	Gran
Invändiga panelbrädor	G4-1 eller bättre	Furu och gran
Planhyvlad virke för invändiga snickerier	G4-1 eller bättre	Furu
Golvbrädor	G4-2 eller bättre	Furu och gran
Staket och plank	G4-2 eller bättre	Gran, eventuellt impregnerad furu
Lister	A – B	Furu enligt SS 232811

2.1.2 Hållfasthetsortering

För virke till bärande konstruktioner används konstruktionsvirke som sorterar maskinellt eller visuellt. De äldre visuella sorteringsreglerna, T-virkesreglerna, har ersatts av gemensamma nordiska sorteringsregler. I Sverige är de utgivna som svensk standard SS 230120 medan den gemensamma nordiska benämningen är INSTA 142. Reglerna gäller för furu, gran, silvergran, lärk, sitka-gran och douglasgran. Virket kallas även fortsättningsvis T-virke och klasserna är T0, T1, T2 och T3. Visuellt sorterat virke enligt SS 230120 märks med sorteringsklass T0, T1, T2 eller T3, och hållfasthetsklass C14, C18, C24 respektive C30, se figur 2.2. C-klasserna är enligt standarden SS-EN 338 för klassificering av konstruktionsvirke.

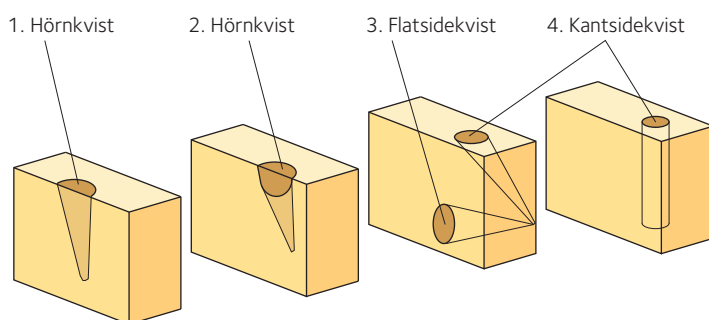
För bedömning av kvistarnas betydelse för hållfastheten finns mätregler i de visuella sorteringsreglerna som anger hur kvistarnas storlek ska mätas och hur de ska bedömas:

- Storlek i förhållande till dimension hos virket.
- Placering på kantsida och flatsida.
- Placering i virkets längdriktning.

I visuell bedömning bestäms hållfasthetsklassen även utifrån övriga särdrag såsom snedfibrighet, årsringsbredd, sprickor, toppbrott, tjurved, svampangrepp, deformation, vankant, hanterings-skador och måttavvikelser.

Maskinell sortering utförs enligt standarden SS-EN 14081-1 som också ger detaljerade märkningsregler. Vid maskinell hållfasthets-sortering bestäms en fysikalisk egenskap som är kopplad till hållfastheten, till exempel statisk eller dynamisk elasticitetsmodul.

Karakteristiska grundvärden för beräkning av bärförmåga och styvhet hos konstruktionsvirke i hållfasthetsklasserna C14 – C50 anges i standarden SS-EN 338 och de vanligast förekommande hållfasthetsklasserna framgår av tabell 2.3.



Figur 2.3 Exempel på olika kvisttyper

Tabell 2.3 Sortering av konstruktionsvirke

Hållfasthetsklass	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Visuell sortering enligt SS 230120	T0	–	T1	–	–	T2	–	T3	–	–	–	–
Maskinell sortering enligt SS-EN 14081-1	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50

De hållfasthetsklasser som är markerade med **orange färg** är tillverkningsstandard för svenska producenter av maskinellt hållfasthets sorterat konstruktionsvirke. För takstolstillverkning används normalt inte högre hållfasthetsklass än C30.



CE-märket används inom olika produktområden.

ABC Trä AB 0123
 CE T2/SS230120
 C24
 DRYGRADED 19

a) Visuellt sorterat konstruktionsvirke

ABC Trä AB 0123
 CE W940
 C24 M
 DRYGRADED 19

b) Maskinellt sorterat konstruktionsvirke

Figur 2.2 Förenklad produktmärkning enligt SS-EN 14081-1:2016 + A1:2019

Producentens namn med möjlighet att identifiera olika tillverkningsställen (till exempel sågverk) inom samma företag (koncern), exempelvis ABC Trä AB X eller ABC Trä AB Y.

0123 Det anmälda godkända tredjepartsorganets nummer.

CE-märke med utformning enligt EU-direktiv.

a) **T2/SS230120** Sorteringsklass och sorteringsstandard. För T-virke anges T0, T1, T2 eller T3 och standardens namn: SS 230120 inom Sverige.

C24 Hållfasthetsklass: C-klass enligt SS-EN 338. För T-virke: C14 för T0, C18 för T1, C24 för T2 och C30 för T3.

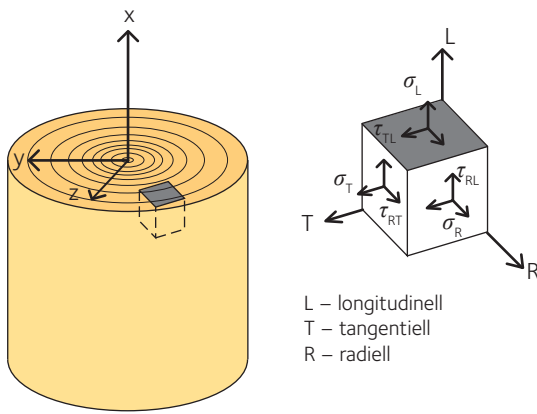
b) **W940** Produktionstidpunkt, W + sista siffran i året + veckonumret.

Observera att märkningen av produktionstidpunkt inte är ett krav enligt standarden men har sedan länge tillämpats vid maskinsortering i Sverige.

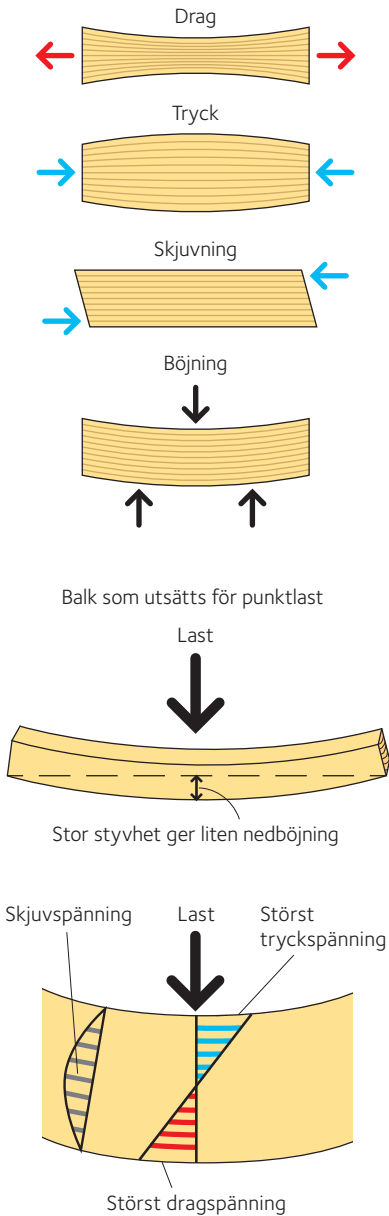
C24 M Hållfasthetsklass inklusive M för maskinsortering. C-klass enligt SS-EN 338: C14, C18, C24, C30 eller C35.

Drygraded (medelfuktkvot $\leq 20\%$, inget mätvärde $> 24\%$).

19 De två sista siffrorna i året när CE-märkning gjordes första gången av tillverkaren, i exemplet 2019.



Figur 2.4 Definition av normal- (σ) och skjuv- (τ) spänningar i olika riktningar i trämaterial



Figur 2.5 Böjhållfasthet

2.1.3 Virkets styrka och svagheter

Trä är ett anisotrop material, vilket innebär att dess egenskaper är olika i olika riktningar. I fiberriktningen, längs med fibrerna i virkets längdriktning, är trä avsevärt starkare än vinkelrätt fibrerna. Trämaterialets struktur, de rörformiga cellerna i en matris av lignin, leder till dessa olika egenskaper i olika riktningar och det är viktigt att hålla reda på riktningen med hänsyn till egenskaperna.

Träets egenskaper påverkas av virkets fuktkvot och yttre lastens varaktighet. Vid dimensionering används faktorer för att ta hänsyn till fukt och lastvaraktighet. Ett torrt virkesstycke är vanligtvis styvare än ett fuktigt och ju kortare tid ett virkesstycke belastas kan desto större bärförmåga tillgodoräknas vid dimensionering. Brott i trä kan vara sega eller spröda. Med sprött brott avses ett hastigt brott som inträffar utan förvarning. Ett segt brott föregås av någon form av varning, till exempel stora formförändringar eller som när det knakar i trä. Ur ett säkerhetsperspektiv är sega brott att föredra.

De mekaniska egenskaperna har också en koppling till belastningstiden. En belastad träbjälke böjer ner mer och mer med tiden trots att lasten förblir konstant. Detta kallas krypning och förekommer hos de flesta material. När det gäller trä spelar fuktförhållandena en stor roll och krypningen ökar med ökande fukttinnehåll. Varierande fuktförhållanden ökar krypningen ännu mer. Om lastnivån är tillräckligt hög kommer krypningen till slut att leda till brott.

För att få en fullständig bild av trämaterialiets egenskaper är det nödvändigt att definiera hela spänningsbilden för ett stycke trä, se figur 2.4. Ofta görs det ingen skillnad mellan radiell, R-, och tangentiell, T-, riktning och riktningarna benämns σ_0 eller $\sigma_{//}$ respektive σ_{90} eller σ_{\perp} för riktningarna parallellt med fiberriktningen respektive vinkelrätt mot fiberriktningen. För att beskriva trämaterialiets beteende inom elasticitetsgränsen är 12 materialegenskaper nödvändiga, till exempel elasticitetsmodulerna E_L, E_R, E_T , skjuvmodulerna G_{LR}, G_{LT}, G_{RT} och Poissons tal $\nu_{LR}, \nu_{RL}, \nu_{LT}, \nu_{TL}, \nu_{RT},$ och ν_{TR} . Vanligtvis antas Poissons tal vara parvis lika, vilket gör det möjligt att utelämna tre. Genom att bortse från skillnaderna i tangentiell och radiell riktning kan antalet variabler reduceras till sex, ofta betecknade $E_{//}, E_{\perp}, G_{//}, G_{\perp}, \nu_{//}$ och ν_{\perp} , där // betecknar riktningen parallellt med och \perp betecknar riktningen vinkelrätt mot fibrerna.

Böj-, tryck-, drag- och skjuvhållfasthet

Felfritt virke har höga hållfasthetsvärden i jämförelse med de karakteristiska värden som används vid dimensionering av konstruktioner. Kvistar, snedfibrihet, tjurved och andra defekter minskar betydligt träets hållfasthet och styvhet.

För felfritt trä är tryckhållfastheten i fiberriktningen bara hälften av draghållfastheten och draghållfastheten tvärs fibrerna är mycket låg i förhållande till värdet i fiberriktningen.

Hållfastheten hos sågat virke är normalt mycket lägre än hos felfria träprover. Skillnaden i hållfasthet mellan olika virkesstycken kan också vara mycket stor. Vid böj- och dragbelastning till brott beter sig trä närmast som ett sprött material. Brottet kommer ofta utan förvarning. Vid tryckbelastning föregås brottet av omfattande stukningar, och vid belastning tvärs fibrerna sker en komprimering och något egentligt brott uppstår inte.

Elasticitets- och skjuvmodul

Elasticitets- och skjuvmodul är de materialberoende parametrar inom hållfasthetsläran som beskriver förhållandet mellan mekanisk spänning och deformation. Elasticitetsmodulen är ofta den parameter som blir avgörande då deformationskrav vanligen är dimensionerande för olika typer av träkonstruktioner. Elasticitetsmodulen förhåller sig till skjuvmodulen enligt en formel som inkluderar Poissons tal. Det linjära förhållandet mellan skjuvspänning och skjuvtöjning beskrivs av skjuvmodulen som har dimensionen kraft per area och mäts i pascal. Båda dessa parametrar är avgörande att ta hänsyn till vid dimensionering av träkonstruktioner.

Tabell 2.4 Fysikaliska data för furu och gran

Värdena för hållfasthet och elasticitetsmodul är genomsnittsvärden och avser små, felfria provkroppar vid en medeltemperatur av 20 °C.

Uppgifter utan parentes anger egenskaper parallellt med fiberriktningen (II) och uppgifter inom parentes egenskaper vinkelrätt mot fiberriktningen (⊥).

Samtliga värden är angivna för virke med 12 % fuktkvot.

Trots vissa skillnader mellan furu och gran ska de betraktas som byggstatiskt lika.

Observera

För beräkning av bärförmåga och styvhet ska de karakteristiska värden som anges i Eurokod 5, med tillhörande nationell bilaga Boverkets författningssamling, BFS 2019:1, EKS 11, användas.

Egenskap		Furu	Gran
Fuktkvot (%)	II	12	12
Torr-rådensitet (kg/m ³)	II	420	380
Densitet (kg/m ³)	II	470	440
Draghållfasthet (MPa)	II ⊥	104 (3)	90 (2,5)
Böjhållfasthet (MPa)	II	87	75
Tryckhållfasthet (MPa)	II ⊥	46 (7,5)	40 (6)
Skjuvhållfasthet (MPa)	II	10	9
Slaghållfasthet (kJ/m ²)	II	70	50
Hårdhet (Brinell)	II ⊥	4 (1,9)	3,2 (1,2)
Elasticitetsmodul (MPa)	II ⊥	12 000 (460)	11 000 (550)
Värmeledningsförmåga (W/m · °C)	II ⊥	0,26 (0,12)	0,24 (0,11)
Värmekapacitet (J/kg °C)	II	1 650	1 650
Värmevärde (MJ/kg)	II	16,9	16,9

MPa = N/mm²

Tabell 2.5 Karakteristiska hållfasthets- och styvhetsgenskaper uttryckta i MPa och densitet kg/m³ för konstruktionsvirke i hållfasthetsklass C14, C18, C24 och C30¹⁾

Egenskaper	C14	C18	C24	C30
Hållfasthetsvärden				
Böjning parallellt med fibrerna $f_{m,k}$	14	18	24	30
Dragning parallellt med fibrerna $f_{t,0,k}$	7,2	10	14,5	19
Dragning vinkelrätt mot fibrerna $f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4
Tryck parallellt med fibrerna $f_{c,0,k}$	16	18	21	24
Tryck vinkelrätt mot fibrerna $f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,5	2,7
Längsskjuvning $f_{v,k}$	3,0	3,4	4,0	4,0
Styvhetsvärden för analys av bärförmåga				
Elasticitetsmodul $E_{0,05}$	4 700	6 000	7 400	8 000
Styvhetsvärden för deformationsberäkningar, medelvärden				
Elasticitetsmodul parallellt med fibrerna $E_{0,mean}$	7 000	9 000	11 000	12 000
Elasticitetsmodul vinkelrätt mot fibrerna $E_{90,mean}$	230	300	370	400
Skjuvmodul G_{mean}	440	560	690	750
Densitet				
Densitet ρ_k ²⁾	290	320	350	380
Densitet ρ_{mean} ³⁾	350	380	420	460

¹⁾ För tillämpningar i Sverige är de dominerande hållfasthetsklasserna för konstruktionsvirke C14 och C24. Även hållfasthetsklass C18 och C30 förekommer vid produktion av takstolar i Sverige.

²⁾ ρ_k motsvarar 0,05-percentilen.

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

Källa: Tabell enligt SS-EN 338:2016.

2.1.4 Hållfasthet och styvhet för konstruktionsvirke

Större trästycken (sågat virke) innehåller inte bara raka träfibrer utan även avvikelser som kvistar, tryckved, fiberstörningar och så vidare. Det är därför inte möjligt att förutse det mekaniska beteendet för sågat virke direkt utgående från egenskaperna hos kvistfritt trä. Fiberstörningar omkring en kvist kan exempelvis ge upphov till stora lokala spänningar på grund av belastning i vinkel mot fibrerna. Detta yttrar sig till exempel vid mätning av elasticitetsmodulen längs en plank. Man kan då både se att elasticitetsmodulen sjunker med jämna intervall som hänger samman med kvistvarven, och även en allmän ändring av nivån från den ena virkesänden till den andra.

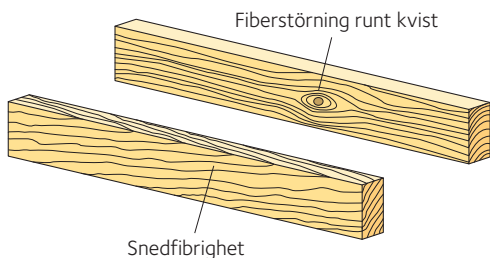
Det innebär att vid dimensionering används ett karakteristiskt värde som baseras på sorteringar och provningar. Vanligtvis används plank med hållfasthets- och styvhetsgenskaper enligt SS-EN 338 eller av tillverkaren presenterade och verifierade värden.

För rektangulära tvärsnitt med mindre höjd än 150 mm kan det karakteristiska värdet för böjhållfasthet $f_{m,k}$ och draghållfasthet parallellt med fiberriktningen $f_{t,0,k}$ ökas med faktorn k_h (faktor för storleffekt). För andra karakteristiska egenskapsvärden är faktorn k_h lika med 1.

$$2.1 \quad k_h = \min \left\{ \left(\frac{150}{h} \right)^{0.2}, 1,3 \right\}$$

där:

h är tvärsnittets höjd vid böjning och bredd vid dragning i millimeter.



Figur 2.6 Olika fiberstörningar i virket

2.1.5 Fukt och lastvaraktighet

Styvhet och bärförmåga hos en träkonstruktion är i hög grad beroende av varaktigheten hos de laster som verkar på konstruktionen. Vid dimensioneringen skiljer man därför mellan laster med olika varaktighet, till exempel mellan permanenta laster, som egentyngd, och laster med varierande intensitet under byggnadens livslängd, som nyttig last. De senare indelas normalt i långvariga laster, laster med medellång varaktighet och kortvariga laster. Ibland förekommer också momentana "ögonblickslaster", till exempel stötar. Byggnormerna anger korrektionsfaktorer för hållfasthets- och styvhetsvärden med hänsyn till lastvaraktighetsklass.

De mekaniska egenskaperna för trä påverkas av fukttinnehållet. Ju lägre fuktkvot, desto högre hållfasthet och styvhet. Ofta sägs träets hållfasthet och styvhet öka linjärt med minskande fukttinnehåll under fibermättnadspunkten. Över fibermättnadspunkten, däremot, förekommer inga större förändringar av hållfastheten och styvheten med ökande fukttinnehåll.

Fuktkvotens påverkan är olika i olika belastningsriktningar. I tabell 2.6 visas förändringar av egenskaper för små provbitar vid en förändring av fuktkvoten med en procentenhet. Detta samband gäller för fuktkvoter mellan 8 och 20 %. Fuktkvotens påverkan på virke är inte så tydliga som på små kvistfria provkroppar. Vid förändring av fuktkvoten påverkas tryckhållfastheten i större utsträckning än draghållfastheten.

Dimensioneringsregler tar vanligtvis hänsyn till påverkan av fuktkvoten, genom reduktion av hållfasthetsvärden för virke som används i miljöer där hög relativ luftfuktighet kan förekomma. I SS-EN 1995-1-1 indelas alla konstruktionselement i klimatklasser beroende av i vilken relativ luftfuktighet som elementet, finns i under sin livstid, se kapitel 1, Bakgrund, sidan 7.



Kostall med takstolar av limträ.

Tabell 2.6 Ungefärlig förändring av mekaniska egenskaper för kvistfritt trä vid en förändring av fukttinnehållet med 1 %, Hoffmeyer (2003)

Egenskap	Förändring (%)
Tryckhållfasthet parallellt med fiberriktningen	5,0
Tryckhållfasthet vinkelrätt mot fiberriktningen	5,0
Böjhållfasthet parallellt med fiberriktningen	4,0
Draghållfasthet parallellt med fiberriktningen	2,5
Draghållfasthet vinkelrätt mot fiberriktningen	2,0
Skjuvhållfasthet parallellt med fiberriktningen	3,0
Elasticitetsmodul parallellt med fiberriktningen	1,5

2.2 Limträ

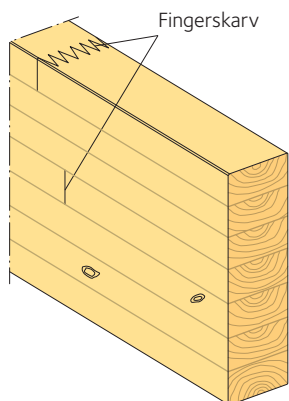


Olsbergs Arena, Eksjö.

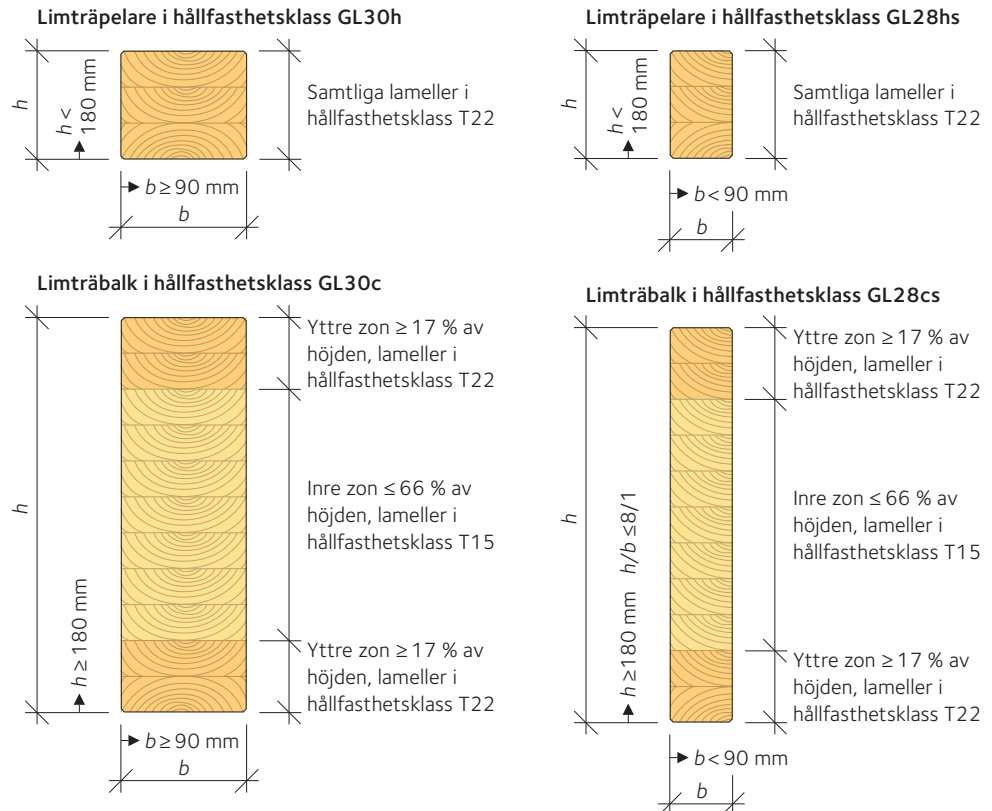
Limträ är en förädlad träprodukt som lämpar sig utmärkt till krävande konstruktioner. De enskilda lamellerna, som sorteras med avseende på hållfasthet och fingerskarvas, kan limmas ihop till nästan vilken form och storlek som helst. Eftersom råmaterialet trä är fullständigt förnybart är limträ ett fördelaktigt material ur miljösynpunkt. Eftersom tvärsnittet fritt kan utformas och balkens tvärsnittshöjd kontinuerligt kan varieras eller krökas och spännvidden dessutom kan vara lång har limträ många användningsområden.

Limträttillverkningen sker på ungefär samma sätt oberoende av limträttillverkare eller tillverkningsland och råvaran är hållfasthets-sorterat virke, i de nordiska länderna vanligtvis gran. Limträtvärsnittet kan byggas upp av lameller som tillhör samma hållfasthetsklass, då får man en produkt som kallas homogent limträ och betecknas med bokstaven h (h = homogeneous, homogent limträ). De yttre lamellerna i ett tvärsnitt utsätts vanligen för större påkänningar och tillverkas därför normalt av lameller i en högre hållfasthetsklass. Denna produkt kallas kombinerat limträ och betecknas med bokstaven c (c = combined, kombinerat limträ), se figur 2.8.

Limträ kan klyvas med bandsåg till 2 eller 3 klyvbalkar. Klyvsågade limträbalkar används ofta i takkonstruktioner som överramar i takstolar eller kompletterande balkar och betecknas med bokstäverna



Figur 2.7 Del av en limträbalk



Figur 2.8 Hållfasthetsklasser för limträ

Olika limträtvärsnitt som visualiserar de olika hållfasthetsklasserna GL30h (homogent limträ), GL30c (kombinerat limträ), GL28hs (klyvsågat homogent limträ) och GL28cs (klyvsågat kombinerat limträ). Limträ i hållfasthetsklasserna GL28hs och GL28cs tillverkas genom klyvsågning av bredare tvärsnitt.

Tabell 2.7 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	GL28cs	GL28hs	GL30c	GL30h
Hållfasthetsvärden				
Böjning parallellt med fibrerna $f_{m,k}$ ⁴⁾	28,0	28,0	30,0	30,0
Dragning parallellt med fibrerna $f_{t,0,k}$	19,5	22,4	19,5	24,0
Dragning vinkelrätt mot fibrerna $f_{t,90,k}$	0,5	0,5	0,5	0,5
Tryck parallellt med fibrerna $f_{c,0,k}$	24,0	28,0	24,5	30,0
Tryck vinkelrätt mot fibrerna $f_{c,90,k}$	2,5	2,5	2,5	2,5
Längsskjuvning $f_{v,k}$ (skjuvning och vridning)	3,5	3,5	3,5	3,5
Rullskjuvning $f_{r,k}$	1,2	1,2	1,2	1,2
Styvhetsvärden för analys av bärförmåga				
Elasticitetsmodul $E_{0,05}$	10 400	10 500	10 800	11 300
Styvhetsvärden för deformationsberäkningar, medelvärden				
Elasticitetsmodul $E_{0,mean}$	12 500	13 100	13 000	13 600
Elasticitetsmodul $E_{90,mean}$	300	300	300	300
Skjuvmodul G_{mean}	650	650	650	650
Densitet				
Densitet ρ_k	290	430	390	430
Densitet ρ_{mean}	430	480	430	480

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, *Dimensionering av träkonstruktioner, Del 2*. 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 *ekvation 2.2*.

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.

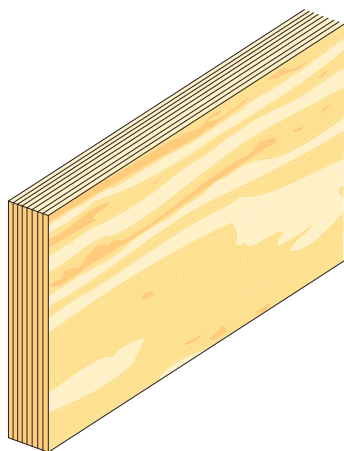
hs (homogeneous split, klyvsågat homogent limträ) eller cs (combined split, klyvsågat kombinerat limträ). Hållfasthetssorteringen och limträbalkens uppbyggnad inverkar på klyvbalkarnas egenskaper som skiljer sig något från traditionella limträtvärsnitt.

För rektangulära tvärsnitt med mindre höjd än 600 mm kan det karakteristiska värdet för böjhållfasthet $f_{m,k}$ och draghållfasthet parallellt med fiberriktningen $f_{t,0,k}$ ökas med faktorn k_h (faktor för storlekseffekt). För andra karakteristiska egenskapsvärden är faktorn k_h lika med 1.

$$k_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{600}{h} \right)^{0,1} \\ 1,1 \end{array} \right. \quad 2.2$$

där:

h är tvärsnittshöjden i millimeter.



Figur 2.9 Balk av fanerträ

2.3 Fanerträ

Fanerträ eller Laminated Veneer Lumber, LVL, är uppbyggd med limmade tunna skikt av faner vilket minskar inverkan av olika slags störningar i träet. Variationen i de mekaniska egenskaperna blir därmed mindre och hållfastheten blir förhållandevis hög jämfört med massivt virke och limträ. LVL tillverkas av torra faner och levereras normalt med en fuktkvot lägre än $10\% \pm 2\%$.

Fanerträ tillverkas genom sammanlimning av träfanerark till 20–90 mm tjocka konstruktionsskivor med de maximala dimensionerna 3×24 m. Vanligtvis är skikten orienterade i en riktning, huvudbärriktningen. Skivorna sågas till önskade dimensioner efter limning och härdning.

Det finns även fanerträ som tillverkas med ett antal av skikten med fiberriktningen vinkelrätt mot huvudfiberriktningen. Skivor av fanerträ ger högre styvhet i tvärriktningen, som kan vara fördelaktig för vissa byggdelar, såsom bjälklag.

Fanerträ uppvisar hög böj-, drag- och tryckhållfasthet, så väl som hög skjuvhållfasthet och relativt hög elasticitetsmodul. Storleks-effekten är betydande för fanerträ vilket måste beaktas vid dimensionering av konstruktioner med fanerträ.

Tabell 2.8 Exempel på karakteristiska hållfasthets- och styvhetsegenskaper uttryckta i MPa och densiteten i kg/m^3 för fanerträ

Egenskaper	LVL48P Balk
Hållfasthetsvärden	
Böjning på högkant parallellt fibrerna $f_{m,0,edge,k}$	44
Böjning på lågkant parallellt fibrerna $f_{m,0,flat,k}$	48
Dragning parallellt fibrerna $f_{t,0,k}$	35,0
Tryck parallellt fibrerna $f_{c,0,k}$	29,0
Tryck på högkant vinkelrätt fibrerna $f_{c,90,edge,k}$	6,0
Skjuvning på högkant parallellt fibrerna $f_{v,0,edge,k}$	4,2
Skjuvning på lågkant parallellt fibrerna $f_{v,0,flat,k}$	2,3
Styvhetsvärden	
Elasticitetsmodul parallellt fibrerna, 50-procentsfraktil $E_{0,mean}$	13 800
Skjuvmodul på högkant $G_{0,edge,mean}$	600
Densitet	
Densitet, karakteristisk ρ_k	480
Densitet ρ_{mean}	510

2.4 Miljö

I Sverige, där rätten att vistas i naturen är inskriven i grundlagen, är kopplingen mellan trä och miljö stark och naturlig. Det är emellertid inte dessa miljöaspekter detta kapitel ska redovisa utan de som är kopplade till skogen som bas för råvaran trä i byggprodukter. Den svenska skogen är grunden för skogsindustrin, Sveriges i särklass största exportsektor med ett exportnetto (export – import) som är större än någon av våra andra industrisektorer. Dessutom förädlar industrin en råvara som hela tiden förnyas till skillnad från nästan alla andra råmaterial vi använder.

2.4.1 Skogen och dess förädling

På mindre än hundra år har Sveriges skogstillgångar fördubblats. Eftersom avverkningen är mindre än tillväxten fortsätter skogsvolymen att öka. 70 procent av Sveriges yta (landareal) täcks av skog, främst barrskog. Det är endast allra längst i söder som lövskog dominerar. En stor del av skogen i Sverige kan definieras som kulturskog, det vill säga skog som brukas och sköts. Det är endast i de nordligaste fjällområdena som det finns så kallade urskogsliknande områden, det vill säga områden som inte påverkats av odling eller skogsvårdande åtgärder. Dessa kallas naturskogar.

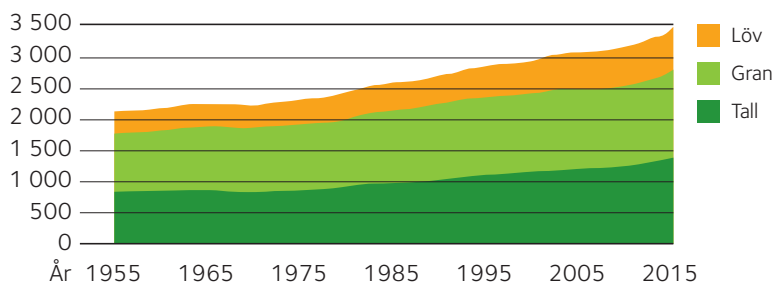
Av den skog som avverkas i Sverige går ungefär 47 procent till sågverken, 45 procent till massaindustrin och 8 procent blir brännved, stolpar med mera. Träfibrer finns i en mängd produkter som man vanligtvis inte förknippar med trä, som till exempel livsmedelsförpackningar, kläder, kosmetika, läkemedel och bränsle.

2.4.2 Skogen räcker till

Sveriges totala landareal är 40,8 miljoner hektar. Den svenska skogen består av 22,5 miljoner hektar produktiv skogsmark. Tillväxten är större än avverkningen och har så varit under hela 1900-talet. Årligen avverkas cirka 90 miljoner skogskubikmeter, mn m³sk, av tillväxten som är cirka 120 mn m³sk, se figur 2.11. Med andra ord ökar mängden skog i Sverige kontinuerligt för varje år och det totala virkesförrådet uppgår till över 3 miljarder skogskubikmeter, md m³sk. På mindre än hundra år har Sveriges skogstillgångar fördubblats.

Svenskt skogsbruk är långsiktigt hållbart. Ekonomisk, social och biologisk uthållighet utgör grunderna för ett så kallat hållbart brukande. När det gäller ekonomisk och social uthållighet har svenskt skogsbruk länge varit ledande. Med ekonomisk uthållighet menar man säkerställandet av en långsiktig virkesproduktion och att den genererar tillräckligt stora vinster för att skogsbruket och skogsskötseln ska kunna hållas igång. Under begreppet social uthållighet hamnar frågor som gäller ursprungsbefolkningar, arbetarrättigheter, rekreationsfrågor och möjligheten för samhällen, på både lokal och nationell nivå, att långsiktigt kunna överleva på sitt skogsbruk. När man talar om biologisk uthållighet gäller det markens långsiktiga produktionsförmåga, att vidmakthålla de naturliga ekologiska processerna samt den i Sverige för närvarande aktuella frågan om att bevara den biologiska mångfalden.

Miljoner skogskubikmeter (mn m³sk)



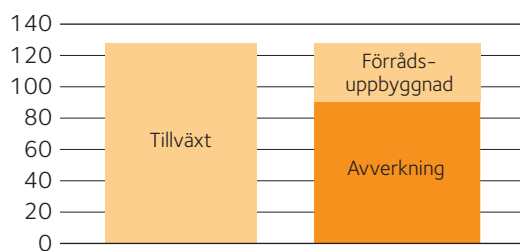
Figur 2.10 Det svenska virkesförrådets utveckling

Källa: Skogsindustrierna, Riksskogstaxeringen, SLU.



Granskog

Miljoner skogskubikmeter per år (mn m³sk/år)



Figur 2.11 Tillväxten i Sverige är större än avverkningen

Tillväxt och avverkning på all mark, merparten av förrådsuppbbyggnaden sker på mark undantagen från skogsbruk.

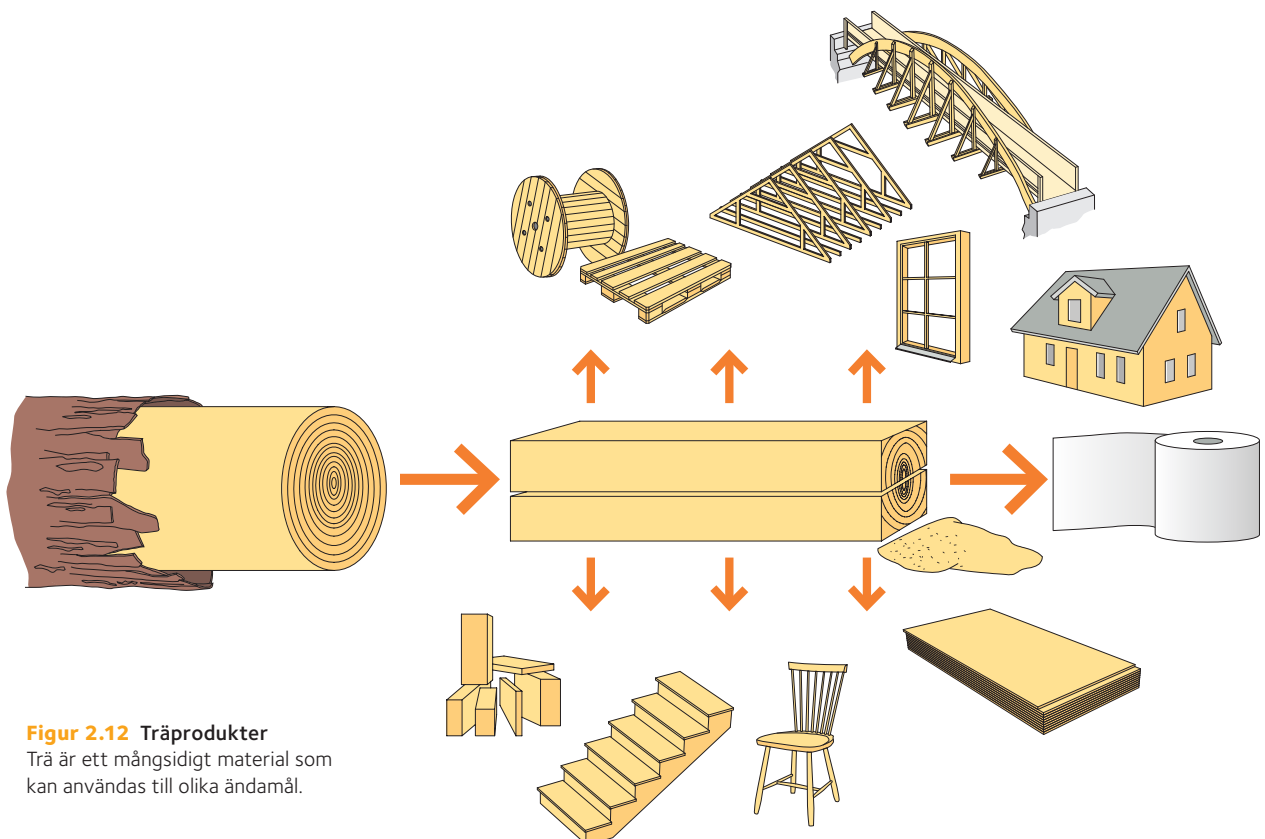
Källa: Skogsindustrierna, Riksskogstaxeringen, SLU.

2.4.3 Tillverkning av olika byggmaterial och klimatavtryck

Under de senaste två decennierna har det skett en snabb utveckling av trä i byggkonstruktioner, ett resultat av EU:s övergång till funktionsnormer i medlemsländernas bygglagstiftning. Det gör det nu möjligt att uppföra även större byggnader med träbaserade system. Att tillverka sågade trävaror kräver mycket lite tillförd extern energi förutom energi från de egna biprodukterna, som bark och spån. Torkningen av brädor och plank är det mest energikrävande processteget. Det är också i detta steg som mest energi används. Vid tillverkning av andra byggmaterial utgår man alltid från ändliga råvaror. Både utvinning och bearbetning kräver energi, ofta i mycket stor omfattning och av fossilt bränsle. Vid tillverkning av cement sker stora utsläpp av koldioxid, CO_2 , liksom vid processer för att producera stål. Allt byggmaterial som kommer från dessa processer ger därför ett negativt klimatavtryck.

Beräkningar ger ett mått på utsläpp av koldioxid och andra växthusgaser för en produkt eller aktivitet och hjälper användaren att göra val med minsta klimatpåverkan. Trä ger här negativa tal eftersom koldioxid är bundet i det ursprungliga trädet och de utsläpp som sker i samband med avverkning, transport och bearbetning är små i jämförelse med inlagrad koldioxidmängd.

Eftersom takstolar av trä ofta tillverkas för ett specifikt projekt uppstår det inget väsentligt spill på byggarbetsplatsen. Eventuellt emballage utgörs av återvinningsbart material. Emballaget är avsett att skydda mot fukt, nederbörd, solstrålning, smuts och viss mekanisk åverkan under transport och lagring.



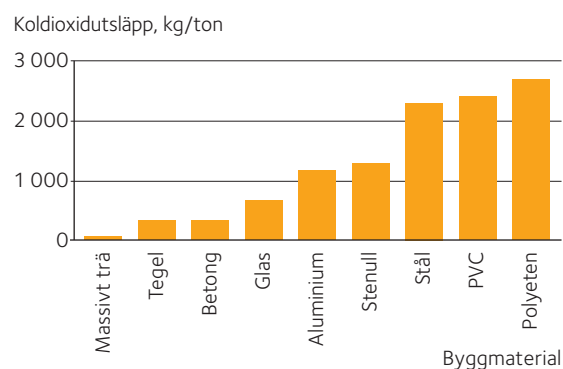
Figur 2.12 Träprodukter
Trä är ett mångsidigt material som kan användas till olika ändamål.



Fackverkstakstolar

Under sin livstid har takstolar av trä ingen negativ miljöpåverkan av betydelse och behöver i princip inget underhåll. De kan i många fall enkelt kompletteras och anpassas vid ombyggnader och eventuellt spill kan lämnas till närmaste återvinningsstation. Takstolar av trä kan återvinnas genom återbruk eller till slut kan virket brännas för att få energi.

De svenska takstolstillverkarna kan tillhandahålla miljödeklarationer. Miljödeklarationerna redovisar produktens miljöpåverkan under den del av kretsloppet som takstolstillverkaren kan påverka, alltså från och med det att råmaterialet tas ur skogen tills de färdiga takstolarna lämnar takstolstillverkaren.



Figur 2.13 Koldioxidutsläpp vid tillverkning av byggmaterial

Värdena ovan kan variera beroende på flera faktorer som till exempel energislag, transporter och produktionsmetoder. Vid en livscykelanalys, LCA, brukar man vanligen jämföra funktionella enheter som kg/m² golvyta i ett bjälklag.

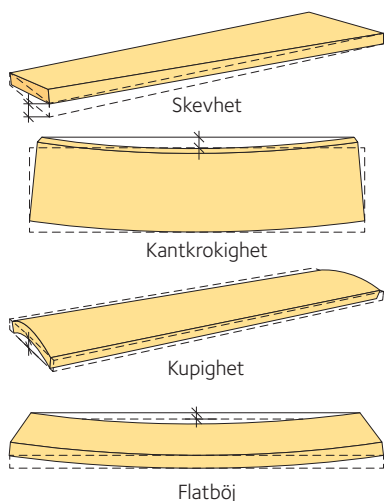
Observera

Lagringen av kol i trä redovisas inte i detta diagram.

Källa: SCA.

Takstolar

3.1	Virke till takstolar	34
3.2	Spikplåtar, beslag och fästdon	35
3.2.1	Spikplåtar, dragband och dragbandssystem	35
3.2.2	Spik, skruv och beslag	37
3.3	Tillverkning, kontroll och ansvar	39
3.3.1	Industriellt tillverkade takstolar	39
3.3.2	Certifiering och kontroll	39
3.4	Transporter	40
3.5	Hantering av takstolar på byggarbetsplatsen	40
3.5.1	Mottagningskontroll, lossning och lagring av takstolar	41
3.6	Montage	44
3.6.1	Montageplan och maskinresurser	44
3.6.2	Lyft och montage	45



Figur 3.1 Exempel på deformationer

Tabell 3.1 Minimimått för virke som används i industriellt tillverkade takstolar enligt SS-EN 14250

Del	Minimimått
Tjocklek, alla bärverksdelar	≥ 35 mm
Höjd, yttre bärverksdelar (över- och underram)	≥ 68 mm
Höjd, inre bärverksdelar (diagonaler)	≥ 58 mm
Effektiv tjocklek/bredd enligt SS-EN 336:2013	≥ 35 mm

Takstolar har som uppgift att ta upp krafter för att sedan överföra krafterna till två eller flera upplagspunkter, ofta där avståndet mellan upplagspunkterna är relativt stora. För att uppnå den funktionen på ett material- och kostnadseffektivt sätt är stångkonstruktion i form av fack- eller ramverk en bra lösning. Hållfasthetssorterat konstruktionsvirke sammansatta i knutpunkter med spikplåtar har visat sig vara ett framgångsrikt koncept för att uppnå denna funktion.

3.1 Virke till takstolar

Konstruktionsvirke i takstolar ska klara av att överföra snölast, egenvikt, nyttig last och vindlast till takkonstruktionens upplag. Det innebär att olika virkesdelar i konstruktionen kommer överföra olika typer av krafter. Vissa delar utsätts för normalkrafter, andra delar ska klara av att överföra böjmoment. För virke som ska användas till industriellt tillverkade takstolar med förband av spikplåtar, finns det enligt gällande standard SS-EN 14250 ett antal krav som ska uppfyllas:

- Konstruktionsvirke ska vara hållfasthetssorterat enligt sorteringsstandarder och metoder som överensstämmer med SS-EN 14081-1.
- Kantkrokighet får maximalt vara 4 mm per 2 meter längd.
- Flatbøjning får maximalt vara 6 mm per 2 meter längd.
- Skevhet får maximalt vara högst 2 mm per 25 mm bredd per 2 meter längd.
- Kupighet får maximalt vara högst 2 mm per 100 mm på flatsidan.

Fingerskarvat virke får användas om de uppfyller kraven enligt SS-EN 15497. Virket ska även ha tillräcklig naturlig beständighet, enligt SS-EN 350, för avsedd användningsklass och om träskyddsbehandlat virke används ska beständighetsklass, typ av behandling, kritiskt absorberingsvärde och inträngningsklass enligt SS-EN 15228 anges.

Toleranser hos ett bärverk ska minst överensstämma med toleransklass 2 enligt SS-EN 336. I tabell 3.1 framgår ett minimimått för delar som ingår i en industriellt tillverkad takstol.

För att minimera risken för skador vid hantering av takstolar ska SS-EN 1995-1-1 tillämpas eller minsta tjocklek, b , beräknas enligt:

$$3.1 \quad b = \frac{1,8 \cdot l^2}{f_{m,k}}$$

där:

l är den totala längden hos bärverksdelen, i meter.

$f_{m,k}$ är den karakteristiska böjhållfastheten hos bärverksdelen i MPa.

3.2 Spikplåtar, beslag och fästdon

Förband, som används vid industriellt tillverkade bärverk av trä, ska uppfylla de krav som ställs i SS-EN 14545. Används träskyddsbehandlat konstruktionsvirke mot biologiska organismer ska korrosionsskydd som används för förbanden vara kompatibelt med träskyddsbehandlingen.

3.2.1 Spikplåtar, dragband och dragbandssystem

Spikplåtar

Spikplåtar är tunna plåtar som har utstansade och åt en sida utvikta tänder, se figur 3.2 b), som trycks in i konstruktionsvirket. De används för att sammanfoga olika virkesstycken i exempelvis en takstol. Spikplåtarnas tänder pressas in på båda sidor av virket kring en knutpunkt med tryckpress som pressar hela plåten samtidigt. Spikplåtar tillverkas i tjockleksintervallet 1,0 till 2,0 mm av en varmförzinkad plåt i klass Z275 vilket lämpar sig för konstruktioner i klimatklass 1 och 2. För konstruktioner i till exempel korrosiva miljöer kan det behövas bättre rostskydd eller spikplåtar i rostfritt stål. Olika spikplåttillverkare har olika utformning och mönster. Normalt är tändernas längd mellan 10 och 15 mm långa. Spikplåtar tillverkas vanligtvis av stål med en sträckgräns på 350 MPa och en brotthållfasthet på över 470 MPa. Spikplåtar omfattas av SS-EN 14545 som är en harmoniserad standard vilket innebär att spikplåtar måste vara CE-märkta och åtföljas av en så kallad prestandadeklaration.

Förband som används till industriellt tillverkade bärverk av trä ska placeras enligt vad som angetts i dimensioneringsunderlaget med en marginal av mindre än 10 mm i någon riktning i förhållande till vad som angetts på ritningen. Glipor mellan virkesytan och spikplåtens undersida får inte överstiga 1 mm och får inte förekomma på mer än 25 procent av förankringsarean i någon av träbärverkets förband.

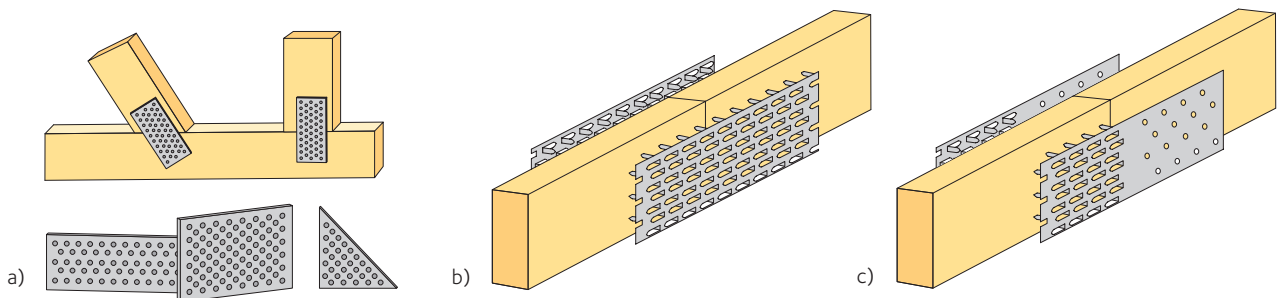
Förband av spikplåtar får inte sticka ut utanför bärverkens yttre kanter. Förbandets nedre kant som är beläget över en upplagspunkt ska vara minst 3 mm från den bärverksdels nedre kant som är i kontakt med stödet.



Exempel på spikplåtsförband.

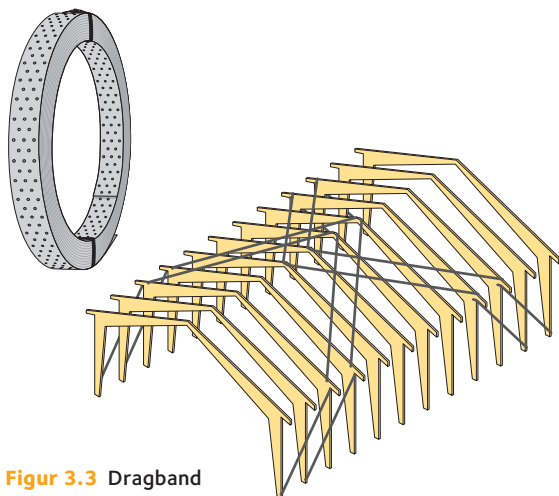


CE-märket används inom olika produktområden.

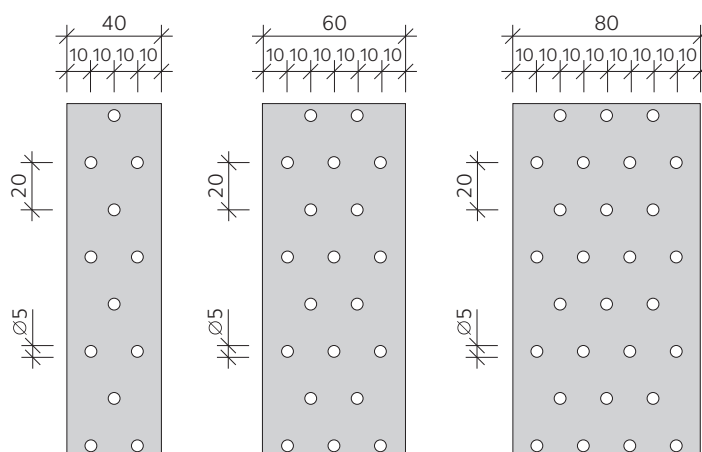


Figur 3.2 Exempel på spiknings- och spikplåtar

- Spikningsplåtar. Används som laskplåt i träkonstruktioner av olika slag, exempelvis vid montering av takstolar. Spikas eller skruvas med ankarspik eller ankarskruv.
- Spikplåtar. Används som laskplåt i konstruktioner av olika slag, som till exempel vid industriell tillverkning av takstolar.
- Kombiplåtar. Används då takstolar behöver skarvas för att kunna transporteras. Spikas eller skruvas på byggarbetsplatsen med ankarspik eller ankarskruv.



Figur 3.3 Dragband



Figur 3.4 Exempel på mått för dragband

Dragband

Dragband används vanligtvis för stabilisering och infästning av takkonstruktioner. De används även till vindkryss i bjälklag och väggar. För att dragband ska få avsedd funktion är det viktigt att de monteras väl spända och att infästningar dimensioneras enligt gällande normer. Dragbanden tillverkas av galvaniserad stålplåt med mått enligt *tabell 3.2* och med 5 mm hål för montering med ankarspik eller ankarskruv.

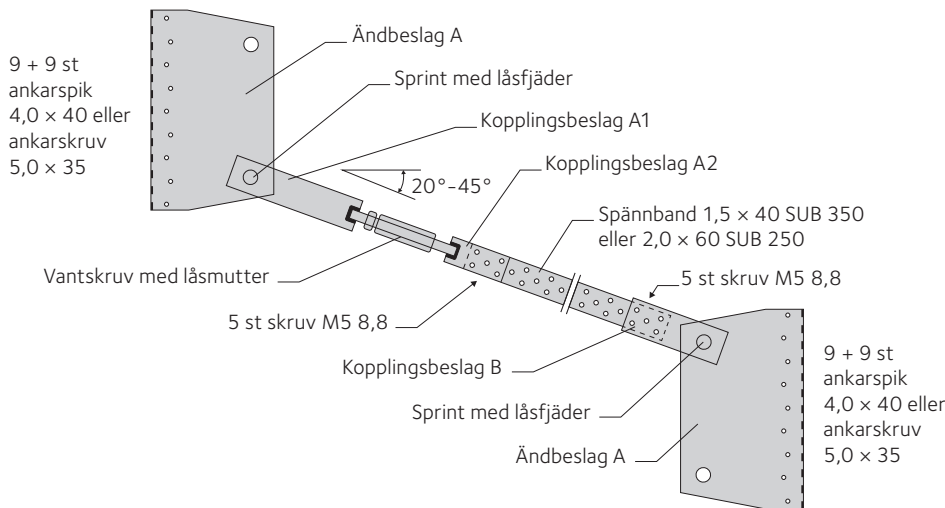
Dimensionerande bärförmåga för dragbanden bestäms av nettotvårsnittet och stålqualiteten. Tillverkare av dragband har ofta i sina datablad tabellerat värden för dimensionerande bärförmåga, se *tabell 3.3*.

Tabell 3.2 Vanligt förekommande dimensioner för dragband

Dragband	Tjocklek (mm)	Bredd (mm)	Längd (m)
2,0 × 40	2,0	40	50
2,0 × 60	2,0	60	50
2,0 × 80	2,0	80	50
3,0 × 40	3,0	40	50

Tabell 3.3 Exempel på dimensionerande bärförmåga för dragband

Typ	Dimensionerande bärförmåga (kN)
2,0 × 40	12,0
2,0 × 60	22,5
2,0 × 80	30,0
3,0 × 40	22,5



Figur 3.5 Exempel på dragbandssystem för takkonstruktioner

Tabell 3.4 Dimensionerande bärförmåga för dragbandssystem

Lastvaraktighetsklass kort, klimatklass 2		
Ankarspik eller ankarskruv	Dragbandsvinkel	F_{Rd} (kN)
9 + 9 st 4,0 x 40	20° – 40°	21,0
9 + 9 st 4,0 x 40	45°	20,2
9 + 9 st 5,0 x 35	20° – 45°	21,0

Dragbandssystem för takkonstruktioner

Färdiga dragbandssystem kan användas vid stabilisering av takkonstruktioner. Systemen byggs upp av ändbeslag, kopplingsbeslag och dragband. De olika delarna sammankopplas med skruv, se figur 3.5. Uppspänningen sker vanligtvis med vantskruvar och det finns olika beslag för infästning i trä eller betong.

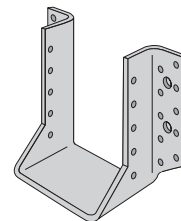
3.2.2. Spik, skruv och beslag

Det är fördelaktigt från ekonomisk synpunkt att använda sig av standardbeslag och spik från standardsortimentet. Specialtillverkade beslag blir i regel betydligt dyrare, men kan vara motiverade av tekniska eller arkitektoniska skäl. En rad byggbeslag har utvecklats för olika ändamål:

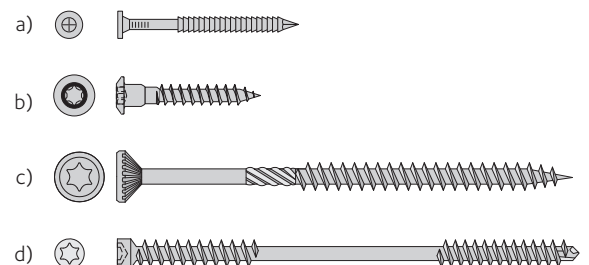
- Balkskor för avvaxlingar.
- Vinkelbeslag för att fästa takstolar till hammarband.
- Universalbeslag är ett alternativ till vinkelbeslag.
- Gaffelankare för att förankra takstolar.

Spik och träskruv

Förband med spik, skruv, universalskruv eller träbyggnadsskruv är enkla lösningar som används i stor omfattning vid förband med trä. Spikarnas och skruvarnas förmåga att ta både tvär- och dragkrafter tillsammans med deras enkelhet att användas på byggarbetsplatsen har bidragit till infästningsmetodens popularitet. Vid infästningar där spikningsplåtar eller vinkelbeslag används är det vanligt att använda både ankarskruvar och ankarspikar.

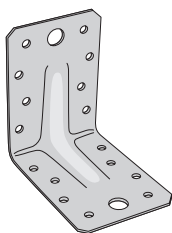


Figur 3.6 Balksko

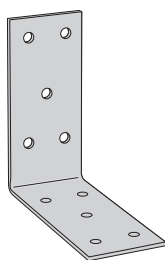


Figur 3.7 Exempel på spik och träskruv i träförband

- Ankarspik. Används i kombination med byggbeslag.
- Ankarskruv. Används i kombination med byggbeslag.
- Träbyggnadsskruv. Med specialutformade gängor. Behöver inte förborras.
- Universalskruv. Med övre och undre förankringsgängor för två virkesstycken.



Figur 3.8 Vinkelbeslag med uppresseade förstärkningar



Figur 3.9 Spikplåtsvinkel

Vinkelbeslag

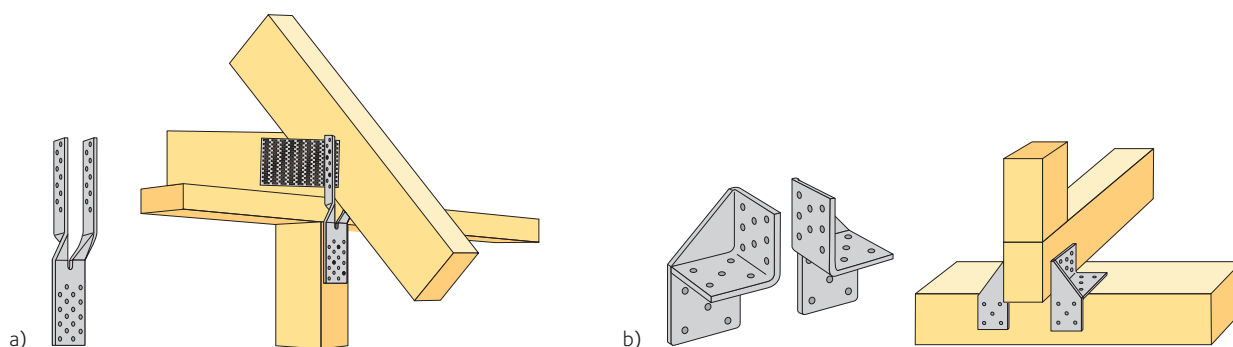
Vinkelbeslag används som kryssförbindning i träkonstruktioner. De kan även användas vid infästningar av trä till betong. Vinkelbeslag finns i ett flertal dimensioner och utformningar för anpassning till aktuell belastning. Vinkelbeslag tillverkas av varmförzinkad eller rostfri stålplåt med tjocklek 2 eller 3 mm och med håldiameter 5 mm för ankarspik eller ankarskruv, samt större hål för expanderskruv, se figur 3.8.

Spikplåtsvinklar

Det finns ett stort antal olika vinkelbeslag att välja mellan, allt från beslag som klarar stora dragkrafter till beslag som är anpassade för att föra över huvudsakligen tvärkrafter. Spikplåtsvinklar kan användas vid förbindningar mellan takstolar och hammarband eller vid kryssförbindningar. Spikplåtsvinklar klarar generellt mindre krafter än till exempel förstärkta vinkelbeslag. Spikplåtsvinklar tillverkas av varmförzinkad eller rostfri stålplåt med tjocklek 2 eller 4 mm och cirka 5 mm håldiameter, se figur 3.9.

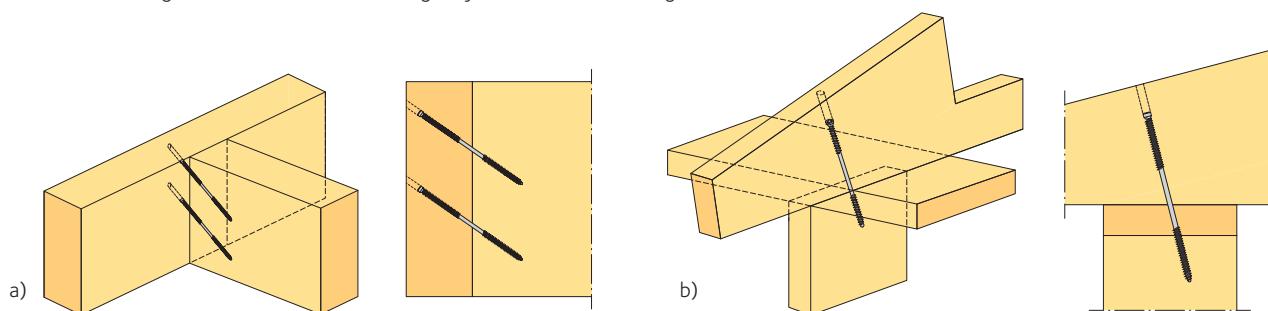
Gaffelankare och universalbeslag

Gaffelankare och universalbeslag används vid infästning av takstolar och bjälkar till hammarband. De finns i ett flertal dimensioner för anpassning till aktuell belastning och tillverkas av varmförzinkad eller rostfri stålplåt, vanligtvis med tjocklek 1,5 respektive 2,5 mm och med håldiameter 5 mm för ankarspik eller ankarskruv, samt större hål för expanderskruv, se figur 3.10.



Figur 3.10 Gaffelankare och universalbeslag

- a) Gaffelankare. Används för att fästa samman takstolen med väggkonstruktionen.
- b) Universalbeslag. Används för att sammanfoga kryssförband av olika slag.



Figur 3.11 Exempel på förband med universalskruvar

- a) Primär – sekundär balk. Förband med dragna vinklade universalskruvar.
- b) Takstol. Förband med dragna universalskruvar.

3.3 Tillverkning, kontroll och ansvar

CE-märkningen är en certifiering som enligt byggproduktförordningen, Construction Products Regulation, CPR, omfattar alla byggprodukter som saluförs på den gemensamma europeiska marknaden. Från den 1 juli 2013 blev det obligatoriskt att CE-märka alla byggprodukter som omfattas av en harmoniserad standard, däribland takstolar. För takstolar finns en standard, EN 14250, som avser trätakstolar förbundna med spikplåtar.

3.3.1 Industriellt tillverkade takstolar

Med industriellt tillverkade och standardiserade takstolar avses förtillverkade byggnadsdelar som fackverks-, ramverks- och samverkans-takstolar samt fackverksbalkar. Takstolarna ska vara gjorda av massivt konstruktionsvirke enligt SS-EN 14081-1 med eller utan fingerskarvar och med förband av spikplåtar enligt standarden SS-EN 14545.

Spikplåtar är vanligtvis rektangulära, förzinkade stålplåtar med utstansade tänder. Plåttjockleken varierar mellan 1,0 och 2,0 mm, beroende på plåttyp, storlek, utstansningens utformning, tändernas form och längd. Spikplåtarna placeras på avsedd plats och pressas maskinellt in i träet.

Spikplåtarna kan utföras relativt små då de kan överföra stora krafter i relation till sin yta. Förbindelsens styrka bestäms av virkets och plåtens kvalitet och arbetsutförandet vid utplacering och pressning.

3.3.2 Certifiering och kontroll

Leverantörer av byggprodukter ska kunna deklarerat produkternas egenskaper enligt en bestämd metod för att köpare ska vara säkra på att produkterna uppfyller de angivna egenskaperna. Det innebär att allt fler byggprodukter certifieras. Tack vare den europeiska standardiseringen är certifieringsprocessen i de europeiska länderna likadan. Standarden, SS-EN 14250:2010, ger de generella kraven som ska uppfyllas vid tillverkning av takstolar med förband av stålplåtar så att produkterna kan kvalitetssäkras.

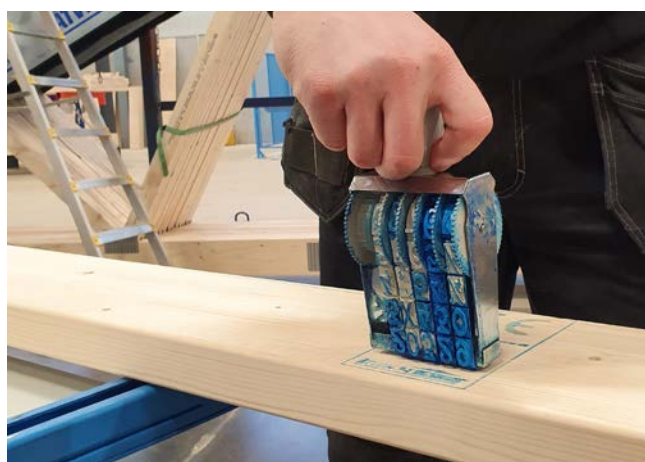
Certifierade takstolar är en egenskapsverifierad produkt som tillverkas industriellt under kontrollerade former. Tillverkning av takstolar kräver stor noggrannhet, bland annat beträffande kapning, utläggning och pressning. Egenkontroller sker fortlöpande för att säkerställa en jämn och hög kvalitet på produkterna. Den interna kontrollen övervakas av en godkänd tredjepartsorganisation.

Ett ackrediterat kontrollorgan handlägger certifiering, kontrollerar och övervakar företagets egenkontroll och gör oanmälda kontrollbesök hos tillverkarna.

CE-märkning är en produktmärkning inom EU. En produkt som är CE-märkt får säljas inom EES-området (EU-länderna samt Norge, Island och Liechtenstein) utan någon ytterligare dokumentation. När en produkt är CE-märkt visar detta att tillverkaren har följt de grundläggande krav som återfinns i de EG-direktiv som reglerar detta. Förutsättningen för obligatorisk CE-märkning är att det finns en harmoniserad standard.



Tillverkning av takstol.



CE-märkning av takstol.

Takstol AB/Takarp 0123
 CE 19
 0123-CPD-SCXXXX-YY
 EN 14250:2010 YY-XXX

Figur 3.12 Produktmärkning enligt SS-EN 14250:2010

Producentens namn med möjlighet att identifiera olika tillverkningsställen (till exempel takstolstillverkare) inom samma företag (koncern), exempelvis Takstol AB X eller Takstol AB Y.

0123 Det anmälda godkända tredjepartsorganets nummer.

CE-märke med utformning enligt EU-direktiv.

19 De två sista siffrorna i året när CE-märkning gjordes första gången av tillverkaren, i exemplet 2019.

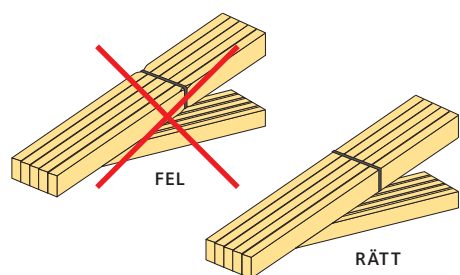
0123-CPD-SCXXXX-YY Certifikatsnummer.

EN 14250:2010 Standard.

YY-XXX Objektnummer.



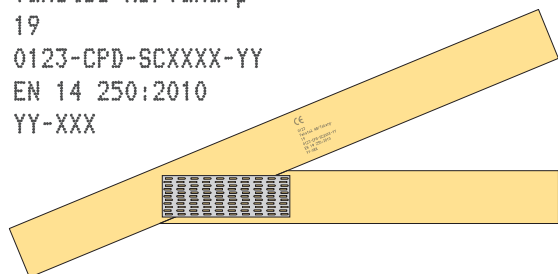
Avlastning av gavelspets från lastbil.



Figur 3.13 Banda inte ihop takstolarna så att virket skadas



0123
Takstol AB/Takarp
19
0123-CPD-SCXXXX-YY
EN 14 250:2010
YY-XXX



VARNING

Se ritning för
upplagsplacering
och/eller
förstärkning

Figur 3.14 Märkning av takstol

3.4 Transporter

Takstolar levereras i huvudsak som paket där ett antal takstolar per typ bandats ihop vilket ger en snabbare lastning och lossning. Leveransen sker i regel med lastbil av någon typ. Det som bestämmer vilken typ av fordon det blir är de längsta takstolarna som ska levereras. För mindre beställningar eller transporter finns ofta möjlighet att få takstolarna levererade med en lastbil med kran för att underlätta lossning och eventuella montageflytt.

De flesta takstolsleverantörer kan även vara behjälpliga med att lyfta takstolar på plats, om de klarar det med kranen på lastbilen. Vanligt förekommande lastbilar klarar att frakta längder upp till cirka 7 m och släpet klarar upp till 12 m. Takstolar med längder över 12 m transporteras på trailerbil. Vissa trailerbilar kan dras ut så de kommer upp i över 30 m fordonslängd.

Uppmot 27 m långa takstolar vållar som regel inga problem, men kan kräva tillstånd från vägmyndigheten. Vid större fordonslängder än 24 m fordras i regel särskilt tillstånd från vägmyndigheten. Specialtransport krävs normalt om lastbredden är över 2,6 m eller om totalhöjden 4,5 m överskrids, vilket kan vara aktuellt i samband med ramverkstakstolar. Ofta kan transportproblemen lösas genom att takstolen delas upp i flera delar, vilka sedan sammanfogas på byggarbetsplatsen. Det rekommenderas att undersöka respektive takstolstillsverkarens måttkapacitet redan i ett tidigt skede av processen.

Trailerbilar har i regel öppna flak och de lastas oftast med truck, travers, eller med kran uppifrån, vilket också är en fördel vid lossning. Ett villkor när det gäller transport i samband med köp av takstolar är att vägen ska vara framkomlig för det fordon som erfordras.

3.5 Hantering av takstolar på byggarbetsplatsen

Små takstolar är förhållandevis lätta och därmed enkla att förflytta och lyfta. Långa eller höga takstolar är en slank konstruktion som kräver uppmärksamhet så att inte takstolen knäcks eller tar annan skada. Om takstolarna är emballerade ska emballaget behållas på för att minska risken för nedsmutsning i samband med lagring och hantering.

Bästa lyftmetoden sker med bandstroppar, som läggs som en snara för att förhindra glidning vid lyft. Vikten per takstol framgår ofta av takstolsritningen. Genom att justera lyftlänkarna i längd kan man få takstolen att följa den lutning som den ska ha i den färdiga konstruktionen, till exempel vid pulpet- eller sadelformade takkonstruktioner. Bandstropparna placeras så att man får balans vid lyftet och om möjligt i knutpunkterna, se figur 3.15, sidan 41.

Viktiga fakta om en specifik takstolstyp framgår av en etikett som medföljer leveransen. Varje takstolstyp ska ha ett så kallat littera, en beteckning, som också bör finnas med på konstruktionsritningen och montageplan. Märkningen ska vara väl synlig på varje takstol. Varje enskild takstol ska kunna identifieras genom ett objektnummer på varje bunt. Om takstolen ska förstärkas, har en avvikande placering eller är oliksidig ska takstolen vara märkt med en märklapp "Varning".

Vid lyft och transport inom byggarbetsplatsen bör följande beaktas:

- Lyft av takstolarna bör om möjligt ske i upprätt position. Se till att takstolen inte får möjlighet att "fjädra" vid transport vilket kan medföra att spikplåtar lossnar.
- Om takstolarna måste lyftas liggande ska de lyftas några stycken tillsammans för att minimera risken för fjädring.
- Undvik att takstolen utsätts för belastningar som verkar brytande i sidled.

3.5.1 Mottagningskontroll, lossning och lagring av takstolar

Mottagningskontroll, som ska ingå i en kontrollplan enligt Plan- och bygglagen, PBL, görs i samband med lossning av takstolarna. Vid lossningen kontrolleras att leveransen omfattar de takstolstyper och antal takstolar som ska vara med enligt beställningen och mot följesedeln. Eventuella skador på leveransen ska noteras.

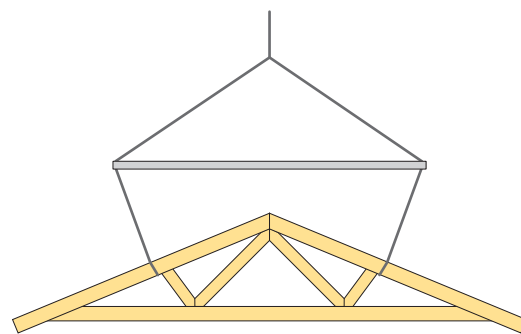
Paketets storlek och vikt varierar. Paket med 12 m längd eller mer tar stor plats vilket kräver planering så att lossningen skapar så lite störningar som möjligt. Från trailerbil med öppet flak sker lossningen snabbast och bäst med kran. Kranen har den fördelen att den även kan lyfta långa takstolar.

Takstolarna ska helst lagras stående och väl luftat från underlaget, minst 300 mm upp från marken. Upplagen bör ligga på fast underlag och placerade i närheten av takstolens stödpunkter i en rak linje så att takstolarna inte böjs under lagringen. Vid liggande lagring se till att takstolarna ligger plant och att de understöds vid knutpunkter, se figur 3.17. När det första takstolspaketet läggs upp är det viktigt att kontrollera att det ligger rätt och vid behov justera eventuellt upplagens läge.

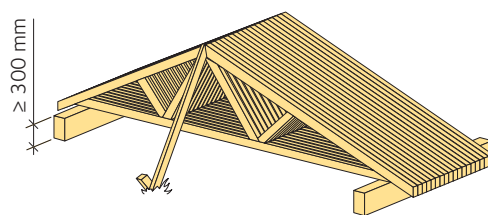
Beroende på väderlek bör takstolarna täckas med presenning. Se till att det är ventilation under presenningen, särskilt om takstolarna ska lagras flera dagar utan tillsyn. Fuktkvoten under lagring av takstolar ska hålla målfuktkvot 16 %, se tabell 3.5, sidan 42.

Planera mottagning och montage av takstolar i god tid före lossning för undvikande av tidskrävande omlastningar. Här följer en checklista:

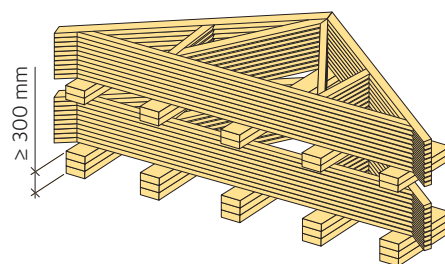
- Planera upplagsplats för takstolarna.
- Se till att upplagsplatsen har en väl dränerad yta.
- Förbered med minst 300 mm höga och rena underslag samt presenningar.
- Planera upplagen med hänsyn till montageordningen. Takstolarna är dimensionerade för att ha stöd vid speciella lägen. Stöd, om än tillfälliga, vid andra punkter kan få förödande konsekvenser. Märk därför gärna ut upplagspunkterna om det kan finnas möjlighet till att takstolarna kan vändas fel.
- Kontrollera att antal takstolar och dimensioner samt kompletterande virke stämmer mot beställningen och följesedeln.
- Kontrollera att beslag och infästningar är beställt och finns på plats.
- Kontrollera takstolsleveransen, notera eventuella synliga skador.
- Kontrollera att takstolarna är fria från jord och smuts.
- Märk upp tydligt och systematiskt enskilda takstolar och beslag för att underlätta montage.
- Kontrollera fuktkvoten.



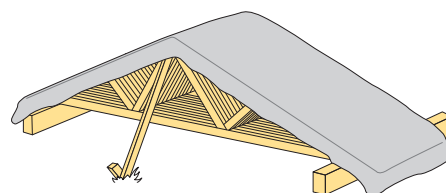
Figur 3.15 Takstolar bör lyftas i knutpunkterna och de bör hänga vertikalt



Figur 3.16 Lagra om möjligt takstolarna stående



Figur 3.17 Lagring med liggande takstolar bör ske plant och med stöd i knutpunkterna



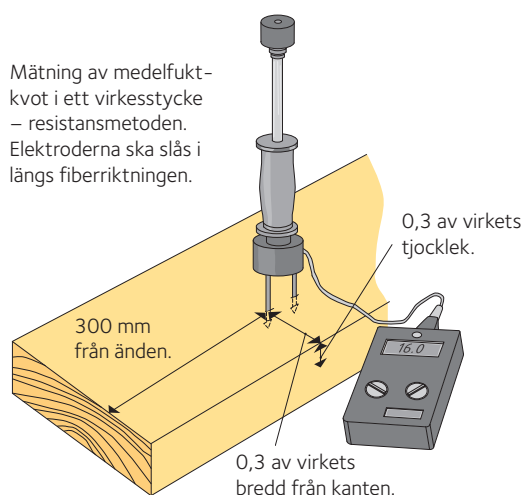
Figur 3.18 Takstolar täcks vid lagring

Tabell 3.5 Målfuktkvot

Tillåten variation för medelfuktkvoten enligt SS-EN 14298.

Beställd fuktkvot (målfuktkvot)	Tillåten variation av virkespartiets medelfuktkvot		Tillåtet spridningsområde av fuktkvoten i 93,5 procent av virkesstyckena inom virkespartiet	
	Undre gräns (%)	Övre gräns (%)	Undre gräns (%)	Övre gräns (%)
8	7	9	5,6	10,4
12	10,5	13,5	8,4	15,6
16	13,5	18	11,2	20,8

Vid mätning av fuktkvoten i samtliga virkesstycken i ett parti med målfuktkvoten 16 % tillåts det genomsnittliga värdet på hela partiets fuktkvot (partiets medelfuktkvot) att hamna mellan 13,5 och 18 % för att vara godkänt. För de enskilda virkesstyckena i ett parti ska fuktkvoten hos 93,5 procent av dessa hamna mellan 11,2 och 20,8 %.



Figur 3.19 Mätning av medelfuktkvoten i virke med hjälp av elektrisk resistansfuktqvotsmätare med isolerade hammarelektroder

Fuktkvoten mäts på ett antal takstolar med en elektronisk resistansfuktqvotsmätare med isolerade hammarelektroder för att få en indikation på att rätt fuktkvot levererats. Fuktqvotsmätning ska göras vid mottagning och innan inbyggnad.

Observera att konstruktionsvirket i takstolarna ska hålla avtalad målfuktkvot 16 % vid leverans.

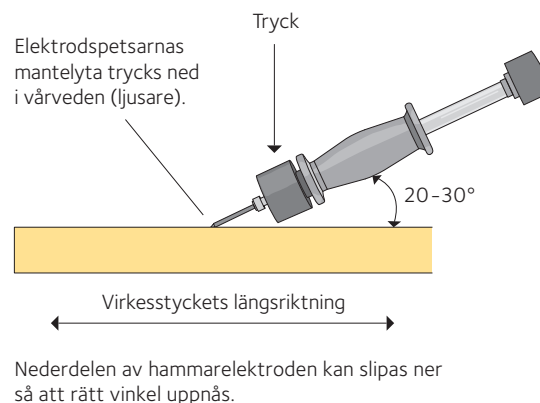
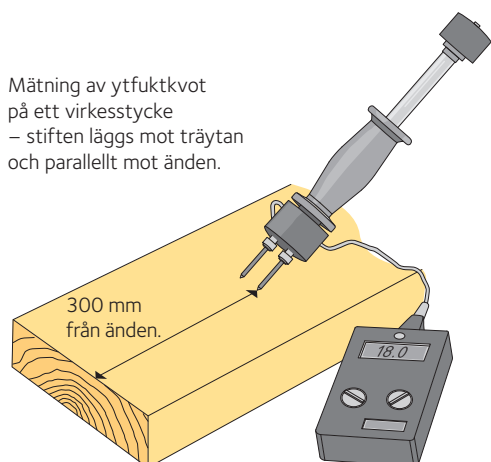
Inbyggnad

Fuktkvoten på och närmast under virkets yta och fuktkvoten en bit längre in i virket kan skilja sig mycket åt. Ytfuktqvoten är viktig att kontrollera före inbyggnad eftersom den är avgörande när det gäller risk för mikrobiell påväxt.

Takstolen kan ha fuktats upp genom exempelvis nederbörd, felaktig lagring eller att virket har placerats i kontakt med blöt betong och därmed fått en förhöjd ytfuktqvot. Fuktqvoten i trästyckets inre del påverkas normalt inte om uppfuktningen är kortvarig.

Virke som blivit blött måste torkas – naturligt, med avfuktare eller byggfläkt – och ytfuktqvoten får vara högst 18 % vid inbyggnad.

Mät ytfuktqvoten med elektrisk resistansfuktqvotsmätare genom att tvärs fiberriktningen pressa de isolerade hammarelektrodspetsarnas koniska mantelyta med handkraft ner i virkesytans värved, så att mätspetsarnas halva mantelytor ger ett avtryck i träet tvärs fiberriktningen. Gör alltid tre mätningar tätt intill varandra på mätstället och beräkna sedan ett medelvärde. Medelvärdet stäms av mot aktuellt krav.



Figur 3.20 Mätning av ytfuktqvoten i virke med hjälp av elektrisk resistansfuktqvotsmätare med isolerade hammarelektroder

Lagring av takstolar

Vid lagring av takstolar utomhus på byggarbetsplatsen under cirka 1 – 3 veckor bör anvisningar om lagring följas. Längre lagringstid än tre veckor utomhus på byggarbetsplatsen bör undvikas. Om takstolarna måste lagras längre än cirka tre veckor på byggarbetsplatsen bör särskilda åtgärder utöver de nedan presenterade vidtas, bland annat regelbundna kontroller. Se även figur 3.16–3.18, sidan 41.

Här följer några allmänna råd vid kortvarig lagring av takstolar:

- Lagra takstolarna i första hand stående och minst 300 mm upp från marken med stöd i närheten av upplagspunkterna samt staga takstolarna.
- Vid liggande lagring se till att takstolarna ligger plant, minst 300 mm upp från marken och att de understöds vid knutpunkterna.
- Undvik att någon del av takstolarna är i direkt kontakt med vegetation eller i direkt kontakt med marken.
- Lossa på buntband för att undvika skador vid eventuell uppfuktning av ytan.
- Använd rena underslag och som ger god luftning.
- Underlaget ska vara torrt och horisontellt så att takstolarna inte slår sig eller skevbelastas.
- Kontrollera antal upplag och storlek så att takstolarna inte böjs.
- Vid liggande lagring lägg rena mellanlägg av 45 – 95 mm tjockt trävirke mellan takstolspaketen och placera mellanläggen lodrätt ovanför varandra. Tjockleken på mellanläggen beror på hur takstolspaketen ska lyftas i det aktuella fallet. Truck kräver minst 70 mm.
- Vid utomhuslagring under en kortvarig period skyddas takstolarna med presenningar som läggs på rena underslag så att fullgod ventilation erhålls under presenningen. Se till att presenningen ligger an mot takstolarna i minsta möjliga omfattning.
Observera att presenningen inte ska gå ända ner till marken.

Observera att om virket i takstolarna blivit fuktigt i den omfattningen att deformation av beslag eller virke eller sprickor i virket kan skönjas ska konstruktör kontaktas. Det är dock normalt att mindre sprickor kan uppstå av den uttorkning som virket har utsatts för men dessa är i allmänhet så små och ytliga att de inte utgör någon större olägenhet.



Montage med mobilkran och lyftok.

3.6 Montage



Montage av takstol från ställning.



Tillfällig stabilisering av takkonstruktion.

Infästningar av takstolar sker med byggbeslag av stål som spikas eller skruvas. Takkonstruktionen till ett småhus är i regel relativt lätt och kan göras utan stora maskininsatser. När spännvidderna blir större krävs det ofta mer lyfthjälp och takstolarna blir mera instabila och det kräver större uppmärksamhet.

Toleranser vid montage av takstolar bör uppfylla de krav som anges i gällande AMA Hus. Byggplatstoleranser är enligt AMA Hus det slutliga kravet sedan toleranskraven på tillverkning, utsättning och montage sammanvägts. I RA Hus finns råd och anvisningar för den som ska upprätta en montageplan eller en montagebeskrivning. Det gäller att ställa krav på att stommen i övrigt håller toleranserna och att de i vissa fall mäts in innan montage av takstolarna kan påbörjas. Takstolar är mycket noggrant tillverkade och håller sina tillverkningstoleranser väl.

Vid montage är det viktigt att minimera snedställning, som orsakar oönskade horisontella krafter i konstruktionen. Därför är det viktigt att vara noga med att takstolar monteras enligt föreskrifterna. Takstolarna ska vara lodräta om inget annat anges.

Önskar byggherren snävare toleranskrav än AMA Hus, kan projektören skriva in detta i handlingarna för det specifika projektet. Det rekommenderas att fortlöpande kontrollera toleranserna under hela montageskedet.

Under montageskedet kan det krävas temporära stagningar som måste dimensioneras för de krafter som kan uppkomma under byggtiden. Den aktuella dimensioneringssituationen som behandlas är bärverk under montage. De primära laster som ska beaktas i uppförandefasen av en takstol visas i *kapitel 1, Bakgrund, sidan 7*.

3.6.1 Montageplan och maskinresurser

Enligt Arbetsmiljöverkets regler ska en montageplan upprättas i god tid och vara godkänd av såväl ansvarig byggnadskonstruktör som av montageansvarig. Om det finns en arbetsplatsdispositionsplan, APD-plan, för byggprojektet, ska denna ligga till grund för montageplanen som styr montaget. Finns det ingen fastställd APD-plan måste montageplanen även innehålla information om bland annat upplagsplatser. Konstruktions- och/eller monteritning med markerad montageordning samt med markering för temporära stagningar ska finnas med i montageplanen. I redovisningen ska det framgå typ och mängd av stagningsmaterial samt hur infästningar ska utföras. Det ska även finnas notering om när stagningsmaterial kan tas bort och vilka omständigheter och krav som ska vara uppfyllda före borttagandet. En beskrivning ska redovisa hur montaget ska utföras med lyfteknik och maskiner. Beroende på hur erfarna montörerna är kan omfattningen av beskrivningen variera. Den ska dock alltid vara projektanpassad.

Lyft av takstolar och tillgänglighet för montörer är viktiga delar i arbetet med montage av takstolar, så det gäller att välja utrustning som passar det aktuella projektet. Med rätt maskin kan både säkerheten och montagetiden förbättras. Nedan anges några olika alternativ:

- Byggkran är ofta det bästa alternativet för montage.
- Mobilkran är ofta en flexibel lösning.
- Runtomsvängande teleskoplastare är lämpliga om man kan komma nära montageplatsen.
- Lastmaskin med kranbom är lämplig för mindre lyft.

Lyft av personal på byggarbetsplatsen sker lämpligast med bomlift eller saxlift. För vissa tillfällen kan det också behövas en krankorg.

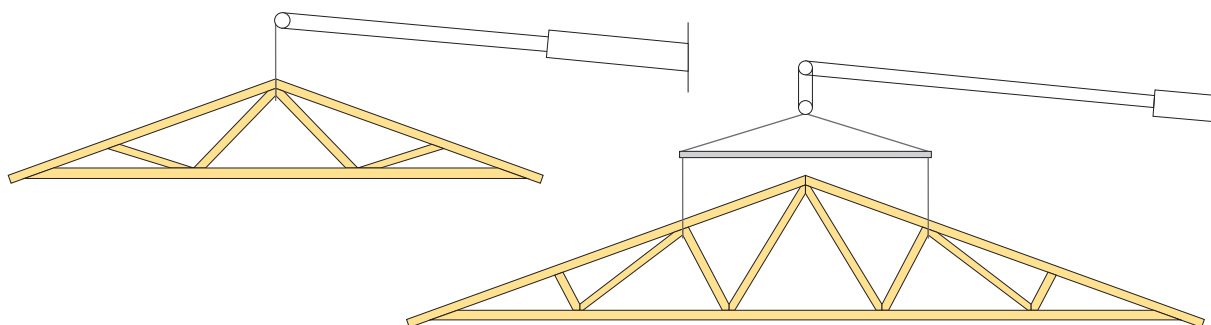
3.6.2 Lyft och montage

Skyddsanordningar under montaget ska redovisas i montageplanen när det gäller såväl ställningar, liftar som personligt skydd. Personligt skydd av typ livlina ska användas i sista hand och bara om det är komplicerat och riskfyllt att montera en fast skyddsanordning. Arbete från stegar ska undvikas och övrigt arbete under eller i närheten av montaget ska undvikas.

En montagemetod som använts med framgång visas i *figur 3.22 – 3.23, sidan 46*. Två i varandra fästa takstolar monteras enligt *figur 3.22, sidan 46*. Tillfälliga regler eller parallellfackverk används som avstånd mellan takstolarna och skapar en stabil struktur. För att undvika montage av tillfälliga stag nära nock sätts en temporär montereregeln före lyft av takstolarna. Montereregeln utformas så att nästkommande takstolar (takstol 3 – 4) kan monteras och hållas kvar utan risk för att välta. För större takstolar kan det behövas två monterereglar skruvade cirka 1,5 – 2,0 meter från vardera sida av nock.

Lyft och montage av takstolar

Takstolar med korta spännvidder upp till 9 – 10 meter kan lyftas direkt i takstolsnock förutom saxtakstolar som alltid bör lyftas i två lyftpunkter. För takstolar med större spännvidder bör lyftet ske i två punkter symmetriskt kring nock, *se figur 3.21*. Lyfthjälpmiddel såsom stroppar och lyftok ska vara kontrollerade och godkända för aktuella laster. Lyftutrustning ska vara utformad så att takstolarna kan lyftas utan att skadas och om möjligt så att lossning kan utföras utan arbete från höga höjder. Takstolarna monteras i rätt ordning och enligt markeringar. När de två första sammankopplade takstolarna monterats kan ytterligare takstolar monteras och de hålls på plats med montereregeln.

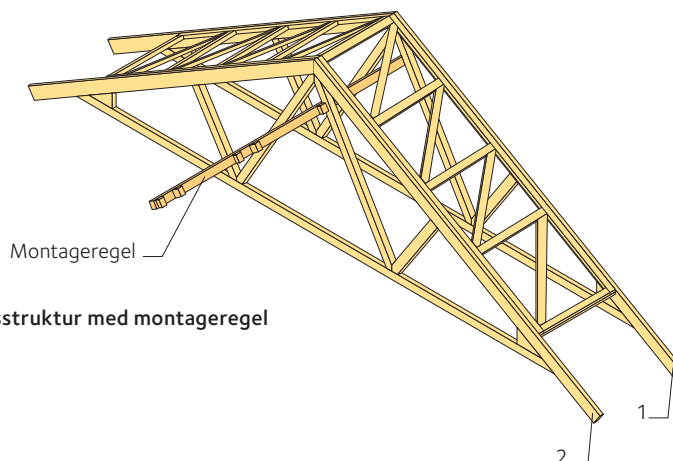


Figur 3.21 Principer för lyft av takstolar

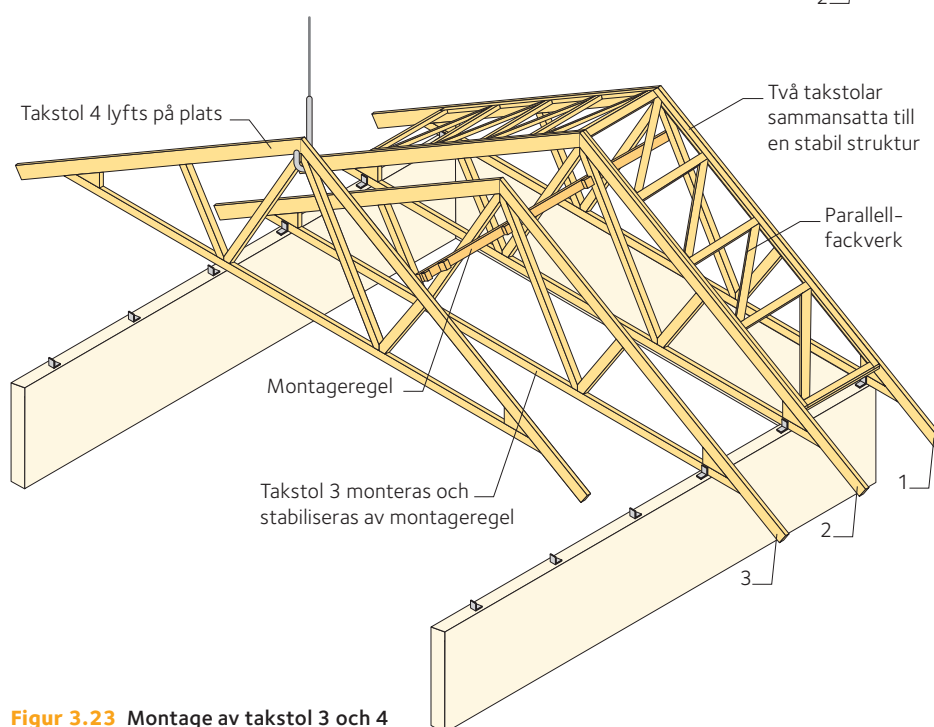


Lyft av fackverkstakstol.

Arbetsgång vid montage av takstolar



Figur 3.22 Stabil takstolsstruktur med montageregeln



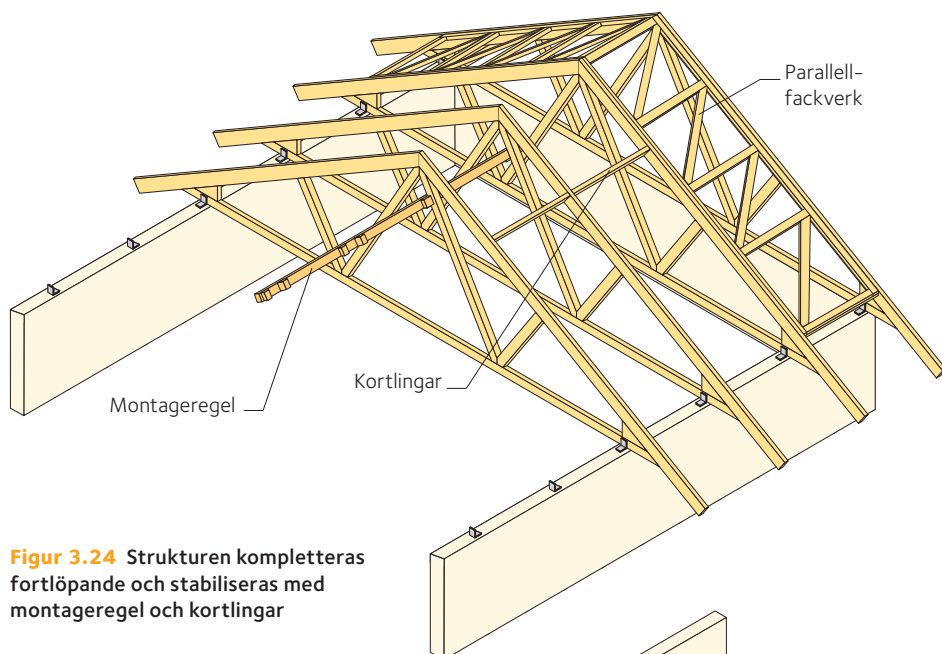
Figur 3.23 Montage av takstol 3 och 4

Arbetsgången för ett framgångsrikt montage av takstolar till större byggnad kan göras enligt följande:

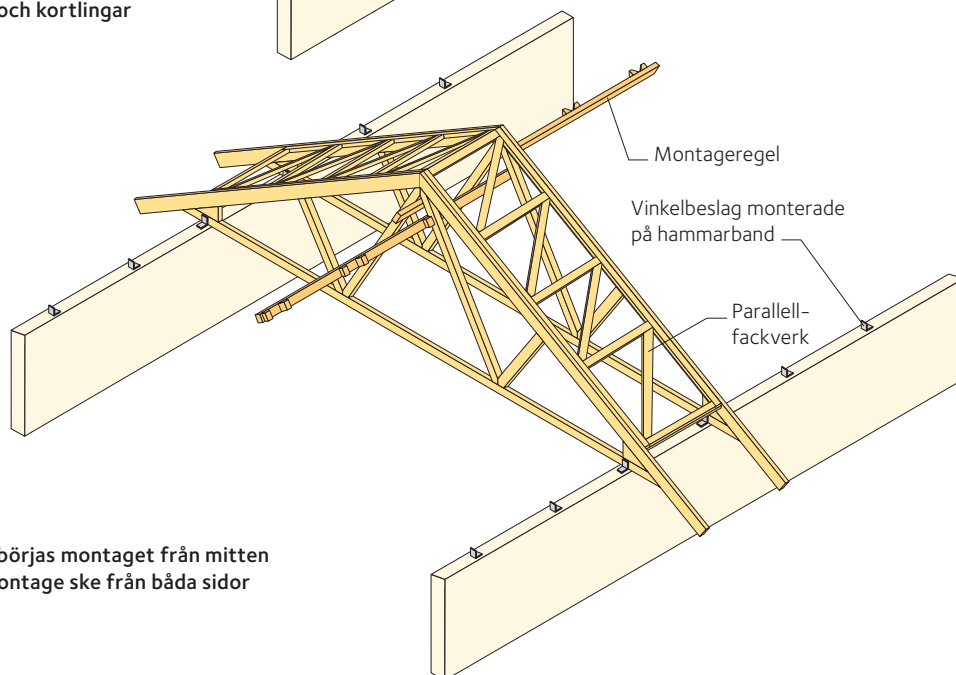
1. Två takstolar sammankopplas till en stabil struktur, se figur 3.22. Fackverkens nedre del anpassas vid anslutning till hammarband. Montera eventuella förankringsbeslag innan takstolarna lyfts på plats.
2. De sammankopplade takstolarna lyfts på plats och där- efter de övriga takstolarna. En montageregeln används för att underlätta montage av nästkommande, se figur 3.24. Takstolarna spikas till montageregeln fortlöpande.
3. Efter montaget av samtliga takstolar stabiliseras tak- stolarna i takföt med kortlingar av massivt trä. Detta gäller vanligtvis i facken med parallellfackverkstakstolar och vid infästningspunkter för dragband.

4. Vindsträvor monteras. För dragband av stål ska alltid bandsträckare användas. Dragbandet kan även skruvas till några takstolar för att inte hänga ner. Använd skruv så kan det lätt lossas om dragbanden måste sträckas ytterligare.
5. Förankring mellan takstolar och gavel monteras enligt konstruktörens anvisningar.
6. Avsträva takstolarna enligt konstruktionsritningar och instruktioner.
7. Skydda mot fukt och nederbörd efter montering.

Montaget kan även ske från två sidor om de två första tak- stolarna sätts i byggnadens mitt, se figur 3.25.



Figur 3.24 Strukturen kompletteras fortlöpande och stabiliseras med montageregler och kortlingar



Figur 3.25 Påbörjas monteret från mitten kan fortsatt montage ske från båda sidor

För mindre byggnader utan parallellfackverk kan monteret ske enligt:

1. Montera eventuella förankringsbeslag innan takstolarna lyfts på plats.
2. Montera första takstolen med stöd mot gavel och stabilisera övriga takstolar med montageregler.
3. Placera takstolarna enligt takstolsplan.
4. Loda in takstolarna.
5. Sörj för tillfällig avsträvning med längsgående och diagonala strävor.
6. Gör permanenta avsträvningar och förankra enligt konstruktionsritningar och anvisningar.
7. Skydda mot fukt efter montering.

Takstolstyper

- 4.1 Takstolstyper 48
 - 4.1.1 Fackverkstakstolar 48
 - 4.1.2 Ramverkstakstolar 51
- 4.2 Val av takkonstruktion 52
 - 4.2.1 Underlags- och takfotsspontsluckor 52
 - 4.2.2 Takstolsdimensioner 54
- 4.3 Takfotsutförande 56
- 4.4 Anslutningar av tak för vinkelbyggnader 57
 - 4.4.1 Anslutningar av fackverkstakstolar för vinkelbyggnader 57
 - 4.4.2 Anslutningar av ramverkstakstolar för vinkelbyggnader 58
- 4.5 Avväxlingar 60
 - 4.5.1 Principer för avväxlingar 60
 - 4.5.2 Öppningar i bjälklag 62
- 4.6 Träbjälkar 63
 - 4.6.1 Takbjälkar 63
 - 4.6.2 Bjälklag 64
 - 4.6.3 Mellanupplag 70

Takstolar av trä ger stora möjligheter för projektören och konstruktören av en byggnad att förverkliga sina idéer då exempelvis fribärande takstolar möjliggör stora öppna ytor. Takstolar ska ta hand om vertikala laster såsom snölast, egentygnd och nyttig last och föra dem vidare till upplagen. Takstolen ska även hantera horisontella laster som till exempel vindlast.

4.1 Takstolstyper

Takstolar kan delas in i två olika huvudtyper, fackverkstakstolar och ramverkstakstolar.

Fackverkstakstolar används till hus med taklutningen 14 – 30°, även större taklutning kan naturligtvis förekomma. Beroende på takstolens spännvidd och diagonalföring kan ett visst utrymme till exempel användas som vindsförråd. Utformning av bärverket som fackverk gör att krafterna i takstolen i första hand uppträder som normalkrafter i diagonaler och ramstänger.

Ramverkstakstolar används vanligen då vindsutrymmet ska inredas och när det önskas en yta fri från diagonaler, till exempel ett 1 1/2-planshus. Avsaknaden av diagonaler medför dock större moment i överramarna.

4.1.1 Fackverkstakstolar

Fackverkstakstolar används när stora spännvidder önskas och i de fall de enbart är upplagda på ytterväggar medger de öppna och flexibla planlösningar. Fackverkstakstolar tillverkas i många olika former och kan anpassas till många olika behov.

För stora spännvidder kan takstolen levereras delad. För låga taklutningar tar fackverkstakstolen formen av en fackverksbalk. Fackverkstakstolar med låga taklutningar begränsar till viss del möjligheten att använda sig av vindsutrymmet som då oftast enbart används för ledningsdragnig.

Ändringar av takstolen ska alltid föregås av ny dimensionering av takstolen tillsammans eller i samråd med takstolstillverkaren och takstolskonstruktör. Normalt dimensioneras underramen för en nyttig last av 0,5 kN/m² för takstolar där det är möjligt att bygga en landgång, det vill säga där det finns en fri höjd av minst 0,6 meter. Där den fria höjden är lägre är det brukligt att inte räkna med någon nyttig last på underramen.

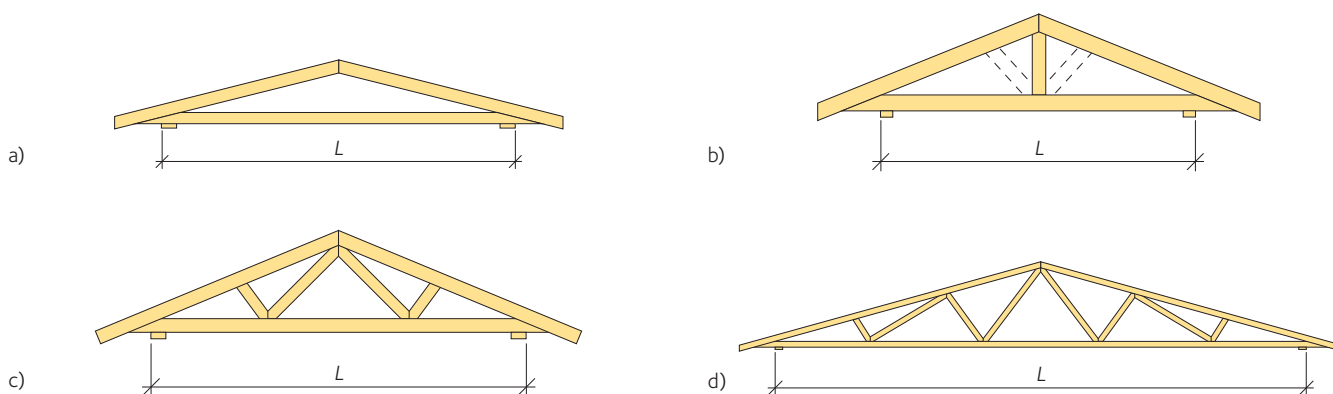
Fackverkstakstolar möjliggör och ger plats för stora isoleringstjocklekar och med relativt enkla metoder är det möjligt att säkerställa ventilation vid takfot. Det finns ett antal vanligt förekommande varianter av fackverkstakstolar:

- W-takstol, se figur 4.1, sidan 50. De vanligast förekommande takstolstyperna är W-takstolen och WW-takstolen. De har ett stort användningsområde, allt från småhus till stora hallbyggnader.
- Saxtakstol, se figur 4.2, sidan 50. Saxtakstol används när lutande innertak önskas. Lutningen på underramen är cirka 10° mindre än överramens lutning. Genom att sammanbinda över- och underram fås ett fackverk.
- Pulpettakstol, se figur 4.3, sidan 50. Pulpettakstolen är en variant av fackverkstakstolen med taklutning åt endast en sida.
- Fackverksbalk, se figur 4.4, sidan 50. Önskas en takstol med låg lutning är en konstruktion av fackverksbalkar en lämplig lösning. Takstolstypen lämpar sig för lätta tak, måttliga spännvidder och låg taklutning under 14°.



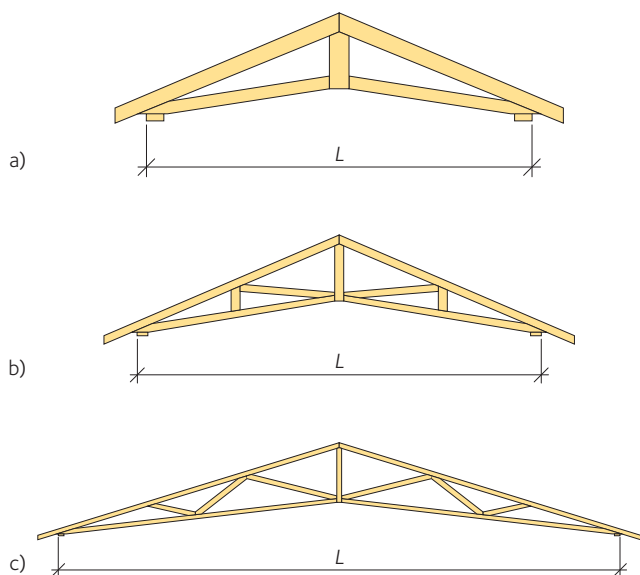
WW-takstol

4.1 Takstolstyper



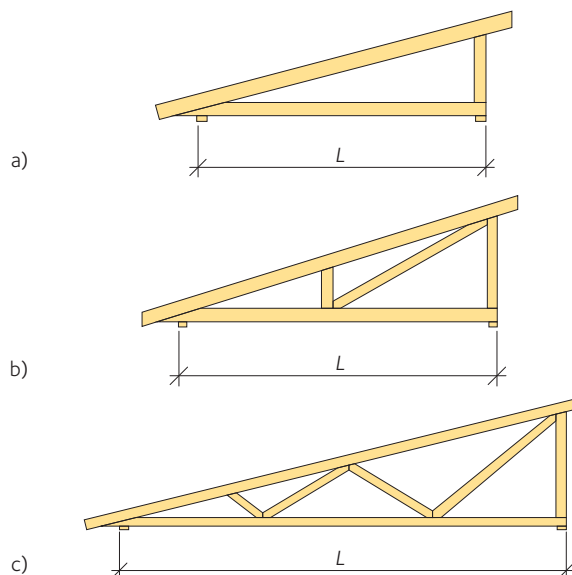
Figur 4.1 Olika typer av fackverkstakstolar

- a) Fackverkstakstol typ 1. Enkel takstol utan strävor. Taklutning $14 - 30^\circ$. Lämplig spännvidd 2 – 4 meter.
- b) Fackverkstakstol typ 2. Takstol med vertikalt stöd och eventuellt diagonaler. Taklutning $14 - 30^\circ$. Lämplig spännvidd 3 – 6 meter.
- c) Fackverkstakstol typ 3. Fackverkstakstol (W-takstol). Taklutning $14 - 30^\circ$. Lämplig spännvidd 4 – 12 meter.
- d) Fackverkstakstol typ 4. Fackverkstakstol (WW-takstol). Taklutning $14 - 30^\circ$. Lämplig spännvidd 9 – 16 meter.



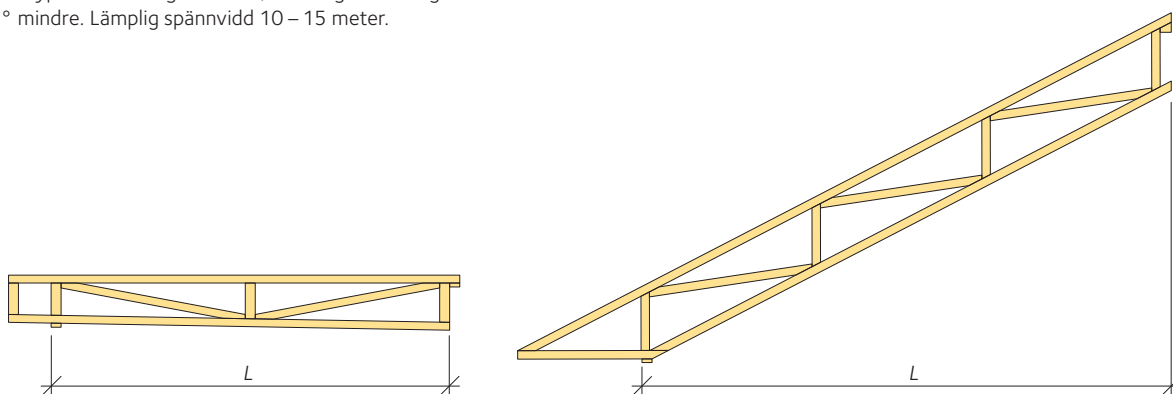
Figur 4.2 Olika typer av saxtakstolar

- a) Saxtakstol typ 1. Taklutning $14 - 30^\circ$, invändig taklutning cirka 10° mindre. Lämplig spännvidd 0 – 6 meter.
- b) Saxtakstol typ 2. Taklutning $14 - 30^\circ$, invändig taklutning cirka 10° mindre. Lämplig spännvidd 6 – 12 meter.
- c) Saxtakstol typ 3. Taklutning $14 - 30^\circ$, invändig taklutning cirka 10° mindre. Lämplig spännvidd 10 – 15 meter.



Figur 4.3 Exempel på pulpettakstolar

- a) Pulpettakstol typ 1. Taklutning $14 - 30^\circ$. Lämplig spännvidd 2 – 4 meter.
- b) Pulpettakstol typ 2. Taklutning $14 - 30^\circ$. Lämplig spännvidd 3 – 6 meter.
- c) Pulpettakstol typ 3. Taklutning $14 - 30^\circ$. Lämplig spännvidd 4 – 10 meter.



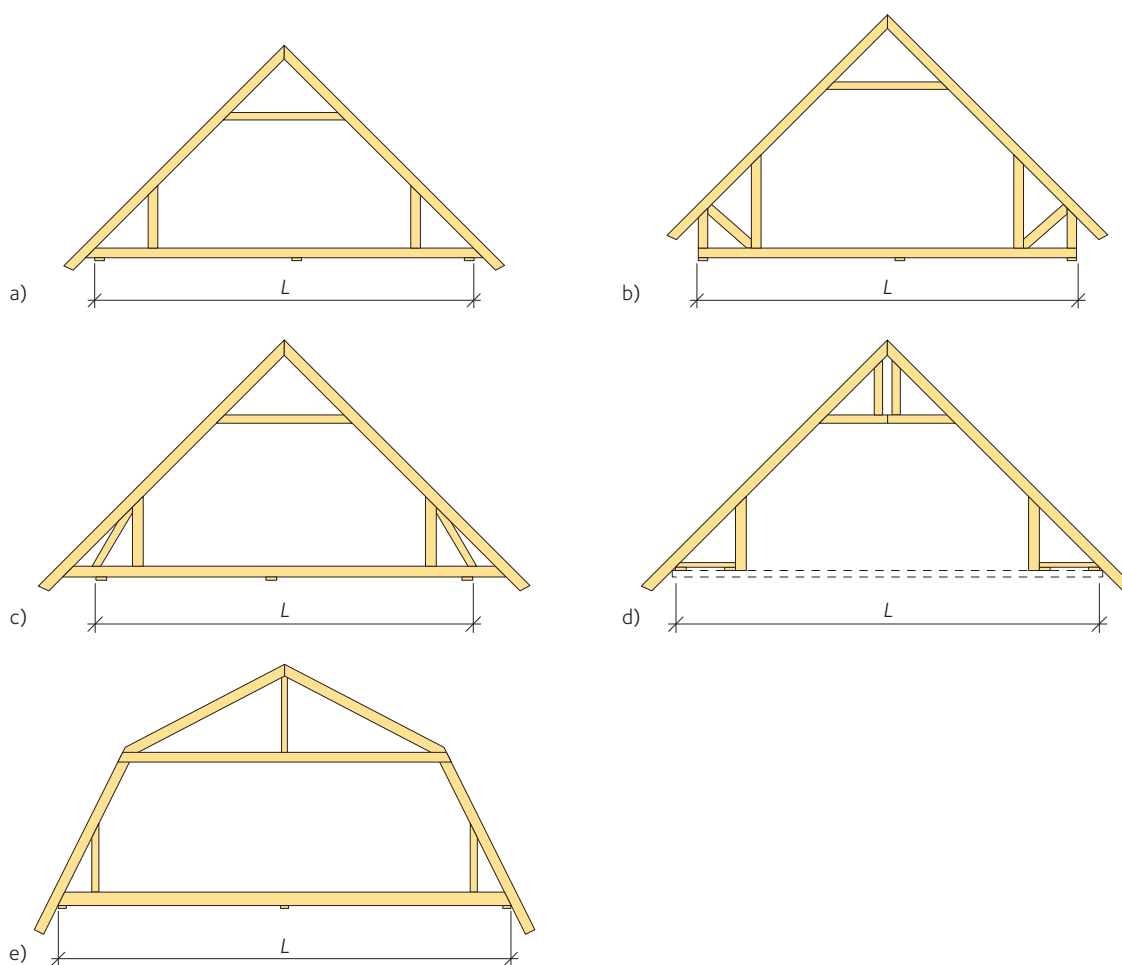
Figur 4.4 Exempel på fackverksbalkar

Fackverksbalkar kan utföras i en mängd olika former. Vanlig balkhöjd är $1/10$ del av spännvidden. Taklutning 0° och uppåt.

4.1.2 Ramverkstakstolar

Ramverkstakstolar används vanligtvis när vindsutrymmet ska nyttjas för exempelvis boende. Vid användning av ramverkstakstolar är taklutningen vanligen $27^\circ - 50^\circ$. Ett typiskt användningsområde för ramverkstakstolar är 1 1/2-planshus, se figur 4.9, sidan 53. För att få mera ändamålsenliga rum placeras ofta indragna vertikala stolpar mellan underram och överram så kallade stödben.

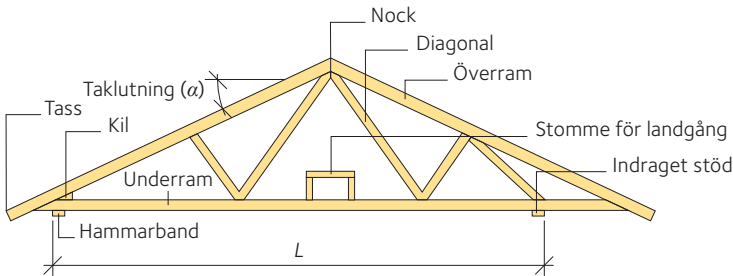
Takstolar som är konstruerade som ramverk består av överramar, underramar, hanbjälke och stödben vilket innebär att krafter i knutpunkter överförs till största delen som moment. Ramverkstakstolar kräver ofta ett mellanstöd. Stödben och hanbjälke bör placeras beaktande av statik men även så att bra bostadsutrymmen erhålls. Överram och hanbjälke utgör den bärande delen för yttertaket och stödben utnyttjas även som stomme för rumsväggarna. Ramverkstakstolar ger horisontalkrafter som vanligtvis upptas av takstolarnas underramar. För ramverkstakstolar utan underram där bjälklaget istället fungerar som underram är det därför viktigt att infästningar mellan takstol och bjälklag utformas så att horisontella krafter kan föras vidare till bjälklaget.



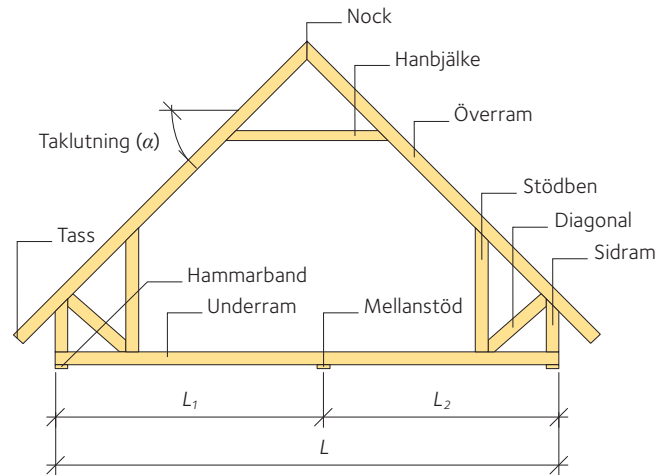
Figur 4.5 Olika typer av ramverkstakstolar

- Ramverkstakstol typ 1. Taklutning $27^\circ - 50^\circ$. Lämplig spännvidd 6 – 10 meter.
- Ramverkstakstol typ 2. Takstol med förhöjt väggliiv. Taklutning $27^\circ - 50^\circ$. Lämplig spännvidd 6 – 10 meter.
- Ramverkstakstol typ 3. Takstol med indragna stöd. Taklutning $27^\circ - 50^\circ$. Lämplig spännvidd 6 – 10 meter.
- Ramverkstakstol typ 4. Takstol där bjälklaget fungerar som underram. Taklutning $27^\circ - 50^\circ$. Lämplig spännvidd 6 – 12 meter.
- Ramverkstakstol typ 5. Mansardtakstol. Takstolen används på hus med brutet takfall. Lämplig spännvidd 8 – 12 meter.

Angivna lämpliga spännvidder förutsätter tre stöd, vid fler stöd är större spännvidder möjliga.



Figur 4.6 Beteckningar på ingående delar och mått för fackverkstakstol



Figur 4.7 Beteckningar på ingående delar och mått för ramverkstakstol

4.2 Val av takkonstruktion

Takets form, konstruktion och material har en avgörande betydelse för byggnadens funktion, beständighet och utseende. Valet av takkonstruktion bestäms bland annat av följande:

- Omgivande byggnaders takutformning.
- Planlösning och bärande byggdelar.
- Typ av takbeklädnad.
- Nyttjandet av vindsutrymme.

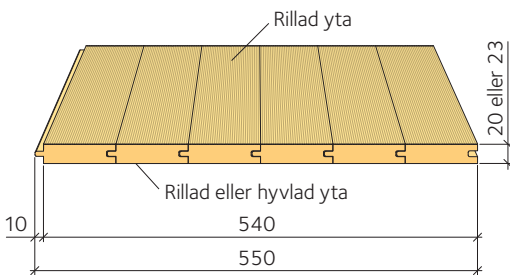
Delar i en takstol benämns ofta olika beroende på textens eller ritningens ursprung och ålder. I *Takstolshandbok* har vi använt oss av följande beteckningar för ingående delar och av måttangivelser, se figur 4.6 och figur 4.7.

4.2.1 Underlags- och takfotsspontsluckor

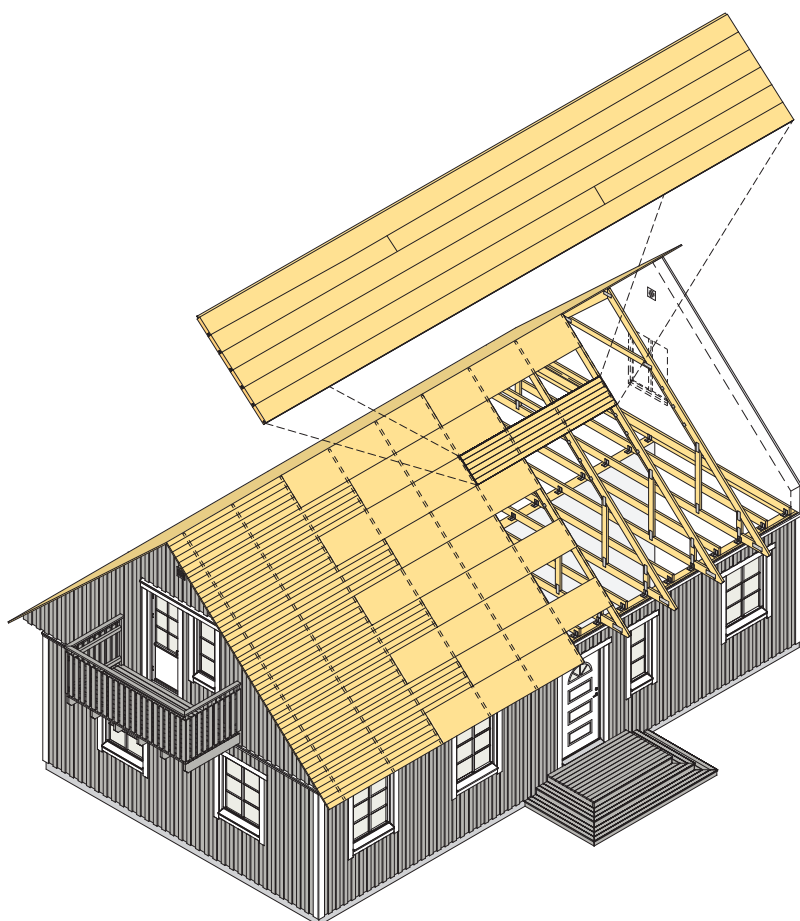
Underlags- och takfotsspontsluckor tillverkas industriellt för att effektivisera inbrädning av yttertak. Underlagsspont till luckor ska vara i gran, sort G4-3 eller bättre. Tjockleken är 20 eller 23 mm. Bredden är 550 mm med en täckande bredd av 540 mm. Längden på underlags- och takfotsspontsluckorna är anpassad till normala takstolsavstånd, c 1 200 mm, det vill säga 2 400, 3 600 eller 4 800 mm. En eller två flatsidor på underlags- eller takfotsspontsluckan är rillade, det vill säga att ytan är finräfflad för att motverka missfärgning och mikrobiell påväxt på inbrädningens undersida, alternativt är en flatsida rillad och de andra tre sidorna är hyvlade.

Observera att rillade sidan ska ligga nedåt, in mot vinden, vid montering. Andra mått tillverkas mot beställning. Vid takfot med synlig undersida ska takfotsspontslucka användas. Takfotsspontsluckorna tillverkas av underlagsspont i sort G4-2 eller bättre.

Underlagsspontsluckorna ska skarvas stumt över stöd. Det finns underlagsspontsluckor som är typgodkända med avseende på säkerhet mot genomtrampning. Se även Svenskt Träs Produktkatalog, www.traprodukter.se. Underlags- och takfotsspontsluckor levereras obehandlade eller industriellt grundmålade med målfuktkvot 16 %.



Figur 4.8 Underlags- och takfotsspontsluckor



Figur 4.9 Montering av underlags- och takfotsspontsluckor

Observera Underlagsspontsluckor kan monteras med generalskarv förutsatt att en stabiliserande kontroll är utförd av ansvarig konstruktör.

Alla takbeklädnader ska läggas med hänsyn till en minsta lutning. Minsta tillåtna taklutning bestäms av materialets egenskaper, konstruktionens utformning och leverantörens rekommendationer. Värdena i tabell 4.1 avser minsta tillåtna lutning för olika taktäckningsmaterial.

Används lägre lutningar bör det ske enligt beställarens och tillverkarens anvisningar. Takets livslängd bestäms av takmaterialets och arbetsutförandets kvalitet.

Tabell 4.1 Minsta tillåtna taklutning för några vanliga taktäckningsmaterial samt minsta rekommenderade brädtjocklek på underlags- och takfotsspontsluckor. Speciella förutsättningar beträffande underlag och montering kan gälla för olika lutningar.

Taktäckning	Minsta lutning ¹⁾		Minsta brädtjocklek (mm)
	Lutningsförhållande a:b	Taklutning (α)	
Takpannor av tegel, falsade	1:4	14°	20
Takpannor av tegel, ofalsade	1:2,5	22°	20
Takpannor av betong, falsade	1:4	14°	20
Tätskiktsmatta, enlagstäckning	1:20	3°	23
Tätskiktsmatta, tvålagstäckning	1:> 20	< 3°	23
Plan plåt, förzinkad, enkelfalsad	1:4	14°	23
Plan plåt, förzinkad, dubbelfalsad	1:10	6°	23
Plan plåt, koppar, dubbelfalsad	1:10	6°	23
Profilerad plåt, utan tättningsband i fogarna	1:4	14°	20
Takskiffer	1:2,5	22°	23
Takspån av trä	1:2,5	22°	20
Sedumtak, maximalt 150 kg/m ²	1:20	3°	23

¹⁾ Minsta rekommenderad taklutning kan variera med olika produkter. Se tillverkarens anvisningar.



Montering av underlagsspont.

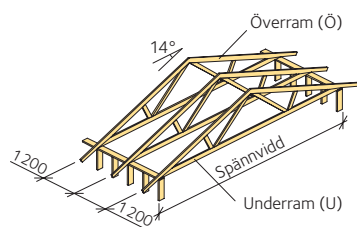
4.2.2 Takstolsdimensioner

Taklutning, upplagsmöjligheter och eventuell nyttjande av vindsutrymmen bestämmer vilken typ av takstol som är lämpligast. Takstolar som är godkända och tillverkas industriellt dimensioneras och används normalt för ett centrumavstånd på 1 200 mm. Dimension på ingående virke bestäms av spännvidd, utformning och laster. Lämpliga dimensioner för över- och underram, för i tabellerna angivna förutsättningar, beroende på spännvidd och snözon framgår i *tabell 4.2*, *tabell 4.3*, *sidan 55*, och *tabell 4.4*, *sidan 55*. De virkesdimensioner som finns i takstolstillverkarens lager påverkar även takstolens utformning genom att med stora ramdimensioner kan mindre antal diagonaler väljas. Med små virkesdimensioner i ramstängerna behövs därför fler diagonaler. Detta gäller om takstolen ska ha ungefär samma nedböjning. Istället för att dimensionera diagonaler så att de för vissa lastfall måste stagas för att förhindra knäckning kan det vara enklare att dimensionera upp diagonalerna så att stagning inte krävs. Då minskas arbetet på byggarbetsplatsen och risken för utebliven stagning på grund av slarvigt utförande minskar.

Observera

Vilka dimensioner som ska användas bestäms utifrån varje enskilt projekts förutsättningar. Takstolstillverkaren, som vanligtvis även utfört dimensioneringen, ansvarar för takstolens konstruktiva funktion. Ansvar för stabiliseringen av takkonstruktionen ingår normalt inte i takstolstillverkarens ansvar.

Tabell 4.2 Ungefärliga dimensioner på över- och underram för W-takstol, taklutning 1:4 (14°), tungt yttertak (0,9 kN/m²)



- Erforderlig tvärsnittsbredd (mm) i överram (Ö) och underram (U).
- Virkestjocklek 45 mm.
- Konstruktionsvirke i hållfasthetsklass C24.
- Centrumavstånd 1 200 mm.
- CE-märkning av takstolar krävs.
- Dimensionering enligt SS-EN 1995-1-1:2004/A2:2014 och Boverkets konstruktionsregler, EKS 11 (BFS 2019:1).
- Höjd utsida bärande yttervägg = 250 mm, vissa takstolar med kil vid upplag, underram slutar utsida upplag.
- Alla takstolar har nedböjning mindre än 1/300 av spännvidden.
- Takstolar till kontorslokal, skola, butik eller industrilokal där godtaggen nedböjning är mer än 30 eller 40 mm kan utföras med mindre ramdimensioner.

Snözon*	Spännvidd (m)							
	5	6	7	8	9	10	11	12
	Ö/U	Ö/U	Ö/U	Ö/U	Ö/U	Ö/U	Ö/U	Ö/U
1,0	120/120	120/120	145/120	145/145	170/145	195/170	195/195	195/195
1,5	120/120	145/120	145/120	170/145	170/195	220/195	220/195	220/195
2,0	120/120	145/120	170/120	170/170	195/170	220/195	220/195	–
2,5	120/120	145/120	170/120	170/170	195/170	220/220	–	–
3,0	145/120	170/120	170/170	195/195	220/220	–	–	–
3,5	145/145	170/145	195/145	220/220	–	–	–	–

* Se snözonskarta för snölastens grundvärde på *sidan 15*.

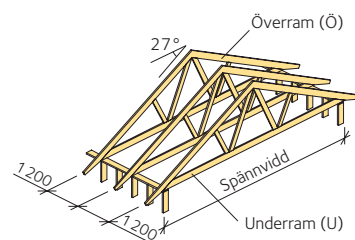
Observera

Ramdimensionerna är i vissa fall beroende av spikplätens storlek. Dimensioner som är markerade med **fet stil** har nedböjning större än 20 mm.

Vilka dimensioner som ska användas bestäms utifrån varje enskilt projekts förutsättningar. Takstolstillverkaren, som vanligtvis även utfört dimensioneringen, ansvarar för takstolens konstruktiva funktion. Ansvar för stabiliseringen av takkonstruktionen ingår normalt inte i takstolstillverkarens ansvar.

Tabell 4.3 Ungefärliga dimensioner på över- och underram för W-takstol, taklutning 1:2 (27°), tungt yttertak (0,9 kN/m²)

- Erforderlig tvärsnittsbredd (mm) i överram (Ö) och underram (U).
- Virkestjocklek 45 mm.
- Konstruktionsvirke i hållfasthetsklass C24.
- Centrumavstånd 1 200 mm.
- CE-märkning av takstolar krävs.
- Dimensionering enligt SS-EN 1995-1-1:2004/A2:2014 och Boverkets konstruktionsregler, EKS 11 (BFS 2019:1).
- Höjd utsida bärande yttervägg = 250 mm, vissa takstolar med kil vid upplag, underram slutar utsida upplag.
- Alla takstolar har nedböjning mindre än 20 mm.



Snözon*	Spännvidd (m)							
	5	6	7	8	9	10	11	12
	Ö/U	Ö/U	Ö/U	Ö/U	Ö/U	Ö/U	Ö/U	Ö/U
1,0	120/120	120/120	120/120	145/120	145/120	145/145	145/145	170/145
1,5	120/120	120/120	145/120	145/120	145/145	145/145	170/145	170/145
2,0	120/120	145/120	145/120	145/145	170/145	170/145	170/145	195/170
2,5	120/120	145/120	145/145	170/145	170/145	170/145	195/170	195/170
3,0	145/120	145/145	170/145	170/145	170/145	195/170	195/170	220/220
3,5	145/120	145/145	170/145	170/145	170/170	195/170	220/195	245/245

* Se snözonskarta för snölastens grundvärde på *sidan 15*.

Observera

Ramdimensionerna är i vissa fall beroende av spikplåtens storlek.

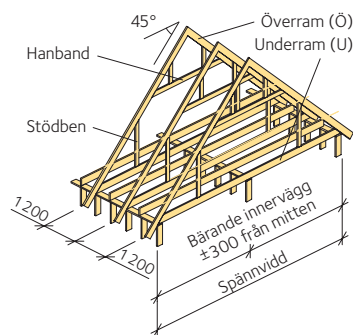
Vilka dimensioner som ska användas bestäms utifrån varje enskilt projekts förutsättningar.

Takstolstillverkaren, som vanligtvis även utfört dimensioneringen, ansvarar för takstolens konstruktiva funktion.

Ansvar för stabiliseringen av takkonstruktionen ingår normalt inte i takstolstillverkarens ansvar.

Tabell 4.4 Ungefärliga dimensioner på över- och underram för ramverkstakstol, taklutning 1:1 (45°), tungt yttertak (0,9 kN/m²)

- Erforderlig tvärsnittsbredd (mm) i överram (Ö) och underram (U).
- Virkestjocklek 45 mm.
- Konstruktionsvirke i hållfasthetsklass C24.
- Centrumavstånd 1 200 mm.
- CE-märkning av takstolar krävs.
- Dimensionering enligt SS-EN 1995-1-1:2004/A2:2014 och Boverkets konstruktionsregler, EKS 11 (BFS 2019:1).
- Takstolarna är dimensionerade för bostadslast.
- Mellan takstolar placeras en mellanbjälke.
- Lastfördelande undergolv i vindsvåning – skruvlimmat undergolv av minst 22 mm golvspånskiva av typ P5 eller bättre, alternativt likvärdigt som kräver noggrann limning under goda limningsförhållanden.
- Höjd utsida bärande yttervägg = 350 mm.
- Höjd vid stödben = 1 200 mm.
- Höjd till hanband = 2 463 mm.
- Alla takstolar klarar sviktkravet.
- Tabellerna förutsätter en bärande innervägg ± 300 mm från mitten av ramverkstakstolen.



Snözon*	Spännvidd (m)			
	6	7	8	9
	Ö/U	Ö/U	Ö/U	Ö/U
1,0	145/195	145/195	145/220	195/220
1,5	145/195	145/195	145/220	195/220
2,0	145/195	145/195	145/220	195/220
2,5	145/195	145/195	170/220	195/220
3,0	145/195	145/195	170/220	220/220
3,5	145/195	145/220	170/220	220/220

* Se snözonskarta för snölastens grundvärde på *sidan 15*.

Observera

Vilka dimensioner som ska användas bestäms utifrån varje enskilt projekts förutsättningar.

Takstolstillverkaren, som vanligtvis även utfört dimensioneringen, ansvarar för takstolens konstruktiva funktion.

Ansvar för stabiliseringen av takkonstruktionen ingår normalt inte i takstolstillverkarens ansvar.

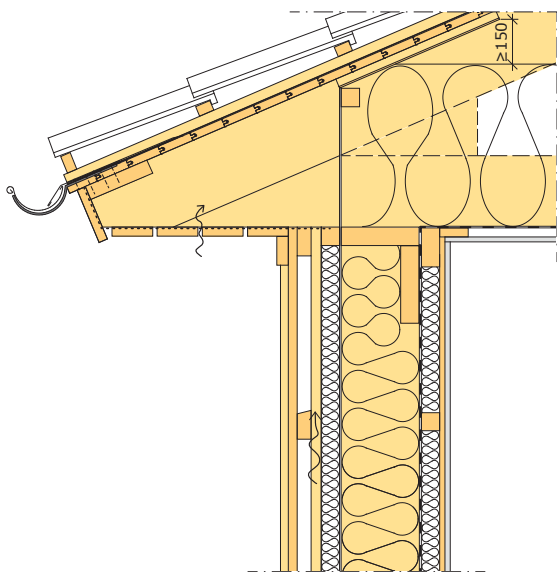
4.3 Takfotsutförande

Takfotsens utformning och takstolens tass kan varieras i stor omfattning. Utformningen bestäms ofta utifrån arkitektoniska aspekter men även funktionen med avseende på luftning av taket spelar in. De två vanligaste principerna av takfot är inklädd takfot respektive öppen takfot, se figur 4.10 och figur 4.11.

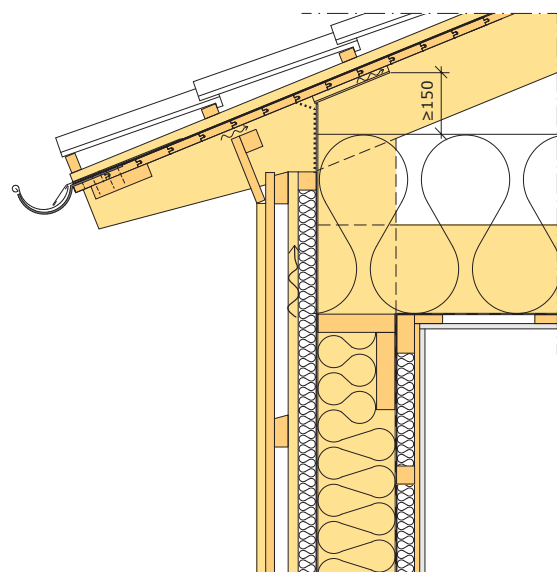
Önskas mer specifik utformning av takstolens tassar bör måttuppgifter lämnas till takstolstillverkare i så tidigt skede som möjligt.

Ventilerade vindar är en vanlig lösning i Sverige. En 50 mm öppning eller 1/300 av takytan krävs vanligtvis för att uppnå tillräcklig ventilation. Topografi, klimatförhållanden och vind kan dock reducera den effektiva ventilationsarean till praktiskt taget ingenting, beroende på den rådande vindstyrkan. Placeringen av parallellfackverk kan medföra att luftningen minskar och ska beaktas vid projekteringen.

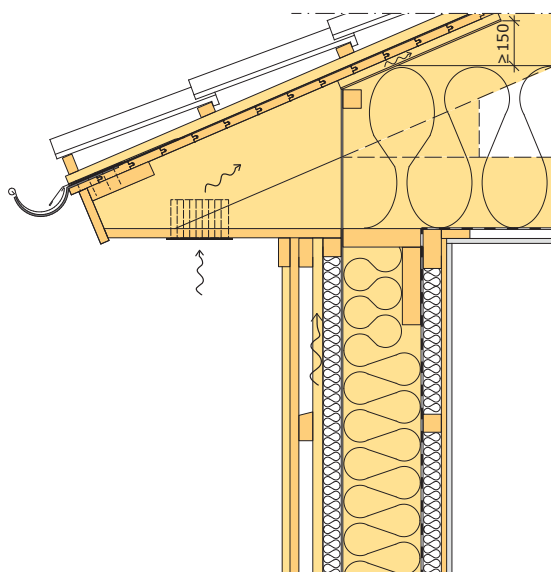
Takfotskonstruktioner med luftning av vindar möjliggör brandspridning av fasadbränder in till vinden. Vindsbrand sprids ofta horisontellt över brandcellsgränser och leder till stora skador, ofta totalskada. För att förhindra brandspridning till vinden via luftspalten kan en brandsäker luftspaltsventil placeras i luftspalten. Vid eventuell brand sluter dessa tätt och motverkar således spridningen av branden. Det finns även typgodkända takfotsventiler för tät takfot, se figur 4.12.



Figur 4.10 Inklädd takfot



Figur 4.11 Öppen takfot



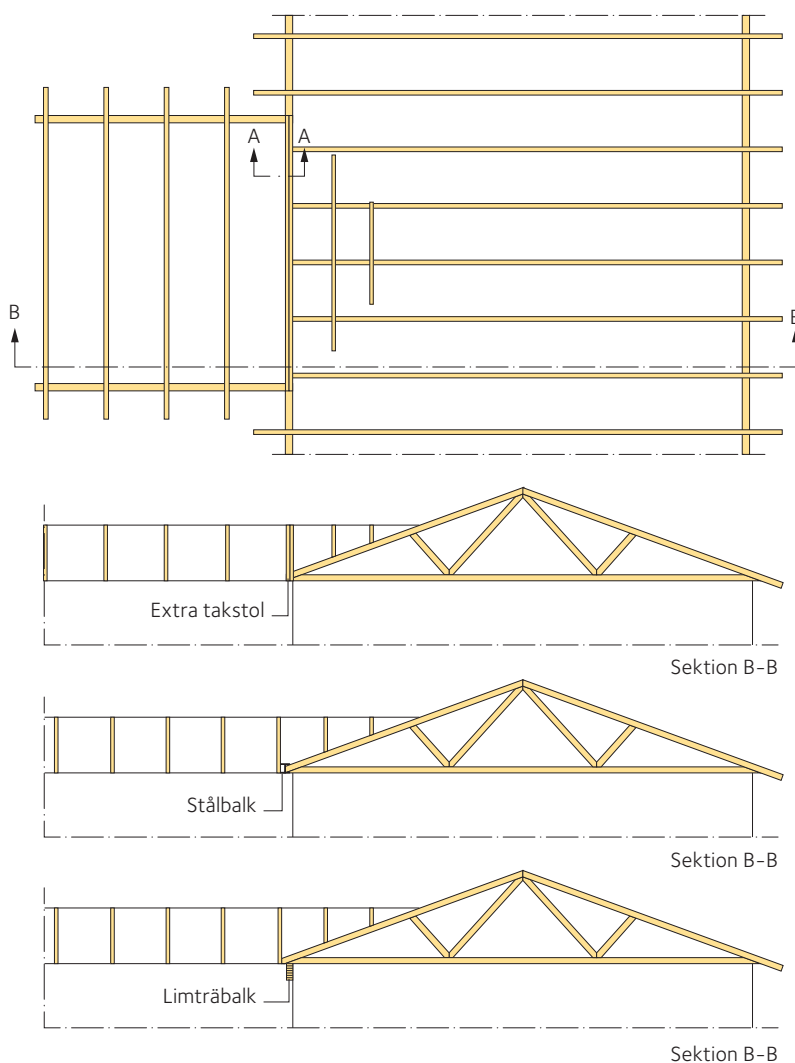
Figur 4.12 Takfot, utförande med brandklassad ventil

4.4 Anslutningar av tak för vinkelbyggnader

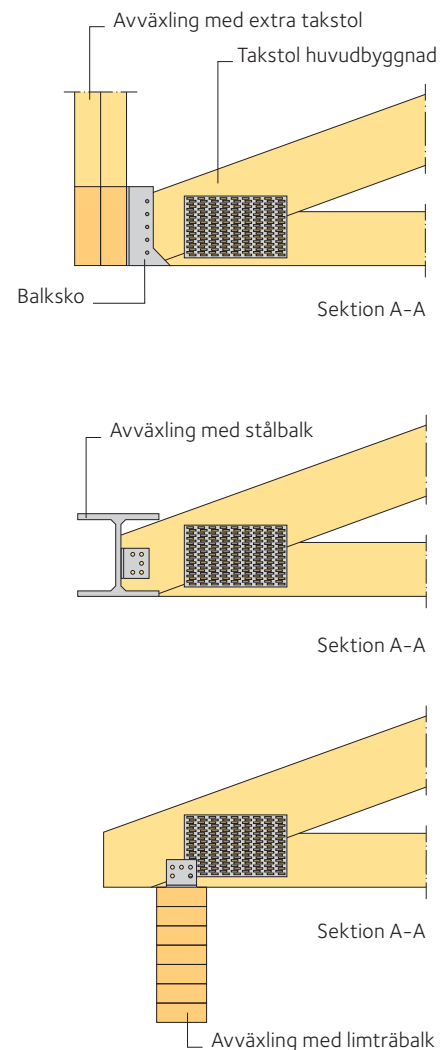
Det är vanligt förekommande att takkonstruktionen ansluter mot ett annat tak. Vinkelbyggnader och vindskupor är exempel på anslutningar där det krävs avvaxlingar för att föra över laster.

4.4.1 Anslutningar av fackverkstakstolar för vinkelbyggnader

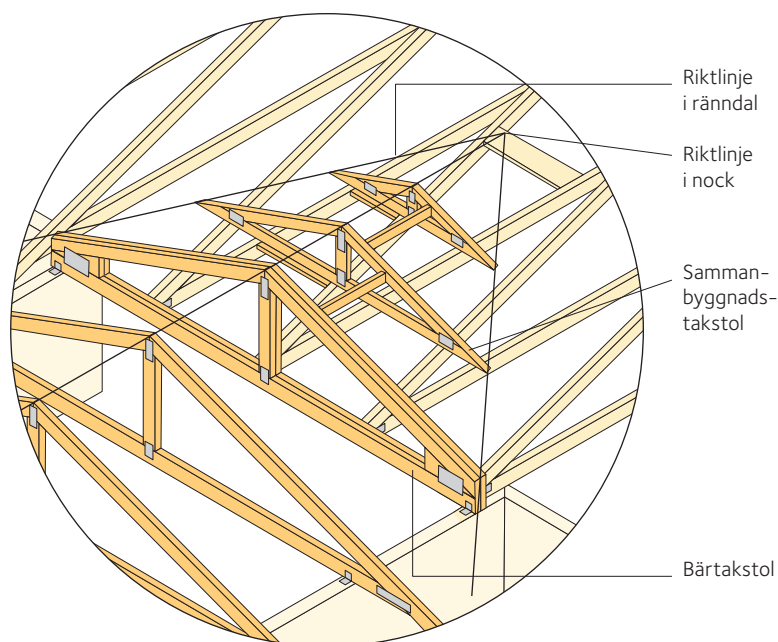
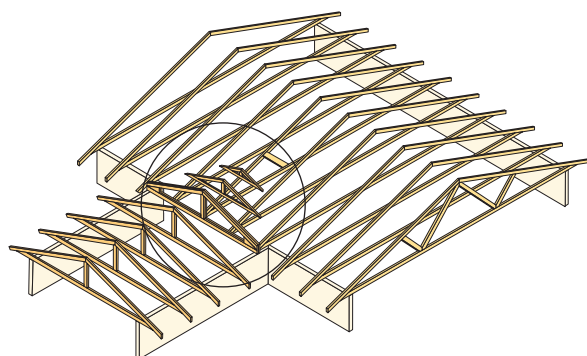
Tillverkare av takstolar kan leverera anpassade takstolar för anslutningar mot befintligt tak. Exempel på detta är sammanbyggnadstakstolar som reses och monteras efter rännadalens lutning. Vid anslutning mot ett tak kan det ibland finnas behov för extra förstärkning på grund av avsaknad av upplag. Förstärkningarna kan göras med extra takstolar, eller med balkar av limträ alternativt stål, se figur 4.13 och figur 4.14.



Figur 4.13 Exempel på upplag vid anslutning mot huvudbyggnad



Figur 4.14 Tre olika upplagsalternativ vid anslutning mot huvudbyggnad, sektion A-A, figur 4.13. Eventuella ändringar av takstolens utformning vid upplagen får inte göras utan godkännande av takstolsleverantör.



Figur 4.15 Avväxling med extra takstol



Sammanbyggnadstakstol för anslutning mot tak.

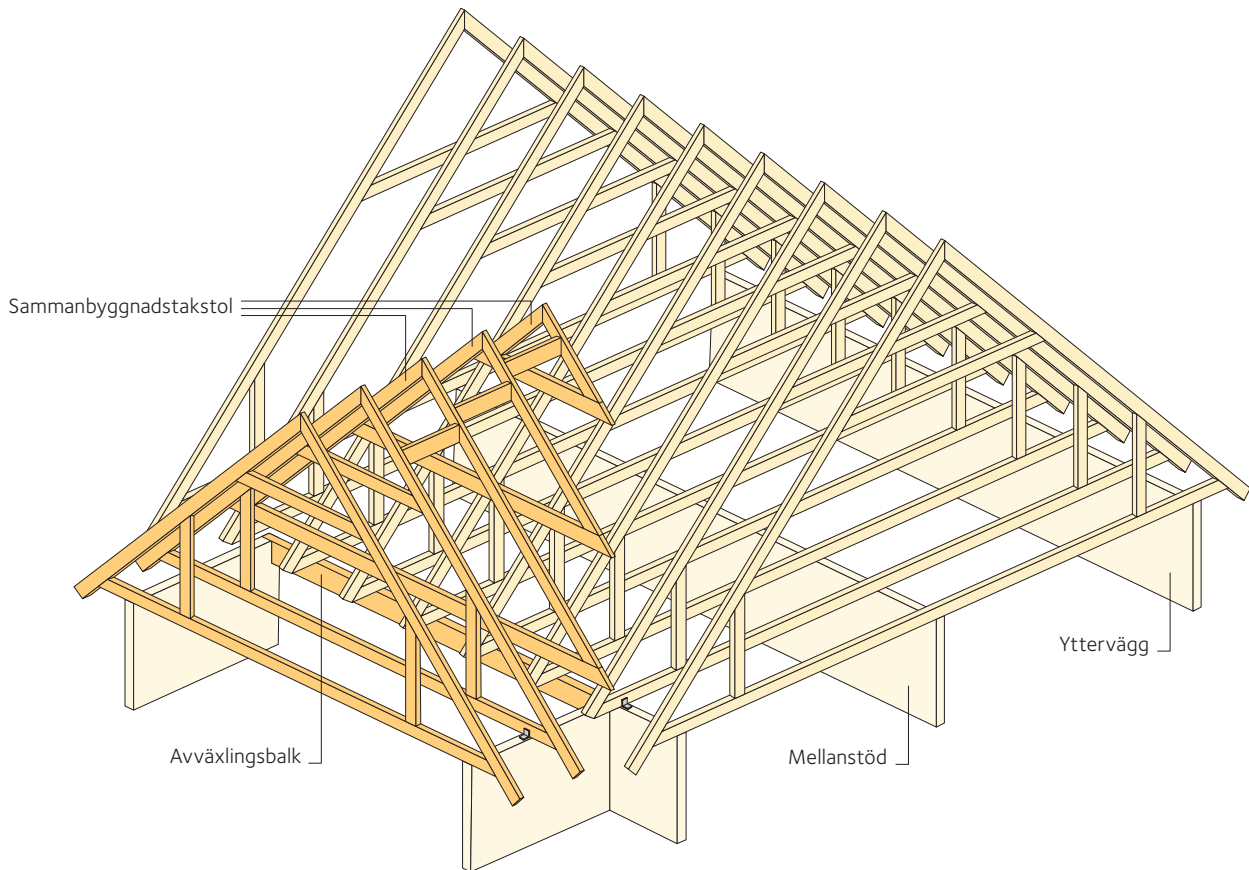
Takstolen på huvudbyggnaden monteras först. Nocklinjen för anslutande tak sätts ut med ett snöre från gaveltakstol mot huvudbyggnadens takyta. Rännalenslinjer sätts ut och sammanbyggnadstakstolar monteras. Sammanbyggnadstakstolarna lodas upp och passas in mot den lastfördelande bjälken, se figur 4.15.

Vanligt förekommande är att underlagstaket görs av underlagspönt eller takplywoodskivor som läggs före monteringen av sammanbyggnadstakstolarna, då fås ett naturligt stöd från underlagstaket. Sammanbyggnadstakstolarnas underramar anpassas mot anslutande takstolars lutning och om så erfordras kompletteras taket med extra lastöverförande kortlingar mellan huvudbyggnadens takstolar.

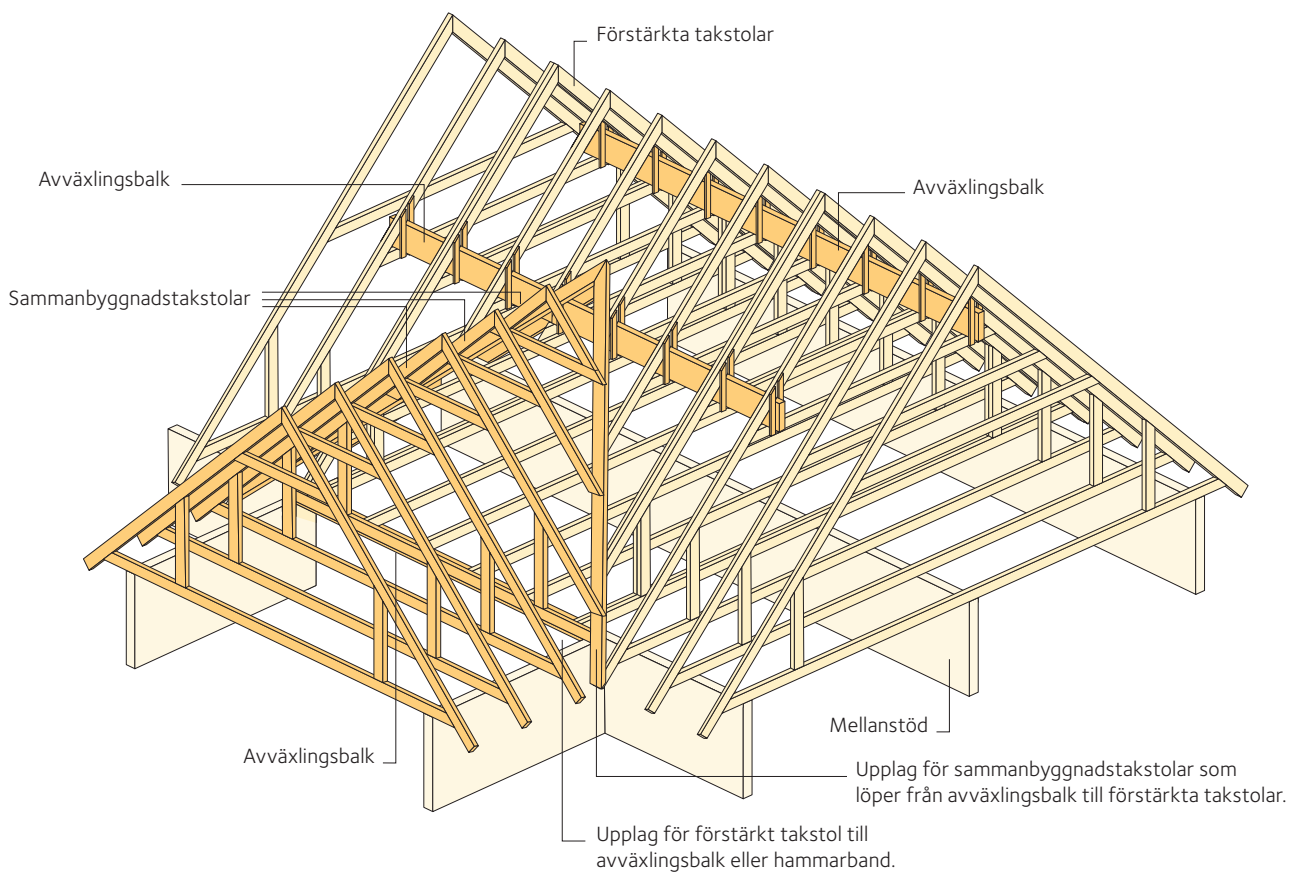
4.4.2 Anslutningar av ramverkstakstolar för vinkelbyggnader

Om inte utrymmet i sidobyggnaden ska utnyttjas kan samtliga takstolar i huvudbyggnaden i princip vara lika över hela taket. Enbart mindre anpassningar krävs vid anslutningen mot upplag. Montaget blir då enkelt då sidobyggnadens takstolar ställs upp efter resandet av huvudbyggnadens takstolar.

Om utrymmet i sidobyggnaden ska utnyttjas krävs det att anslutande takstolar i huvudbyggnaden avväxlas så att stödben och del av överramen kan tas bort, se figur 4.17, sidan 59. Innan takstolarna kortas av alternativt monteras måste avväxlingsbalkar finnas på plats. Balken kan fästas in till intilliggande takstolar vilket kan innebära att intilliggande takstolar måste förstärkas. Avväxlingsbalkarna kan också bäras upp av stolpar som för lasten ner till bjälklag och vidare ner till grund. Efter huvudbyggnadens avkortade takstolar monterats kan eventuellt extra regler i rännal monteras och slutligen monteras sammanbyggnadstakstolarna.

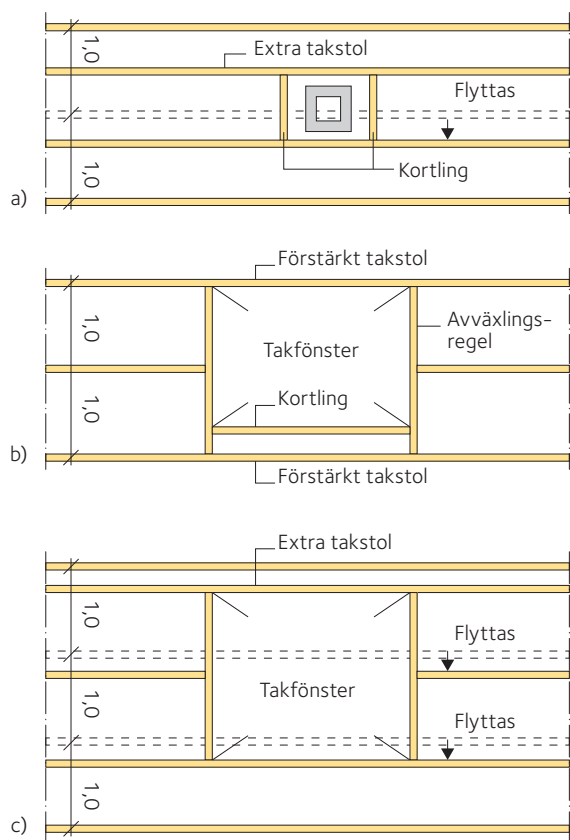


Figur 4.16 Takkonstruktion med tät anslutning mellan sido- och huvudbyggnad



Figur 4.17 Takkonstruktion med genomgång mellan sido- och huvudbyggnad

4.5 Avväxlingar



Figur 4.18 Avväxlingar av takstolar

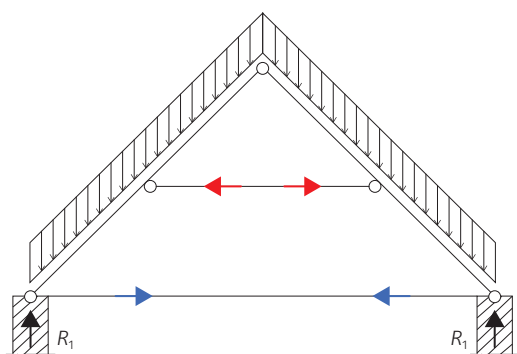
För stora öppningar krävs det att takstolar och bjälkar avväxlas till intilliggande konstruktion. Det kan gälla större fönsteröppningar, öppningar till sidobyggnader eller balkonger. För mindre öppningar såsom skorstenar kan det räcka med att takstolarnas placering justeras så att skorstensöppningen ryms mellan takstolarna och därmed krävs ingen avväxling. Vid vissa situationer kan det innebära att det krävs en extra takstol, se figur 4.18 a). Av brandsäkerhetsskäl är minsta rekommenderade avstånd mellan skorsten och takstol 100 mm.

Avväxling av en takstol innebär att intilliggande takstolar utsätts för cirka 50 procent mera last. Förutom takstolarnas hållfasthet så måste även styvheten beaktas. I figur 4.18 b) visas en avväxling utan att befintliga takstolar behöver flyttas. figur 4.18 c) visar på ett tillfälle då två takstolar berörs men totala öppningsbredden är mindre än dubbla takstolsavståndet. Vid sådant tillfälle är det enklast att lägga in en extra takstol och förskjuta de övriga takstolarna. Alla ändringar ska kontrolleras med takstolskonstruktör.

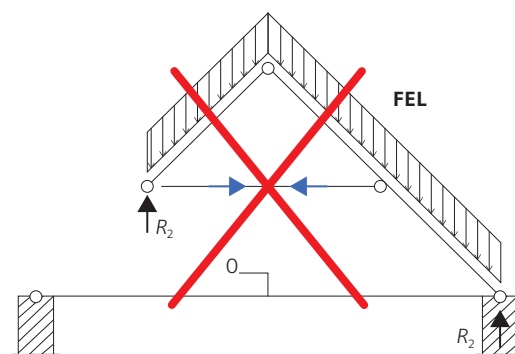
4.5.1 Principer för avväxlingar

Hanbjälkens funktion i relation till vertikal last, egenvikt och snölast, framgår av figur 4.19, sidan 61. Det är inte tillräckligt att enbart växla av takstolen på den ena sidan med en balk för att ta upp de vertikala lasterna, se figur 4.20, sidan 61. Lösningar för att undvika stora deformationer och minimera påverkan på konstruktionen visas i figur 4.21 och figur 4.22, sidan 61. Ett alternativ är att använda sig av avväxlingsbalkar på båda sidor där balkarna kan överföra både vertikala och horisontella laster. Ett annat alternativ är att använda sig av en nockbalk.

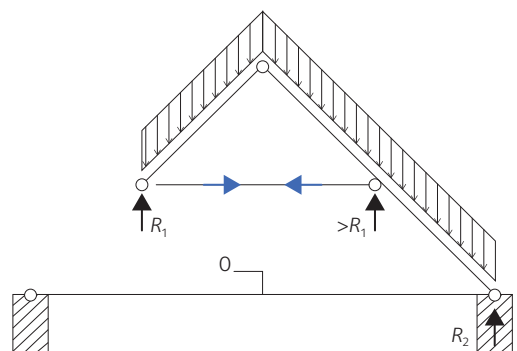
När avväxlingsbalkar används på båda sidor av hanbjälken enligt figur 4.21, sidan 61, kan balkarna placeras ovanpå hanbjälken som visas i figur 4.23, sidan 61, och lika lösning används på båda sidor. Figuren visar en lösning där balken placeras mellan brädor som sammanbinder hanbjälke och överram. Lasten överförs mellan balk och takstol med hjälp av kilar och brädor. Vid dimensionering ska tryck vinkelrätt fiberriktningen kontrolleras och resultatet ska betraktas konservativt då kilens form gör att styvheten varierar beroende på höjden. Kilen ska även monteras så den inte kan lossna. Generellt sett kan denna lösning vara vanskelig då variationer i fukt-kvoter påverkar anliggningsen mellan virkesdelarna.



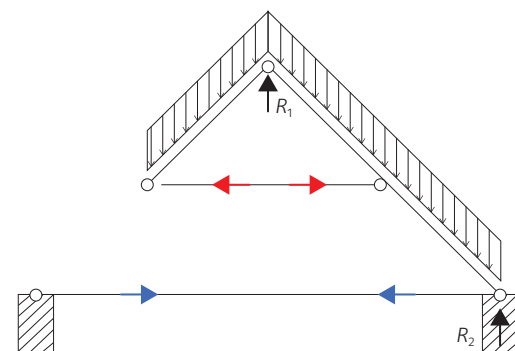
Figur 4.19 Statisk modell av ramverkstakstol. Statisk modell av en traditionell ramverkstakstol belastad med egenvikt och snö. Vertikala upplagsreaktioner R_1 tas upp av ytterväggar. Överrammen verkar som en dragbalk som överför dragkrafter mellan väggarna. Handbjälken kommer att fungera som en tryckbalk som stabiliserar överrammen och minskar momentet i överrammen.



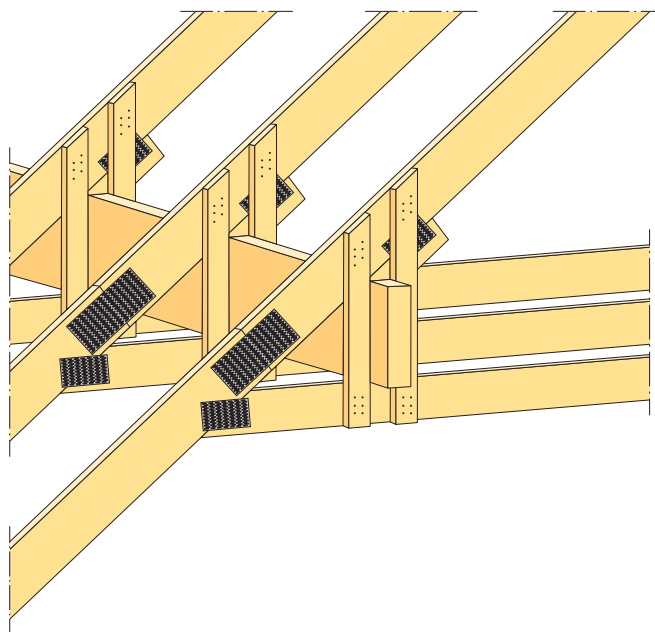
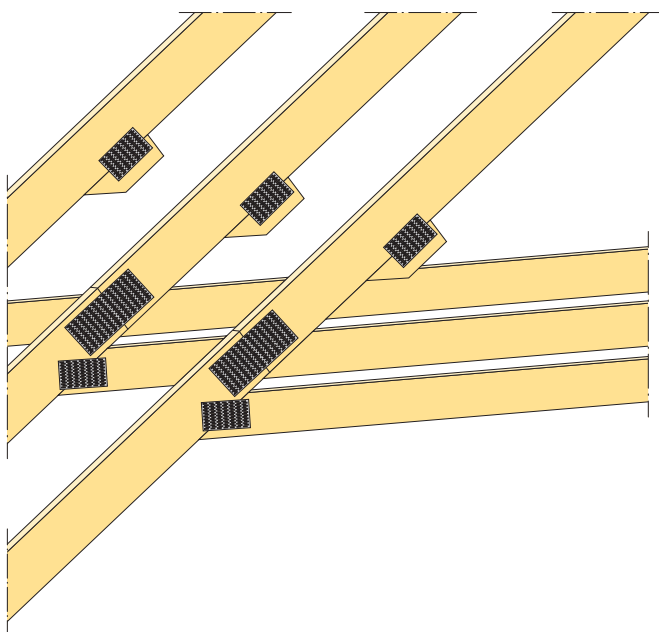
Figur 4.20 Ensidig avväxling. När den nedre delen av överrammen tas bort för att skapa en öppning ändras den statiska modellen. Kompletteras den vänstra sidan med en avväxlingsbalk och för över upplagsreaktionen, R_2 , till intilliggande takstolar innebär det att handbjälken inte längre kommer att fungera som tryckbalk i takkonstruktionen. Den kvarvarande högra överrammen kommer att få högre moment och större deformation. En förstärkning med tillräcklig styvhet är svår att utföra.



Figur 4.21 Tvåsidig avväxling. En vanlig metod är att lägga in avväxlingsbalkar på båda sidor av handbjälken och föra lasten vidare till intilliggande takstolar. Det innebär att den högra överrammen får något större last och det uppstår dragkrafter i handbjälken.



Figur 4.22 Avväxling i nock. En annan metod är att använda sig av en nockbalk som avväxlingsbalk. Då förblir handbjälken belastad i tryck och det sker ingen ökning av momentet i överrammen.

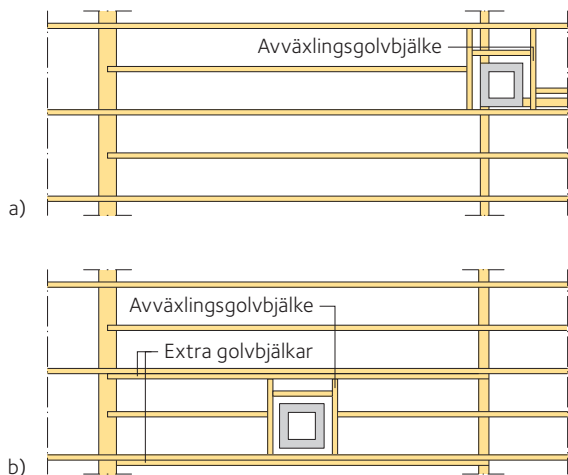


Figur 4.23 Avväxling med balk och kilar. Med hjälp av en avväxlingsbalk kan den avväxlade takstolens vertikala och horisontella laster överföras till intilliggande takstolar. Traditionellt görs detta med balk och kilar. Takstolar kan fås med monterad kil från takstolstillverkare och kompletteras med laskor och skruvförband.

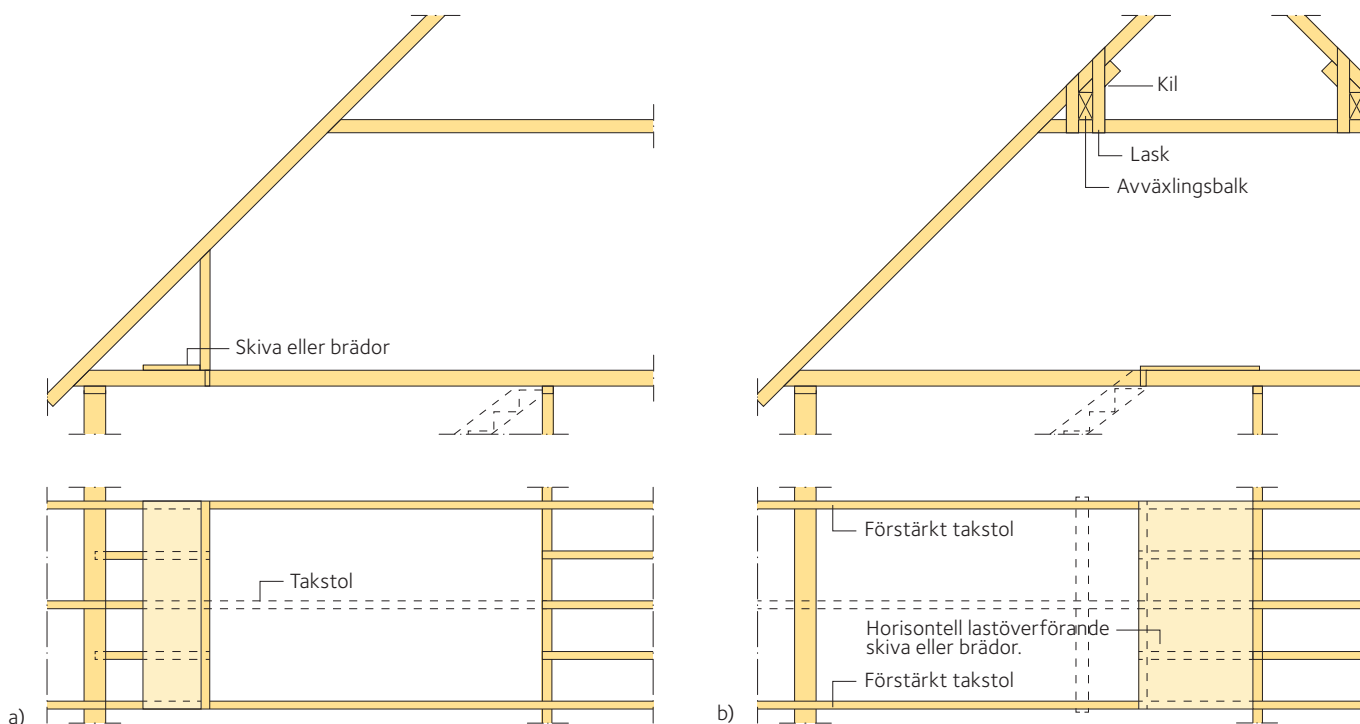
4.5.2 Öppningar i bjälklag

Takstolarnas underramar kan ibland behöva avväxlas. Öppningar för till exempel skorstenar och trappor är ofta placerade och har en sådan storlek att det behövs avväxlingar. För små öppningar och öppningar som ligger nära bärande väggar behövs det sällan extra förstärkningar utan avväxlingen kan göras till intilliggande takstolsbjälke, *se figur 4.24 a*). För öppningar som ligger i fältmitt kan det behövas att avväxlingen görs med extra golvbjälkar, *se figur 4.24 b*).

För att ge plats åt trappöppningar måste ibland delar av en takstols underram tas bort. För att föra vidare horisontella laster till intilliggande golvbjälkar kan extra skivor behövas, *se figur 4.25 a*). I de fall trappöppningen når ända ut till ytterväggen och trappans placering eller bredd kräver att takstolens underram måste tas bort krävs en avväxling till intilliggande takstolar, *se figur 4.25 b*).



Figur 4.24 Exempel på avväxling för skorsten



Figur 4.25 Skivor eller brädor vid öppningar ska dimensioneras för att kunna överföra horisontella krafter som verkar på konstruktionen

4.6 Träbjälkar

4.6.1 Takbjälkar

Takbjälkar som läggs upp mellan hammarband och nockbalk används vanligtvis för mindre byggnader men träbjälkar kan också ingå som en kompletterande överram i ett tak uppbyggt med takstolar. Tvärsnittet på takbjälkar bestäms oftast av nedböjningskriteriet. Nedböjningen får inte bli så stor att takbeläggningen tar skada eller att det blir bakfall. För de flesta konstruktioner består lasten av en permanent del G_i och en variabel del Q_i . För träkonstruktioner där de variabla lasterna dominerar varierar nedböjningen mycket under konstruktionens livslängd.

Generellt gäller för en byggnadsdel som är belastad med en konstant last att under sin livstid bestäms nedböjning av krypning, w_{creep} , utifrån initialnedböjningen, w_{inst} , och deformationsfaktorn k_{def} som beror på vilket material som används samt rådande klimatklass.

$$w_{\text{creep}} = k_{\text{def}} \cdot w_{\text{inst}} \quad 4.1$$

Den slutliga nedböjningen kan då för permanenta laster skrivas som:

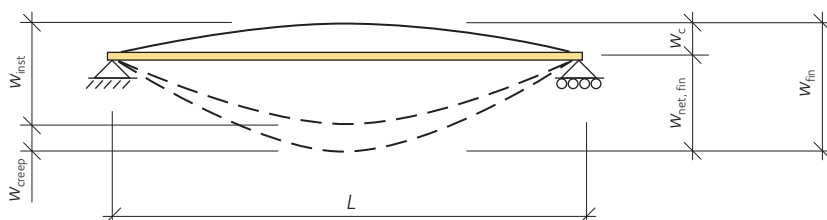
$$w_{\text{fin,G}} = w_{\text{inst,G}} + w_{\text{creep,G}} = w_{\text{inst,G}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) \quad 4.2$$

och för variabla laster:

$$w_{\text{fin,Qi}} = w_{\text{inst,Qi}} + w_{\text{creep,Qi}} = w_{\text{inst,Qi}} \cdot (1 + \psi_{2,i} \cdot k_{\text{def}}) \quad 4.3$$

Eftersom krypning också beror av tidsperioden som lasten kommer att vara verksam har faktorn ψ_2 introducerats för att man ska kunna beskriva denna effekt.

Specificerad nedböjningsgräns kan väljas utifrån funktionella krav eller av visuella orsaker. Erfarenhetsmässigt har det visat sig att nedböjningskravet $L/300$ ($w_{\text{net,fin}}$) är ett lägsta acceptabelt värde för bostäder och lokaler. Vid dimensionering av bjälklag i lagerutrymmen och liknande lokaler är det ofta acceptabelt att tillåta nedböjningar i storleksordning $L/200 - L/150$. I tabell 4.5, sidan 64, och tabell 4.6, sidan 64, visas rekommenderade nedböjningskriterier. Mer information om nedböjningsgränser ges i exempelvis tabell 6.1 i *Limträhandbok Del 2*.



Figur 4.26 Definitioner på nedböjningar för en balk eller skiva

- w_{inst} är momentan nedböjning.
- w_{creep} är nedböjning orsakad av krypning.
- w_c är eventuell överhöjning.
- w_{fin} är slutlig nedböjning.
- $w_{\text{net,fin}}$ är slutlig nettoneidböjning.

Tabell 4.5 Normalt godtagen nedböjning vid dimensionering i reversibelt lasttillstånd (tillfällig olägenhet), frekvent lastkombination

Användningsområde		$u_{max, frekv, fin}$
Generellt	Fackverk och takbalkar	$L/300$
Golvbalkar	Normalt ¹⁾ Förråd och andra lokaler utan tillträde för allmänheten	$L/300$ $L/300$
Konsoler		$L/150$
Takåsar		$L/200$
Primärbalk		$L/400$

¹⁾ Styvheten hos träbjälklag ska även kontrolleras med avseende på svikt.

L betecknar den fria spännvidden.

Värdena i tabellen är framtagna av Svenska Takstolsföreningen, STAK, och gäller för CE-märkta takstolar industriellt tillverkade enligt SS-EN 14250.

Tabell 4.6 Godtagen nedböjning vid dimensionering i irreversibelt lasttillstånd (permanent skada), karakteristisk lastkombination

Typ av konstruktion	$u_{max, inst}$
Tak- eller golvbjälklag, som ansluter mot icke bärande vägg i:	
Bostadsutrymme	20 mm eller $L/300$
Kontorslokal, skola, butik etcetera	30 mm eller $L/300$
Industrilokal	40 mm eller $L/250$
Balk över fönster eller dörröppning	10 – 15 mm
Horisontella deformationer	20 mm

¹⁾ Styvheten hos träbjälklag ska även kontrolleras med avseende på svikt och vibrationer.

L betecknar den fria spännvidden.

Värdena i tabellen är framtagna av Svenska Takstolsföreningen, STAK, och gäller för CE-märkta takstolar industriellt tillverkade enligt SS-EN 14250.

Spännvidder för olika dimensioner

Centrumavstånd mellan takbjälkar är vanligtvis 600 mm eller 1 200 mm. Bredden respektive längden för isolering och skivor är oftast anpassade för dessa centrumavstånd. För takbjälkar i hållfasthetsklass C24 med dimensionen 45 × 145 mm, c 1 200 mm, är spännvidden cirka 2 meter för ett låglutande lätt tak i snözon 3. För takbjälkar i hållfasthetsklass C24 under lika förutsättningar men med dimensionen 45 × 220 mm är längsta spännvidden cirka 3 meter.

4.6.2 Bjälklag

Ofta ingår takstolarnas underramar som en del i ett mellanbjälklag. Då takstolarnas centrumavstånd vanligtvis är 1 200 mm innebär det att extra golvbjälkar krävs då de flesta undergolv är tillverkade för golvbjälkar med ett centrumavstånd av 300 – 600 mm. Kompletterande golvbjälkar kan ingå i leveransen från takstolstillverkaren varvid man även kan få hjälp med dimensioneringen av golvbjälkarna.

Ett mellanbjälklag är huvudsakligen en byggnadsdel som bär vertikala laster från antingen över- eller undersidan, eller från båda sidorna och avgränsar olika våningar i en byggnad. Mellanbjälklag består av en bärande del som vanligtvis kompletteras med skikt och slutligen kompletteras med ytskikt, på ovsidan i form av matta

eller parkett och på undersidan av ett innertak. Mellanbjälklaget ska dimensioneras för horisontella och vertikala laster, till exempel egen- tyngd, nyttig last, snölast och vindlast, var för sig och i kombination.

Golvbjälkar som används till mellanbjälklag dimensioneras enligt gällande nationella normer. Dimensionering av mellanbjälklag bör omfatta beräkningar i bruksgränstillståndet och brottgränstillståndet. I de flesta fall är bruksgränstillståndet dimensionerande för normalt förekommande laster i bostäder och kontor. Nyttjandegraden med avseende på bärförmågan för mellanbjälklag är vanligtvis lägre än 50 procent. Vid dimensionering i bruksgränstillståndet beaktas deformationer, svikt och vibrationer.

Ett mellanbjälklags egenskaper kan förenklat dimensioneras enligt balkteori. I SS-EN 1995-1-1 ges en förenklad metod för att bedöma ett mellanbjälklags svängningsbenägenhet. Metoden innebär att den statiska nedböjningen beräknas för ett träbjälklag under inverkan av en punktlast som är 1 kN och som simulerar ett fotsteg. Lasten verkar i mitten av en fritt upplagd balk och nedböjningen får inte överskrida ett visst värde.

Dimensionering och kontroll av bjälklag till bostadsbjälklag kan schematiskt utföras enligt följande:

- Bestäm egenfrekvensen. Om egenfrekvensen är lägre än 8 Hz krävs en särskild utredning.
- Bestäm önskad kvalitet på mellanbjälklaget genom att bestämma gränsvärden för a och b , se figur 4.27.
- Kontrollera styvheten genom att beräkna nedböjningen, w , för en punktlast, F , av 1 kN och jämför med rekommenderat värde enligt ekvation 4.4:

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

4.4

där:

w är den maximala vertikala omedelbara utböjningen av en vertikal koncentrerad statisk kraft F .

- Kontrollera impulshastigheten v gentemot vald kvalitet enligt ekvation 4.5:

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

4.5

där:

v är mellanbjälklagets impulshastighetsrespons, det vill säga den maximala vertikala initialhastigheten i m/s till följd av en ideal stöt med storleken 1 Ns anbringad där den ger störst verkan, kan beräknas enligt nedan. Vibrationskomponenter över 40 Hz får ignoreras.

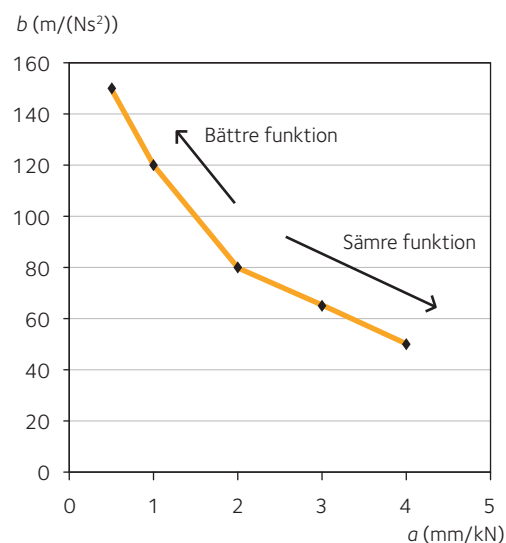
ζ är relativ dämpning.

f_1 är första egenfrekvensen.

b är en faktor satt till 100 m/(Ns²).

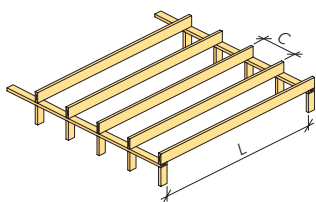
Nedböjningskriteriet i denna relativt enkla metod varierar i olika bestämmelser och handböcker.

Nedböjningen, a , bör inte överskrida ett visst värde och kvaliteten på bjälklaget bestäms utifrån kraven. För svenska förhållanden har följande rekommendationer valts: $a = 1,5$ mm/kN och $b = 100$ m/(Ns²).



Figur 4.27 Rekommenderade gränsvärden a och b och rekommenderat samband mellan a och b enligt SS-EN 1995-1-1

Människor är känsliga för vibrationer under 8 Hz och för att undvika störande vibrationer bör bjälklagens egenfrekvens inte understiga detta värde. Men även vibrationer över 8 Hz kan vara störande. Impulsrespons hastighet är en faktor som säger något om hur störande de är. Vilken impulsrespons hastighet som kan tillåtas beror på bjälklagets egenfrekvens och dämpning, den ska dock vara så låg som möjligt. För bjälklag som dimensioneras nedböjningskravet $\leq L/300$ och egenfrekvens $f_1 > 8$ Hz kommer impulsrespons hastigheten att vara inom det område som upplevs bra från svikt- och vibrations-synpunkt. Lämpliga spännvidder för bjälklag av konstruktionsvirke och limträ i ett respektive två fack presenteras i tabell 4.7–4.10, sidan 66–69.



Tabell 4.7 Golvbjälkar av konstruktionsvirke i ett fack i bostad (0,45 kN/m²). Maximal fri längd

- Konstruktionsvirke i hållfasthetsklass C24 eller C14.
- Centrumavstånd (C) 600, 400 eller 300 mm.
- Undergolv av minst 22 mm golvspånskiva av typ P5 eller bättre eller minst 23 mm underlagsspont av sort G4-2 eller bättre.
- Fri längd (L) vid limmad och skruvad golvspånskiva kräver noggrann limning under goda limningsförhållanden.
- Dimensionering enligt Boverkets konstruktionsregler, EKS 11 (BFS 2019:1).
- Säkerhetsklass 2. Klimatklass 2.
- Momentan nedböjning av nyttig last med karakteristiskt värde tillsammans med långtidsnedböjning av kvasipermanent lastkombination, har begränsats till det minsta av 20 mm eller 1/300 av spännvidden.
- Sviktegenskaperna har kontrollerats enligt Boverkets konstruktionsregler, EKS 11 (BFS 2019:1).

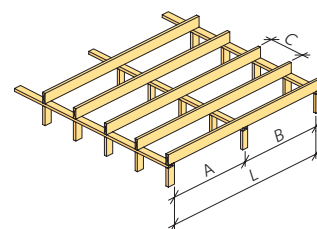
Golvbjälkens dimension (mm)	Golvbjälkens hållfasthetsklass	Skruvlimmad golvspånskiva			Spikad golvspånskiva eller underlagsspont		
		Centrumavstånd (C)			Centrumavstånd (C)		
		600 mm	400 mm	300 mm	600 mm	400 mm	300 mm
		Fri längd (L) (m)	Fri längd (L) (m)	Fri längd (L) (m)	Fri längd (L) (m)	Fri längd (L) (m)	Fri längd (L) (m)
45 × 120	C24	2,09	2,40	2,64	1,81	2,20	2,30
145	C24	2,53	2,90	3,19	2,21	2,69	2,78
170	C24	2,97	3,40	3,74	2,63	3,18	3,27
195	C24	3,41	3,90	4,29	3,08	3,67	3,76
220	C24	3,84	4,40	4,85	3,55	4,15	4,25
245	C24	4,28	4,90	5,40	4,03	4,64	4,74
70 × 220	C24	4,46	5,10	5,61	4,23	4,84	4,93
45 × 120	C14	1,80	2,06	2,27	1,55	1,87	1,97
145	C14	2,18	2,49	2,74	1,88	2,29	2,39
170	C14	2,55	2,92	3,22	2,23	2,71	2,81
195	C14	2,93	3,35	3,69	2,60	3,13	3,23
220	C14	3,31	3,79	4,17	2,98	3,55	3,65
245	C14	3,68	4,22	4,64	3,38	3,97	4,07
70 × 220	C14	3,83	4,39	4,83	3,54	4,14	4,23

Observera

Konstruktionsvirke med större längd än 5 400 mm är ofta fingerskarvat.

Tabell 4.8 Golvbjälkar av konstruktionsvirke i två fack i bostad (0,45 kN/m²). Maximal fri längd

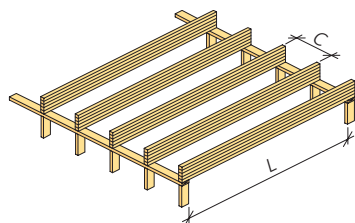
- Konstruktionsvirke i hållfasthetsklass C24 eller C14.
- Centrumavstånd (C) 600, 400 eller 300 mm.
- Innerstödet kan placeras fritt inom området $0,4L \leq A, B \leq 0,6L$.
- Undergolv av minst 22 mm golvspånskiva av typ P5 eller bättre eller minst 23 mm underlagsspont av sort G4-2 eller bättre.
- Fri längd (L) vid limmad och skruvad golvspånskiva kräver noggrann limning under goda limningsförhållanden.
- Dimensionering enligt Boverkets konstruktionsregler, EKS 11 (BFS 2019:1).
- Säkerhetsklass 2. Klimatklass 2.
- Momentan nedböjning av nyttig last med karakteristiskt värde tillsammans med långtidsnedböjning av kvasipermanent lastkombination, har begränsats till det minsta av 20 mm eller 1/200 av spännvidden i det längsta facket.
- Sviktgenskaperna har kontrollerats enligt Boverkets konstruktionsregler, EKS 11 (BFS 2019:1).



Golvbjälkens dimension (mm)	Golvbjälkens hållfasthetsklass	Skruvlimmad golvspånskiva			Spikad golvspånskiva eller underlagsspont		
		Centrumavstånd (C)			Centrumavstånd (C)		
		600 mm	400 mm	300 mm	600 mm	400 mm	300 mm
		Fri längd (L) (m)	Fri längd (L) (m)	Fri längd (L) (m)	Fri längd (L) (m)	Fri längd (L) (m)	Fri längd (L) (m)
45 × 120	C24	4,03	4,24	4,47	3,01	3,66	3,83
145	C24	4,83	5,03	5,36	3,69	4,48	4,64
170	C24	5,56	5,83	6,27	4,39	5,30	5,45
195	C24	6,29	6,65	7,21	5,14	6,11	6,27
220	C24	7,02	7,47	8,19	5,92	6,93	7,08
245	C24	7,76	8,31	9,20	6,73	7,74	7,90
70 × 220	C24	7,83	8,44	9,40	7,03	8,07	8,22
45 × 120	C14	3,61	3,84	4,02	2,58	3,12	3,28
145	C14	4,34	4,53	4,78	3,14	3,83	3,98
170	C14	5,02	5,23	5,57	3,72	4,52	4,68
195	C14	5,67	5,94	6,37	4,33	5,22	5,38
220	C14	6,32	6,66	7,20	4,97	5,93	6,08
245	C14	6,97	7,38	8,04	5,63	6,63	6,78
70 × 220	C14	7,00	7,44	8,15	5,89	6,90	7,06

Observera

Konstruktionsvirke med större längd än 5 400 mm är ofta fingerskarvat.



Tabell 4.9 Golvbjälkar av limträ i ett fack i bostad (0,45 kN/m²). Maximal fri längd

- Limträ i hållfasthetsklasser enligt nedan. Limtyp I.
- Centrumavstånd (C) 600, 400 eller 300 mm.
- Undergolv av minst 22 mm golvspånskiva av typ P5 eller bättre eller minst 23 mm underlagsspont av sort G4-2 eller bättre.
- Fri längd (L) vid limmad och skruvad golvspånskiva kräver noggrann limning under goda limningsförhållanden.
- Dimensionering enligt Boverkets konstruktionsregler, EKS 11 (BFS 2019:1).
- Säkerhetsklass 2. Klimatklass 2.
- Momentan nedböjning av nyttig last med karakteristiskt värde tillsammans med långtidsnedböjning av kvasipermanent lastkombination, har begränsats till det minsta av 20 mm eller 1/300 av spännvidden.
- Sviktegenskaperna har kontrollerats enligt Boverkets konstruktionsregler, EKS 11 (BFS 2019:1).

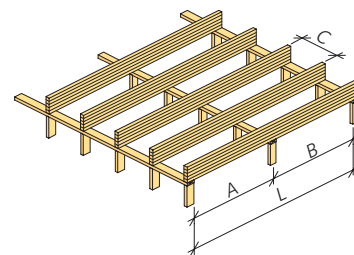
Golvbjälkens dimension (mm)	Golvbjälkens hållfasthetsklass	Skruvlimmad golvspånskiva			Spikad golvspånskiva eller underlagsspont		
		Centrumavstånd (C)			Centrumavstånd (C)		
		600 mm	400 mm	300 mm	600 mm	400 mm	300 mm
		Fri längd (L) (m)	Fri längd (L) (m)	Fri längd (L) (m)	Fri längd (L) (m)	Fri längd (L) (m)	Fri längd (L) (m)
42 × 180	GL28cs	3,05	3,49	3,84	2,87	3,44	3,54
225	GL28cs	3,81	4,36	4,80	3,73	4,34	4,43
270	GL28cs	4,57	5,23	5,76	4,57	5,23	5,33
56 × 225	GL28cs	4,19	4,80	5,28	4,18	4,79	4,88
270	GL28cs	5,03	5,76	6,34	5,03	5,76	5,87
66 × 270	GL28cs	5,32	6,09	6,70	5,32	6,09	6,20
315	GL28cs	6,20	7,07	7,60	6,20	7,07	7,24
90 × 180	GL30c	3,98	4,56	5,02	3,93	4,54	4,63
225	GL30c	4,98	5,70	6,27	4,98	5,70	5,80
270	GL30c	5,97	6,84	7,39	5,97	6,84	6,97
315	GL30c	6,97	7,72	8,29	6,97	7,72	8,14
360	GL30c	7,71	8,53	9,17	7,71	8,53	9,17
405	GL30c	8,42	9,32	10,01	8,42	9,32	10,01
450	GL30c	9,11	10,09	10,84	9,11	10,09	10,84
115 × 180	GL30c	4,32	4,95	5,44	4,32	4,94	5,03
225	GL30c	5,40	6,18	6,81	5,40	6,18	6,30
270	GL30c	6,48	7,31	7,85	6,48	7,31	7,57
315	GL30c	7,41	8,21	8,82	7,41	8,21	8,82
360	GL30c	8,20	9,07	9,75	8,20	9,07	9,75
405	GL30c	8,95	9,91	10,65	8,95	9,91	10,65
450	GL30c	9,69	10,72	11,52	9,69	10,72	11,52
495	GL30c	10,41	11,52	12,38	10,41	11,52	12,38
630	GL30c	12,47	13,80	14,83	12,47	13,80	14,83
140 × 225	GL30c	5,77	6,60	7,20	5,77	6,60	6,73
270	GL30c	6,92	7,68	8,25	6,92	7,68	8,09
315	GL30c	7,79	8,62	9,26	7,79	8,62	9,26
360	GL30c	8,61	9,53	10,24	8,61	9,53	10,24
405	GL30c	9,40	10,41	11,19	9,40	10,41	11,19

Anmärkning

Vid höga krav på sviktegenskaper bör bjälklag med större fri längd (L) än 10 m undvikas.

Tabell 4.10 Golvbalkar av limträ i två fack i bostad (0,45 kN/m²). Maximal fri längd

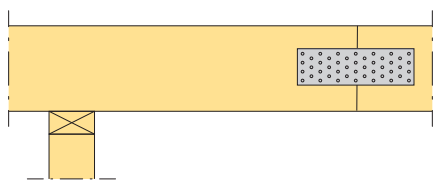
- Limträ i hållfasthetsklasser enligt nedan. Limtyp I.
- Centrumavstånd (C) 600, 400 eller 300 mm.
- Innerstödet kan placeras fritt inom området $0,4L \leq A, B \leq 0,6L$.
- Undergolv av minst 22 mm golvspånskiva av typ P5 eller bättre eller minst 23 mm underlagsspont av sort G4-2 eller bättre.
- Fri längd (L) vid limmad och skruvad golvspånskiva kräver noggrann limning under goda limningsförhållanden.
- Dimensionering enligt Boverkets konstruktionsregler, EKS 11 (BFS 2019:1).
- Säkerhetsklass 2. Klimatklass 2.
- Momentan nedböjning av nyttig last med karakteristiskt värde tillsammans med långtidsnedböjning av kvasipermanent lastkombination, har begränsats till det minsta av 20 mm eller 1/300 av spännvidden i det längsta facket.
- Sviktegenskaperna har kontrollerats enligt Boverkets konstruktionsregler, EKS 11 (BFS 2019:1).



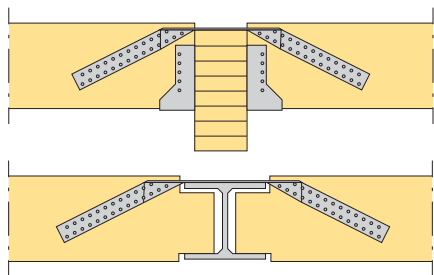
Golvbalkens dimension (mm)	Golvbalkens hållfasthetsklass	Skruvlimmad golvspånskiva			Spikad golvspånskiva eller underlagsspont			
		Centrumavstånd (C)			Centrumavstånd (C)			
		600 mm	400 mm	300 mm	600 mm	400 mm	300 mm	
		Fri längd (L) (m)	Fri längd (L) (m)	Fri längd (L) (m)	Fri längd (L) (m)	Fri längd (L) (m)	Fri längd (L) (m)	
42 × 180	GL28cs	5,93	6,25	6,76	4,79	5,74	5,90	
	225	GL28cs	7,28	7,76	8,55	6,23	7,24	7,39
	270	GL28cs	8,64	9,31	10,46	7,71	8,73	8,88
56 × 225	GL28cs	7,81	8,40	9,34	6,97	7,99	8,14	
	270	GL28cs	9,30	10,12	11,52	8,62	9,63	9,79
66 × 270	GL28cs	9,73	10,64	12,22	9,18	10,19	10,34	
	315	GL28cs	11,33	12,52	14,31	10,93	11,92	12,08
90 × 180	GL30c	7,22	7,78	8,63	6,56	7,57	7,73	
	225	GL30c	8,97	9,79	11,15	8,51	9,52	9,68
	270	GL30c	10,75	11,88	13,92	10,48	11,47	11,63
	315	GL30c	12,55	14,04	15,62	12,44	13,43	13,58
	360	GL30c	14,39	16,07	17,27	14,39	15,38	15,53
	405	GL30c	15,86	17,55	18,86	15,86	17,33	17,47
115 × 180	GL30c	17,17	19,00	20,41	17,17	19,00	19,42	
	GL30c	7,72	8,37	9,38	7,22	8,24	8,39	
	225	GL30c	9,62	10,59	12,20	9,35	10,35	10,51
	270	GL30c	11,56	12,88	14,79	11,48	12,47	12,62
	315	GL30c	13,54	15,27	16,61	13,54	14,58	14,74
	360	GL30c	15,44	17,08	18,36	15,44	16,70	16,85
	405	GL30c	16,86	18,66	20,05	16,86	18,66	18,97
	450	GL30c	18,25	20,20	21,70	18,25	20,20	21,08
140 × 225	GL30c	19,60	21,69	23,31	19,60	21,69	23,20	
	GL30c	23,49	26,00	27,94	23,49	26,00	27,94	
	GL30c	10,20	11,29	13,19	10,07	11,07	11,22	
	270	GL30c	12,29	13,78	15,54	12,29	13,33	13,48
	315	GL30c	14,41	16,24	17,45	14,41	15,59	15,74
	360	GL30c	16,22	17,95	19,28	16,22	17,85	18,00
	405	GL30c	17,71	19,60	21,07	17,71	19,60	20,26

Anmärkning

Vid höga krav på sviktegenskaper bör bjälklag med större fri spännvidd (A, B) än 10 m undvikas.



Figur 4.28 Bjälkar kan med fördel skarvas en bit från mellanstödet i momentnollpunkten. Vid användning av spikningsplåt ska spikplåttillverkarens anvisningar noga följas.



Figur 4.29 Anslutning till tvärgående limträbalk respektive stålbalk. Beslaget, även kallat bjälkstropp, överför dragkrafter mellan golvbjälkarna eller underramarna.

4.6.3 Mellanupplag

Förbanden och deras utformning har ofta stor betydelse för konstruktionens egenskaper. Förbanden påverkar bärförmåga, stabilitet och egenskaper kopplade till brand och akustik. Utformningen av förbanden styr även ibland vilket typ av brott som kan uppkomma. Genom att dimensionera och utforma förbanden på rätt sätt, kan man utforma konstruktionen så att man undviker att brott inträffar utan förvarning. Detta kan åstadkommas om förbanden dimensioneras så att slutligt brott föregås av stora och synliga deformationer.

Levereras balkar, golvbjälkar eller andra delar där det krävs skarvning, görs det ofta industriellt och med spikplåtar. Där detta inte är möjligt görs skarven med spikningsplåtar eller trälaskar på byggarbetsplatsen. Hur stora spikningsplåtar eller trälaskar samt antalet spik eller skruv bestäms av de krafter som verkar i förbandet och konstruktionsvirkets dimensioner. Det är viktigt att kantavstånd respekteras. I de fall skarven ska överföra stora dragkrafter bör dubbla trälaskar användas. Många gånger kan golvbjälkar med fördel skarvas en bit från mellanstödet i momentnollpunkten, se figur 4.28. I dessa fall ska förbandet dimensioneras med avseende på tvärkrafter.

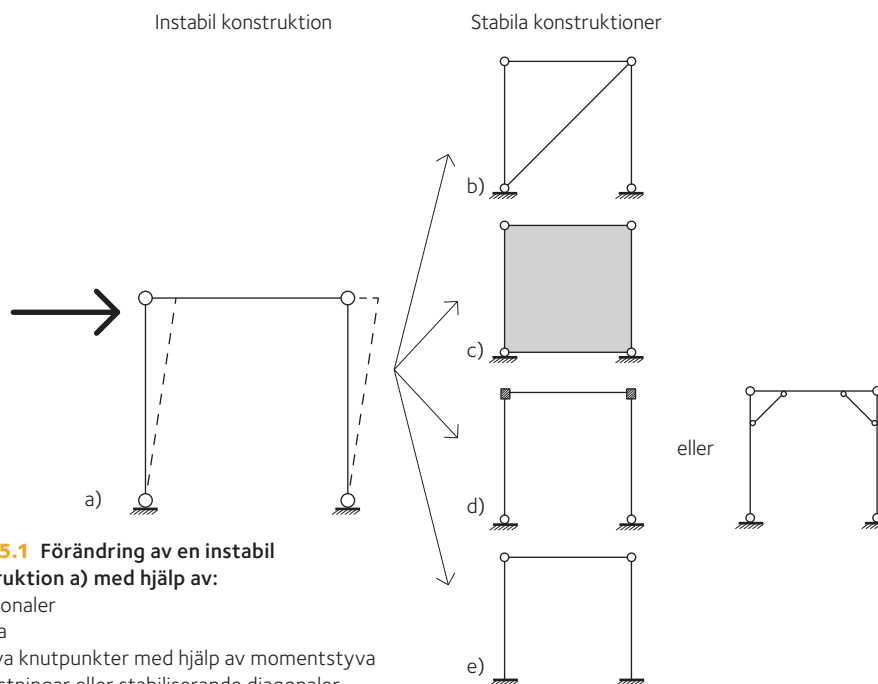
Figur 4.29 visar på olika anslutningar mot en tvärgående balk. Tack vare bjälkstroppen kan dragkrafter överföras mellan golvbjälkarna. Om bjälkarna inte är belastade i drag behöver inte bjälkstropp användas.

Stabilisering av takkonstruktion

5.1 Horisontell stabilisering

Vid dimensionering av byggnader har det horisontella stabiliseringssystemet en grundläggande betydelse. Horisontallaster förekommer i alla riktningar i förhållande till byggnadens plan. Påverkan på byggnaden förorsakas vanligtvis av vindlaster, last från travers eller från påkörningskrafter. Horisontalkrafter fås även från konstruktionens initialexcentricitet. Alla konstruktioners form förändras när de påverkas av horisontallaster. Om konstruktionen är stabil är formförändringarna vanligtvis små. Horisontallasterna i en stabil konstruktion genererar inre krafter som tenderar att återställa konstruktionens form. I en instabil konstruktion är formförändringen orsakad av horisontallaster som vanligtvis är stora och ökar kontinuerligt under hela den tid som lasten verkar. Det är av stor vikt att konstruktören säkerställer att den föreslagna konstruktionen verkligen är stabil.

Det finns ett antal sätt att stabilisera en instabil konstruktion, se figur 5.1. En möjlighet är att konstruktionen kompletteras med diagonaler, se figur 5.1 b). En annan metod är att säkerställa stabiliteten med hjälp av väggskivor som visas i figur 5.1 c), det vill säga styva plana ytelement. En tredje metod för att uppnå stabilitet är att man förhindrar vinkelförändringen mellan konstruktionsdelarna med förstyvningar i knutpunkterna, se figur 5.1 d). En fjärde metod att stabilisera konstruktionen är med hjälp av fast inspänning till grunden, se figur 5.1 e). De olika metoderna kan även kombineras.



Figur 5.1 Förändring av en instabil konstruktion a) med hjälp av:

- b) diagonaler
- c) skiva
- d) styva knutpunkter med hjälp av momentstyva infästningar eller stabiliserande diagonaler
- e) inspända byggdelar.

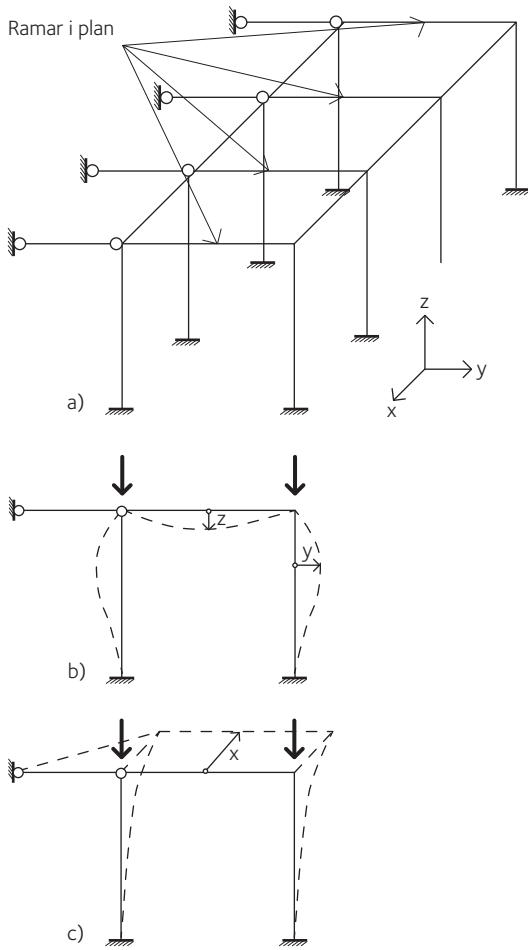
- 5.1 Horisontell stabilisering 71
- 5.2 Global stabilisering 72
- 5.3 Principer för stagning av konstruktioner 73
 - 5.3.1 Överföring av horisontallaster 73
- 5.4 Principer för stabilisering av tak 75
 - 5.4.1 Krav på stabiliserande system 76
 - 5.4.2 Lokal stabilitet för tryckta bärverksdelar 77
 - 5.4.3 Global stabilitet av tak 78
- 5.5 Överslagsberäkning 79
 - 5.5.1 Laster 80
- 5.6 Kontroll av styvheten hos takstolens överram 82

5.2 Global stabilisering

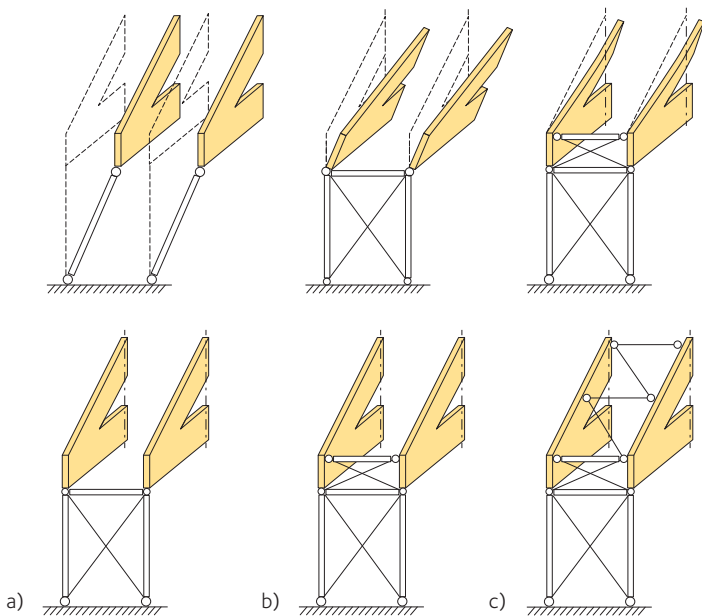
För att kontrollera hela konstruktionens stabilitet och på ett korrekt sätt förutse de olika konstruktionsdelarnas knäckningsfenomen ska konstruktören beakta konstruktionen tredimensionellt. Det gäller exempelvis en takkonstruktion där hela takstolen ska ta upp vertikala laster medan takstolarnas överramar som befinner sig i ett lutande plan, takplanet, även ska ta upp och överföra horisontella krafter. Konstruktionens stabilitet ska analyseras som en helhet och inte endast som enskilda konstruktionsdelar i sina plan, se figur 5.2 b), utan också vinkelrätt mot sina plan, se figur 5.2 c).

En byggnad måste kunna överföra såväl vertikala som horisontella laster från taknivån till grunden. Lasten i takplanet förs via stabiliserande system ned till bärande väggar eller pelare som i sin tur för lasten ner till grundläggningen. För att inte stolpar eller bärande vägg ska röra sig måste även de stabiliseras. Detta kan åstadkommas till exempel med hjälp av diagonaler som visas i figur 5.3 a). Stolparna är visserligen nu stagade, men lasten från taket kan ännu inte överföras till grunden via diagonalerna. Därför behöver takstolarna vid upplagen en stagning som överför takets horisontella krafter till väggarna, exempelvis krysstävning, se figur 5.3 b). Systemet kan se stabilt ut nu, men det finns fortsättningsvis en risk för vippning av takstolen. Detta kan förhindras till exempel genom att takstolarna sammankopplas och de horisontella lasterna i takplanet förs ner till stabiliserande vägg med strävor. Alternativt kan ett parallellfackverk tillsammans med dragband byggas i takplanet, där parallellfackverkets överram och underram fungerar som tryckta och dragna ramstänger, se figur 5.3 c).

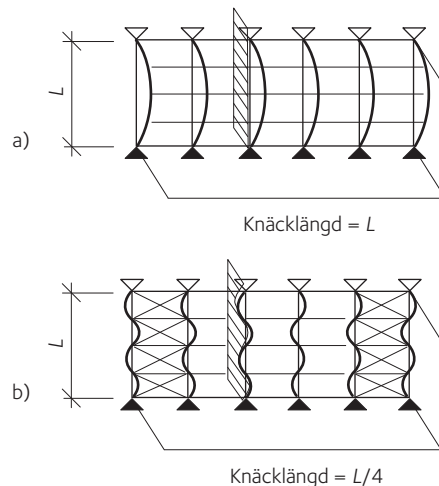
Stagningen har också funktionen att hålla takåsar eller bärläkt på plats så att de kan stödja takstolens överram i sidled vid nedböjning av överramen. Stagningen förhindrar även knäckning av hela takplanet i sidled, se figur 5.4.



Figur 5.2 a) Tredimensionell konstruktion. Knäckning
b) i plan
c) ut ur plan.



Figur 5.3 Princip för stabilisering av konstruktioner
a) Stabilisering av vägg
b) Stabilisering av takfot
c) Stabilisering av takplan.



Figur 5.4 Takkonstruktion
a) utan stagning
b) med krysstävning.

Stagning mot vippning är ofta en svårbedömd konstruktion. Exempelvis:

- när takstolen inte är stagad vid överram utan enbart vid eller nära underram.
- när förband mellan takåsarna eller en lätt golvkonstruktion och takstolen inte är tillräcklig.

I sådana tveksamma fall är det klokast att inte anta någon sidostagning alls. Alternativt kan det ibland vara möjligt att betrakta sidostagningen som elastiska stöd.

Stagningen får inte förbises. Det finns många exempel på ras av takkonstruktioner som har förorsakats av otillräcklig stagning.

5.3 Principer för stagning av konstruktioner

För en byggnads totalstabilitet krävs det vanligtvis fyra olika stagande delar, se figur 5.5.

- Stagning i långsidorna (A).
- Stagning i takets tvärriktning (B).
- Stagning i gavelväggarna (C).
- Stagning i takets längdriktning (D).

Stagningen har tre uppgifter för stabilisering av konstruktionen:

- Överföra laster.
- Begränsa deformationer i sidled.
- Förbättra bärförmåga med beaktande av knäckning.

5.3.1 Överföring av horisontallaster

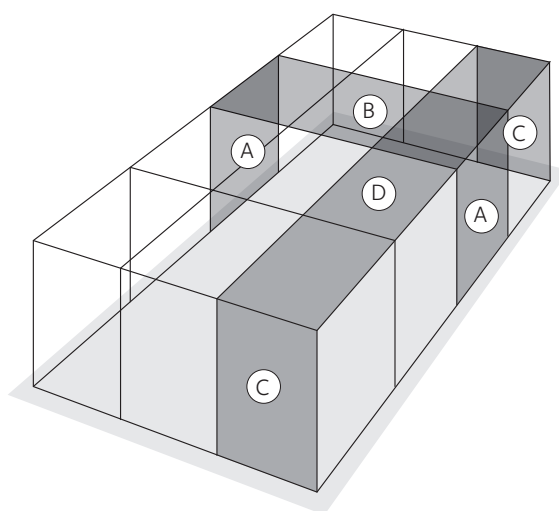
Horisontella laster kan verka i alla riktningar i ett plan. Det är därför alltid viktigt att konstruktionsdelarna tillsammans med förbanden säkerställer att alla typer av horisontalkrafter överförs till grundkonstruktionen.

Horisontella laster vinkelrätt mot gavelväggarna

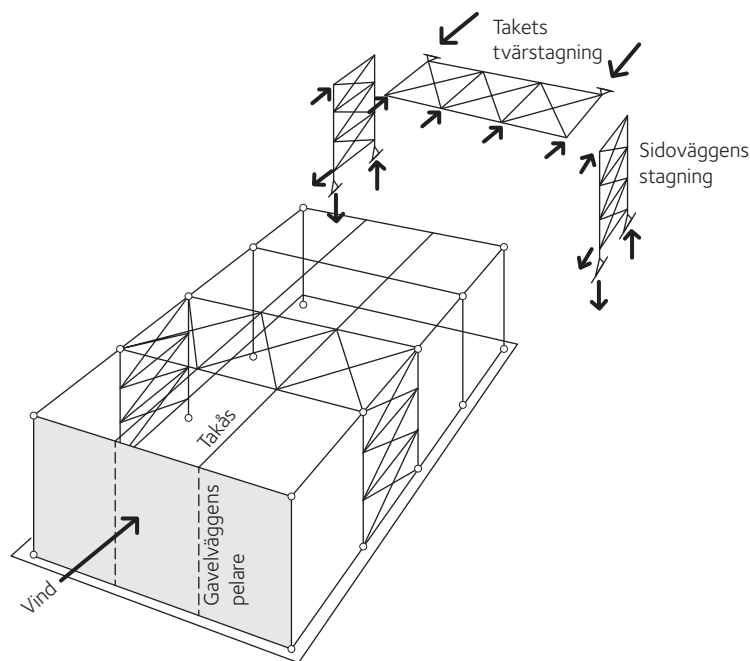
Överföring av vindlast mot byggnadens gavlar kan exemplifieras och delas upp enligt följande, se figur 5.6, sidan 74.

- Vindtrycket belastar gavelväggens stolpar som fungerar som fritt upplagda balkar i vertikallplanet. Två lika stora horisontella stödreaktioner uppstår, den ena vid stolpens fot och den andra vid stolpens topp.
- Vindtrycket överförs via underlagstaket till takstolarna och vidare till ett horisontalt fackverk eller enbart tvärstagning.
- Takets tvärstagning belastas av de krafter som överförs av underlagstaket och stöds av de båda sidoväggarnas stagning.
- Sidoväggarnas stagning fungerar som en styv skiva och överför stödreaktionerna från takfackverket till grunden.

Takåsarna kan fungera som det horisontella fackverkets tryckta stråvor men det är ofta bättre att dimensionera fackverket med egna tryckstråvor så att alla dessa ligger i samma plan och excentricitet undviks.



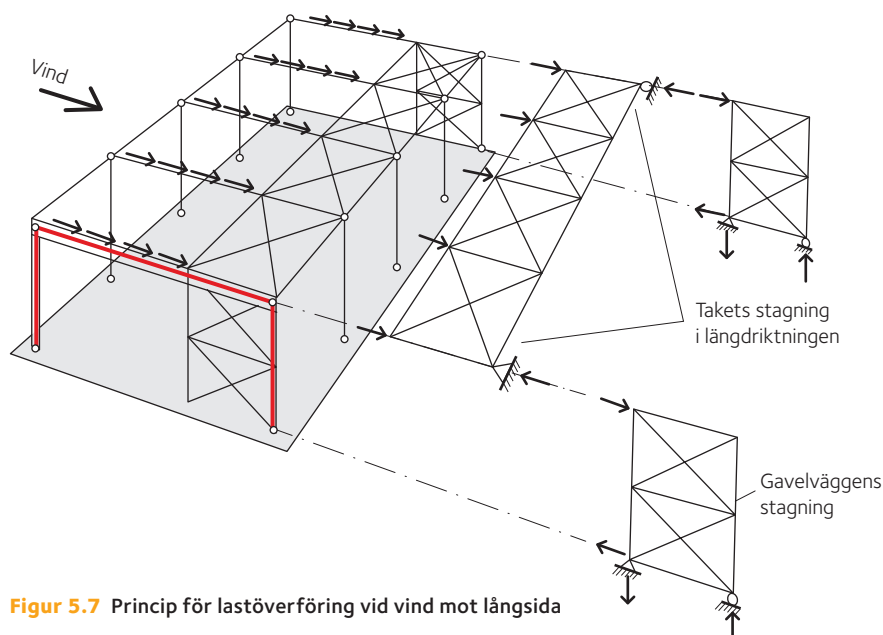
Figur 5.5 Stagande konstruktionsdelar för en byggnad



Figur 5.6 Princip för byggnad med plant tak med lastöverföring. Vindlast mot gavelvägg.

Horisontella laster vinkelrätt mot långsidorna

Vindlasten vinkelrätt mot sidoväggarna överförs i princip på motsvarande sätt som för vindlast mot gavelvägg, se figur 5.7. För mindre byggnader ger innertakskiva tillsammans med yttertak tillräcklig stabilitet för att kunna överföra lasten till stabiliserande gavelväggar. För större byggnader behövs kompletterande stabiliserande system i form av dragband eller trästråvor för att kunna överföra laster till stabiliserande gavelväggar. Därtill ska stolparna eller väggreglar i en sådan konstruktion stagas tillfälligt i båda riktningarna tills hela byggnaden är färdigmonterad. Takåsar eller kortlingar används ofta som tryckta stänger (stagning i längdriktning) för att föra laster till parallellfackverk och infästningspunkt för dragband.



Figur 5.7 Princip för lastöverföring vid vind mot långsida

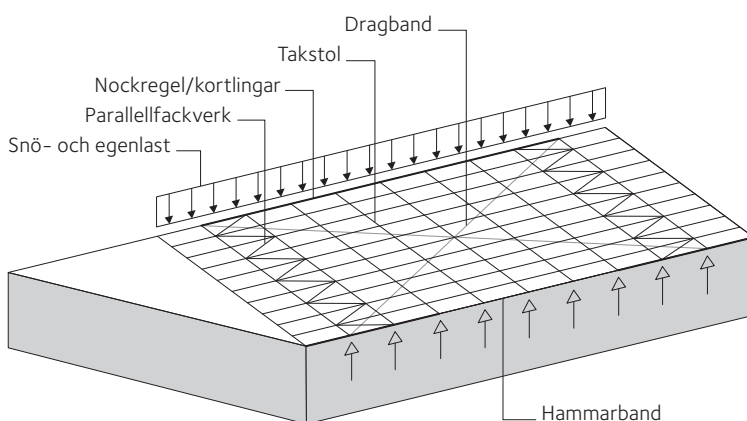
5.4 Principer för stabilisering av tak

Vertikala laster såsom snölast och egenvikt ger upphov till stora normalkrafter i takstolarnas överramar speciellt för tak med små taklutningar. Stora tryckkrafter i överramen innebär att takstolarnas överram vill knäcka ut i överramens veka riktning. För att undvika detta måste takstolarnas överram stabiliseras vilket vanligtvis görs via horisontella åsar eller avstyvningsreglar som kopplas till parallellfackverk och krafterna förs sedan via stråvor eller dragband till bärande väggar. Systemet ska både förhindra att alla takstolar knäcker ut åt samma håll och lokala utböjningar inom en enskild takstol, se figur 5.9.

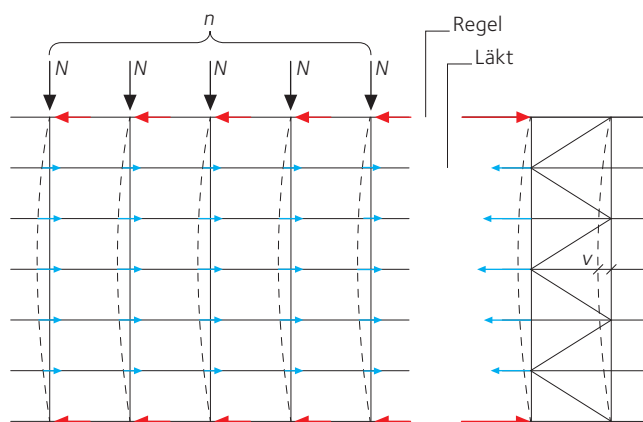
I SS-EN 1995-1-1 tillsammans med nationella föreskrifter framgår det hur stora laster takåsar ska kunna ta upp och krav på takkonstruktionens styvhet. Vid kontroll av parallellfackverkets utböjning bör parallellfackverkets längd sättas lika med takstolens överram exklusive taktass.



Konsekvens av otillräcklig stabilisering av takstol.



Figur 5.8 Principfigur för takkonstruktion



Figur 5.9 Tak med n takstolar med avstyvande parallellfackverk

De krafter som vill böja ut takstolarnas överram i veka riktningen ska tas upp av parallellfackverket och sedan föras vidare till väggens hammarband respektive avväxlingsregel. Avväxlingsregelns eller nockregelns horisontella reaktion tas upp via dragband eller snedstråvor och förs vidare till hammarband. Blå pilar visar på tryckkrafter i takläkt och röda pilar visar upplagsreaktionen.



Stabiliserande system med parallellfackverk.

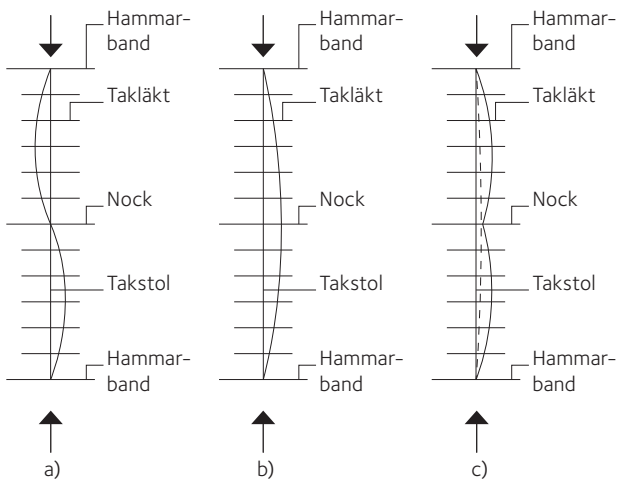
5.4.1 Krav på stabiliserande system

Bärverk som inte på annat sätt gjorts tillräckligt styva ska strävas för att förebygga instabilitet eller stora deformationer. Vid dimensionering av bärverk beaktas spänningar som orsakas av geometriska och konstruktiva imperfektioner och även spänningar orsakade av andra ordningens effekter.

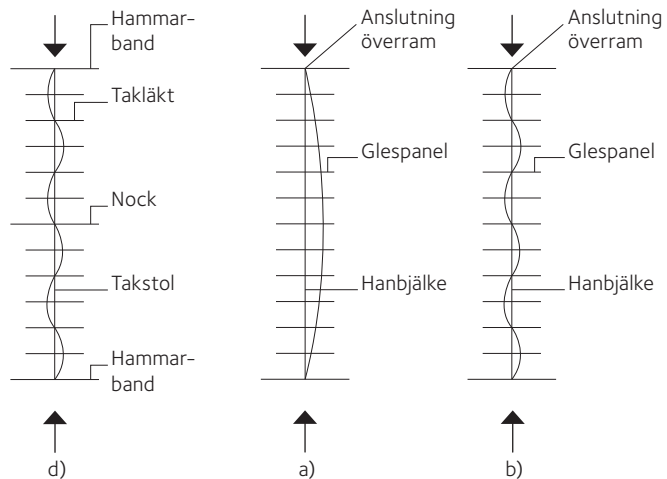
Vid dimensionering av takkonstruktionen ska kontroll och dimensionering göras av både lokala deformationer av takstolar såväl som globala deformationer av ett antal samverkande takstolar. Det gäller vanligtvis för takstolens överram men även takstolars hanbjälkar och underramar.

Exempel på globala deformationer framgår i figur 5.9, sidan 75, vilket kan undvikas med rätt dimensionering av ingående komponenter och stabiliserande system. Takstolarnas överramar och hanbjälkar sammanbinds via takläkt respektive glespanel och ska förhindra lokal utböjning av överram, se figur 5.10 c) och d) och figur 5.11. För ett stabilt system är exempelvis de separata takstolarna sammankopplade via läkt och krafter förs vidare via dragband eller snedsträvor ner till hammarband. Beträktas hela taket kommer deformationen globalt kunna ske enligt figur 5.10 c). Nocken förskjuts något på grund av toleranser vid montage och längdförändring av dragband samt rörelser i förband. Takstolarnas överramar kommer att böja ut i samma riktning. Förskjutningen av nocken ger en extra last på det stabiliserande systemet i jämförelse med figur 5.10 a). Används en momentstyv knutpunkt kan utböjningen bli som i figur 5.10 b) dock är det en lösning som sällan förekommer.

Vid dimensionering av strävningar för tryckta bärverk och bärverksystem av balkar eller fackverk är konstruktörer idag i första hand hänvisade till vad som anges i SS-EN 1995-1-1. Metoden som där föreskrivs är acceptabel men har ifrågasatts, speciellt för längre spännvidder. Forskning och utvecklingsarbete har genomförts. Bland annat i rapporten "Stabilisering/sidostagning av sadeltak med stora spännvidder uppbyggda av spikplåtsförbundna fackverkstakstolar av trä" presenteras fördjupande metoder för beräkningsmetoder för sidostabilisering av takkonstruktioner.



Figur 5.10 Möjliga utböjningsformer för takstolens överram. Det är vanligtvis tillräckligt att undersöka form c) och d).



Figur 5.11 Möjliga utböjningsformer för hanbjälke

5.4.2 Lokal stabilitet för tryckta bärverksdelar

Vid dimensionering av överramar bör den initiala utböjningen i takets plan mellan avstyvningar vara mindre än $a/300$ för massivt trä. För limträ och fanerträ bör den vara mindre än $a/500$. Överramen betraktas som en balk på fjädrande stöd, se figur 5.12.

De inre stöden, sidostöden, bör ha en minsta fjäderkonstant C enligt:

$$C_{\min} = k_s \cdot \frac{N_d}{a}$$

där:

- k_s är korrektionsfaktor.
- N_d är medelvärdet på dimensionerande tryckkraft i överramen.
- a är avståndet mellan infästningspunkterna.

Den stabiliserande kraften, F_d , för varje läkt eller avstyvningsregel bör för massivt trä sättas till:

$$F_d = \frac{N_d}{k_{f,1}}$$

och för limträ samt fanerträ:

$$F_d = \frac{N_d}{k_{f,2}}$$

där:

- $k_{f,1}$ är korrektionsfaktor för massivt trä.
- $k_{f,2}$ är korrektionsfaktor för limträ och fanerträ.
- N_d är medelvärdet av den dimensionerande tryckkraften i bärverksdelen.

Värden på faktorerna, k_s , $k_{f,1}$, $k_{f,2}$ och $k_{f,3}$ beror på utförande, spännvidd etcetera. I Sverige rekommenderade värden på faktorer ges i tabell 5.1.

N_d för en balk bestäms enligt SS-EN 1995-1-1 som:

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

där:

- M_d är största dimensionerande moment i överramen.
- h är överramens höjd.
- k_{crit} är en faktor som beaktar reduktion av böjhållfastheten vid knäckning.

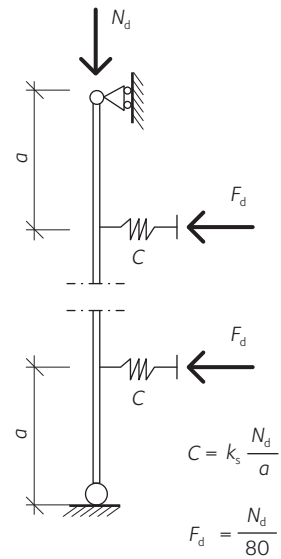
Reduktionen k_{crit} beräknas enligt följande:

$$k_{\text{crit}} = 1 \quad \text{för } \lambda_{\text{rel,m}} \leq 0,75$$

$$k_{\text{crit}} = 1,56 - 0,75\lambda_{\text{rel,m}} \quad \text{för } 0,75 < \lambda_{\text{rel,m}} \leq 1,4$$

$$k_{\text{crit}} = \frac{1}{\lambda_{\text{rel,m}}^2} \quad \text{för } \lambda_{\text{rel,m}} > 1,4$$

Faktorn k_{crit} får sättas till 1,0 för överram där den tryckta kanten är uppstyvad i tvärlängs hela sin längd och vridning är förhindrad vid upplag. Värdet på relativa slankhetstalet, $\lambda_{\text{rel,m}}$, vid böjning bestäms enligt SS-EN 1995-1-1 avsnitt 6.3.3.



5.1

5.2

5.3

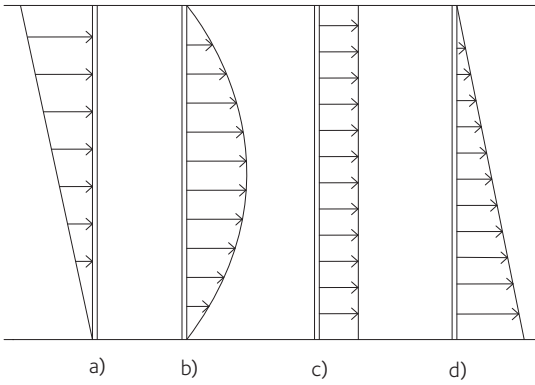
Figur 5.12 Exempel på takstols överram betraktad som balk på fjädrande stöd

Tabell 5.1 Rekommenderade värden för korrektionsfaktorer

Faktor	Rekommenderat värde
k_s	4
$k_{f,1}$	50
$k_{f,2}$	80
$k_{f,3}$	30

Källa: SS-EN 1995-1-1:2004, 9.2.5.3.

5.4



Figur 5.13 Yttre och inre krafter som verkar på en takskiva

5.4.3 Global stabilitet av tak

För att förhindra global utböjning, se figur 5.9, sidan 75, bör ett system för avstyvningar arrangeras som förutom inverkan av yttre horisontella krafter som exempelvis vind, även dimensioneras för inre avstyvningslast per längdmeter. Avstyvningslasten tillsammans med vindlasten utgör den totala last, q_d , som kommer att verka på till exempelvis parallellfackverken i det stabiliserande systemet.

Parallellfackverken och det stabiliserande systemet påverkas av följande laster som verkar vinkelrätt takstolarnas längdriktning, se figur 5.13.

- Vind mot byggnadens båda gavlar. Betraktas vanligtvis som triangulärt fördelad last.
- Last på grund av normalkrafter i överramarna och överramarnas initialkrokighet vilket ger en sinusformad horisontell last.
- Last på grund av snedställning av takstolar betraktas som jämnt fördelad last.
- Last på grund av vertikallast verkande på överramarna och överramarnas initialkrokighet betraktas som triangulär.

De beräkningsmetoder som brukar användas och behandlas i SS-EN 1995-1-1 omfattas lasterna a) – c) medan last d) bortses ifrån. Sammantaget ger det en linjelast på parallellfackverket, q_d :

$$5.5 \quad q_d = \left(\frac{k_1 \cdot n}{k_{f,3} \cdot l} \cdot N_d + n \cdot \tan \varphi \cdot q_{z,d} + |q_{v,d}| \right)$$

där:

N_d är medelvärde av den dimensionerande tryckkraften i överramen.

$q_{z,d}$ är vertikal linjelast verkande på varje takstols överram. Vanligtvis dimensionerande kombination av snölast och egenvikt.

φ är takstolens lutning i relation till lodlinjen, se figur 5.14.

$q_{v,d}$ är den del av horisontell vindlast som ska tas upp av parallellfackverket. Avser vindlast mot gavel samt eventuellt vindlast på grund av friktion parallellt takets yta.

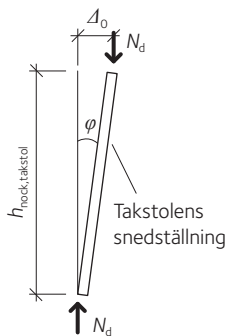
l är bärverksdelens längd i meter.

k_1 är korrektionsfaktor enligt nedan.

$k_{f,3}$ är korrektionsfaktor enligt tabell 5.1, sidan 77, och som i Sverige är satt till 30.

n är antal medverkande takstolar, se figur 5.9, sidan 75.

$$k_1 = \text{det minsta värdet av} \begin{cases} 1,0 \\ \sqrt{\frac{15}{l}} \end{cases}$$



Figur 5.14 Definition av sidoförskjutning

Takstolens horisontella förskjutning, A_0 , i relation till lodlinjen sätts lämpligen till 20 mm. Förskjutningen består av två delar enligt nedan:

$$5.6 \quad A_0 = A_{krökning} + A_{lutning}$$

där:

$A_{krökning}$ är horisontell förskjutning på grund av krökning av takstolens överram.

$A_{lutning}$ är horisontell förskjutning på grund av snedställning av takstol.

Det första ledet i *ekvation 5.5, sidan 78*, tar hänsyn till den dimensionerande normalkraften i överramen, *se figur 5.9, sidan 75*, som begränsas av totala utböjningen till $e_0 = l/500$. Det innebär att utböjningskravet i princip kan bortses ifrån för konstruktioner där vindlasten är dominerande eftersom takstolens nyttjandegrad är låg. Det andra ledet i *ekvation 5.5, sidan 78*, tar hänsyn till lastens excentricitet i relation till överramen på grund av uppställningstoleranser eller förlängning av dragband. Är lasten uppåtriktad sätts den till 0. Tredje ledet i *ekvationen* är den vindlast som ska tas upp av taket. Vanligtvis beror kraftens storlek på gavelkonstruktionens och innertakets utförande, *se figur 5.15*, men även kraft från vind på grund av friktion mot takytan bör ingå.

Eftersom detta är en beräkning i brottgräns bör dimensionerande lastfall i brottgräns användas samt styvhetsvärden sätts till E_0/γ_M .

5.5 Överslagsberäkning

Dimensionerande normalkraft har en avgörande betydelse för att bestämma dimensionerande last som exempelvis verkar på parallellfackverk vid stabilitetsberäkningar. Dimensionerande normalkrafter i överram fås vid fullständig dimensionering av takstol. Om sådan dimensionering inte föreligger finns det möjlighet att använda sig av enklare överslagsberäkningar.

En överslagsberäkning kan i lämpliga fall göras enligt nedan. Beräkning av medelvärdet av den dimensionerande tryckkraften i överramen, N_d , kan göras genom att betrakta takstolarnas överramar som statiskt bestämda system med laster placerade i dess knutpunkter. För takstolar upplagda på ytterväggens hammarband fås följande tryckkrafter:

För överram:

$$N_d = \frac{0,7 \cdot R_d}{\sin \alpha}$$

För hanbjälke:

$$N_d = \frac{0,25 \cdot R_d \cdot b}{h}$$

där:

- R_d är dimensionerande upplagsreaktion.
- α är takets lutning.
- b är takstolarnas centrumavstånd.
- h är hanbjälkens höjd.

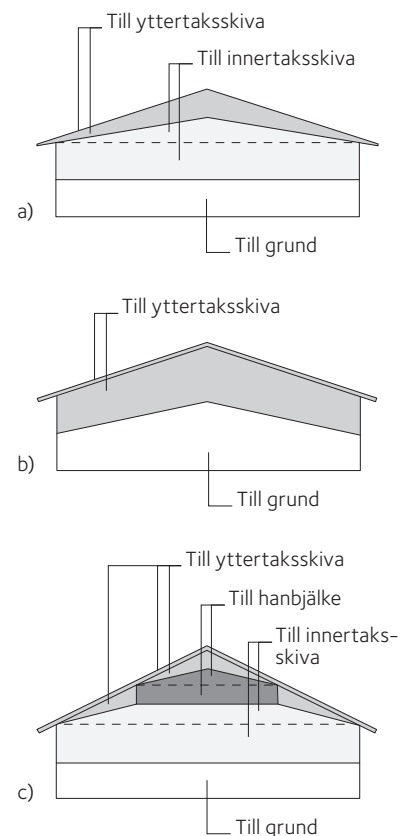
Vertikal linjelast verkande på takstolens överram, $q_{z,d}$ kan bestämmas som:

$$q_{z,d} = \frac{R_d}{l}$$

där:

- l är överramens längd i meter.
- R_d är dimensionerande upplagsreaktion.

Totala lasten q_d som verkar på parallellfackverket beräknas för de olika lastfallen. Vilka av lastfallen som vanligtvis är dimensionerande framgår i *avsnitt 5.5.1*.



Figur 5.15 Princip för fördelning av vindlast mot gavel till yttertaksplan, innertaksplan och grund för olika tak. Stolpar i gavel antas gå från grund till yttertak. Laster på grund av vind längs takytan tas enbart av yttertaksplan.

- 5.7 a) Gavel stöds horisontellt av yttertaksplan, innertaksplan och grund.
- 5.8 b) Gavel stöds horisontellt av yttertaksplan och grund.
- c) Gavel stöds horisontellt av yttertaksplan på hanbjälkesnivå och bjälklag samt grund.

5.9



Pågående bygge med fackverkstakstol.

5.5.1 Laster

Takkonstruktionen ska vanligtvis kontrolleras för fyra olika lastfall, A – D. Parallellfackverkets krav på styvhet bestäms vanligtvis av lastfallen A och B. Lastkombination C är relevant för mycket tunga tak. Lastkombination D kan i de flesta fall bortses från med avseende på utböjning men är ofta avgörande med avseende på dragbandets dimensioner, infästningar av dragband och tillhörande stagning. Ytterligare lastfall kan förekomma och bör bedömas utifrån varje enskilt fall.

Lastfall A: Snö betraktas som huvudlast. Övriga laster är nyttig last och egenlast.

$$5.10 \quad R_d = R_g + R_{snö,d} + R_{NL,d}$$

där:

R_g är upplagsreaktion av egenlast.

$R_{snö,d}$ är upplagsreaktion av snölast.

$R_{NL,d}$ är upplagsreaktion av nyttig last.

Lastfall B: Snö betraktas som huvudlast. Övriga laster är nyttig last, egenlast och vindlast.

$$5.11 \quad R_d = R_g + R_{snö,d} + R_{vind,red,d} + R_{NL,d}$$

där:

$R_{vind,red,d}$ är upplagsreaktion av reducerad vindlast.

I beräkningar används dominerande vindlast, $q_{v,d}$, för den yta som ska uppta vindlasten. Lastfallet ska kontrolleras för vind mot gavel respektive långsidor.

Lastfall C: Egenlast betraktas som huvudlast.

$$5.12 \quad R_d = R_g$$

Lastfall D: Vindlast betraktas som huvudlast. Övriga laster är nyttig last, egenlast och snölast. Används i de fall när ingen hänsyn behöver tas till utböjningen $e_0 = l/500$:

$$5.13 \quad R_d = R_{g,red} + R_{vind,d} + R_{snö,d} + R_{NL,d}$$

där:

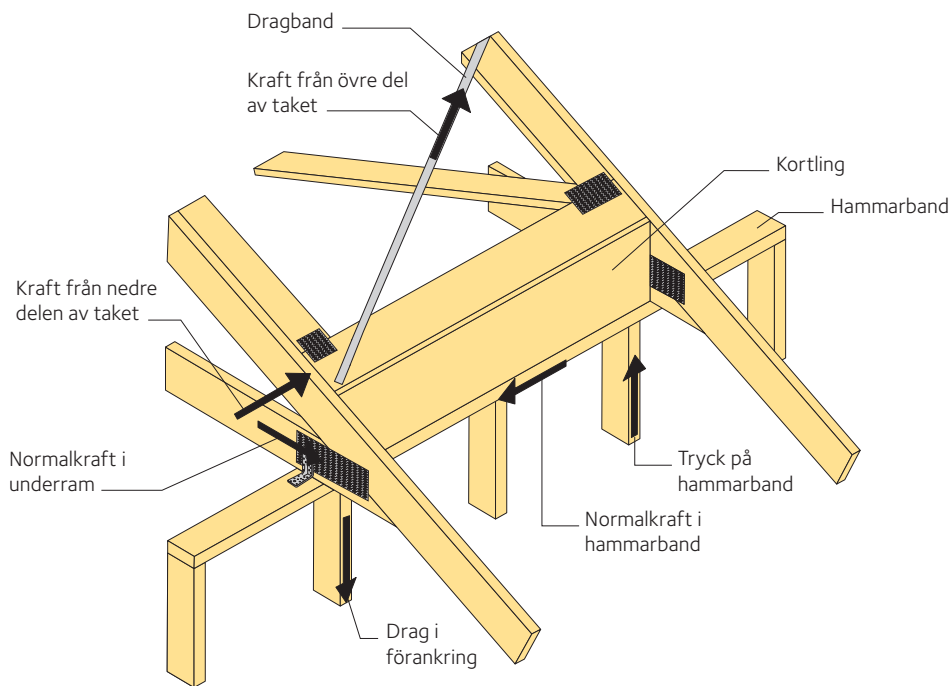
$R_{g,red}$ är upplagsreaktion av reducerad egenlast.

$R_{vind,d}$ är upplagsreaktion av vindlast.

Lastfallet ska kontrolleras för vind mot gavel respektive långsidor.

Beräkning av krafter i dragband

Dragbandets funktion är att stabilisera takkonstruktionen. Vid vindsug verkande på gavlar tas lasten upp direkt av närmast liggande dragband. Vid vindtryck verkande på gavlar förs lasten vidare till verksamt dragband via takläkt eller kortlingar. Lasterna förs sedan ner till takfot, se figur 5.16, sidan 81. Det innebär att dragbanden men även nockbalk ska kunna ta upp laster från vind och laster på grund av lutande takstolar. Nockbalken ska också kunna överföra de inre krafterna från takstolar eller parallellfackverk.



Figur 5.16 Infästning vid takfot

Nedre infästningen av parallellfackverket görs till hammarband och bärande vägg. Vid vindtryck mot gavel kommer all last att föras vidare via kortlingar och vanligtvis kan lasten fördelas över samtliga parallellfackverk. Detsamma gäller för vindsug under förutsättningen att avväxlingsbalk eller läkt kan överföra lasterna till samtliga parallellfackverk. De olika krafter som uppkommer vid infästningen av ett parallellfackverk visas i figur 5.16.

Dragbandets nedre del förankras i en tvärgående regel och lasten förs ner till underliggande vägg. Infästningen till vägg måste dimensioneras för dragbandets vertikala komponent och det moment som uppkommer eftersom kraftcentrum är placerat på annan nivå.

Laster på grund av förlängning av dragband

Vid infästning cirka 1,5 meter nedanförnock gäller att ett dragband av stål som är fullt utnyttjat kommer att få en förlängning av 0,5 mm/m. Förskjutningen av parallellfackverkets utkragande del i nock blir vanligtvis större än dragbandets bidrag på grund av geometrin och vanligt förekommande är 10 – 20 mm. Maximal förskjutning uppkommer när vindlasten är som störst och är dimensionerande men det betyder också att övriga laster i lastfallet är reducerade. Det innebär att lasttillägget för nockförskjutningen blir liten. Vid en förlängning över 5 mm börjar nockförskjutningen ha en viss inverkan men i jämförelse med uppställningstoleranser är den liten, så i praktiken kan dragbandsförlängningen bortses ifrån.

5.6 Kontroll av styvheten hos takstolens överram

Styvhet

Överramens utböjning i veka riktningen ska begränsas till cirka $L_{\text{överram}}/500$ och total utböjning inklusive parallellfackverk bör begränsas till cirka 20 mm. Det innebär att deformationer i infästningar bör beaktas och kontrolleras.

Takstolarnas överram stabiliseras av läkt som är infäst i takstolen och parallellfackverk eller yttervägg. Det innebär att det finns tre delar som påverkar överramens förskjutning, infästning mellan läkt och takstol, infästning mellan läkt och parallellfackverk/yttervägg och läktens längdförändring.

Kontroll av att förskjutningen inte blir för stor görs genom att införa fjäderstyvheten, C :

$$5.14 \quad C = \frac{F_b}{v}$$

där:

- C är fjäderstyvheten.
- F_b är stagningskraften.
- v är förskjutningen.

För exempelvis takläkt enligt ovan kan totala fjäderstyvheten betraktas som tre seriekopplade fjädrar enligt:

$$5.15 \quad C = \frac{1}{\left[\left(\frac{1}{C_1} \right) + \left(\frac{1}{C_2} \right) + \left(\frac{1}{C_3} \right) \right]}$$

där:

- C_1 är styvheten hos förbandet mellan överram och bärläkt.
- C_2 är styvheten hos förbandet mellan bärläkt och parallellfackverket/vägg.
- C_3 är styvheten med beaktande av bärläktens längd.

$$5.16 \quad C_1 = \frac{2}{3} \cdot K_{\text{ser}} \cdot n_{\text{nail}}$$

där:

- K_{ser} är spikens styvhet.
- n_{nail} är antalet spik i respektive förband.

$$5.17 \quad C_2 = \frac{2}{3} \cdot K_{\text{ser}} \cdot \frac{n_{\text{2nail}}}{n_{\text{side}}}$$

där:

- n_{2nail} är antalet spik i det aktuella förbandet.
- n_{side} är antalet takstolar som stagas i aktuell riktning.
Exempelvis 8 takstolar mellan parallellfackverk ger $n_{\text{side}} = 4$.

$$5.18 \quad C_3 = \frac{E_{\text{mean}} \cdot A_{\text{läkt}}}{\gamma_M \cdot l_{\text{bat,ef}}}$$

$$l_{\text{bat,ef}} = \frac{1}{2} \cdot n_{\text{side}} \cdot (n_{\text{side}} + 1) \cdot s$$

där:

- $A_{\text{läkt}}$ är läktens tvärsnittsarea.
- $l_{\text{bat,ef}}$ är läktens effektiva längd.
- γ_M är partialkoefficient för en materialegenskap. Sätts till 1,3.
- E_{mean} är elasticitetsmodulens medelvärde i MPa.
- s är centrumavstånd mellan takstolar.

I de flesta fall betraktas parallellfackverket som oeftergivligt. Likartad kontroll bör dock göras även med avseende på dragstaget och parallellfackverkets förskjutning.

Dimensionerande krafter vid varje sidostöd, F_d , fås enligt *ekvation 5.2, sidan 77*, och *ekvation 5.3, sidan 77*.

F_d gäller under förutsättningen att fjäderstyvheten i varje stöd uppgår till ett värde som beräknas enligt *ekvation 5.1, sidan 77*. För att uppfylla detta ska bevisas att styvheten $K_d \geq C$ vid maximala avståndet mellan infästningarna, a , används i beräkningarna oavsett om det i verkligheten används kortare avstånd. Styvheten beror även av förskjutningar i förband mellan läkt och takstolar respektive infästningar av parallellfackverk.

Spikförbandens styvhet

Styvheten av ett spikförband mellan två brädor utan förborrning i bruksgräns kan bestämmas enligt:

$$K_{\text{ser}} = \rho_m^{1,5} \cdot \frac{d^{0,8}}{30} \quad 5.19$$

där:

- ρ_m är medeldensiteten i kg/m^3 .
- d är spikens diameter i mm.

För stål mot trä kan K_{ser} fördubblas.

Det teoretiska värdet för styvheten, K_d , kan bestämmas enligt SS-EN 1995-1-1 enligt:

$$K_d = \frac{\frac{2}{3} \cdot K_{\text{ser}}}{\gamma_M \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}})} \quad 5.20$$

där:

- k_{def} är en faktor för krypdeformationen som tar hänsyn till aktuell klimatklass. För ett förband bestående av träbaserade delar med samma tidsberoende bör enligt SS-EN 1995-1-1 värdet på k_{def} fördubblas. För ett förband bestående av två träbaserade delar med olika tidsberoende bör den slutliga deformationen beräknas med användande av:

$$k_{\text{def}} = 2\sqrt{k_{\text{def},1} \cdot k_{\text{def},2}} \quad 5.21$$

där:

- $k_{\text{def},1}$ och $k_{\text{def},2}$ är deformationsfaktorn för respektive del i förbandet.
- K_{ser} är förskjutningsmodulen.
- ψ_2 är faktorn för det kvasipermanenta värdet på den last som ger störst spänning i förhållande till hållfasthet. Sätts till 0 för snö- och vindlast och om denna last är permanent bör ψ_2 ersättas med värdet 1.

Stabilisering av fackverkstakstolar

6.1	Principer för stabilisering av fackverkstakstolar	84
6.1.1	Stabilisering med underlagstak, skivverkan	84
6.1.2	Stabiliserande system med parallellfackverk och dragband	85
6.1.3	Stabilisering med snedsträvor i trä	86
6.2	Stabilisering med dragband	86
6.2.1	Placering av dragband och parallellfackverk	88
6.3	Förankring av takstolar	88
6.4	Knäckavstyvning av diagonaler	91
6.5	Projektering och detaljer	93
6.5.1	Exempel på stabiliseringsmetoder	93
6.5.2	Principer och tabeller	94
6.5.3	Detaljer	97
6.6	Valmat tak	98
6.6.1	Principer för stabilisering av valmat tak	99
6.6.2	Utförande	99
6.6.3	Projektering och detaljer	100

6.1 Principer för stabilisering av fackverkstakstolar

Takstolar ska stabiliseras för i huvudsak följande situationer:

- Vindlast på den färdiga byggnaden. Stabiliserande takkonstruktion är en del av byggnaden som ska ta upp och överföra vindlast (tryck och sug) verkande på byggnadens gavlar och långsidor samt säkerställa att lasten förs ner till underliggande konstruktion.
- Egenlaster och snölasten som verkar på konstruktionen. Stabiliseringarna ska säkerställa att tryckkrafter som verkar på takstolen inte medför knäckning i veka riktningen av överram. Risken för vippning ska också tas upp av stabiliseringen.
- Vindlast under montageperioden.

För att säkerställa att den pålagda lasten kan föras ner till underliggande konstruktion finns det ett antal olika metoder. Val av metod styrs av lastens och byggnadens storlek tillsammans med takkonstruktionens uppbyggnad. För mindre byggnader såsom småhus har inga direkta stabiliserande stag eller strävor använts under många år utan all stabilisering har istället tagits upp och fördelats via underlagstaket. För större byggnader kan det behövas ytterligare stabiliserande byggedelar. Det finns flera olika metoder för att stabilisera en takkonstruktion bestående av takstolar. Vanligt förekommande metoder är stabilisering med underlagstak via skivverkan, stabilisering med parallellfackverk samt vindkryss och stabilisering med snedsträvor av trä.

6.1.1 Stabilisering med underlagstak, skivverkan

Vid användande av underlagsspont kan det vara svårt att teoretiskt visa att stabiliteten är tillräcklig, men erfarenhetsmässigt har det visat sig fungera. Tillsammans med kompletterande strävor eller vindkryss har det visat sig vara tillräckligt även för medelstora byggnader. Det innebär att strävan ska förankras i takstolarna och läkt, plywoodskivor eller underlagsspont ska föra vindlasten och snölasten till dessa förankringspunkter.

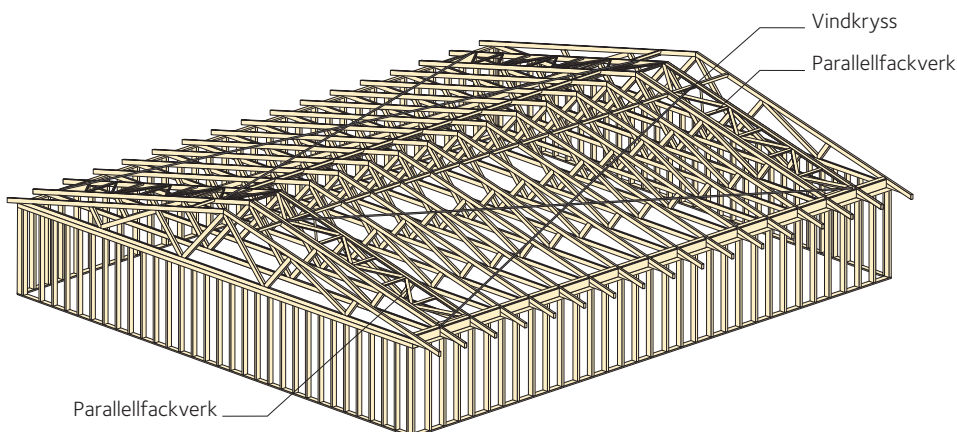
Skivverkan innebär att ett konstruktionsskikt tar upp krafter i sitt eget plan. Underlagsspont, luckor av underlagsspont eller takplywood, K20/70, som underlagstak ger skivverkan. För att uppnå skivverkan erfordras att luckan eller skivan är tillräckligt tjock så den inte bucklas samt att den spikas tillräckligt. Underlagsspont ger inte lika god skivverkan men är i regel tillräcklig för småhus. För dimensionering med skivor, se *kapitel 8, Stabilisering med skivor, sidan 107*.

Vid användande av underlagsduk, oljehärdad board eller likvärdiga produkter ska takkonstruktionen alltid kompletteras med ett separat stabiliserande system.

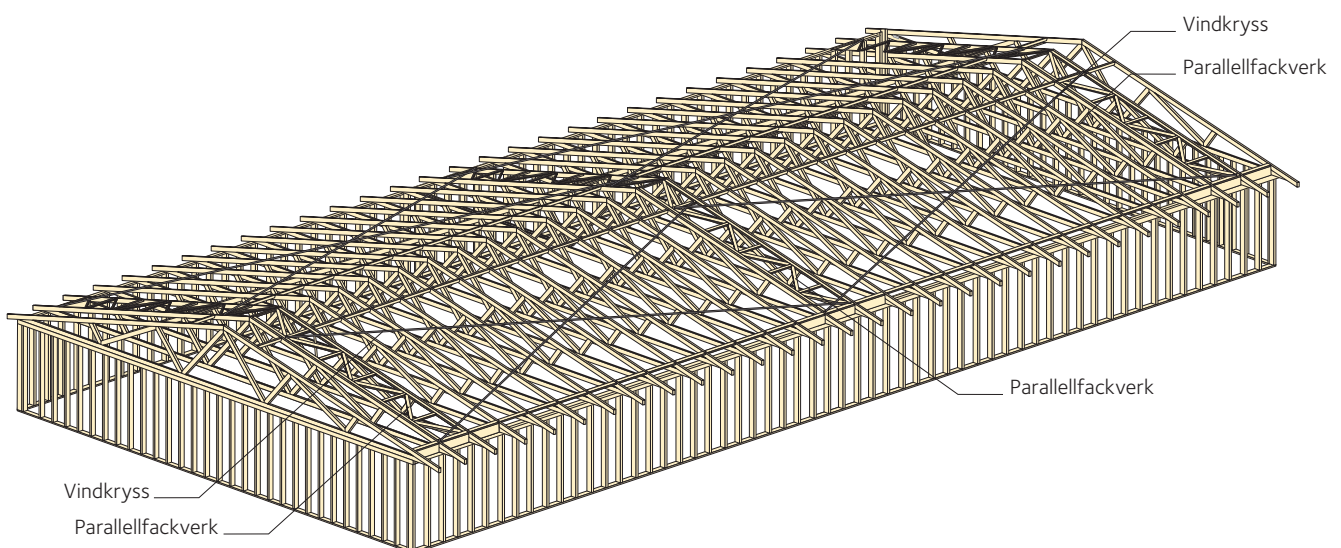
6.1.2 Stabiliserande system med parallellfackverk och dragband

Det stabiliserande systemet består primärt av strävning i takplanet, så kallade vindkryss, parallellfackverk samt längsgående reglar eller kortlingar mellan takstolarna. Takfot, bärläkt och infästning till vägg och grund ingår i det stabiliserande systemet för byggnaden. Lasten från snö och vind tas i ett första skede upp av takbeklädnad och förs vidare ner till bärläkt och därefter ner till takstolens överram.

Ett eller flera parallellfackverk placeras i takplanet beroende på laster och byggnadens storlek, se *figur 6.1* och *figur 6.2*. Parallellfackverk placerade i takplanet används för att skapa en styv skiva. Bärläkt och kortlingar tillsammans med parallellfackverken stabiliserar samtliga takstolar och gör så att överramarna förblir raka även om överramarna utsätts för stora tryckkrafter på grund av vind- och snölast.



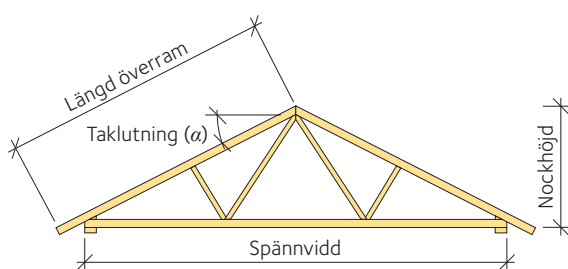
Figur 6.1 Stabiliserande system för medelstor byggnad med två parallellfackverk och ett vindkryss per sida



Figur 6.2 Stabiliserande system för medelstor byggnad med tre parallellfackverk och två vindkryss per sida

Tabell 6.1 Lämpliga stabiliseringsmetoder för olika byggnaders storlek

Byggnadens storlek	Stabilisering	Ungefärlig största byggnadslängd (m)	Ungefärlig största spännvidd (m)
Mindre byggnad	Stabilisering med skivor med eller utan kompletterande vindkryss eller strävor.	15	12
Medelstor byggnad	Två eller tre parallellfackverk och vindkryss.	40	18
Stor byggnad	Fyra eller fler parallellfackverk och vindkryss.	> 40	> 18

**Figur 6.3** Beteckningar på en takstol

Vindkryss ska klara vindlast i alla riktningar samt krafter som kommer från knäckavstyningar av tryckbelastade överrammar. Kortlingar mellan takstolarnas överrammar placeras med fördel en bit ner frånnock av dimensionella och praktiska skäl. Infästningar och placering av kortlingar bör tydligt framgå på ritningar.

Vilken av de stabiliserande metoderna som bör användas bestäms av byggnadens storlek, se tabell 6.1 där det framgår ungefärliga yttermått för de olika metoderna.

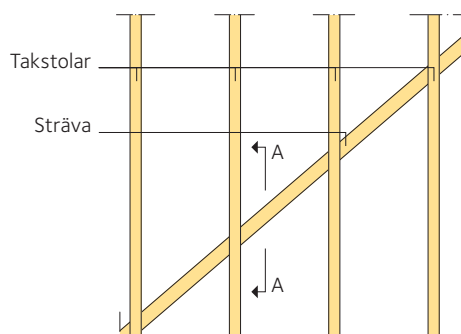
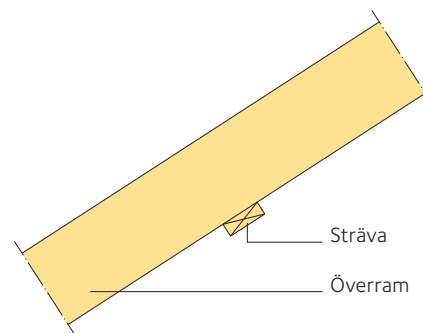
6.1.3 Stabilisering med snedsträvor i trä

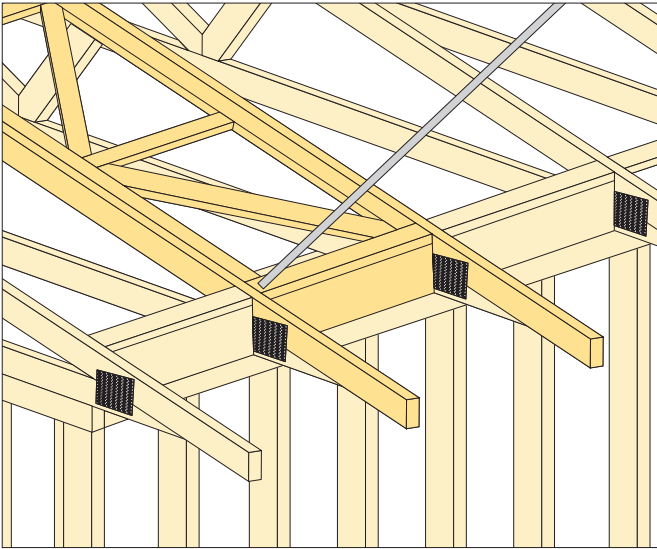
Det är möjligt att använda sig av snedsträvor av trä i stället för dragband av stål för att stabilisera takkonstruktionen. Snedsträvorna kan ta både drag- och tryckkrafter och därmed finns det inte lika stort behov av krysssträvning. Snedsträvor av trä kan vanligtvis inte placeras på överrammens ovansida på grund av kollision med takläkt. Därför spikas eller skruvas vanligtvis snedsträvor av trä direkt mot överrammens undersida. Placeringen av fackverkstakstolarnas diagonaler kan dock ibland försvåra användningen av trästrävor.

6.2 Stabilisering med dragband

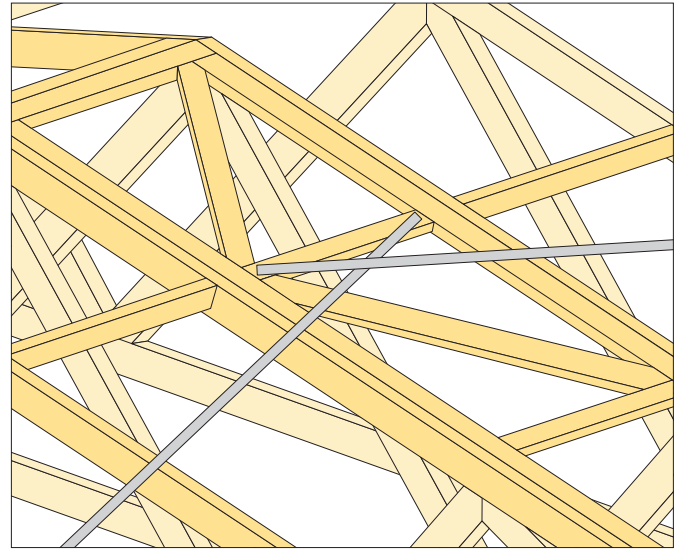
I *Takstolshandbok* förutsätts att dragband, kortlingar och parallellfackverk placeras i överrammens överkant. Alternativt kan dragband, kortlingar och parallellfackverk placeras i överrammens underkant. Fördelarna med att placera avstyvningarna i överrammens överkant är att arbetet kan göras uppifrån.

Stabilisering med hjälp av dragband och parallellfackverk består vanligtvis av ett eller flera vindkryss per taksida, se figur 6.1, sidan 85, och figur 6.2, sidan 85.

**Figur 6.4** Snedsträva av trä sett från takets ovansida**Figur 6.5** Tvärsnitt A-A

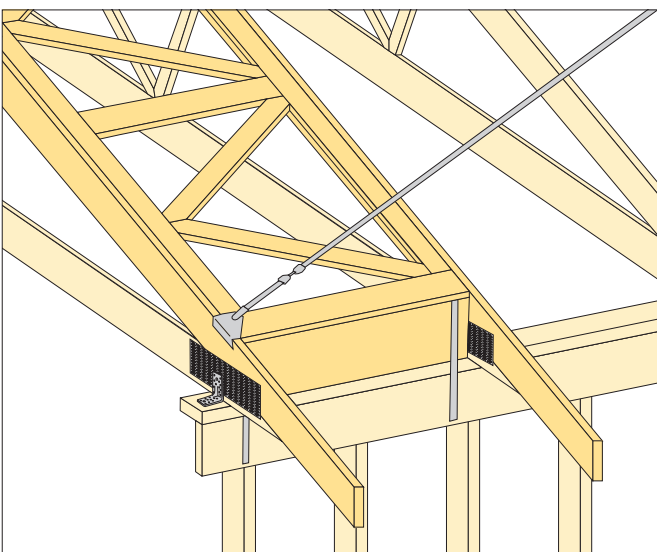


Figur 6.6 Infästningen av dragband ska göras så att lasten förs till respektive takstol via knap, kortlingar och infästning till hammarband

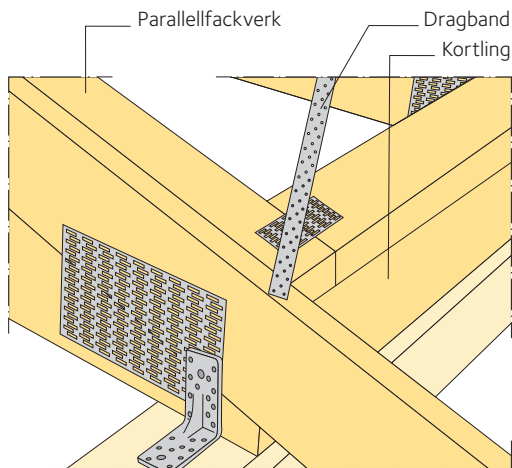


Figur 6.7 Montage av dragband till parallellfackverk

Dragbanden ska fästas på sådant sätt att de kan överföra laster både parallellt och vinkelrätt takstolarna. Infästningen av dragbanden placeras med fördel intill en takstol, *se figur 6.6*. Infästningen görs till en kortling som läggs in mellan takstolarna eller direkt i parallellfackverkets sidram eller vertikaler. För att kunna ta upp och överföra horisontella krafter längs med hammarbandet monteras kortlingar mellan takstolarna. Infästning av den övre änden av dragbandet kan göras exempelvis med kortlingar enligt samma princip eller direkt i parallellfackverkets vertikaler, *se figur 6.7*. Det finns även beslags-system anpassade för infästning till takstolens överram. Infästningen sker vanligen mot överramens överkant, *se figur 6.8*.



Figur 6.8 Infästningen av dragband med dragbandssystem och kortlingar



Figur 6.9 Princip för infästning av dragband på överramens ovansida

6.2.1 Placering av dragband och parallellfackverk

För större eller medelstora byggnader bör fackverken placeras nära byggnadens gavlar. Parallellfackverket placeras med fördel mellan takstol 2 och 3 eftersom centrumavståndet mellan takstol 1 och takstol 2 ofta understiger 1 200 mm. Avstyvningsregel, läkt eller kortlingar ska föras ända ut till gavelspetsen. Parallellfackverken placeras mellan takstolarnas överramar och dragbanden på takstolarnas överramar.

För större byggnader med två vindkryss i varje takhalva är det lämpligast att de placeras vid var sin gavel, se figur 6.2, sidan 85. För byggnad med ett vindkryss per takhalva kan det placeras fritt efter byggnadens längd. För mindre byggnader kan det vara en fördel att fästa in dragbandet direkt i hörnets väggreglar då den vertikala lasten från vindsug ändå ska föras ner i hörnets väggreglar. Dragbandet kan fästas in direkt i parallellfackverket eller med hjälp av kortlingar mellan takstolarna, se figur 6.9.

6.3 Förankring av takstolar

Takstolarna ska förankras i underliggande konstruktion för att kunna ta upp:

- Vertikala krafter från dragband eller snedsträva.
- Horisontella krafter från dragband eller snedsträva.
- Vertikala krafter från vindlast.

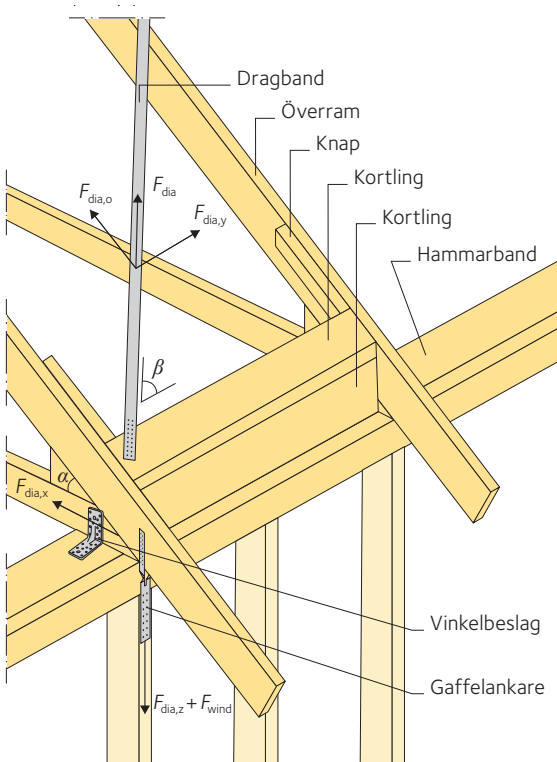
Förankringen kan ske med dragband, vinkelbeslag, universalskruv eller med gaffelankare. Kraften förs därefter ner till grunden via väggarna. De största förankringskrafterna kommer vanligtvis att uppstå vid första takstolsinfästningen, där vertikala kraften från dragbandet och vindens sugkraft samverkar. Förankring till grund och hammarband tas inte upp i *Takstolshandbok*.

Stabiliserande dragband eller snedsträva

När takkonstruktionens stabilitet utgörs av vindkryss ska dragbandet förankras till underliggande konstruktion och den vertikala kraften är vanligtvis dimensionerande. Förankringsbehovet bestäms av:

- Dragbandets eller snedsträvans dimensionerande laster.
- Dragbandets eller snedsträvans lutning i takets plan.
- Byggnadens taklutning.

Vid dimensionering av dragband beräknas och kontrolleras erforderlig kapacitet. Förankringsbehovet vertikalt och horisontellt kan fastställas genom omvandling av dragbandets dimensionerande krafter, se figur 6.10.



Figur 6.10 Definitioner

Tabell 6.2 Dimensionerande krafter i olika riktningar baserade på dragbandens dimensionerande kapacitet

Taklutning, α			Dragband 2,0 × 40 mm $F_{\text{dia}} = 15 \text{ kN}$			Dragband 2,0 × 60 mm $F_{\text{dia}} = 22,5 \text{ kN}$		
			Dragbandets lutning, β			Dragbandets lutning, β		
			30°	35°	40°	30°	35°	40°
14°	$F_{\text{dia},0}$	(kN)	7,5	8,6	9,6	11,3	12,9	14,4
	$F_{\text{dia},y}$	(kN)	13,0	12,3	11,5	19,5	18,5	17,3
	$F_{\text{dia},z}$	(kN)	1,8	2,1	2,3	2,7	3,2	3,5
18°	$F_{\text{dia},0}$	(kN)	7,5	8,6	9,6	11,3	12,9	14,4
	$F_{\text{dia},y}$	(kN)	13,0	12,3	11,5	19,5	18,5	17,3
	$F_{\text{dia},z}$	(kN)	2,3	2,7	3,0	3,5	4,1	4,5
27°	$F_{\text{dia},0}$	(kN)	7,5	8,6	9,6	11,3	12,9	14,4
	$F_{\text{dia},y}$	(kN)	13,0	12,3	11,5	19,5	18,5	17,3
	$F_{\text{dia},z}$	(kN)	3,4	3,9	4,4	5,1	5,9	6,6
30°	$F_{\text{dia},0}$	(kN)	7,5	8,6	9,6	11,3	12,9	14,4
	$F_{\text{dia},y}$	(kN)	13,0	12,3	11,5	19,5	18,5	17,3
	$F_{\text{dia},z}$	(kN)	3,7	4,3	4,8	5,6	6,5	7,2

Krafter i olika riktningar fås enligt:

$$F_{\text{dia},0} = F_{\text{dia}} \cdot \sin \beta$$

$$F_{\text{dia},y} = F_{\text{dia}} \cdot \cos \beta$$

$$F_{\text{dia},z} = F_{\text{dia}} \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha$$

$$F_{\text{dia},x} = F_{\text{dia}} \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha$$

där:

α är takets lutning i förhållande till horisontalplanet.

β är dragbandets lutning i takplanet.

F_{dia} är aktuell kraft i dragbandet.

$F_{\text{dia},0}$ är kraften verkande i takfallets riktning.

$F_{\text{dia},y}$ är kraften verkande parallellt med hammarbandet.

$F_{\text{dia},z}$ är kraften verkande i väggens vertikala riktning.

$F_{\text{dia},x}$ är kraften verkande i underramens riktning.

I tabell 6.2 framgår förankringsbehovet för ett antal olika taklutningar och lutningar av dragband vid fullt utnyttjande av dragbandets kapacitet.

Vindsug

Förankringsbehovet för taket på en byggnad fås vid dimensionering av takstolen. De största och minsta upplagsreaktionerna för varje enskild takstol samt erforderliga upplagsbredder fås från beräkningarna. Nedan presenterade förankringsbehov, F_{wind} , för tak på en byggnad, ger en översikt av vilka förankringskrafter som kan vara aktuella för olika takkonstruktioner. Tabellerna 6.3 och 6.4, sidan 90, bör enbart användas vid förprojektering.



Infästning till hammarband med vinkelbeslag med uppresad förstärkning.

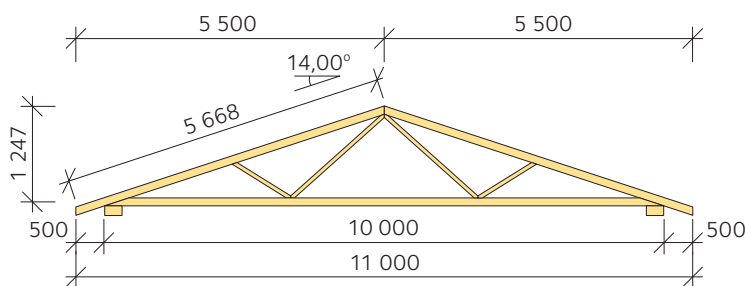
Tabell 6.3 Exempel på förankringsbehov, sug, för de tre yttersta takstolarna per stöd för en byggnad med takbredd av 10 meter, lätt tak ($0,25 \text{ kN/m}^2$) med utvändiga panelbrädor på gavel ($0,25 \text{ kN/m}^2$). Förankring 1 är placerad vid takstol 1, gaveltakstol. Följande takstolar med centrumavstånd, $c = 1\,200 \text{ mm}$, vindlast 26 m/s , h anger byggnadshöjd. Takutsprång $0,4$ meter. Exemplet avser vind mot gavel och takskivan har betraktats som lastfördelande.

Upplagsreaktion F_{wind} kN/stöd												
Terrängtyp	II, $h \leq 8 \text{ m}$			III, $h \leq 8 \text{ m}$			II, $h \leq 16 \text{ m}$			II, $h \leq 24 \text{ m}$		
Taklutning	Takstol			Takstol			Takstol			Takstol		
	1	2	≥ 3	1	2	≥ 3	1	2	≥ 3	1	2	≥ 3
14°	-7,2	0,1	-0,2	-4,7	0	1	-9	0,6	-1	-10,1	1,2	-1,6
18°	-6,3	0	-0,1	-4	0	1,1	-8	0,6	-1	-9,1	1,1	-1,6
27°	-5,6	0	-0,1	-3,5	0,1	1,1	-7,1	0,6	-1,1	-8,1	1,1	-1,7
45°	2,5	6,3	5,6	2,5	6,3	5,6	2,5	6,3	5,6	2,5	6,3	5,6

Negativt tal innebär lyft i förankringsbeslaget.

Tabell 6.4 Justering av värden för tungt tak, $0,65 \text{ kN/m}^2$

Justering vid tungt tak ($0,65 \text{ kN/m}^2$), kN			
Taklutning	Takstol		
	1	2	≥ 3
14°	3	5,9	6,5
18°	2,9	6	6,6
27°	3,2	6,5	7,1
45°	3,9	8,1	9



Figur 6.11 Mått takstol som använts till underlag för tabeller

Tabellerna 6.3 och 6.4 omfattar tak med spännvidd 10 meter enligt figur 6.11. Resultaten presenteras i tabell 6.3 och för tungt tak kan resultaten justeras med värden enligt tabell 6.4. Behovet kan anses vara proportionellt mot byggnadens takbredd. Behovet är beräknat för aktuellt vindsug minskat med takets egenvikt. Kraften i förankring av takstol med beteckning ett är beräknat för en förankring placerad direkt innanför gavelväggen i första takstolen. Gavelspetsens utförande och infästning till första takstolen kan bidra till att minska den vertikala lasten i infästningen.

Kapacitet dragband och infästningar

Dragbanden och ankarspikarnas respektive ankarskruvarnas kapacitet bestäms av stålets kvalitet och typ av spik eller skruv, se även kapitel 3, *Takstolar*, sidan 34. När kraften i dragbandet är känd är det möjligt att välja dragbandstyp och beräkna hur många ankarspik eller ankarskruv som behövs.

Observera att hänsyn måste tas till inbördes avstånd mellan ankarspik och ankarskruv samt kantavstånd. Varje större tillverkare av dragband redovisar sina produkters kapaciteter. Beroende på stålvalité, hålmönster och spik- eller skruvtyp kan värden skilja sig åt. På ritningar och övrigt underlag bör det klart framgå vilket underlag som har använts vid dimensionering av dragband. Exempel på dimensionerande bärförmåga för dragband med vanligt förekommande dimensioner framgår i tabell 3.3, sidan 36.

För dimensionering av spräckbrott, andra plättjocklekar, kontroll av förankringslängder och minsta virkesbredder hänvisas till gällande normer och handböcker från tillverkare av infästningsprodukter.

Horisontell reaktionskraft i underram

Krafterna som kommer ner via dragbanden ger också en extra kraft i takstolens underram. Genom att placera dragbanden symmetriskt kring nocklinjen kan de extra krafterna i underramen ta ut varandra. Tillkommande kraft i underram, $F_{\text{dia},x}$ kan beräknas enligt:

$$F_{\text{dia},x} = F_{\text{dia}} \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha$$

där:

α är takets lutning i förhållande till horisontalplanet.

β är dragbandets lutning i takplanet.

F_{dia} är aktuell kraft i dragbandet.

$F_{\text{dia},x}$ är kraften verkande i underramens riktning.

Använd en avstyvande innertaksskiva för att fördela lasten till intilliggande takstolar om så erfordras.

6.4 Knäckavstyvning av diagonaler

Eftersom takstolens diagonaler ofta har en slank utformning kan det vara nödvändigt att knäckavstyva dessa med snedsträvor av trä.

Tryckta diagonaler kan behöva avstyvas i en eller flera punkter så att de inte knäcker ut i veka riktningen. Byggnadskonstruktören ansvarar för takets totalstabilitet. Det innebär till exempel kontroll av takskivans medverkan i takkonstruktionens totalstabilitet inklusive avsträvningens infästningar.

På takstolsritningen ska det framgå vilken knäckavstyvning som ska användas. Det är mycket viktigt att arbetet utförs enligt föreskrifterna.

Kom ihåg:

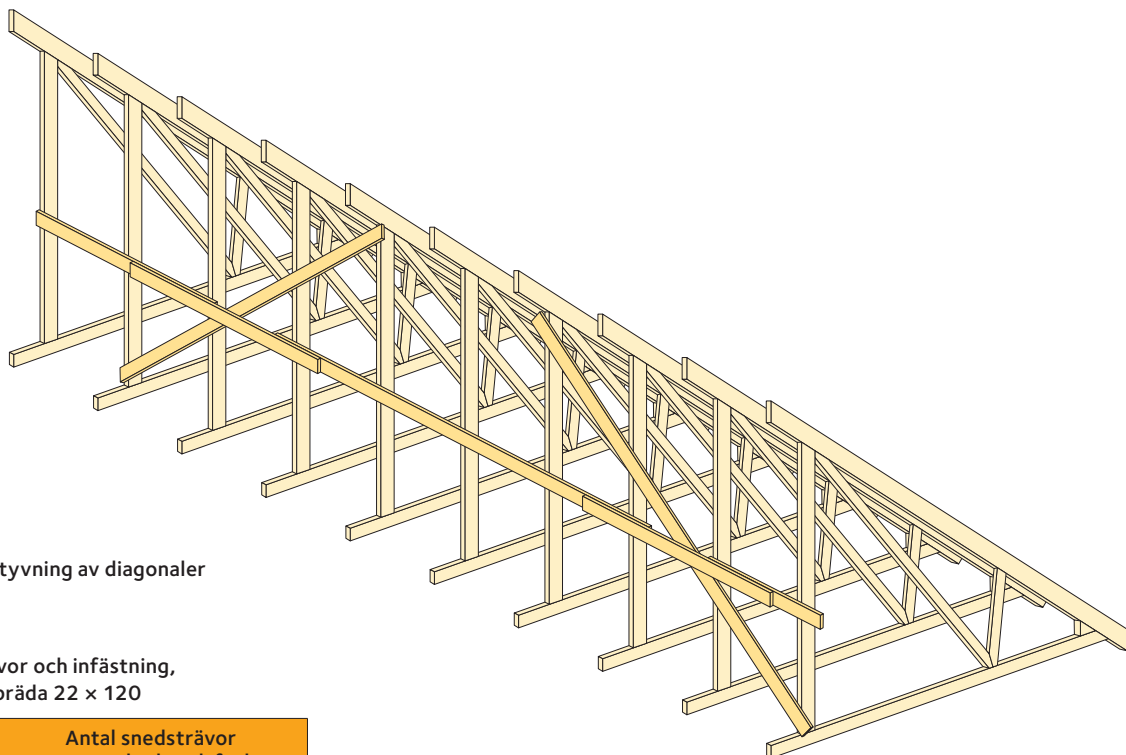
- Det är mycket viktigt att takstolarna monteras raka och vertikala.
- Underlåtenhet att montera anvisade knäckavstyvningar kan leda till totalhaveri.

Överram avstyvas i regel med hjälp av skivverkande underlagstak eller bärläkt. Horisontell överram på valmade takstolar kräver ibland extra avstyvning mellan anslutande sticktakstolar. Totalstabiliteten bör särskilt beaktas vid yttertak med bärläkt i kombination med underlagstak utan skivverkan. Diagonaler som kräver avstyvning markeras på takstolsritning med en symbol som anvisar avstyvningen.



Knäckavstyvning av diagonaler i fackverkstakstol.

6.4 Knäckavstyvning av diagonaler



Figur 6.12 Princip för avstyvning av diagonaler

Tabell 6.7 Antal snedsträvor och infästning, se figur 6.14, avstyvningsbräda 22 × 120

Sidostagningskraft, F_d (kN)	Antal snedsträvor per antal takstolsfack
Mindre än 0,13 kN	1 snedsträva per 9 takstolsfack
Mindre än 0,17 kN	1 snedsträva per 7 takstolsfack
Mindre än 0,25 kN	1 snedsträva per 5 takstolsfack
Mindre än 0,41 kN	1 snedsträva per 3 takstolsfack

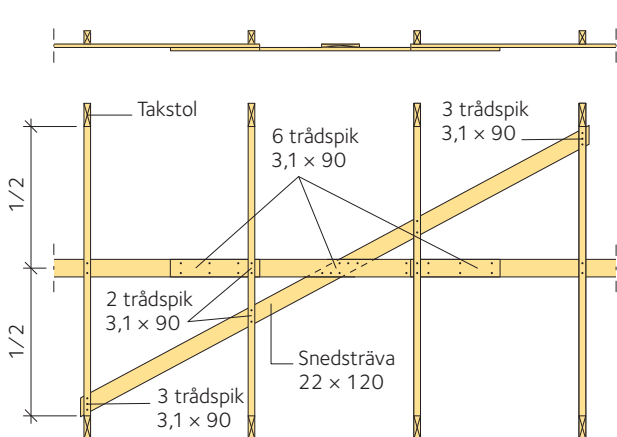
Tabell 6.8 Antal snedsträvor och infästning, se figur 6.15, avstyvningsregel 34 × 120 eller 45 × 120

Sidostagningskraft, F_d (kN)	Antal snedsträvor per antal takstolsfack
Mindre än 0,37 kN	1 snedsträva per 9 takstolsfack
Mindre än 0,45 kN	1 snedsträva per 7 takstolsfack
Mindre än 0,65 kN	1 snedsträva per 5 takstolsfack
Mindre än 1,10 kN	1 snedsträva per 3 takstolsfack

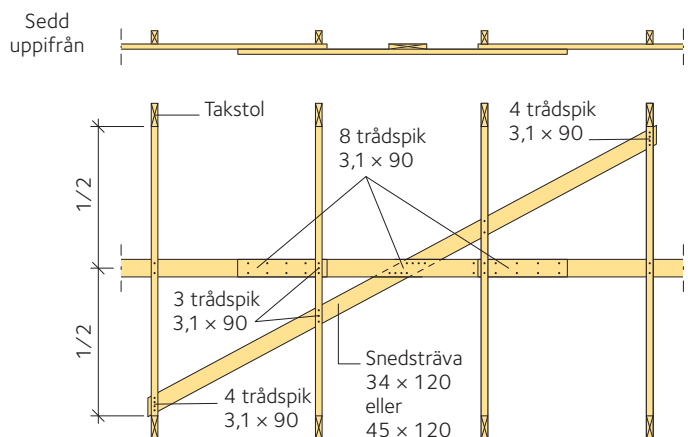
Snedsträva ska monteras enligt figurer och tabeller för respektive alternativ, dock minst två snedsträvor och lämpligtvis en sträva i varje ände lutande mot varandra.

Diagonalernas sidostagningskraft, F_d , fås vid dimensionering av takstol och markeras på ritning. Antalet snedsträvor bestäms av sidostagningskraftens storlek som dimensioneras för medellång lastvaraktighetsklass och kan väljas enligt tabell 6.7 och tabell 6.8.

Underramen upptar vanligen inga eller endast små tryckkrafter och avstyvas i regel med hjälp av glespanelen. Totalstabiliteten bör särskilt beaktas där inget innertak ska monteras.



Figur 6.13 Alternativ lösning med bräda 22 × 120 av kvalitet G4-2 eller bättre



Figur 6.14 Alternativ lösning med bräda 34 × 120 eller 45 × 120 av konstruktionsvirke i lägsta hållfasthetsklass C14

6.5 Projektering och detaljer

Detta avsnitt visar exempel för två olika byggnader. En mindre byggnad med enbart dragband och en medelstor byggnad med dragband och parallellfackverk.

De tabeller och figurer som visas i avsnittet ska betraktas som ungefärliga och med avsikten att verifiera egna beräkningar och ge underlag för egna projektspecifika lösningar.

Metoder vid projektering

De tabeller och underlag som presenterats i detta avsnitt kan användas enligt följande vid projektering:

- Bestäm vilket avstyvningsystem som ska användas enligt *tabell 6.1, sidan 86*.
- Bekräfta att aktuella förutsättningar stämmer överens med angivna förutsättningar.
- Bestäm placering av parallellfackverk och dragband alternativt enbart snedsträvor.
- Bestäm placering av förankringar och dimensioner på dragband.
- Bestäm vilka av detaljerna a) – d) som ska användas, *se figur 6.15, sidan 95 och figur 6.18, sidan 96*.
- Kontrollberäkning i princip enligt *beräkningsexempel 1, sidan 120*.

6.5.1 Exempel på stabiliseringsmetoder

De lösningar som förevisas i avsnittet behandlar takkonstruktioner för mindre och medelstora byggnader och där parallellfackverk och dragband är placerade vid överramens ovansida.

Stabiliseringsmetod, A1 och A2

Två olika stabiliseringsmetoder, A1 och A2, har använts med olika kapaciteter.

Stabiliseringsmetod A1, för mindre byggnader med måttlig vindlast med utförande i princip enligt *figur 6.15, sidan 95*, samt övriga delar i konstruktionen.

Stabiliseringsmetod A2, för medelstora byggnader och med dubbla vindkryss, *se figur 6.18, sidan 96*. För större byggnader kan det dock behövas ytterliga parallellfackverk och vindkryss.

Val av detaljer

När placeringen av parallellfackverk och dragsträvor bestämts ska beslut tas om vilka detaljer som ska användas. De detaljer som är inringade i *figur 6.15, sidan 95*, och *figur 6.18, sidan 96*, finns presenterade i *figur 6.16 och 6.17, sidan 95*, respektive *figur 6.19 och 6.20, sidan 96*.



Fackverkstakstolar



Pågående bygge av medelstor byggnad med parallellfackverk.

6.5.2 Principer och tabeller

Ovan angivna metoder har sammanställts i ett par tabeller.

Tabell 6.10, sidan 95, och tabell 6.11, sidan 96, visar största takbredd under vissa förutsättningar. Tabellerna ska betraktas som ungefärliga och bör åtföljas av en kontrollberäkning av aktuellt objekt.

Förutsättningar för tabell 6.10 och tabell 6.11:

Laster:

- Säkerhetsklass 2.
- Egenlast på underram $0,3 \text{ kN/m}^2$.
- Nyttig last på underramar för takstolar med taklutning större än 23° $0,5 \text{ kN/m}^2$.
- Egenlast för yttertak $0,3 \text{ kN/m}^2$.
- Snölast enligt tabell från Boverkets konstruktionsregler, EKS, med formfaktor $0,8 - 1,1$. Snölasten har betraktats som osymmetrisk. Det är vanligt förekommande att oliksidig snölast är dimensionerande. I dessa fall hämtas värden för normalkrafter i överram från takstolsberäkningar med snölast som huvudlast.
- Vindlast 24 m/s .

Geometri och material:

- Kortlingar är placerade mindre än $1/5$ av överramens längd frånnock för stabiliseringsmetod A1 och i nock för stabiliseringsmetod A2.
- Läkt av konstruktionsvirke 45×70 centrumavstånd 600 i hållfasthetsklass C14.

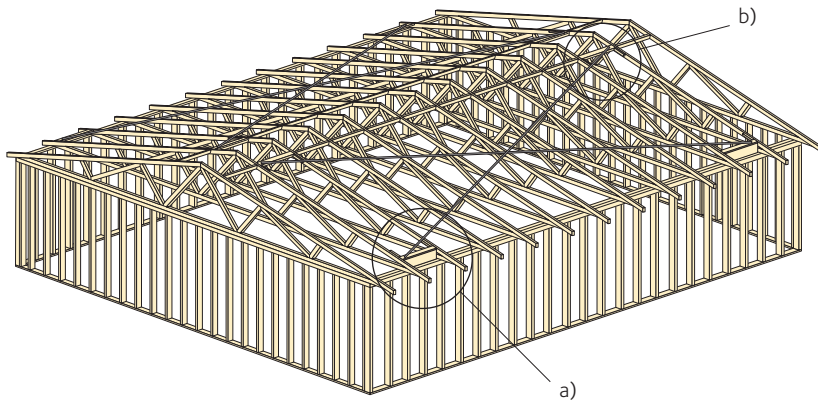
Specifikt för stabiliseringsmetod A1:

- Ett vindkryss av dragband med dimension $2,0 \times 60$ eller strävor av konstruktionsvirke 45×120 i hållfasthetsklass C24. Dragband spikas med $4,0 \times 40$ ankarspik, minst 16 stycken spik per infästning. Strävor skruvas med minst 15 stycken träskruv $6,0 \times 90$.
- Kortlingar av konstruktionsvirke i nock 45×120 i hållfasthetsklass C24.
- Kortlingar av konstruktionsvirke för infästning av dragband eller strävor 45×170 i hållfasthetsklass C24.
- Knap av konstruktionsvirke 45×120 med längden 700 mm skruvas till takstolar med 8 stycken träskruv $6,0 \times 140$ centrumavstånd 75 .
- Utförs konstruktionen så att strävor av trä kan fungera både som tryck- och dragsträva (både kortlingar och dragen regel i nock) kan antalet infästningar och dimensioner minskas.
- Dragbandets lutning har antagits till 40° .

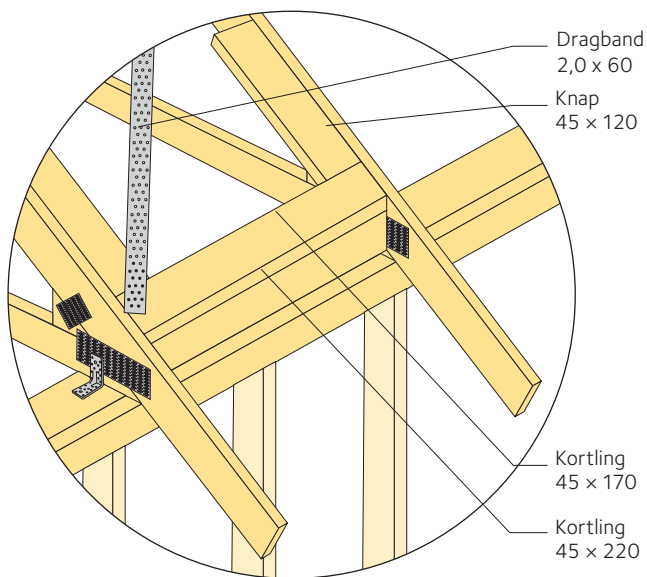
Specifikt för stabiliseringsmetod A2:

- Dubbla vindkryss av dragband med dimension $2,0 \times 80$ med parallellfackverk. Dragband spikas med $4,0 \times 40$ ankarspik, minst 30 stycken spik per infästning.
- Kortlingar av konstruktionsvirke i nock 45×145 i hållfasthetsklass C24.
- Parallellfackverk sätts i överramens ovankant.
- Dragbandets lutning har satts till 24° och dras upp till nock.

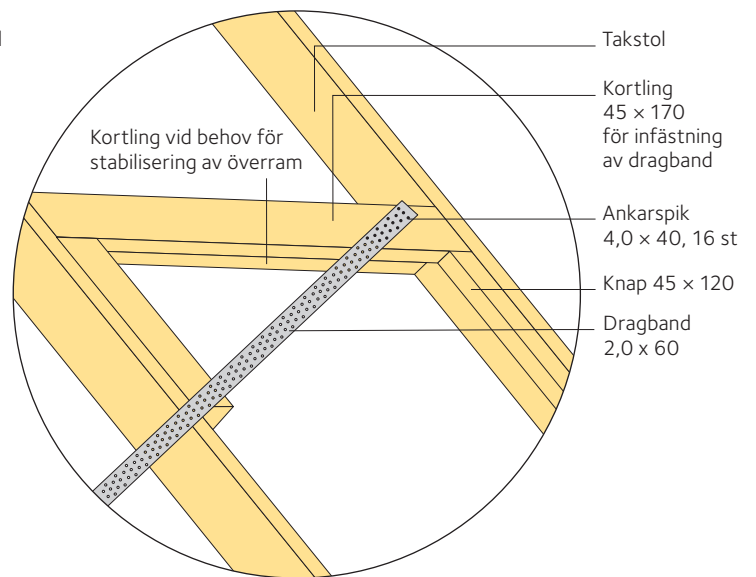
Största takbredd för mindre byggnader

**Figur 6.15** Stabiliseringsmetod A1, för mindre byggnad med vindkräns

Dragbanden kan placeras på olika platser. Placeringen enligt figuren nyttjar detaljerna a) och b).

**Figur 6.16** Detalj a)

Infästning av dragband vid takfot.

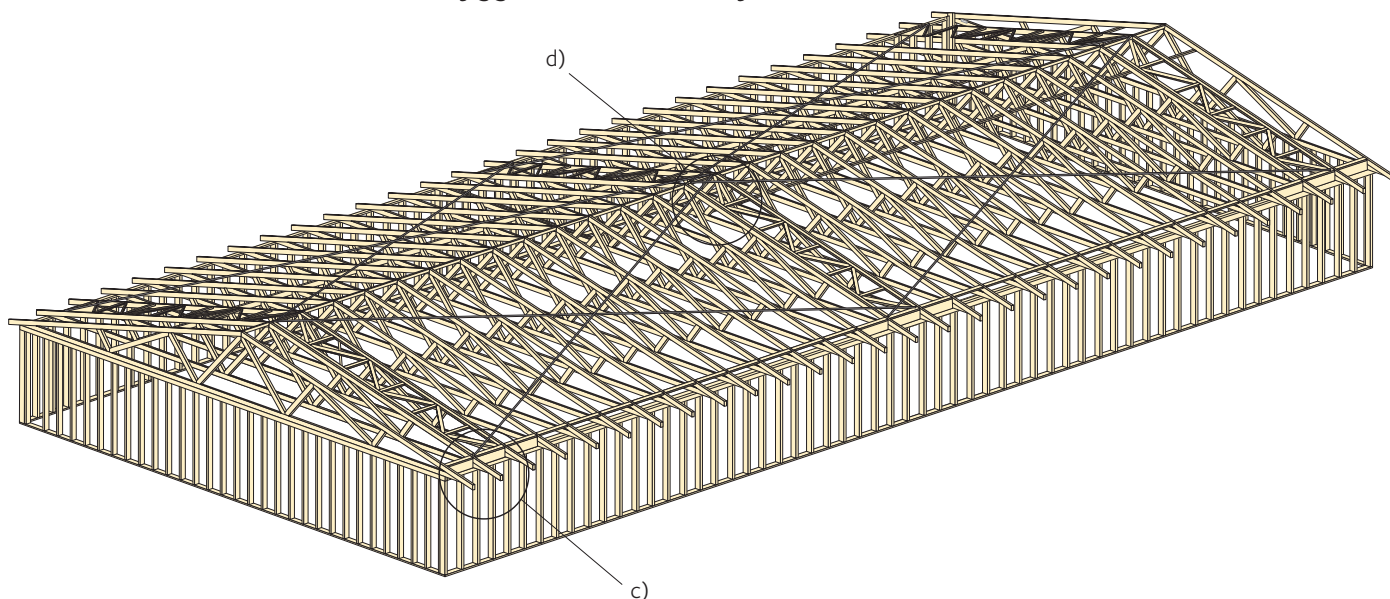
**Figur 6.17** Detalj b)

Övre infästning av dragband.

Tabell 6.10 Största takbredd i meter för avstyvningsystem för mindre byggnad med byggnadslängden 15 meter och utförande enligt stabiliseringsmetod A1. Vindhastighet 24 m/s.

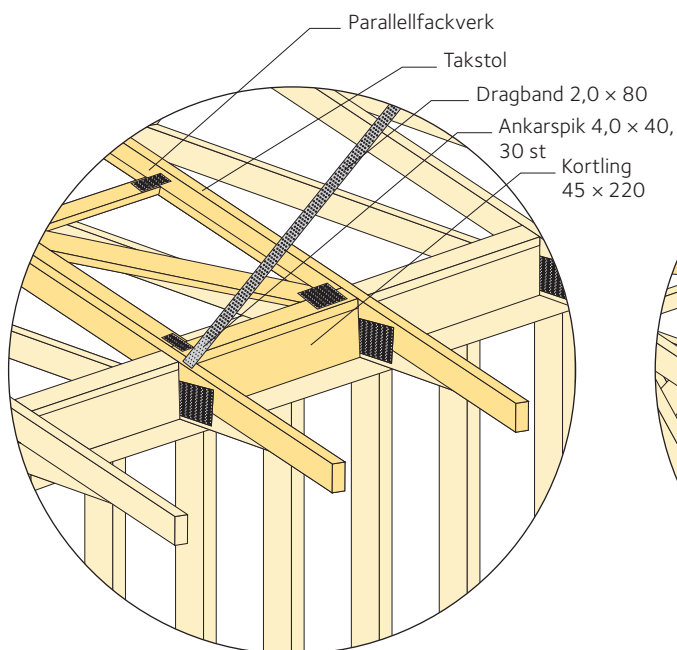
Terrängtyp II, $h \leq 8$ m	Största takbredd (m)			
	Taklutning	Snözon 1	Snözon 2	Snözon 3
18°	13,0	11,5	8,0	
23°	18,8	12,9	9,5	
27°	20,5	16,0	11,7	

Största takbredd för medelstora byggnader med vindkryss

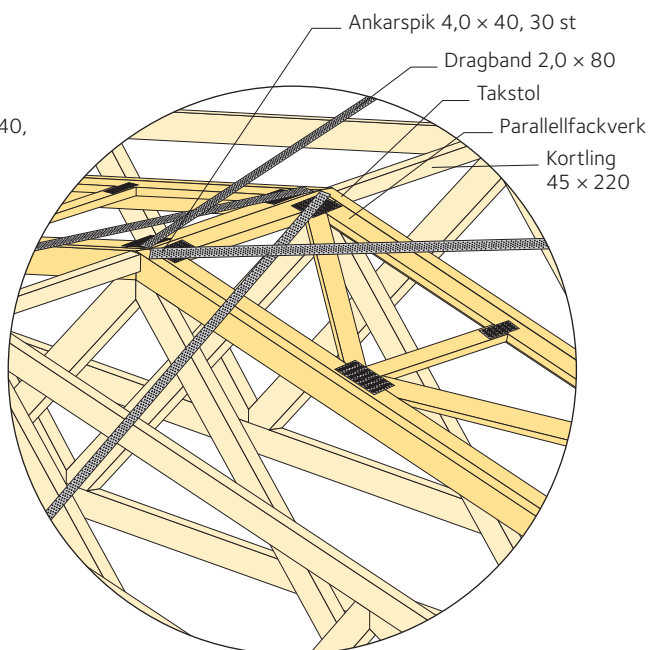


Figur 6.18 Stabiliseringsmetod A2, för medelstor byggnad med tre parallellfackverk och två vindkryss

Dragbanden kan placeras på många olika platser. Placering enligt figuren nyttjar detaljerna c) och d).



Figur 6.19 Detalj c)
Infästning av dragband vid takfot.



Figur 6.20 Detalj d)
Övre infästning av dragband.

Tabell 6.11 Största takbredd i meter för avstyvningsystem för medelstor byggnad med byggnadslängden 40 meter och utförande enligt stabiliseringsmetod A2. Vindhastighet 24 m/s.

Terrängtyp II, $h \leq 8$ m	Största takbredd (m)		
	Snözon 1	Snözon 2	Snözon 3
Taklutning			
18°	19,2	16,2	12,2
23°	23,0	17,8	13,4
27°	> 25,0	19,0	14,8

6.5.3 Detaljer

I detta avsnitt beskrivs de detaljer som finns omnämnda och presenterade i figur 6.15 – 6.17, sidan 95, och 6.18 – 6.20, sidan 96. Antalet träskruvar och ankarspikar måste beräknas och kontrolleras för varje enskilt projekt om de inte fullt överensstämmer med de presenterade lösningarna. De skruvar och spikar som används i figurerna förutsätts ha tvärkraftskapaciteter enligt tabell 6.12.

För att minska risken för vippning av överramar kan det behövas extra tvärreglar vid horisontell avstyvningsregel, se figur 6.17, sidan 95. För större byggnader med långa överramar kan det även behövas en extra tvärregel vid överramens mittpunkt. För tak med isolerade invändigt skivbeklädda överramar är det i flesta fall tillräckligt för att undvika vippning av överram.

Kortling i takfot

Stabilisering av takstolar i takfot kan göras med kortlingar. Kortling innebär att konstruktionsvirke eller limträ ställs på högkant mellan takstolarna. Kortlingar har funktionen att fördela horisontella laster till intilliggande takstolar och att stabilisera takstolarna i takstolens veka riktning. Storleken på kortlingar i facken bestäms av höjden på takfoten. I facket med parallellfackverk bör kortlingar utföras så att kontakt erhålls mellan parallellfackverk och hammarband.

Dimensionerande vid användande av kortlingar är oftast tryck vinkelrätt fiberriktningen då kortlingens ändträ pressas mot takstolens sida. Hur stor yta som krävs bestäms för varje enskilt objekt. I tabell 6.13 framgår dimensionerande kraft för tryck vinkelrätt fiberriktningen. För att stabiliseringsmetod med kortlingar ska fungera krävs det god precision mellan regler och takstolar. Vid stor takföthöjd kan kortlingar utformas som fackverk.

Tabell 6.12 Dimensionerande tvärkraftskapacitet, $F_{v,Rd}$ för träskruv och ankarspik som använts vid beräkningar Lastvarighetsklass M, vid stål mot trä betraktas plåten som tjock, klimatklass 1 och 2.

Typ	Träskruv 5,0 × 140 (kN)	Träskruv 6,0 × 140 (kN)	Ankarspik 4,0 × 40 (kN)
Infästning dragband mot trä, $F_{v,Rd}$	–	–	1,15
Infästning knap, $F_{v,Rd}$	–	1,26	–
Infästning läkt eller likvärdigt, $F_{v,Rd}$	0,95	–	–

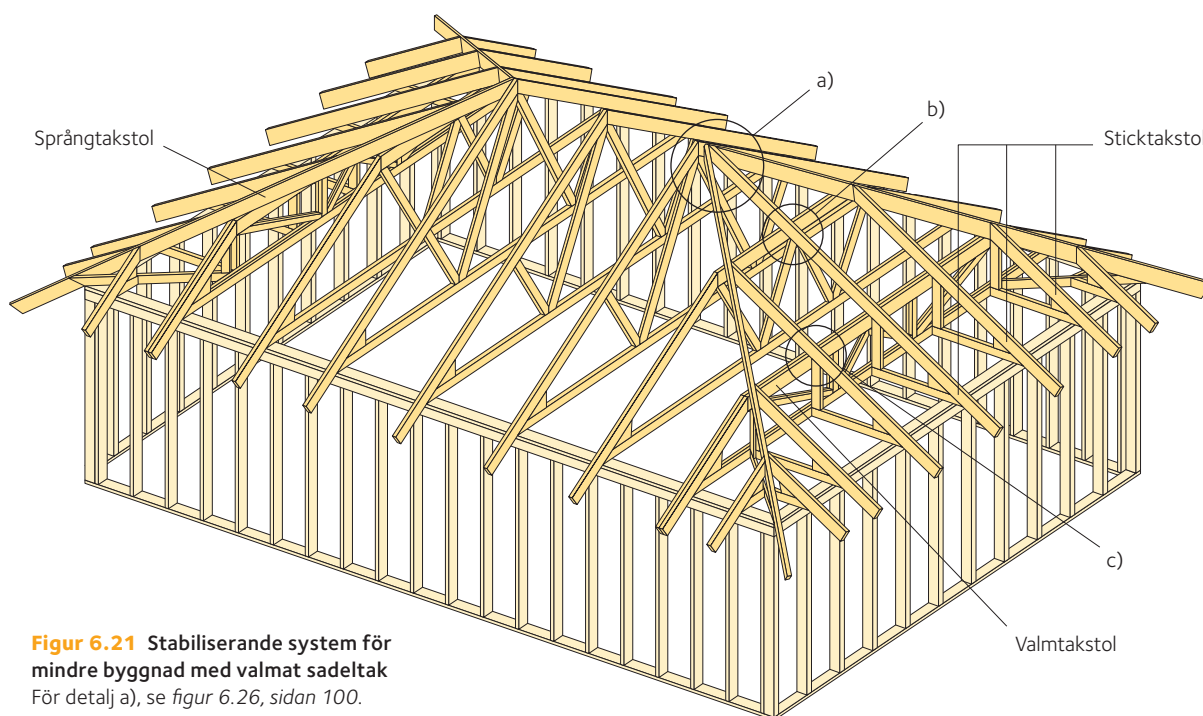
Tabell 6.13 Tillåten kraft med avseende på tryck vinkelrätt fiberriktningen, $F_{c,Rd}$ per kortling i klimatklass 2 och för konstruktionsvirke i hållfasthetsklass C24 respektive C30

Hållfasthetsklass	Karakteristiskt hållfasthetsvärde, $f_{c,k}$ (MPa)	Dimensionerande hållfasthetsvärde, $f_{c,d}$ (MPa)	Dimensionerande kapacitet kortling 45 × 120, $F_{c,d}$ (kN)
C24	2,5	1,5	8,3
C30	2,7	1,7	9,0

6.6 Valmat tak

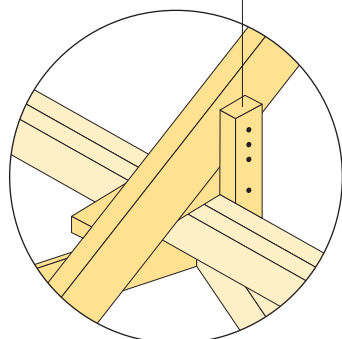
Ett valmat tak är ett tak som har takfall även mot husets kortsidor. Taket har alltså takfall på alla fyra sidor och komplett valmat tak ersätter husets gavelspetsar. Ett halvvalmat tak har en gavelspets i form av en trapets.

Avsnittet fokuserar på de skillnader som det innebär att utföra takkonstruktionen som ett valmat tak i förhållande till ett sadeltak.



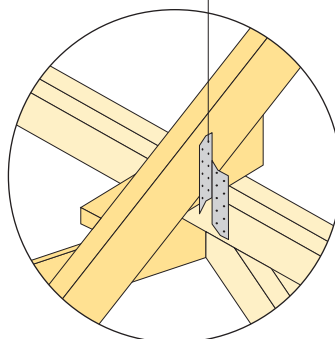
Figur 6.21 Stabiliserande system för mindre byggnad med valmat sadeltak
För detalj a), se figur 6.26, sidan 100.

Spikas i sticktakstol och andra valmtakstolens överram



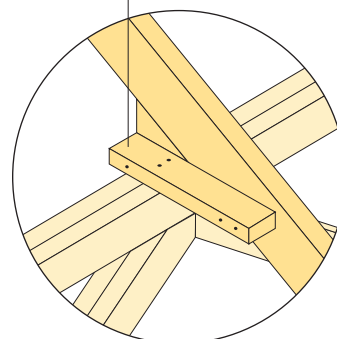
Figur 6.22 Detalj b)
Infästning av långa sticktakstolar till andra valmtakstolen.

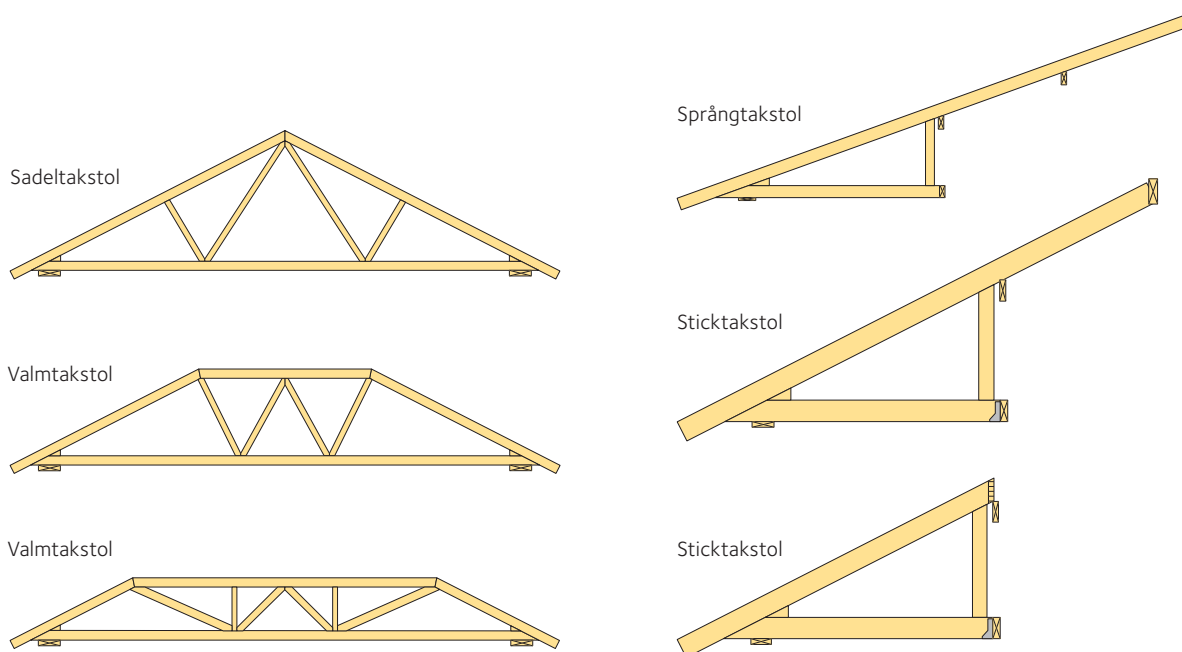
Takåsfäste med ankarspik samt kil



Figur 6.23 Detalj c)
Två alternativ för infästning av långa sticktakstolar till första valmtakstolen. Det förekommer även att valmtakstolen höjs upp och urtag görs i sticktakstolen.

Spikas i sticktakstol samt i första valmtakstolens överram samt kil.

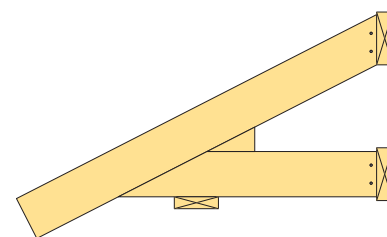




Figur 6.24 Olika typer av takstolar som används för valmat sadeltak

6.6.1 Principer för stabilisering av valmat tak

I likhet med alla takkonstruktioner ska ett valmat tak klara att ta upp egenlast, vindlast, snölast och nyttig last både under sin brukstid och under montage tiden. Uppbyggnaden av ett valmat sadeltak framgår i figur 6.21, sidan 98. Takytorna möts i en språngtakstol som är en bjälke som löper från hammarband till taknock. Mellan yttervägg och språngtakstol placeras valmtakstolar och sticktakstolar, se figur 6.24. Sticktakstolarnas överramar spikas eller skruvas till språngtakstolen. För sticktakstolar placerade nära vägghörn kan även underramen monterats i språngtakstolen, se figur 6.25.



Figur 6.25 Princip för sticktakstolens anslutning till språngtakstol

6.6.2 Utförande

Montage och utförande

Läkt och kortlingar placeras så att de når ut över språngtakstolarna. När samtliga valmtakstolar monterats kan montage av språngtakstolar och sticktakstolarna påbörjas. Första valmtakstolen kommer få större andelen last och utförs därför ofta som en dubbeltakstol. För den valmade delen av taket monteras först den mittersta sticktakstolen och därefter språngtakstolen för att sedan montera övriga sticktakstolar. Slutligen monteras lösa underramar.

Sticktakstolens dimensioner bestäms av avståndet mellan vägg och första valmtakstolen. Vanligtvis väljs samma dimension som för övriga takstolarnas överramar.

Förankring

Principer för de valmade delarna visas i följande figurer:

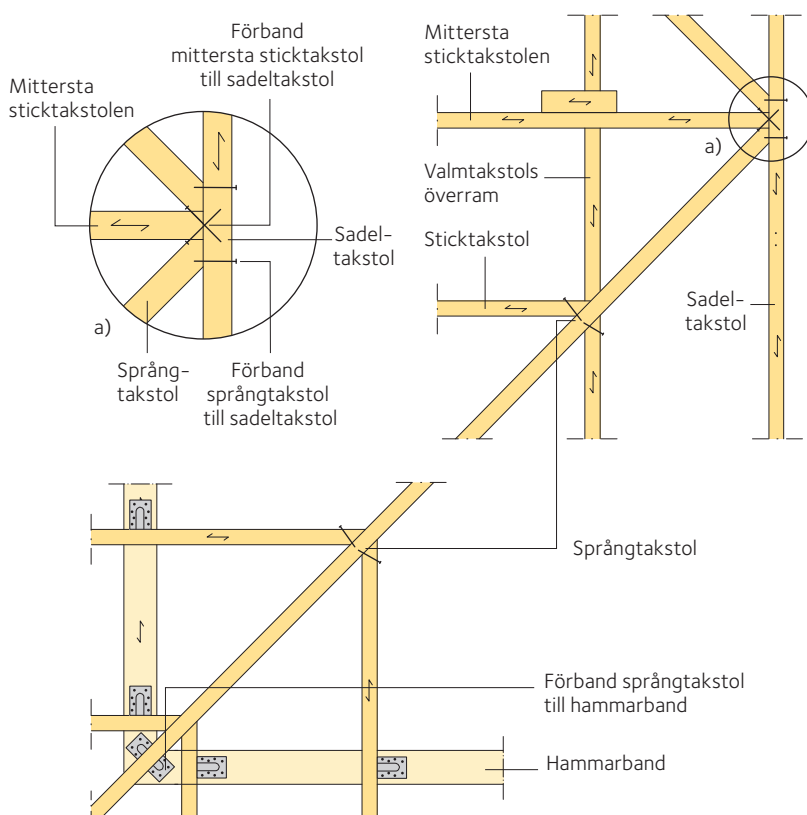
- Förband mellan sticktakstolar och språngtakstol görs enligt figur 6.25.
- Förband mellan långa sticktakstolar och andra valmtakstolen görs enligt figur 6.22, sidan 98.
- Några sticktakstolar förankras till gavelvägg enligt figur 6.26, sidan 100.

6.6.3 Projektering och detaljer

Det stabiliserande systemet består av valmtakstolar, sticktakstolar och språngtakstolar där språngtakstolar fungerar som strävor. För nedan angivna detaljexempel gäller att taklutningen är begränsad till 30° vilket innebär att språngtakstolens taklutning i takplanet blir 45°.

Infästning av språngtakstolen i byggnadens hörn är avgörande för takets stabilitet och speciellt under byggtiden. Den horisontella överramen i valmtakstolar stabiliseras med hjälp av sticktakstolar och språngtakstolar.

Nedan angivna figurer och dimensionerade infästningar ska enbart betraktas som informativa, och ny dimensionering ska göras för varje enskilt objekt.



Figur 6.26 Exempel på detaljer och infästningar kring språngtakstol vid hammarband ochnock

Stabilisering av ramverkstakstolar

7.1 Principer för stabilisering av ramverkstakstolar

Detta kapitel av *Takstolshandbok* behandlar stabilisering av tak med ramverkstakstolar. Så långt det är möjligt används samma principer och lösningar som visats i *kapitel 6, Stabilisering av fackverkstakstolar, sidan 84*. Där det ansetts vara nödvändigt har texten ändrats och kompletterats med nya lösningar.

Ramverkstakstolar kan i likhet med fackverkstakstolar stabiliseras med strävor, vindkruss och med skivverkan. Principen att stabilisera tak med skivverkan beskrivs mera ingående i *kapitel 8, Stabilisering med skivor, sidan 107*.

7.1.1 Stabiliserande system

Det stabiliserande systemet utgörs normalt av underlagstak, invändig tak- och väggbeklädnad samt strävor eller vindkruss. Ofta är underlagstaket i samverkan med invändig beklädnad tillräckligt för att klara stabiliseringen av taket.

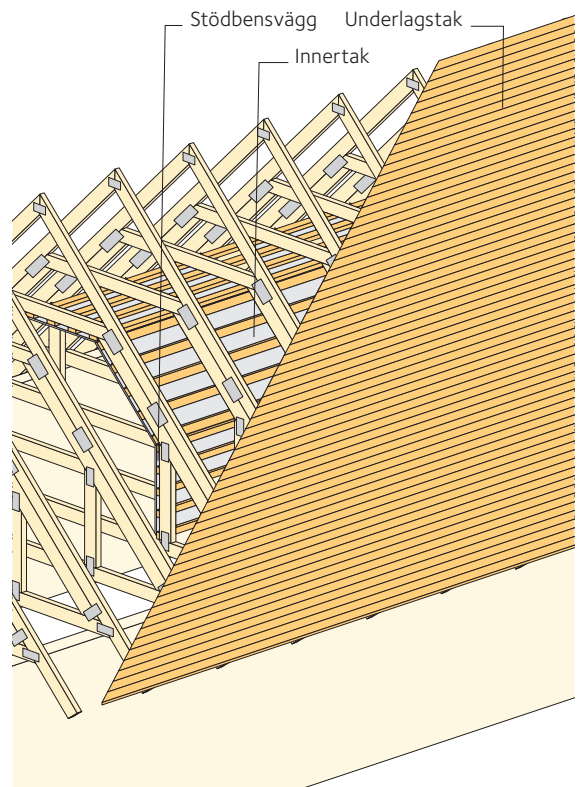
För mindre byggnader, som enfamiljshus och liknade byggnader, vet man av erfarenhet att underlagstäckning av underlagsspont eller takplywood är tillräckligt styva för att tillgodose stabilitetskraven. Takkonstruktioner med armerad plastfolie för underlagstak, hård våttillverkad träfiberskiva för underlagstak eller likvärdiga underlagstak måste styras upp med strävor eller dragband. Stabiliserande strävor eller dragband avslutas oftast något längre ifrån nock i jämförelse med vad som är brukligt för tak med fackverkstakstolar.

Takkonstruktioner med ramverkstakstolar byggs vanligtvis utan parallellfackverk. För takkonstruktioner med ramverkstakstolar finns det vanligtvis två större skillnader i jämförelse med fackverkstakstolar som bidrar till stabiliseringen av taket, innertaksskiva i nivå med hanbjälken och skivbeklädda stödbensväggar. Oftast är det tillräckligt för att skapa en tillräckligt styv konstruktion. Ingår innertaksskiva eller stödbensväggar i det stabiliserande systemet används gängse metoder för dimensionering av stabiliserande stödbensväggar respektive innertaksskivor.

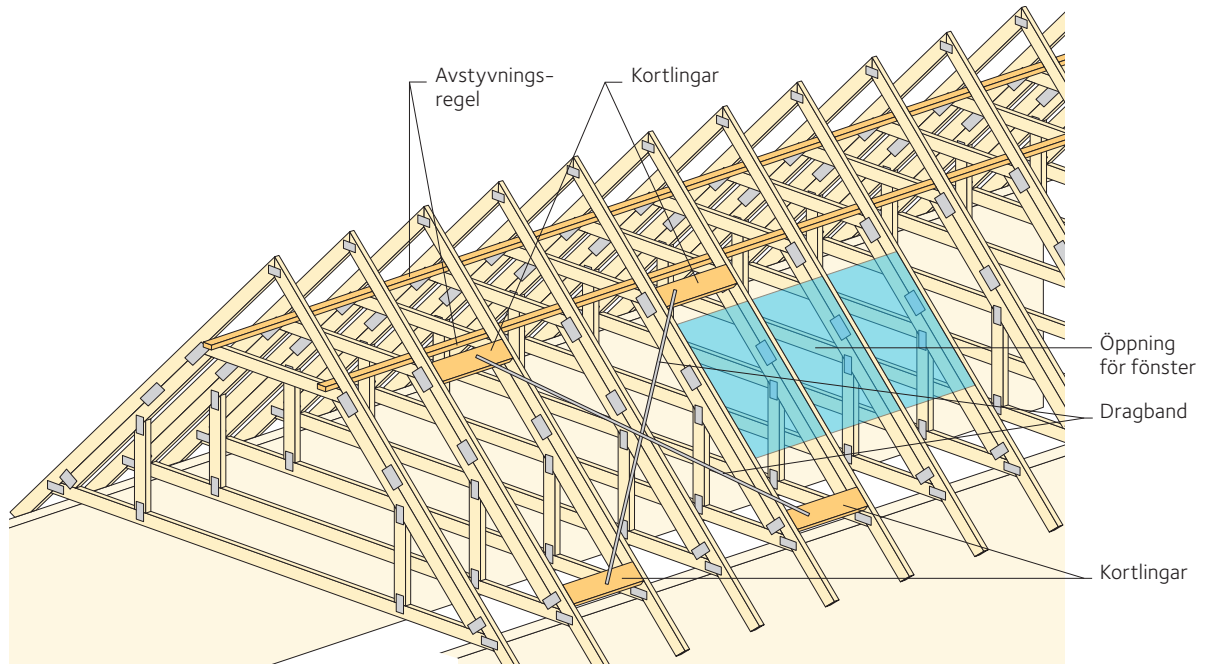
För tak med ramverkstakstolar utan stabiliserande invändig beklädnad, oinredd vind, används en avstyvningsregel som placeras i nivå med hanbjälkarna för att tillsammans med vindkruss uppväga inner-taksskivan och stödbensväggarnas funktion. Ibland kan avstyvning av hanbjälkarna i dess veka riktning vara nödvändig.

Avstyvningsregeln eller takläkt binder det stabiliserande systemet samman med gavelspetsen för att säkerställa gavelspetsens stabilitet. En styv skiva fäst till hanbjälkarna respektive stödbensväggar kan även användas för att överföra vindlast från gavlar.

- 7.1 Principer för stabilisering av ramverkstakstolar 101
 - 7.1.1 Stabiliserande system 101
- 7.2 Utförande och montage 102
- 7.3 Förankring och detaljer 104



Figur 7.1 Stabiliserande system för tak till mindre byggnader



Figur 7.2 Exempel på ökad frihetsgrad med avseende på placering av takfönster om staget kan avslutas under fönsteröppning

Saknas invändiga skivor bör konstruktionen kompletteras med dragband eller strävor. Vid stabilisering av ramverkstakstolar krävs ofta större hänsyn till placeringen av dragband och strävor för att undvika att de placeras mitt för fönsteröppningar.

Vid behov av strävning ger utförandet enligt *figur 7.2* goda möjligheter för placering av takfönster i och med att dragbandet avslutas under fönsteröppningen. Mellanbjälklaget utgör vanligtvis en mycket styv skiva vilket ger möjligheter att placera strävor eller dragband på olika delar utefter byggnadens längd och de behöver inte placeras lika på båda takhalvorna. Öppningar i bjälklaget för exempelvis trappor måste beaktas vid placering av infästningspunkter och lastfördelning av dragbandets krafter. Genom att använda sig av stor lutning på strävor eller dragband ökar friheten att placera fönster. Det innebär också att krafterna i strävorna eller dragbanden ökar.

7.2 Utförande och montage

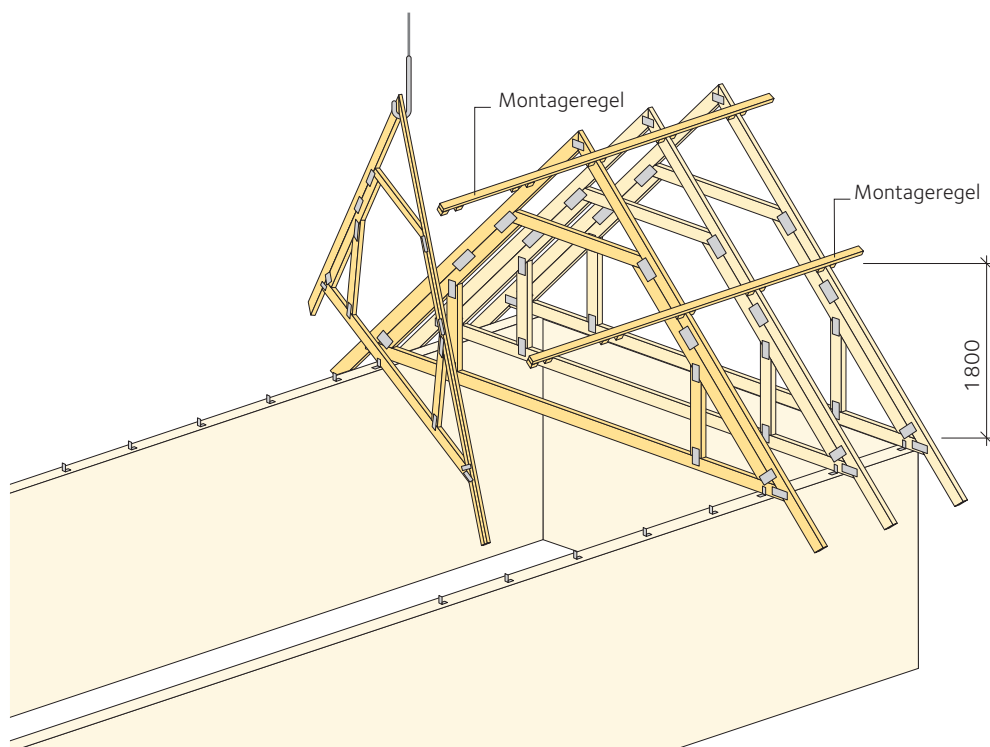
Avsnitt 3.6, sidan 44, gäller även till stora delar för ramverkstakstolar. Det finns dock en större skillnad då ramverkstakstolar oftare levereras med lös topp som ska monteras på byggarbetsplatsen. Den lösa toppen bör monteras före lyft av takstolen. För kopplingspunkter vid lyft väljs lämpligen två punkter, en på vardera sida om hanbjälken. Mindre ramverkstakstolar går bra att lyfta i nock.

Montaget sker lämpligen med ett stabilt takstolspaket enligt tidigare beskrivning, *sidan 46*, och därefter kan montaget göras enligt *figur 7.3, sidan 103* och *figur 7.4, sidan 103*. Alternativt monteras första takstolen med stöd av gavel och därefter stabiliseras takstolarna med montereregler. Gavel eller takstolar lodas in med stor noggrannhet.

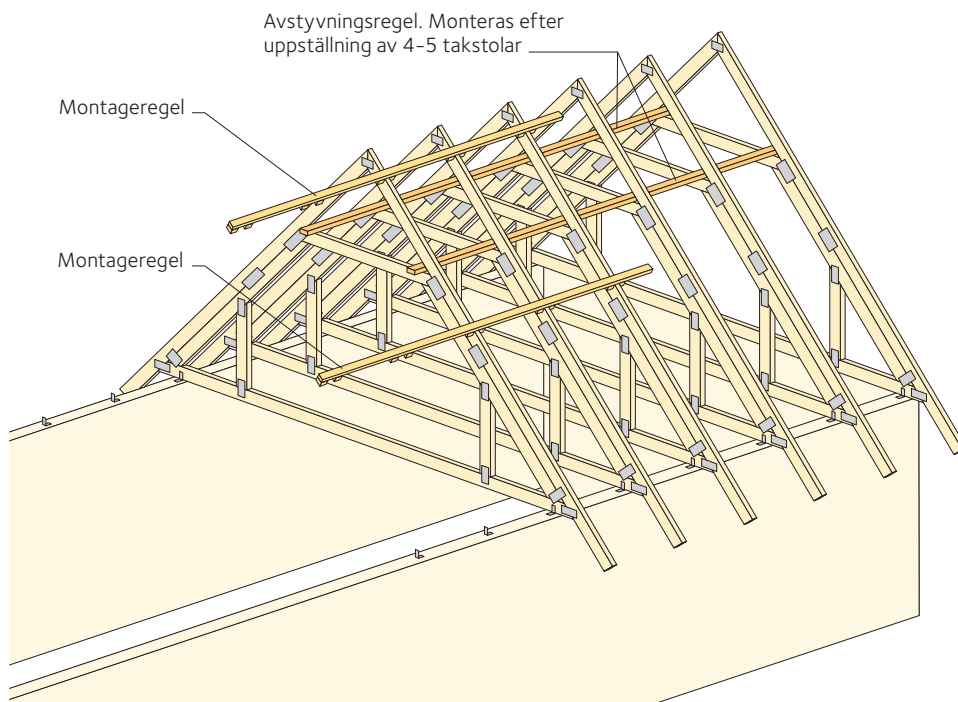
Lämpligt är att använda sig av monterereglar för överram och takstolstopp, se *figur 7.3, sidan 103*. Montereregler ovanför hanbjälken placeras nära nock och den under hanbjälken cirka 1,80 meter över

bjälklaget så att det är möjligt att nå från tillfällig landgång placerad på mellanbjälklaget.

Avstyvningsreglar monteras fortlöpande och lämpligen från en övre landgång med tillhörande räcken.



Figur 7.3 Montage av de första ramverkstakstolarna. De första ramverkstakstolarna monteras om möjligt parvis. Övriga ramverkstakstolar stabiliseras under montagetiden med montagereglar.



Figur 7.4 Montage av övriga ramverkstakstolar



Pågående montage av ramverkstakstol, så kallad mansardtakstol.

7.3 Förankring och detaljer

I detta avsnitt visas exempel på detaljlösningar för takkonstruktioner med ramverkstakstolar med och utan dragband. Vanligtvis krävs det inga ytterligare stabiliserande åtgärder för mindre byggnader med ramverkstakstolar. För byggnader med oinredd vind eller för specifika objekt kan det behövas komplettering med vindkryss. Dragbanden placeras vanligtvis på överramens ovansida. Valet av stabiliseringsmetod bestäms till stor del av taklutning, snö- och vindlast.

Projekteringen görs lämpligen i följande steg:

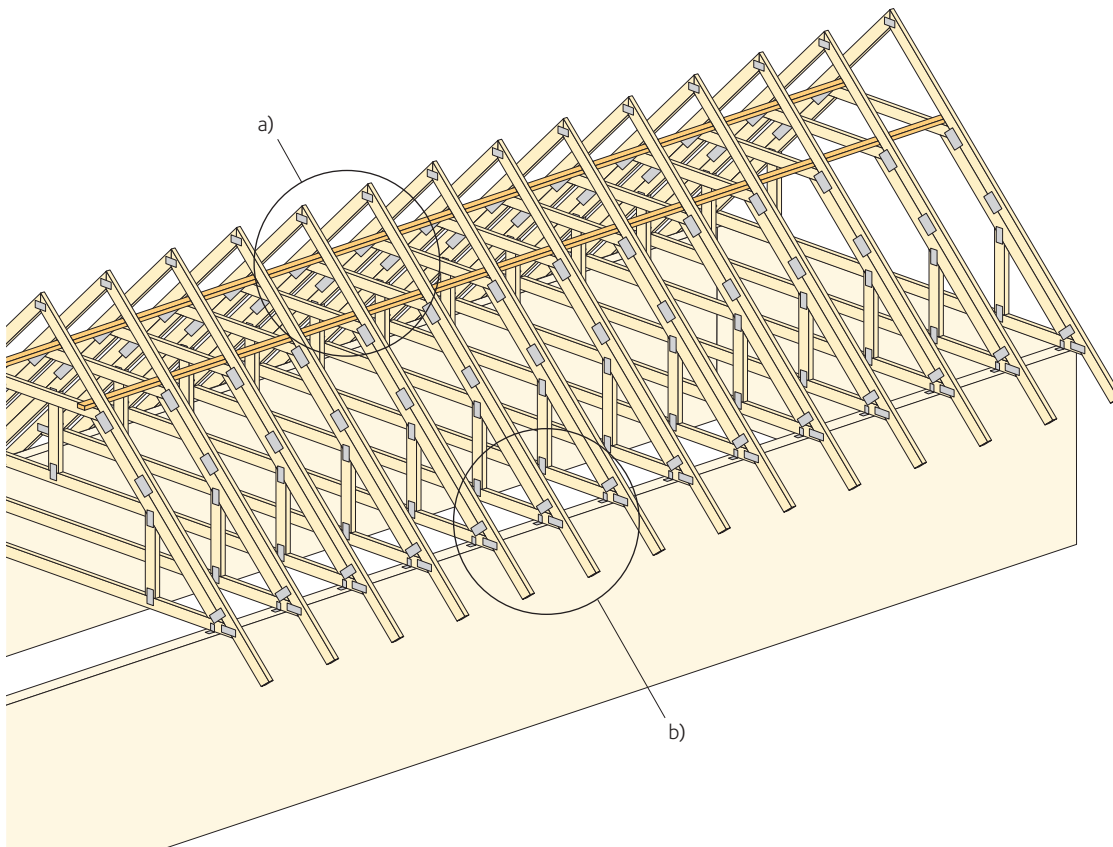
- Välj lämplig stabiliseringsmetod genom överslagsberäkning.
- Besluta var eventuella vindkryss ska placeras.
- Dimensionera och kontrollera takkonstruktionens stabilitet.
- Utforma förankringar.
- Välj vilka detaljer som ska användas, se figur 7.5 – 7.10, sidan 105 – 106.
- Kontrollera och komplettera konstruktionen med avseende på montage.

Montagemässigt kan det ibland vara fördelaktigt att placera enbart ett vindkryss nära ena gaveln. Det kan även vara en fördel med beaktande vid placering av fönsteröppningar.

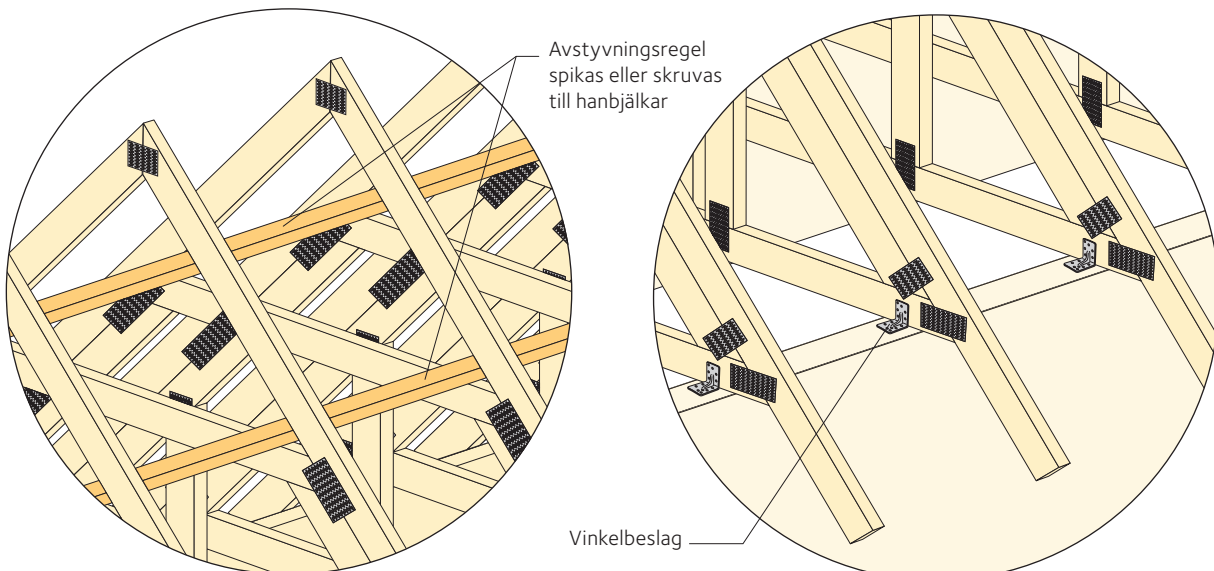
Vanligtvis finns det behov av förankring av ramverkstakstolar även för vertikala lyftkrafter. Förankringar kan utföras i princip lika som för fackverkstakstolar. Stabiliseringen av ramverkstakstolar i takfot görs lämpligen med kortlingar av konstruktionsvirke mellan takstolarna. För takkonstruktioner där dragband används placeras en extra kortling för att fästa in dragbandet, se figur 7.8, sidan 106. Vertikala krafter förs ner till väggkonstruktionen med gaffelankare eller vinkelbeslag.

På följande sidor visas ett antal detaljer som finns markerade i figur 7.5 och figur 7.8, sidan 105 respektive 106. Detaljerna visar olika utföranden för takkonstruktion med och utan dragband. Risken för vippning av överramen på grund av stora normalkrafter är vanligtvis liten eftersom innertak eller glespanelen till innertak fästa till överramen är i flesta fall tillräckligt för att stabilisera överramen. För hög takfot och oinredd vind kan det ibland behövas stabilisering av ramverkstakstolarna i takfot. Kryssträvning eller skivbeklädnad av stödbensvägg är användbara metoder. För takkonstruktioner med dragband bör facket med dragband och eventuellt intilliggande fack förses med kortlingar för att överföra lasten till hammarbandet. Stabilisering och överföring av krafter till hammarband görs lämpligen med kortlingar.

Förutsättningar för detaljer beror av byggobjektets placering, utformning med mera. De visade detaljerna ska betraktas som underlag och objektsspecifika anpassningar kan komma att behövas.

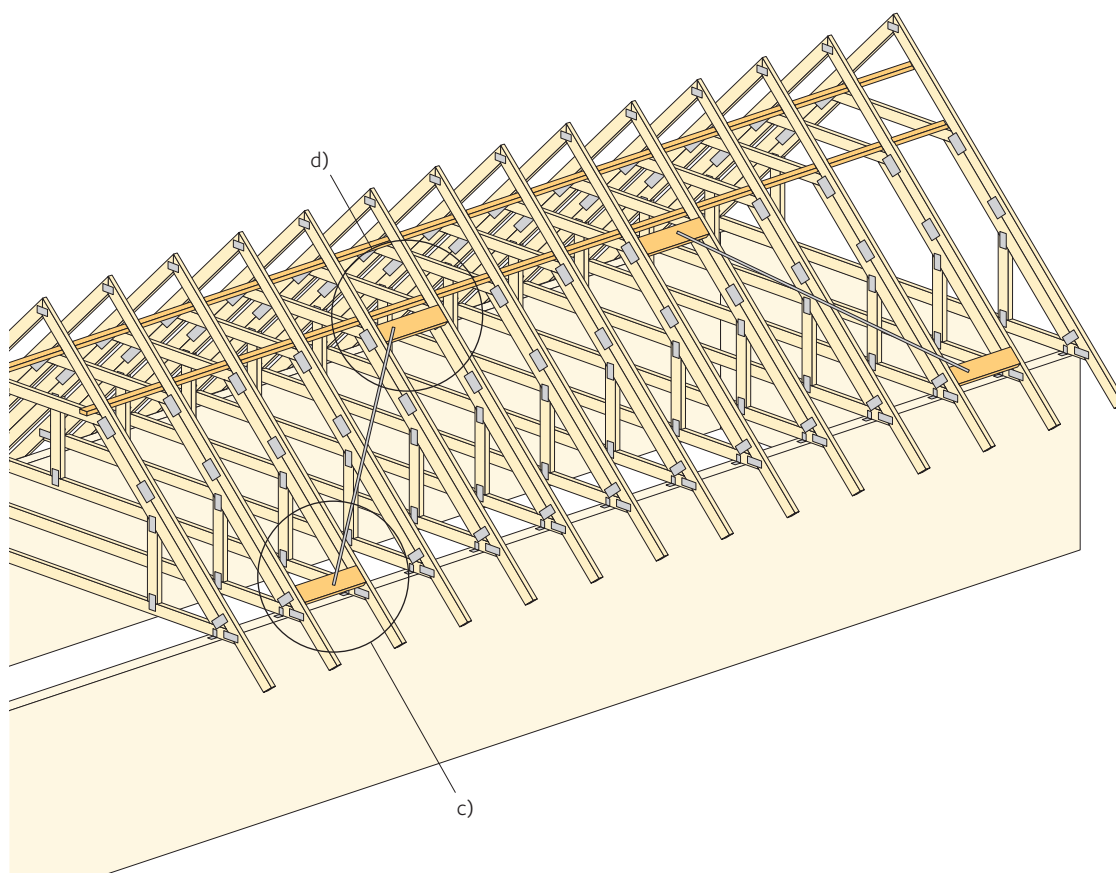


Figur 7.5 Definition av detaljer a) och b) för mindre byggnad. Byggnad utan dragband.

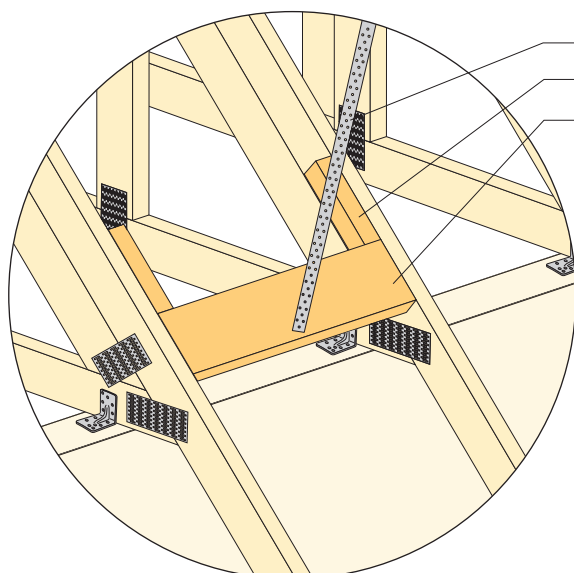


Figur 7.6 Detalj a)
Avstyvningsreglar fästs till hanbjälkar.

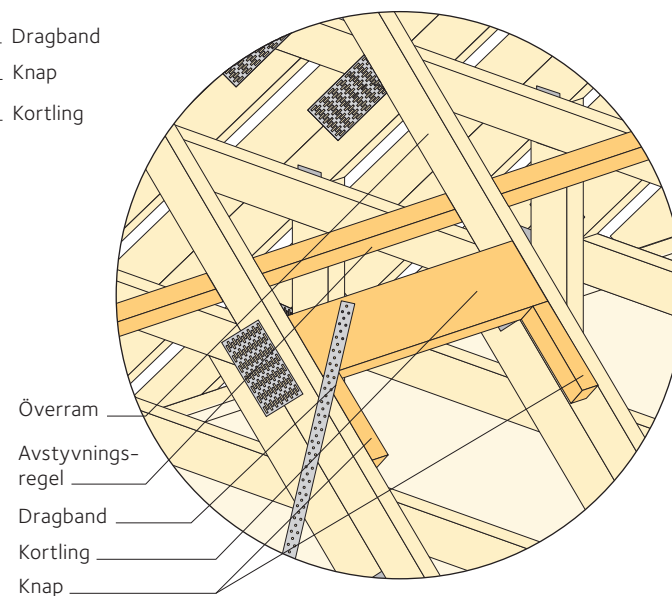
Figur 7.7 Detalj b)
Ramverkstakstolar förankras på ett likartat sätt som för fackverkstakstolar så att horisontella och vertikala krafter kan föras ner till vägg.



Figur 7.8 Exempel på stabiliseringsmetod för mindre byggnad med dragband. Tillämpas när invändig beklädnad saknas.



Figur 7.9 Detalj c)
Infästning av dragband vid takfot.



Figur 7.10 Detalj d)
Övre infästning av dragband.

Stabilisering med skivor

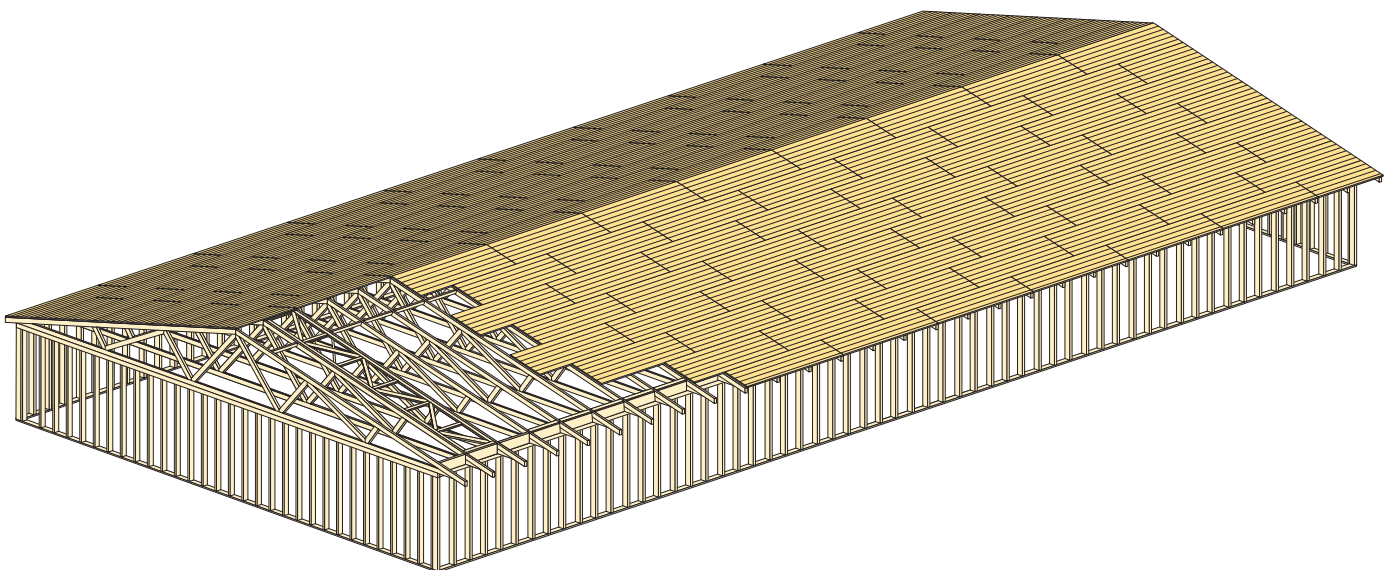
8.1 Principer för stabilisering med skivor

Takplanet kan användas för att stabilisera en takkonstruktion. Takskivan ska då betraktas som en del i det primära bärande systemet och är därmed lika viktig som övriga delar för byggnadens stabilitet.

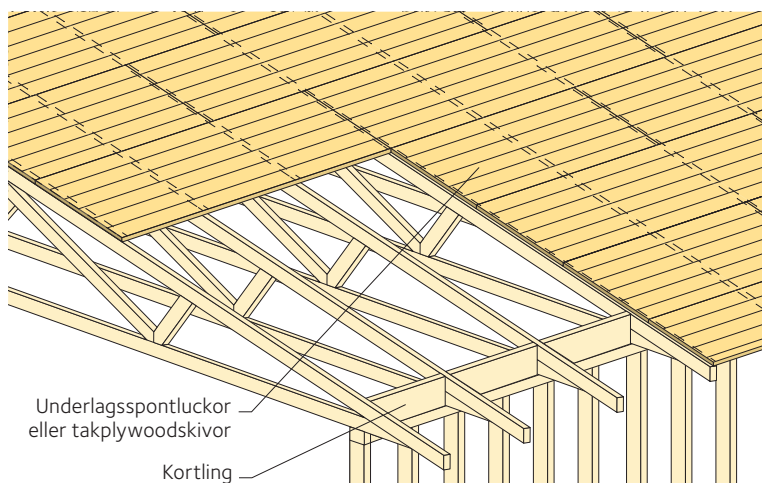
Skivverkan innebär att ett konstruktionsskikt tar upp krafter i sitt eget plan. Används underlagsspontsluckor eller takplywoodskivor som stabiliserande underlagstak fås en skivverkan. För att uppnå skivverkan erfordras att underlagsspontsluckan eller takplywoodskivan är tillräckligt tjock så att den inte bucklas samt att den spikas, skruvas eller klamras tillräckligt. Underlagsspont, spontat virke med ena sidan rillad och den andra hyvlad alternativt båda sidor rillade ger inte lika god skivverkan men det är i regel tillräcklig för mindre byggnader. För större byggnader krävs att underlagsspontsluckorna eller takplywoodskivorna kompletteras med ytterligare stabiliserande system, exempelvis parallellfackverk.

Dimensionerande vindlast är för korta byggnader vanligen vind mot gavelspetsar, medan för långa byggnader kan det även komma in ett bidrag från friktion längs med takytan. Takskivan överför även vertikala laster såsom snö och egenvikt samt snedställningslaster till takstolens överram. Takskivan fungerar även som sidostagning av takstolens överram och läggs tvärs takstolarna, *se figur 8.1*.

- 8.1 Principer för stabilisering med skivor 107
 - 8.1.1 Montage och stabilisering under byggtiden 108
 - 8.1.2 Takskivornas kapacitet och infästning 109
- 8.2 Dimensionering av takskivor 111
 - 8.2.1 Dimensionering av takskiva, pulpettak, vind mot gavel 111
 - 8.2.2 Dimensionering av takskiva, sadeltak, vind mot gavel 113
 - 8.2.3 Dimensionering av takskiva, vind mot långsida 116
 - 8.2.4 Dimensionering av takskiva, normalkraft i överram och snedställning av takstolar 118
 - 8.2.5 Dimensionering av takskivans infästning till takstolarna 119
 - 8.2.6 Utformning av takfot 119



Figur 8.1 Stabilisering av takkonstruktion med underlagsspontsluckor eller takplywoodskivor



Figur 8.2 Standardutförande för stabilisering med hjälp av underlagsspontsluckor eller takplywoodskivor

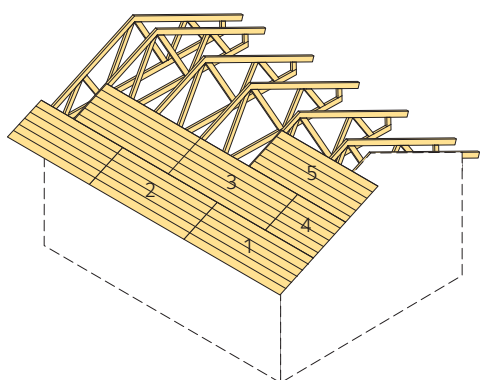
Takskivan kan göras på plats med underlagsspont i fallande längder eller av färdiga element av underlagsspontsluckor. Underlagsspontsluckor tillverkas av spontad panel som sammanfogats industriellt till en lucka, vilket förenklar och snabbar på arbetet vid takläggning jämfört med lös underlagsspont. Längden på underlagsspontsluckorna är anpassad till normala centrumavstånd mellan takstolar, 1 200 mm. Vanliga lagerlängder är 2 400, 3 600 eller 4 800 mm. Andra längder kan tillverkas mot beställning. Bredden är normalt 550 mm med en täckande bredd av 540 mm. Läs mer om underlagsspontsluckor under *avsnitt 4.2.1, sidan 52*. Underlagsspontsluckorna stumskarvas, ände mot ände över takstol. Erfarenhetsmässigt har det visats sig fungera medan det teoretiskt varit svårt att verifiera funktionen på grund av att dimensionerande värden saknats. Pågående studier pekar på att underlagsspontsluckor har en tillräcklig kapacitet för att stabilisera tak på småhus.

8.1.1 Montage och stabilisering under byggtiden

Takstolarna kan ställas upp i likhet med tidigare beskrivna metoder, *se kapitel 3, Takstolar, sidan 34*, med snedsträvor på överramens undersidor eller med parallellfackverk, kortlingar och läkt. Skivbeklädningen kan även fungera som stabilisering under byggtiden om skivorna läggs löpande längs taket samt att takstolarna är stabiliserade och fastsatta till hammarbandet.

Standardutförandet för stabilisering med underlagsspontsluckor eller takplywoodskivor bör utföras enligt följande:

- Underlagsspontsluckorna eller takplywoodskivorna ska vara utförda med not och spont.
- Underlagsspontsluckorna eller takplywoodskivorna placeras tvärs takstolarna och skarvning sker på takstolar, *se figur 8.3*.
- Spikning eller skruvning av underlagsspontsluckor och takplywoodskivor görs enligt tillverkarens anvisningar.
- För byggnader med bärande regelstomme utformas stabilisering vid takfot enligt *figur 8.2*.



Figur 8.3 Exempel på läggningsordning för underlagsspontsluckor eller takplywoodskivor till underlagstak

8.1.2 Takskivornas kapacitet och infästning

Inbrädning av yttertak med underlagssponts- eller takfotsspontsluckor

Virke till industriellt tillverkade underlagsspontsluckor ska vara underlagsspont av sort G4-3 eller bättre, gran enligt SS-EN 1611-1.

Takfotsspontsluckor för synlig undersida ska vara tillverkade av underlagsspont av kärnvirke i sort G4-2 eller bättre, gran enligt SS-EN 1611-1.

Underlagsspontsluckor dimensioneras med hänsyn till taktäckningsmaterialet, takstolarnas centrumavstånd, snölast och behovet av infästningar för säkerhetsanordningar och andra anordningar på yttertaket. Underlagsspontsluckor ska bestå av minst 70 mm breda underlagsspontbrädor inklusive fjäder och minst 20 mm tjocka vid taktäckning med takpannor, profilerad plåt eller takspån, respektive minst 23 mm tjocka vid taktäckning med plan plåt, tätskiktsgammor och dukar, svetsad rostfri bandplåt samt taktäckning med takskeer samt vid sedumtak, enligt *tabell 8.1*.

Underlagssponts- och takfotsspontsluckor ska ha brädor med minst en rillad sida, avsedd att vändas nedåt, in mot vindsutrymme. Den andra sidan ska vara rillad eller hyvlad. Är båda sidor rillade ska den bästa sidan vändas nedåt, in mot vindsutrymmet. Den nedersta brädans not ska sågas bort före uppsättning.

Klammer, spikbleck och dylikt för sammanfogning av underlagssponten till färdiga luckor ska vara utförda på ett sådant sätt att de inte kan orsaka skador vid arbetet med eller på taktäckningen. I färdig inbrädning får inte finnas uppstickande spikar eller annat som kan orsaka skador på täckning med plan plåt, tätskiktsgammor, duk eller dylikt.

Fingerskarvar får förekomma fritt, förutsatt att brott i en fingerskarv inte medför genomtrampning.

Ändspontade skarvar får förekomma fritt i en lucka, men i intilliggande underlagsspont ska skarvar vara förskjutna minst 1 200 mm och ingen skarv tillåtas hamna närmare luckas ände än 600 mm.

Observera

Underlagssponts- och takfotsspontsluckor ska monteras vid torr väderlek.

Vid synlig undersida, till exempel vid takfot och gavelprång, ska luckor av underlagsspont, så kallade takfotsspontsluckor, av den bättre kvaliteten G4-2 av gran med kärnvirke användas.

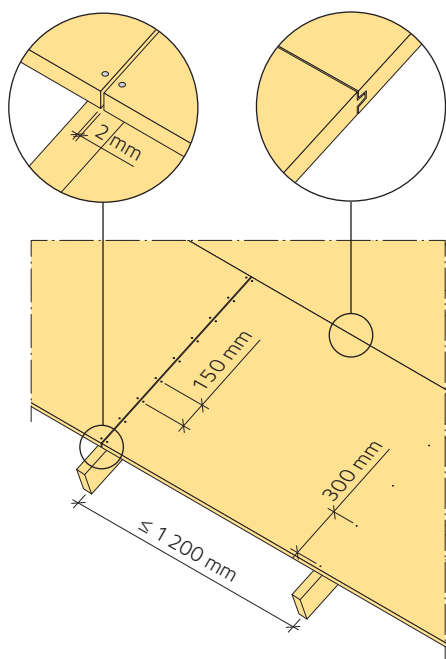
Luckor av underlagsspont ska spänna över minst två fack och skarvas över stöd. Centrumavstånd för ett fack ska vara $\leq 1\,200$ mm.

Underlagssponts- eller takfotsspontsluckor som ska ingå i yttertakets stabiliserande funktion ska monteras i förband, det vill säga så att inte två intill varandra liggande underlagssponts- eller takfotsspontsluckor skarvas över samma stöd.

Underlagssponts- eller takfotsspontsluckor som består av underlagsspont med bredd 95 mm, 120 respektive 145 mm ska dubbelspikas eller -skruvas i varje underlagsspontbräda och i varje takstol eller takbalk. I färdig takinbrädning med underlagssponts- eller takfotsspontsluckor ska det inte finnas uppstickande spik eller skruv eller annat som kan orsaka skador på täckning med plan plåt, tätskiktsgammor, duk eller dylikt.

Tabell 8.1 Minsta rekommenderade tjocklek på underlagssponts- och takfotsspontsluckor vid inbrädning av yttertak

Taktäckning	Minsta tjocklek (mm)
Tätskiktsgammor och dukar	23
Plan plåt	23
Svetsad band av rostfri stålplåt	23
Profilerad plåt	20
Takpannor av tegel eller betong	20
Takskeer	23
Takspån av trä	20
Sedumtak, vikt mindre än 150 kg/m ²	23



Figur 8.4 Centrumavstånd mellan infästningspunkter av takplywoodskivor

Färdig takinbrädning med underlagsspontsluckor ska skyddas mot nederbörd och stark solstrålning och omgående täckas med underlagstäckning. Ytfuktkvoten får vara högst 18 % i samband med underlagstäckning.

Nivåskillnader, fogsprång, större än 3 mm i underlag för plan plåt och tätskiktsmattor ska utjämnas.

Underlagsspontsluckor mot nock ska fasa i överkanten så att de får full anliggning mot nockplankan. Vid skorstenar, takluckor, fläktrum, hissmaskinrum och andra hinderliknande genomföringar, ska inbrädning utföras med fall åt sidan så att vatten och annan nederbörd kan rinna av.

Inbrädning av yttertak med takplywoodskivor

Takplywoodskivor ska vara prestandadeklarerade och CE-märkta. Lim ska vara avpassat till skivmaterial, underlag och dylikt. Takplywoodskivor som ska användas till underlagstak ska vara med ytfaner av lägst klass III. Takplywoodskivor som underlag för taktäckning av planplåt ska vara minst 18 mm tjocka och spontade på långsidorna och fogsprång större än 3 mm mellan enskilda takplywoodskivor ska utjämnas. Vid skruvning mot underlag av trä väljs skruv med en gängfri zon som motsvarar takplywoodskivans tjocklek för erhållande av maximal anliggning.

Dimensionering av infästning ska göras enligt takplywoodskivleverantörernas anvisningar. Exempel på minsta mängd infästningar av takplywoodskivor framgår i *tabell 8.2*. Takplywoodskivor ska vara spontade längs långsidorna och monteras med 2 mm rörelsefog längs kortsidorna, se *figur 8.4*.

Tabell 8.2 Exempel på minsta mängd infästningar av takplywoodskivor

Placering	Maximalt centrumavstånd (mm)	Minimalt antal spik (st)	
		Bredd skiva, 600 mm	Bredd skiva, 1200 mm
Längs kant	150	5	9
Övrigt	300	3	5

8.2 Dimensionering av takskivor

Takskivorna har två huvuduppgifter med avseende på stabilisering. Takskivorna ska ta upp de skjuvkrafter som uppkommer av framför allt vindlaster. Skivorna ska även stabilisera takstolarnas överramar med avseende på knäckning i veka riktningen på grund av stora normalkrafter som uppkommer av verkande vertikallaster.

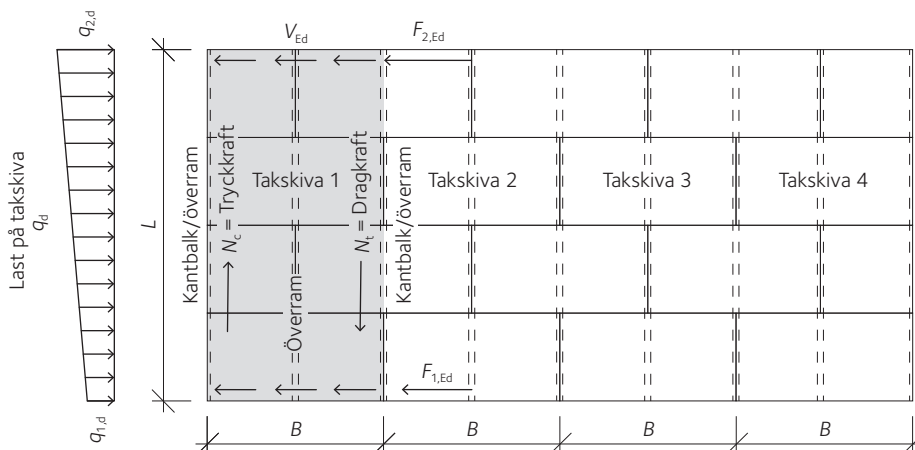
Nedan angivna formler och beräkningar gäller för takskivor med verifierade värden på hållfasthet och styvhet. I dagsläget saknas verifierade underlag för underlagssponts skjuvkapacitet och skjuvstyvhet. Principen är dock till stora delar densamma även för luckor av underlagsspont.

Takskivan betraktas som en fritt upplagd hög balk för pulpettak och för sadeltak betraktas takskivan som en konsol med enbart upplag vid väggband. Dimensioneringsprincipen är enligt följande:

- Kontrollera drag- och tryckspänningar i takskivans ytterkant, det vill säga i överramar,nockreglar och hammarband.
- Kontrollera skjuvspänningen i takskivan.
- Dimensionera och kontrollera infästningen mellan takskivorna och takstolarna.
- Dimensionera och kontrollera infästningen av takstolarna till ytterväggar.
- Kontrollera takskivan med avseende på normalkrafter i överramar och tillkommande laster av takstolarnas snedställning.

8.2.1 Dimensionering av takskiva, pulpettak, vind mot gavel

Den vindlast som angriper på byggnadens gavel tas upp av takskiva och eventuell innetaksskiva. Takskivan betraktas som en hög balk med bredden B , som är fritt upplagd på två stöd. För pulpettak utgörs stöden av ytterväggarnas respektive hammarband. Takskivans verk samma bredd bestäms av konstruktör och anpassas till takstolarnas placering. Takstolarnas överramar fungerar som kantbalkar och ska kunna ta upp drag- och tryckkrafter.



Figur 8.5 Principfigur, takskiva med beteckningar. Takskivan betraktas som hög balk. Lasten på skivan, q_d , är vanligtvis triangulär förutom för sargtak.

Maximalt böjmoment kring takskivans z-axel fås enligt:

$$8.1 \quad M_{z,Ed} = \frac{q_{1,d} \cdot L^2}{8} + 0,064 \cdot (q_{2,d} - q_{1,d}) \cdot L^2$$

där:

$q_{d,1}$, $q_{d,2}$ är dimensionerande last, vanligtvis vindlast.
 L är överramens längd.

Maximala tillägg för drag- och tryckkrafter i takskivans kanter på grund av last enligt figur 8.5 fås enligt:

$$8.2 \quad N_{t,Ed} = N_{c,Ed} = \frac{M_{z,Ed}}{B}$$

där:

B är takskivans bredd och sätts vanligtvis till $2B \leq L \leq 6B$ enligt SS-EN 1995-1-1 kapitel 9.2.3.2.

Den fiktiva balkens upplagsreaktioner ger maximala tillägg för drag- och tryckkrafter i konstruktionens hammarband, $F_{1,Ed}$ och $F_{2,Ed}$:

$$8.3 \quad F_{1,Ed} = \frac{q_{1,d} \cdot L}{2} + \frac{(q_{2,d} - q_{1,d}) \cdot L}{6}$$

$$F_{2,Ed} = \frac{q_{1,d} \cdot L}{2} + \frac{(q_{2,d} - q_{1,d}) \cdot L}{3}$$

Maximala skjuvkraften, V_{Ed} , i takskivan kan beräknas enligt:

$$8.4 \quad V_{Ed} = \frac{F_{\max,Ed}}{B}$$

där:

$F_{\max,Ed}$ är det största värdet av $F_{1,Ed}$ och $F_{2,Ed}$.

Krafter i takstolens överram ska adderas till de normalkrafter och moment som verkar på överramen på grund av andra laster. Tillkommande spänningar i överram fås enligt:

$$8.5 \quad f_{c,0,Rd} \geq \frac{N_{c,Ed}}{A}$$

$$8.6 \quad f_{t,0,Rd} \geq \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

där:

$f_{t,0,Rd}$ är dimensionerande värde för draghållfasthet längs fiberriktningen.

$f_{c,0,Rd}$ är dimensionerande värde för tryckhållfasthet längs fiberriktningen.

A är virkets tvärsnittsarea.

Takstolens överram ska kontrolleras för tvärkraft tillsammans med övriga på takstolen verkande laster enligt:

$$F_{\text{Ed, nb}} = \frac{F_{\text{max, Ed}}}{n_b} \quad 8.7$$

där:

$F_{\text{Ed, nb}}$ är den tvärkraft som verkar på takstolens överram.
 n_b är antalet takstolar inom beräknad takskiva.

Kontroll av takskivans skjuvspänning görs genom kontroll av takskivans skjuvkapacitet enligt:

$$f_{\text{v, Rd}} \geq \tau_{\text{Ed}} = \frac{F_{\text{max, Ed}}}{B \cdot t} \quad 8.8$$

där:

$f_{\text{v, Rd}}$ är takskivans dimensionerande skjuvhållfasthet.
 För kryssfananer och fanerträbalkar används värden för panelskjuvning.
 t är takskivans tjocklek.

8.2.2 Dimensionering av takskiva, sadeltak, vind mot gavel

Den vindlast som angriper på byggnadens gavel tas upp av takskivor och innertaksskiva. Sadeltak saknar upplag vid nock och kan dimensioneras enligt två olika metoder:

- **Metod 1.** Takskivor vid gavlar kontrolleras för den största vindlastens tryck- eller lyftkraft. Det förutsätts att både tryck- och lyftkrafter kan tas upp.
- **Metod 2.** Hela taket delas i lika stora takskivor och varje takskiva dimensioneras för sin andel av lasten.

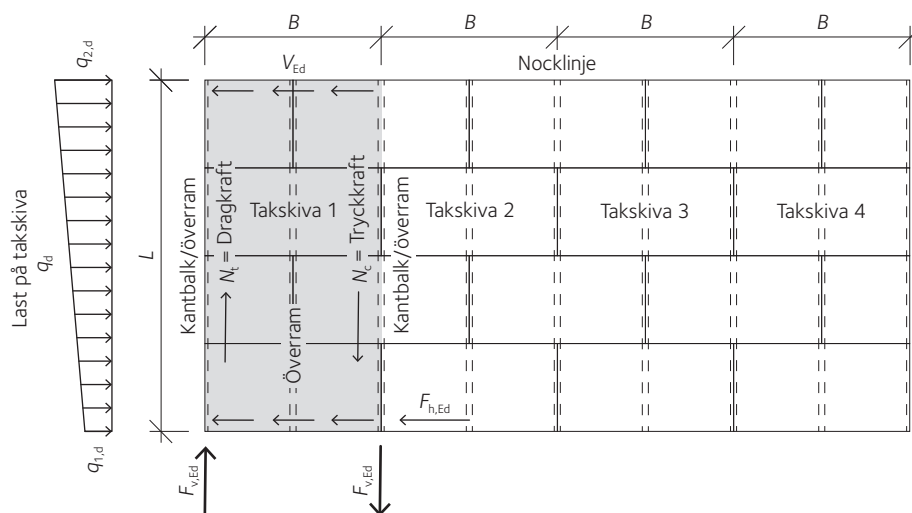
I detta avsnitt tillämpas metod 1. Takskivan betraktas som en hög balk med bredden B , som är inspänd i väggen. Takskivans verk samma bredd bestäms av konstruktör och anpassas till takstolarnas placering. Takstolarnas överramar fungerar som kantbalkar och ska kunna uppta drag- och tryckkrafter.

Maximalt böjmoment kring takskivans z-axel fås enligt:

$$M_{\text{z, Ed}} = \frac{q_{1, d} \cdot L^2}{2} + \frac{(q_{2, d} - q_{1, d})}{3} \cdot L^2 \quad 8.9$$

där:

$q_{1, d}$, $q_{2, d}$ är dimensionerande last, vanligtvis vindlast.
 L är överramens längd.



Figur 8.6 Princip takskiva för sadeltak med beteckningar

Maximala tillägg för drag- och tryckkrafter i takskivans kanter på grund av last enligt figur 8.6 fås enligt:

$$8.10 \quad N_{t,Rd} = N_{c,Rd} = \frac{M_{z,Ed}}{B}$$

där:

B är takskivans bredd och sätts vanligtvis till $2B \leq L \leq 6B$ enligt SS-EN 1995-1 kapitel 9.2.3.2.

Den fiktiva balkens upplagsreaktioner, $F_{h,Ed}$ ger maximala tillägg för drag- och tryckkrafter i konstruktionens hammarband enligt:

$$8.11 \quad F_{h,Ed} = q_{1,d} \cdot L + \frac{(q_{2,d} - q_{1,d}) \cdot L}{2}$$

Maximala skjuvkrafter i takskivan kan beräknas enligt:

$$8.12 \quad V_{Ed} = \frac{F_{h,Ed}}{B}$$

Maximal upplagsreaktion kan beräknas enligt:

$$8.13 \quad F_{v,Ed} = \frac{M_{z,Ed}}{B}$$

Krafter i takstolens överram eller takbalk ska adderas till de normalkrafter och moment som verkar på överramen på grund av andra laster. Tillkommande spänningar fås enligt:

$$f_{c,0,Rd} \geq \frac{N_{c,Ed}}{A} \quad 8.14$$

$$f_{t,0,Rd} \geq \frac{N_{t,Ed}}{A} \quad 8.15$$

där:

$f_{c,0,Rd}$ är dimensionerande värde för tryckhållfasthet längs fiberriktningen.

$f_{t,0,Rd}$ är dimensionerande värde för draghållfasthet längs fiberriktningen.

A är virkets tvärsnittsarea.

Takbalk eller takstolens överram ska kontrolleras för tvärkraft tillsammans med övriga på takstolen verkande laster enligt:

$$F_{Ed,nd} = \frac{F_{h,Ed}}{n_b} \quad 8.16$$

där:

$F_{Ed,nd}$ är tvärkraft som verkar på takstol.

n_b är antalet takstolar inom takskivans område.

Kontroll av takskivan görs genom kontroll av skjuvspänningen i takskivan enligt:

$$f_{v,Rd} \geq \tau_{Ed} = \frac{F_{h,Ed}}{B \cdot t} \quad 8.17$$

där:

$f_{v,Rd}$ är takskivans dimensionerande skjuvhållfasthet.

För takplywoodskivor används värden för panelskjuvning.

t är takskivans tjocklek.

Dimensionering av takstolarnas infästning till hammarband

Takstolarna fästs in för takskivans maximala horisontella upplagsreaktion, F_h , enligt figur 8.6, sidan 114. Eftersom takskivan endast har upplag vid en långsida fås även drag- och tryckkrafter i takstolarnas överramar, F_v enligt figur 8.6, sidan 114. Den horisontella komponenten av kraften överförs via takstolens underram och balanseras ut av motsvarande krafter på den andra takhalvan för symmetriska sadeltak. Den vertikala komponenten ska föras ner till underliggande vägg.

8.2.3 Dimensionering av takskiva, vind mot långsida

Den vindlast som angriper på byggnadens långsida tas upp av takskivan. Takskivan betraktas som en hög balk med bredden B , som är fritt upplagd på två stöd. Takstolarna fungerar som balkar och för ner lasten till upplagen medan hammarband ochnockregel eller kortlingsrad fungerar som tryck- och dragstag. Balkens skjuvkrafter ska tas upp av takskivorna och antas jämnt fördelade över ytan.

Takskivans verksamma bredd bestäms av konstruktör och anpassas till takstolarnas placering.

Den last som verkar på byggnaden antas oftast vara den horisontella komponenten av vindlasten som verkar på taket samt halva vägghöjden. Vindlasten på nedre delen av väggen antas gå direkt ner till grunden. Om det finns bjälklag eller andra avstyvande konstruktioner kan de också förväntas ta upp en del av vindlasten.

Sadeltak betraktas som två enskilda takskivor, en på vardera sidan om nocken.

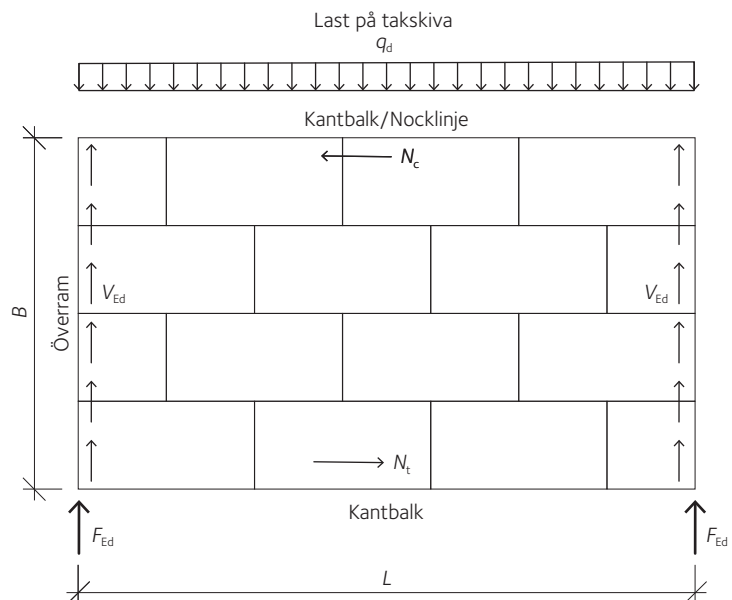
Maximalt böjmoment kring takskivans z-axel fås enligt:

$$8.18 \quad M_{z,Ed} = \frac{q_d \cdot L^2}{8}$$

där:

q_d är dimensionerande last, vanligtvis vindlast.

L är takets längd och sätts vanligtvis till $2B \leq L \leq 6B$ enligt SS-EN 1995-1-1 kapitel 9.2.3.2.



Figur 8.8 Principfigur takskiva med beteckningar. Takskivan betraktas som hög balk.

Maximala tillägg för drag- och tryckkrafter i hammarband ochnockregel på grund av last enligt figur 8.8 fås enligt:

$$N_{t,Ed} = N_{c,Ed} = \frac{M_{z,Ed}}{B} \quad 8.19$$

där den fiktiva balkens upplagsreaktioner ger maximala tillägg för drag- och tryckkrafter i konstruktionens upplagspunkter, F_{Ed} :

$$F_{Ed} = \frac{q_d \cdot L}{2} \quad 8.20$$

Maximala skjuvkrafter, V_{Ed} , i takskivan kan beräknas enligt:

$$V_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{B} \quad 8.21$$

där:

B är taksquivans bredd, vanligtvis överramens längd.

Kontroll av spänningar i nockregeln respektive hammarband görs enligt:

$$f_{c,0,Rd} \geq \frac{N_{c,Ed}}{A} \quad 8.22$$

$$f_{t,0,Rd} \geq \frac{N_{t,Ed}}{A} \quad 8.23$$

där:

$f_{c,0,Rd}$ är dimensionerande värde för draghållfasthet längs fiberriktningen.

$f_{t,0,Rd}$ är dimensionerande värde för tryckhållfasthet längs fiberriktningen.

A är virkets tvärsnittsarea.

Görs nockregeln med kortlingar måste kantbalken kompletteras med dragband för att ta upp dragkrafterna. Vinddragbandet väljs beroende på last och placeras på ovansidan eller undersidan av nockregeln.

Kontroll av takskivan görs genom kontroll av skjuvspänningen i skivan enligt:

$$f_{v,Rd} \geq \tau_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{B \cdot t} \quad 8.24$$

där:

$f_{v,Rd}$ är skivans dimensionerande skjuvhållfasthet.

För plywood används värden för panelskjuvning.

t är skivans tjocklek.

8.2.4 Dimensionering av takskiva, normalkraft i överram och snedställning av takstolar

Vindlast mot långsida eller gavel tillsammans med tryckta överramar verkar i samma riktning. Samtliga laster ska adderas vilket ofta ger dimensionerande lastfall. Dimensionerande utböjande last är summan av snö- och vindlast samt snedställningslaster, där första delen av formeln avser horisontella laster på grund av normalkraft i överram. Andra delen avser horisontella laster på grund av snedställning av takstolar och tredje delen avser horisontella laster på grund av vind.

$$8.25 \quad q_d = q_{d,1} + q_{d,2} + |q_{v,d}|$$

där:

$q_{d,1}$ är horisontell last på grund av normalkraft i överram.

$q_{d,2}$ är horisontell last på grund av snedställning av takstol.

$q_{v,d}$ är den del av horisontell vindlast som ska tas upp av takskivan. Avser vindlast mot gavel samt eventuellt vindlast på grund av friktion parallellt takets yta.

Horisontell last på grund av normalkraft i överram

För att säkerställa takkonstruktionen ska takskivan kontrolleras med avseende på avstyvning av takstolarnas överramar i veka riktningen i likhet med vad som beskrivits i *kapitel 5, Stabilisering av takkonstruktion, sidan 71*.

$$8.26 \quad q_{d,1} = \frac{k_1 \cdot n}{k_{f,3} \cdot l} \cdot N_d$$

där:

N_d är medelvärdet av den dimensionerande tryckkraften i bärverksdelen.

l är bärverksdelens längd i meter.

$k_{f,3}$ är korrektionsfaktor som i Sverige är satt till 30.

n är antal medverkande takstolar.

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \sqrt{\frac{15}{l}} \end{array} \right.$$

Horisontell last på grund av snedställning

Snedställning av takstolar ger upphov till horisontella laster enligt:

$$8.27 \quad q_{d,2} = n \cdot \tan \varphi \cdot q_{z,d}$$

där:

$q_{z,d}$ är vertikal linjelast verkande på varje takstols överram.

$\tan \varphi$ är takstolens vertikala lutning. För hanbjälkar sätts den till 0.

8.2.5 Dimensionering av takskivans infästning till takstolarna

Infästningen till takstolar ska dimensioneras för både tvärkraft och utdragskraft. Kontroll av tvärkraft görs enligt:

$$F_{v,Rd} \geq F_{Ed} = \frac{b}{n} \cdot \tau_{Ed} \quad 8.28$$

där:

- $F_{v,Rd}$ är fästdonets dimensionerande tvärkraft hållfasthet.
- b är takskivans bredd.
- τ_{Ed} är aktuell skjuvspänning.
- n är antal spik eller skruv.

Kontroll av utdragskraft görs enligt:

$$F_{ax,Rd} \geq F_{ax,Ed} = \frac{q_d}{n} \cdot A \quad 8.29$$

där:

- $F_{ax,Rd}$ är fästdonets dimensionerande utdragshållfasthet.
- A är takskivans yta eller delyta.
- q_d är dimensionerande lyftkraft orsakad av vindlast.

Kontroll av kombinationen av laster ska även göras enligt SS-EN 1995-1-1 enligt följande:

$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 \leq 1,0 \quad 8.30$$

Vindlasten verkar olika på taket. För de olika zonerna ska kombinationen av laster kontrolleras vilket medför att antalet spik kan behöva ökas i randzoner.

8.2.6 Utformning av takfot

Takskivor är mycket styva i sitt plan och kan därför användas även för stabilisering av stora byggnader. För att tillräcklig stabilitet ska uppnås krävs att takskivkapaciteten, stabilisering vid takfot och infästning till stommen, uppfyller de krav som ställs. Vanligtvis är det vindlasten mot gavlar som är dimensionerande. Se mera i *exempel Stabilisering av tak med takplywoodskivor, sidan 132*.

För byggnader med bärande stomme av träreglar är infästningen till hammarband och stabilisering av takfot oftast tillräcklig om det sker med vinkelbeslag eller gaffelankare. Vid vindutsatta lägen kan det behövas stabiliserande kortlingar av konstruktionsvirke i takfot, se *avsnitt 8.1, sidan 107*.

De stabiliserande kortlingarna av konstruktionsvirke i takfoten placeras lämpligen mellan samtliga takstolar då kortlingarna även kan nyttjas som isoleringsstopp. Kortlingar av konstruktionsvirke ska inpassas väl mellan takstolarna för att kunna föra över krafter till hammarbandet på ett verksamt sätt.

Exempel 1

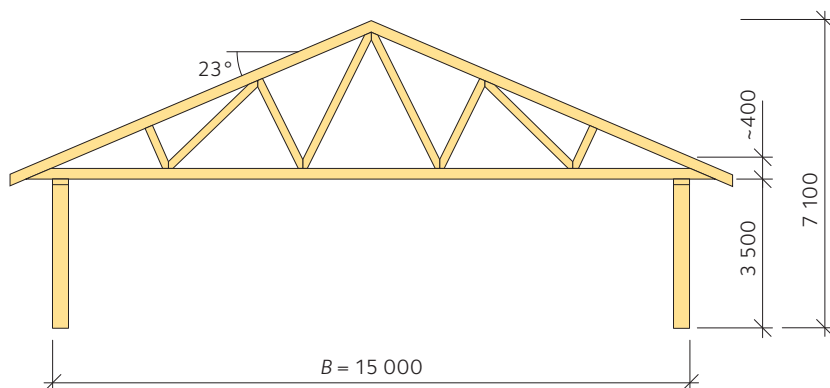
Stabilisering av tak med dragband och parallellfackverk

- 9.1 Konstruktion, mått och dimensioneringsunderlag 120
- 9.2 Laster 121
- 9.3 Generellt 123
- 9.4 Stabilisering av tak 123
 - 9.4.1 Lastfall 123
 - 9.4.2 Horisontell last på grund av normalkrafter i överram 124
 - 9.4.3 Horisontell last på grund av snedställning 125
 - 9.4.4 Horisontell last på grund av vind mot gavel och friktion 125
 - 9.4.5 Total dimensionerande last per parallellfackverk 125
- 9.5 Dimensionerande krafter 126
- 9.6 Kontroll av material 126
 - 9.6.1 Kontroll av kortlingar 127
 - 9.6.2 Kontroll av dragband 127
 - 9.6.3 Kontroll av takstolens överram 127
- 9.7 Kontroll av infästningar 128
 - 9.7.1 Kontroll av dragbandets nedre infästning 128
 - 9.7.2 Kontroll av dragbandets övre infästning 129
 - 9.7.3 Kontroll av knapets infästning i överram (utförande utan parallellfackverk) 129
 - 9.7.4 Kontroll av parallellfackverkets infästning till takstolar 129
- 9.8 Kontroll av styvhet 130
 - 9.8.1 Kontroll av avstyvning av enskild bärverksdel, läkt 130
 - 9.8.2 Kontroll av stagningspunkternas fjäderstyvhet längs takstolens överram 130

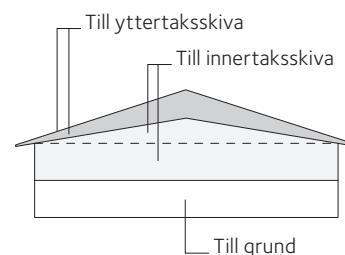
Exemplet avser en enplansbyggnad med sadeltak. Byggnadens yttermått är 15 × 30 m. Stabiliseringen av takkonstruktionen är gjord med tre parallellfackverk och dragband av stål.

9.1 Konstruktion, mått och dimensioneringsunderlag

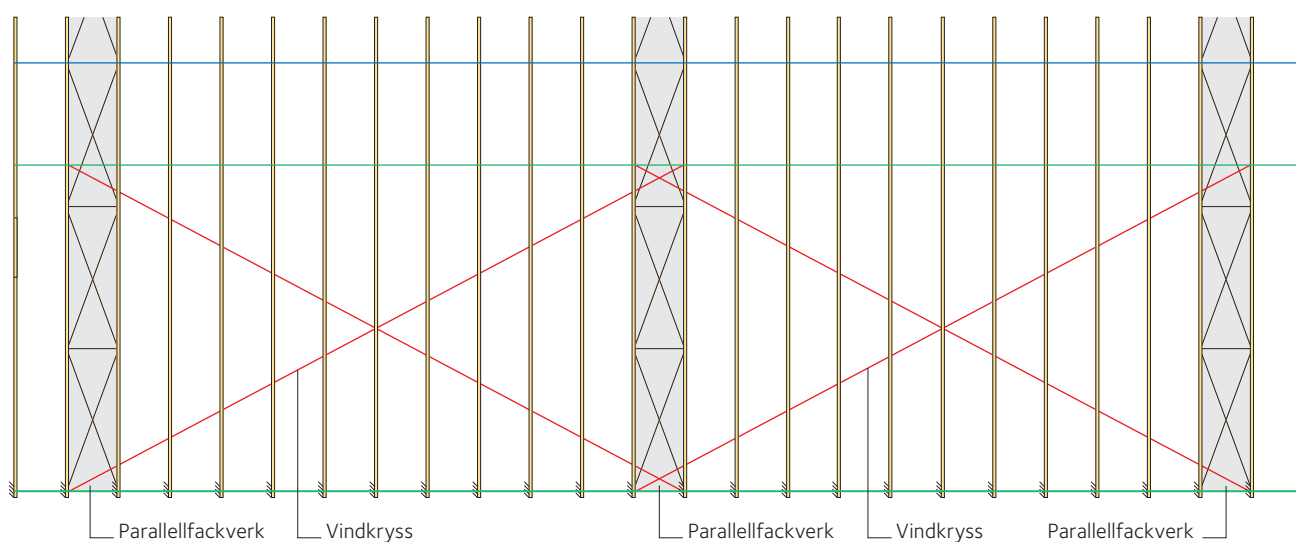
Förutsättningar	
Byggnadens bredd	$B = 15 \text{ m}$
Byggnadens längd	$L = 30 \text{ m}$
Taklutning	$\alpha = 23^\circ$
Totalhöjd	$H = 7,1 \text{ m}$
Väggens höjd	$h_{\text{vägg}} = 3,5 \text{ m}$
Centrumavstånd takstolar	$c = 1\,200 \text{ mm}$
Yttertak	Lätt yttertak, $q_{G,k} = 0,3 \text{ kN/m}^2$.
Snözon	2,0
Referensvindhastighet	$v_{b,0} = 24 \text{ m/s}$
Säkerhetsklass	2
Höjd takfot	$h_{\text{takfot}} = 400 \text{ mm}$
Höjdnock från väggband	$h_{\text{nock}} = 0,5 B \tan \alpha + h_{\text{takfot}} = 0,5 \cdot 15 \cdot \tan 23 + 0,4 = 3,6 \text{ m}$
Överramens längd exklusive takfot	$l_{\text{överram}} = 0,5 \cdot B / \cos \alpha = 0,5 \cdot 15 / \cos 23 = 8,14 \text{ m}$
Uppställningstolerans takstolar	Maximal snedställning $\Delta_0 = 20 \text{ mm}$.
Stabilisering globalt	Vindkryss. Innertaket, takstolarnas underramar, stabiliseras med hjälp av fackverk. Dimensioneras inte i exemplet.
Last mot gavel fördelas	Enligt figur 9.2, sidan 121.
Antal parallellfackverk	3 per sida, placering enligt figur 9.3, sidan 121.
Antal takstolsfack per parallellfackverk	$n = 25/3 = 8,3$
Infästning dragband	Cirka 0,7 meter från nock och då blir dragbandets lutning $\beta = 32^\circ$.
Innertakskiva	Innertaksskivan dimensioneras för att fördela halva gavellasten till ytterväggar. Last mot gavel fördelas enligt figur 9.2, sidan 121.
Övrigt	Vinden på gavel, tryck, överförs via kortlingar till alla parallellfackverken medan vindsug tas av enbart närmast liggande parallellfackverk.



Figur 9.1 Skiss WW-takstol



Figur 9.2 Fördelning av vindlast mot gavel



Figur 9.3 Takplan, en takhalva redovisad
Grönt streck indikerar kortlingsrad, blått streck indikerar nocklinje.

9.2 Laster

Egenlast

Egenlast tak:

$$q_{G,k} = 0,3 \text{ kN/m}^2$$

Innertak:

$$q_{\text{innertak},G,k} = 0,3 \text{ kN/m}^2$$

Nyttig last

$$q_{NL} = 0$$

Snölast

$$q_{S,k} = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

Formfaktor tak, snö, $\mu_2 = 0,8$ respektive $\mu_5 = 1,1$.

Reduktionsfaktor för snölast, $\psi_0 = 0,7$.

Från takstolberäkning fås normalkrafter i överram. Normalkraften varierar längs överramen och beror av takstolens utformning. För fackverkstakstolar har man vanligtvis största normalkraft vid takfot. I exemplet har följande normalkrafter använts:

$$N_{\text{snö,nock,d}} = 41 \text{ kN (snölast huvudlast, osymmetrisk).}$$

$$N_{\text{snö,takföt,d}} = 61 \text{ kN.}$$

$$N_{\text{snö,d}} = 60 \text{ kN (valt dimensionerande värde).}$$

Vindlast

$v_{b,0} = 24 \text{ m/s}$, terrängtyp III, $H = 7,1 \text{ meter}$ vilket ger hastighetstryck $q_{v,k} = 0,48 \text{ kN/m}^2$. Reduktionsfaktor för vindlast $\psi_0 = 0,3$.

Formfaktorn för utvändig vindlast för vägg, C_{pe} , i zon D och E enligt SS-EN 1991-1-4:

$$H/L = 7,1/30 = 0,24 \text{ ger}$$

$$C_{pe,10,D} = +0,7 \text{ (tryck) respektive } C_{pe,10,E} = -0,3 \text{ (sug).}$$

Formfaktor för utvändig vindlast på tak vid vind mot långsida i zon H och I enligt SS-EN 1991-1-4: Utvändigt tryck, tak:

$$C_{pe,10,H} = 0,3$$

$$C_{pe,10,I} = -0,4$$

Formfaktor för utvändig vindlast på tak vid vind mot gavel, zon H:

$$C_{pe,10,H} = -0,7$$

Den resulterande kraften vid beräkningar multipliceras med 0,85 på grund av bristande korrelation mellan vindlasten på lä- och lovartsidan.

Friktionslast på grund av vind

Friktionskoefficient sätts till $C_{fr} = 0,04$ för korrugerad plåt och tegel enligt SS-EN 1991-1-4:2005. Vindlast på grund av friktion antas verka från avståndet $4 \cdot (h_{\text{nock}} + h_{\text{vägg}}) = 4 \cdot (3,6 + 3,5) = 28,4 \text{ m}$ från vindutsatt gavel. Total längd där vindlast verkar genom friktion blir $l_{fr} = 30 - 28,4 = 1,6 \text{ m}$. Vanligtvis antas att friktionen enbart tas upp av parallellfackverk på läsidan.

Dimensionerande last på grund av friktion blir:

$$\begin{aligned} q_{\text{friktion,v,d}} &= \gamma_Q \cdot \gamma_d \cdot q_p \cdot c_{fr} \cdot l_{fr} = \\ &= 1,50 \cdot 0,91 \cdot 0,48 \cdot 0,04 \cdot 1,6 = 0,04 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

9.3 Generellt

Stabiliserande takkonstruktion bör kontrolleras för följande lastfall:

- Laster verkande på taket vid vind mot långsida.
- Laster verkande på taket vid vind mot gavel.
- Vertikala laster verkande på taket.
- Kombinerade laster verkande på taket.

9.4. Stabilisering av tak

Den horisontella linjelast som verkar på till exempel ett parallellfackverk kan skrivas som:

$$q_d = \left(\frac{k_l \cdot n}{k_{f,3} \cdot l} \cdot N_d + n \cdot \tan \varphi \cdot q_{z,d} + |q_{v,d}| \right)$$

Första delen i ekvationen beskriver horisontella krafter i takplanet på grund av normalkrafter i takstolens överram. Andra delen i ekvationen beskriver kraften på grund av snedställning av takstolar och tredje delen beskriver vindlasten, $q_{v,d}$, verkande på gavel.

9.4.1 Lastfall

Antalet medverkande takstolsfack per parallellfackverk uppgår till:

$$n = \frac{25}{3} = 8,3$$

Antal dragstag som tar upp laster verkande på parallellfackverk uppgår till 2.

I värsta scenariot antas vind mot gavel eftersom utböjningskrafter i överram och snedställningskrafter då verkar i samma riktning. Två lastfall kan då vara av intresse, när snölast är huvudlast alternativt när vind är huvudlast.

Alternativ 1: Snölast betraktas som huvudlast

Egenvikt:

$$q_{\text{egenvikt,d}} = \xi \cdot \gamma_G \cdot \gamma_d \cdot q_{G,k} = 0,89 \cdot 1,35 \cdot 0,91 \cdot 0,3 = 0,33 \text{ kN/m}^2$$

Snölast:

$$q_{\text{snölast,d}} = \mu_s \cdot \gamma_Q \cdot \gamma_d \cdot q_{S,k} = 1,1 \cdot 1,5 \cdot 0,91 \cdot 2,0 = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

Vindlast på tak, reducerad:

$$q_{\text{vind,tak,red,d}} = C_p \cdot \gamma_Q \cdot \gamma_d \cdot \psi_0 \cdot q_{v,k} = 0,7 \cdot 1,5 \cdot 0,91 \cdot 0,3 \cdot 0,48 = 0,14 \text{ kN/m}^2$$

Vindlast mot gavel: 0 kN/m²

Dimensionerande normalkraft i takstolens överram, N_d , hämtas från takstolsberäkning eller via överslagsberäkning. Snölast som huvudlast med reducerad vindlast ger $N_{\text{snö,d}} = 60 \text{ kN}$. Vid dimensionering av infästningar kan det behövas kontroll av ytterligare lastfall. Snölast betraktas som medellång varaktighet och vindlast som kortvarig varaktighet.

Alternativ 2: Vindlast mot gavel betraktas som huvudlast

Egenvikt:

$$q_{\text{egenvikt,d}} = \xi \cdot \gamma_G \cdot \gamma_d \cdot q_{G,k} = 0,89 \cdot 1,35 \cdot 0,91 \cdot 0,3 = 0,33 \text{ kN/m}^2$$

Snölast, reducerad:

$$q_{\text{snölast,red,d}} = \mu_s \cdot \gamma_Q \cdot \gamma_d \cdot \psi_0 \cdot q_{S,k} = 1,1 \cdot 1,5 \cdot 0,91 \cdot 0,7 \cdot 2,0 = 2,1 \text{ kN/m}^2$$

Vindlast på tak:

Eventuella sugkrafter på tak vid vind mot gavel har satts till:

$$q_{\text{vind,tak,d}} = 0 \text{ kN/m}^2$$

Vindlast mot gavel:

$$\begin{aligned} q_{\text{vind,takfot,d}} &= C_p \cdot \gamma_Q \cdot \gamma_d \cdot q_{v,k} \cdot \frac{h_{\text{takfot}}}{2} = \\ &= 1,0 \cdot 1,5 \cdot 0,91 \cdot 0,48 \cdot \frac{0,4}{2} = 0,13 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{\text{vind,nock,d}} &= C_p \cdot \gamma_Q \cdot \gamma_d \cdot q_{v,k} \cdot \frac{h_{\text{nock}}}{2} = \\ &= 1,0 \cdot 1,5 \cdot 0,91 \cdot 0,48 \cdot \frac{3,6}{2} = 1,2 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Vindlast på tak, friktion:

$$q_{\text{friktion,v,d}} = 0,04 \text{ kN/m}$$

N_d hämtas från takstolsberäkning eller via överslagsberäkning. Vindlast är huvudlast med reducerad snölast vilket ger en normalkraft i överramen av $N_{\text{vind,d}} = 43 \text{ kN}$.

9.4.2 Horisontell last på grund av normalkrafter i överram

Den utböjande kraften på grund av överramens dimensionerande normalkraft, N_d , för ett parallellfackverk:

Alternativ 1:

$$q_{d,1,1} = \left(\frac{k_1 \cdot n}{k_{f,3} \cdot l_{\text{överram}}} \cdot N_{\text{snö,d}} \right) = \frac{1,0 \cdot 8,3 \cdot 60}{30 \cdot 8,14} = 2,04 \text{ kN/m}$$

Alternativ 2:

$$q_{d,1,2} = \left(\frac{k_1 \cdot n}{k_{f,3} \cdot l_{\text{överram}}} \cdot N_{\text{vind,d}} \right) = \frac{1,0 \cdot 8,3 \cdot 43}{30 \cdot 8,14} = 1,46 \text{ kN/m}$$

9.4.3 Horisontell last på grund av snedställning

Maximal snedställning sätts till: 20 mm.

$$\tan \varphi = \frac{20}{3600} = 0,0057$$

Alternativ 1:

$$\begin{aligned} q_{z,d,1} &= \left(n \cdot \tan \varphi \cdot c \cdot (q_{\text{egenvikt,d}} + q_{\text{snölast,d}} + q_{\text{vind,tak,red,d}}) \right) = \\ &= 8,3 \cdot 0,0057 \cdot 1,2 \cdot (0,33 + 3,0 + 0,14) = 0,20 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Alternativ 2:

$$\begin{aligned} q_{z,d,2} &= \left(n \cdot \tan \varphi \cdot c \cdot (q_{\text{egenvikt,d}} + q_{\text{snölast,red,d}} + q_{\text{vind,tak,d}}) \right) = \\ &= 8,3 \cdot 0,0057 \cdot 1,2 \cdot (0,33 + 2,1 + 0) = 0,14 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

9.4.4 Horisontell last på grund av vind mot gavel och friktion

Alternativ 1:

$$q_{v,d,1} = 0 \text{ kN/m}$$

Alternativ 2:

$$\begin{aligned} q_{v,d,2} &= \left((q_{\text{vind,takföt,d}} + q_{\text{vind,nock,d}}) / 2 + q_{\text{friktion,d}} \right) / 3 = \\ &= \left((0,14 + 1,3) / 2 + 0,04 \right) / 3 = 0,25 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

9.4.5 Total dimensionerande last per parallellfackverk

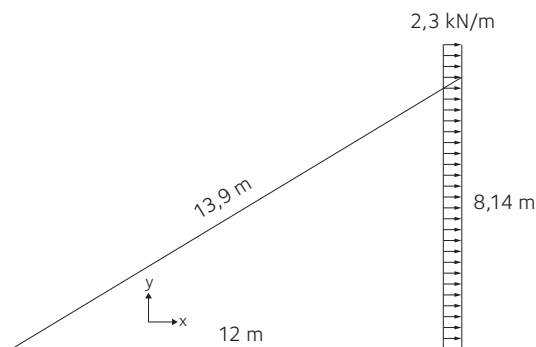
Alternativ 1: Snölast som huvudlast.

$$q_{\text{snö,d}} = (q_{d,1,1} + q_{z,d,1} + |q_{v,d,1}|) = 2,04 + 0,20 + 0 = 2,3 \text{ kN/m}$$

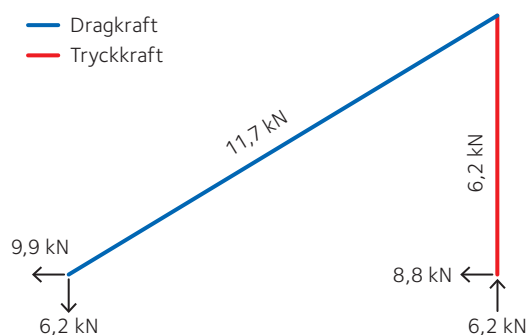
Alternativ 2: Vind som huvudlast.

$$q_{\text{vind,d}} = (q_{d,1,2} + q_{z,d,2} + |q_{v,d,2}|) = 1,46 + 0,14 + 0,25 = 1,9 \text{ kN/m}$$

I detta exempel blir *Alternativ 1: Snölast betraktas som huvudlast dimensionerande.*



Figur 9.4 Mått och laster för simulerat dragstag, parallellfackverk och hammarband



Figur 9.5 Resultat för simulerat dragstag, parallellfackverk och hammarband

9.5 Dimensionerande krafter

Alla tre parallellfackverken hjälper till att styva upp överramarna medan enbart två dragband medverkar vid stabilisering av parallellfackverken.

Dimensionerande last: $q_{snö,d} = 2,3 \text{ kN/m}$ per parallellfackverk.

Antag att dragstaget placeras cirka 0,7 meter nedanför nock och sträcker sig över tio takstolsfack (12 meter).

Beräkningar ger:

Betraktas parallellfackverket som en styv balk fås krafter enligt figur 9.5.

Maximala tillägg för drag- och tryckkrafter i överram takstol (eftersom beräkningen är gjord för tre parallellfackverk men enbart två verkar samtidigt på grund av dragbandens antal och placering) fås:

$$N_{\text{överram,t,d}} = N_{\text{överram,c,d}} = \frac{3}{2} \cdot 6,2 = 9,3 \text{ kN}$$

Maximala tillägg för drag- och tryckkrafter i hammarband och kortlingar (all last överfört till två parallellfackverk):

$$N_{t,d} = N_{c,d} = \frac{3}{2} \cdot 9,9 = 14,9 \text{ kN}$$

Maximal dragkraft i dragband, enbart två dragband är verksamma:

$$F_{\text{dragband,d}} = \frac{3}{2} \cdot 11,7 = 17,6 \text{ kN}$$

Maximal infästningskraft, vertikalt:

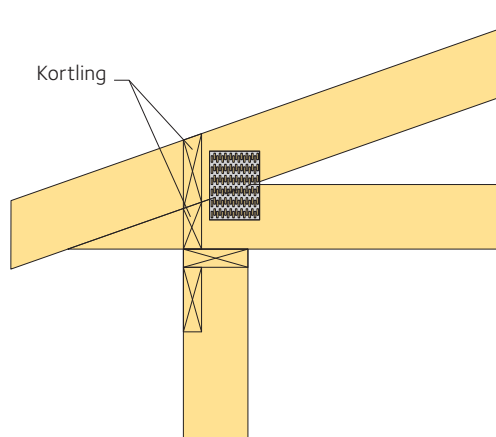
$$F_{\text{vägg,vert,d}} = F_{\text{dragband,d}} \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha = 3,7 \text{ kN}$$

där:

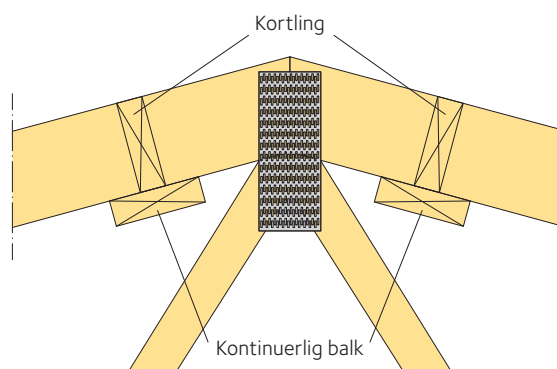
β är dragbandets lutning i takplanet (32°).

α är taklutningen (23°).

9.6 Kontroll av material



Figur 9.6 Principskiss, utformning av kortlingar i takfot



Figur 9.7 Principskiss utformning av nockbalk

9.6.1 Kontroll av kortlingar

Kontroll av kortlingar av konstruktionsvirke mellan takstolar för knäckning i veka riktningen, 45 × 170 mm, i hållfasthetsklass C24:

$$\frac{N_{c,d}}{A} = \frac{N_{t,d}}{A} = \frac{14900}{45 \cdot 170} = 2,0 \text{ MPa}$$

Dimensionerande kapacitet, tryck:

$$f_{c,0,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,Rk}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 21,0}{1,3} = 12,9 \text{ MPa}$$

Dimensionerande kapacitet, knäckning kan bestämmas enligt SS-EN 1995-1-1:2004, 6.3, $l = 1,15 \text{ m}$:

$$k_c \cdot f_{c,0,d} = 0,39 \cdot 12,9 = 5,0 \text{ MPa} > 2,3 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

Kontroll tryck vinkelrätt fiberriktningen enligt SS-EN 1995-1-1:2004, kapitel 6.1.5:

$$\frac{N_{c,d}}{A_{ef}} = \frac{14900}{(45 + 30 + 30) \cdot 170} = 0,84 \text{ MPa}$$

Dimensionerande kapacitet, tryck vinkelrätt fiberriktningen:

$$f_{c,90,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,9,k} \cdot k_{c,90}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 2,5 \cdot 1,0}{1,3} = 1,54 \text{ MPa} > 0,84 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

9.6.2 Kontroll av dragband

Dragbandets dimensioner, 2,0 × 60 mm. Dimensionerande bärförmåga för dragband kan beräknas enligt SS-EN 1993-1-8 eller hämtas ur tabell från dragbandstillverkare, i exemplet används:

$$F_{\text{dragband,Rd}} = 22,5 \text{ kN}$$

$$F_{\text{dragband,d}} = 17,6 \text{ kN} < F_{\text{dragband,Rd}} \quad \text{OK}$$

9.6.3 Kontroll av takstolens överram

Övre infästningen av dragbandet medför att det uppstår en punktlast som verkar i överramens riktning. I detta exempel uppgår punktlasten till $N_{\text{överram,c,d}} = 9,3 \text{ kN}$ och förs via parallellfackverkets över- och under-ram ner till vägg.

I de fall när kraften överförs direkt via takstolens överram bör takstolens dimensioner åter kontrolleras.

9.7 Kontroll av infästningar

9.7.1 Kontroll av dragbandets nedre infästning

Dragbandet fästs med 18 stycken ankarspik 4,0 × 40 i kortling av konstruktionsvirke, 45 × 145 i hållfasthetsklass C24 eller parallellfackverkets vertikal.

Aktuell kraft i dragbandet: $F_{\text{dragband,d}} = 17,6 \text{ kN}$ enligt ovan.

Omvandling av krafter ger, beteckningar enligt figur:

Kraft i takfallets riktning:

$$F_{\text{takfall,d}} = F_{\text{dragband,d}} \cdot \sin \beta = 9,3 \text{ kN}$$

Kraft parallellt med hammarband:

$$F_{\text{vägg,h,d}} = F_{\text{dragband,d}} \cdot \cos \beta = 14,9 \text{ kN}$$

Kraft i väggens vertikala riktning:

$$F_{\text{vägg,vert,d}} = F_{\text{dragband,d}} \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha = 3,6 \text{ kN}$$

Kraft i takstolens underram:

$$F_{\text{underram,d}} = F_{\text{dragband,d}} \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha = 8,7 \text{ kN}$$

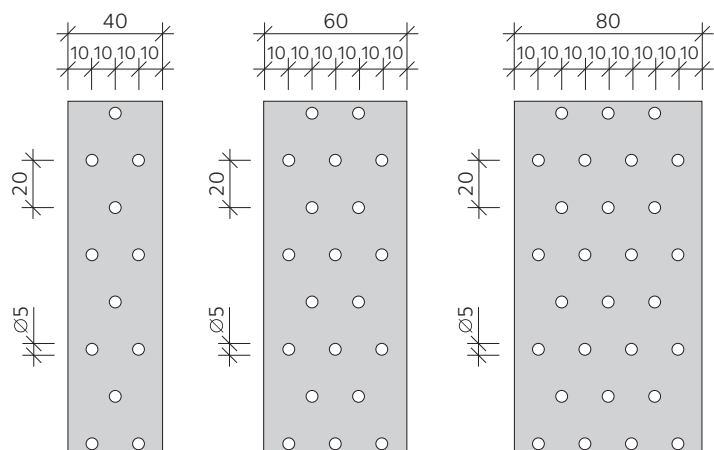
Kontroll spik och infästningslängd: 18 stycken spik 4,0 × 40 per infästning:

$$F_{\text{dragband,d}} = 17,6 \text{ kN}$$

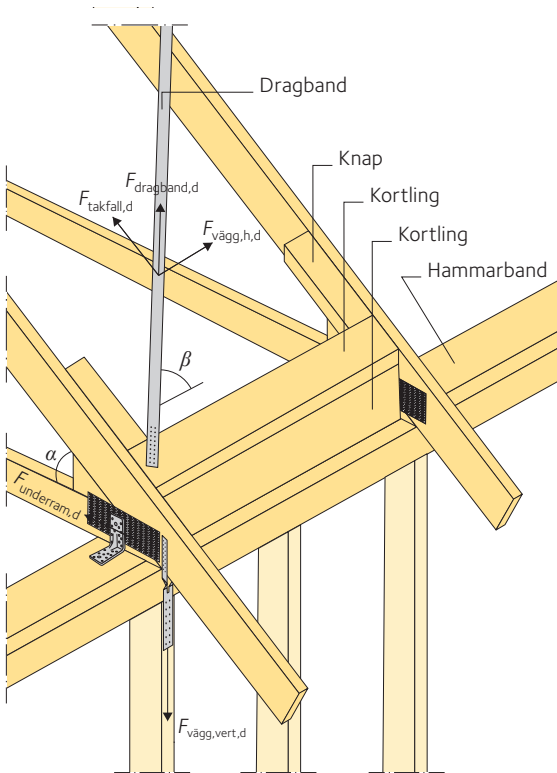
$$F_{\text{spik}} = 17,6 / 18 = 0,98 \text{ kN/spik} \leq F_{\text{dim,spik}} = 1,15 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Se tabell 9.1, sidan 129

Kontroll infästningslängd: 18 stycken ankarspik ger en total infästningslängd av $7 \cdot 20 = 140 \text{ mm}$ och tillsammans med erforderliga kantavstånd fås ett minsta tvärmått av $24 + 140 \cos 32 + 20 = 161 \text{ mm}$. Kortling av konstruktionsvirke 45 × 170 mm i hållfasthetsklass C24 är tillräckligt. Kant- och inbördes avstånd enligt SS-EN 1995-1-1, kapitel 8.3.1.4.



Figur 9.9 Exempel på hålbild för dragband



Figur 9.8 Definition av riktningar

Tabell 9.1 Kapacitet ankarspik

Diameter ankarspik (mm)	Längd ankarspik (mm)	Tvärkraft, karakteristisk (kN)	Tvärkraft, dimensionerande (kN)	Dragkraft, karakteristisk (kN)	Dragkraft, dimensionerande (kN)
3,1	40	1,28	0,75	0,74	0,43
4,0	35	1,98	1,15	0,80	0,47
4,0	40	1,98	1,15	0,96	0,56
4,0	50	1,98	1,15	1,28	0,74
4,0	60	1,98	1,15	1,60	0,93

9.7.2 Kontroll av dragbandets övre infästning

Infästning görs i parallellfackverkets vertikala stolpe alternativt kortling, antag konstruktionsvirke 45 × 170 mm i hållfasthetsklass C24. Lasten är i princip lika med den undre infästningen och därmed är virkesdimensionen tillräcklig.

9.7.3 Kontroll av knapets infästning i överram (utförande utan parallellfackverk)

Kortlingar av konstruktionsvirke fästs till överram genom spikning och knap. Dragbandets infästning är placerad invid takstol, se figur 9.10.

Kraft i takfallets riktning per infästningspunkt:

$$F_{\text{takfall,d}} = F_{\text{dragband,d}} \cdot \sin \beta = 9,3 \text{ kN}$$

Kortling skräspikas och mothållande knap, konstruktionsvirke 45 × 120 i hållfasthetsklass C24, längd 500 mm, förborras och skruvas med 5 stycken träskruv 7,0 × 140 med karakteristisk tvärkraftskapacitet $R_k = 3,34 \text{ kN}$:

$$R_{v,d} = \frac{R_k \cdot k_{\text{mod}}}{\gamma_M} = \frac{3,34 \cdot 0,9}{1,3} = 2,3 \text{ kN}$$

$$R_{v,d,\text{tot}} = 5 \cdot 2,3 = 11,5 \text{ kN} > 9,3 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

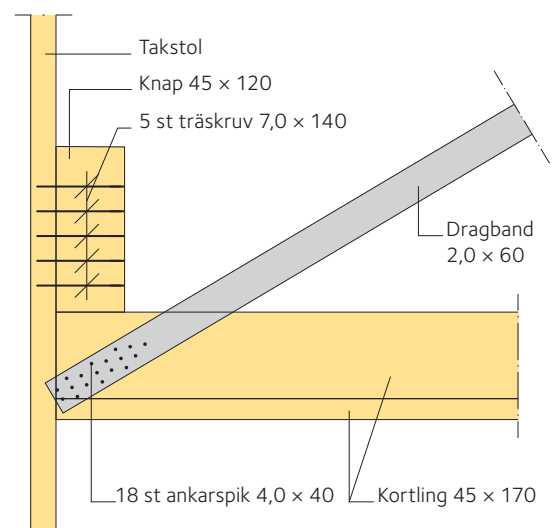
Kontroll, tryck vinkelrätt fiberriktningen vid anslutning mellan knap och kortling:

$$\frac{F_{\text{takfall,d}}}{A_{\text{ef}}} = \frac{9300}{45 \cdot (120 + 30)} = 1,38 \text{ MPa}$$

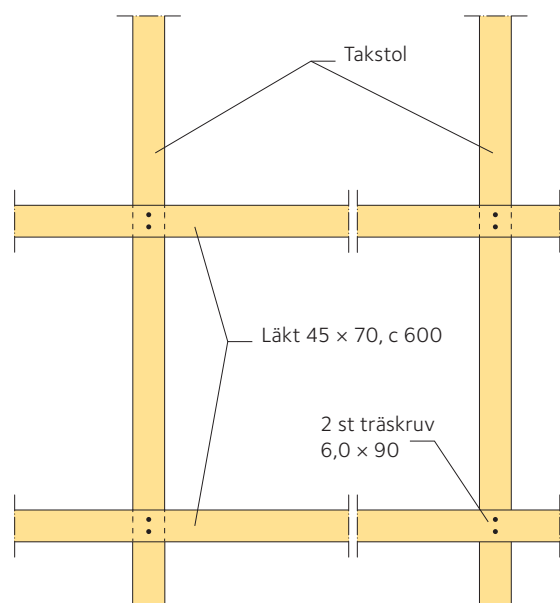
$$f_{c,0,\text{Rd}} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot f_{c,90,\text{k}}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 2,5}{1,3} = 1,73 \text{ MPa} > 1,38 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

9.7.4 Kontroll av parallellfackverkets infästning till takstolar

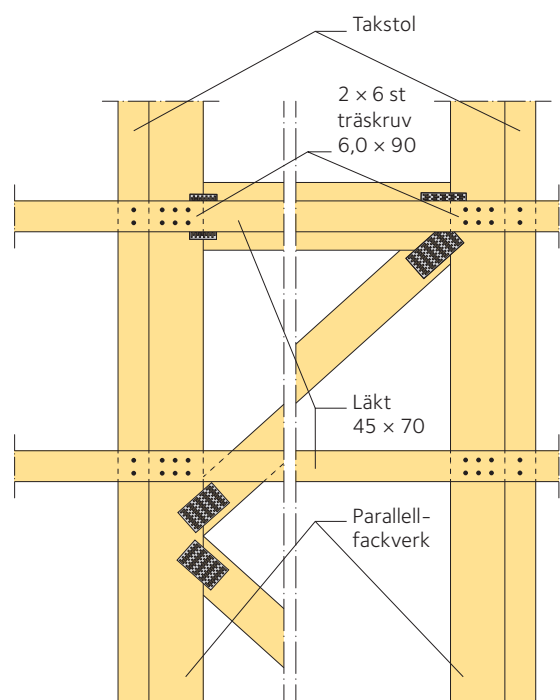
Parallellfackverket skruvas till takstolar vid infästningsnivån för dragband med motsvarande mängd träskruv som för infästning av knap, se figur 9.10. Infästningen sker med minst 5 stycken träskruv 7,0 × 140 mm per sida.



Figur 9.10 Infästning av knap till takstol



Figur 9.11 Infästning läkt till takstol



Figur 9.12 Infästning läkt-parallelfackverk

9.8 Kontroll av styvhet

Yttertaket består av ett lätt tak monterat på läkt av konstruktionsvirke 45×70 mm i hållfasthetsklass C24 med centrumavstånd 600 mm. Strukturens stagande system kräver både styrka och styvhet. Tillräcklig styrka så att varje enskild del, läkt, infästning med mera klarar de laster som är aktuella och att styvheten är tillräcklig för att förskjutningar inte medför tillkommande krafter. Överslagsmässigt ska stabilisering av överram motsvara cirka två procent av byggnadsdelens normalkraft. Om infästningarna av förstävningen är för flexibla kan det få negativa konsekvenser.

Följande delar ska beaktas vid en kontroll:

- Läktens dimensioner. Tas ej upp i exemplet.
- Infästningar och styvhet.

9.8.1 Kontroll av avstyvning av enskild bärverksdel, läkt

Kontroll av förbandet mellan takläkt och takstol görs enligt nedan under följande förutsättningar:

- 2 stycken träskruv $6,0 \times 90$ mm per läkt (centrumavstånd 600) och takstol
- 2×6 stycken träskruv mellan läkt och parallelfackverk
- $R_{skruv,v,k} = 2,06$ kN.

Kontroll av dimensionerande kapacitet, förband mellan läkt och takstol:

$$R_{läkt,v,Rd} = 2 \cdot R_{skruv,v,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} = 2 \cdot 2,06 \cdot \frac{0,9}{1,3} = 2,85 \text{ kN/läkt}$$

$$F_{v,d} = q_{snö,d} \cdot c = 2,3 \cdot 0,6 = 1,38 \text{ kN/läkt} < R_{läkt,v,Rd} \quad \text{OK}$$

Infästningen stagar upp takstolens överram i veka riktningen men påverkar inte takstolen i övrigt.

Kontroll av förband mellan läkt och parallelfackverk:

$$R_{par,v,Rd} = 6 \cdot 2 \cdot R_{skruv,v,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} = 12 \cdot 2,06 \cdot \frac{0,9}{1,3} = 17,1 \text{ kN}$$

(2 x 6 stycken träskruv 6,0 x 90 mm)

$$F_{par,v,d} = n \cdot F_{v,d} = 8,3 \cdot 1,38 = 11,5 \text{ kN} < R_{par,v,Rd} \quad \text{OK}$$

9.8.2 Kontroll av stagningspunkternas fjäderstyvhet längs takstolens överram

Kontroll av överramens styvhet görs i princip enligt gällande SS-EN 1995-1-1 men delar av lösningen är hämtad från rapporterna "Aussteifung von Nagelplattenkonstruktionen" och "Stabilisierung/sidostagning av sadeltak med stora spännvidder uppbyggda av spikplåtsförbundna fackverkstakstolar av trä" vilket kan anses ge mera rättvisande resultat än det som anges i SS-EN 1995-1-1.

Takläkt av konstruktionsvirke C14 skruvas till takstolens överram med skruv med en diameter av 6,0 mm. Karakteristiskt värde av snölast och egenvikt ger en normalkraft i överramen av cirka $N_d = 60$ kN och vid dimensioneringen förutsätts ett centrumavstånd av $a = 600$ mm. Erforderlig styvhet fås enligt:

$$C = k_s \cdot \frac{N_d}{a} = 4 \cdot \frac{60000}{600} = 400 \text{ N/mm}$$

För befintlig styvhet för exempelvis takläkt enligt ovan kan den totala fjäderstyvheten betraktas som tre seriekopplade fjädrar enligt:

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

där:

- C_1 är styvheten hos förbandet mellan överram och bärläkt.
- C_2 är styvheten hos förbandet mellan bärläkt och parallellfackverket/vägg.
- C_3 är styvheten med beaktande av bärläktens längd.

Förbandets styvhet per infästningspunkt kan enligt SS-EN 1995-1-1:2004, 7.1 utförd med 2 träskruv med diameter 6,0 mm:

$$K_{\text{ser}} = 2 \cdot \frac{\rho_m^{1,5} \cdot d^{0,8}}{23} = 2 \cdot \frac{380^{1,5} \cdot 6,0^{0,8}}{23} = 2701 \text{ N/mm}$$

där:

- ρ_m är träs densitet i kg/m^3 .
- d är skruvens diameter i millimeter.

$$C_1 = \frac{2}{3 \cdot \gamma_M} \cdot K_{\text{ser}} \cdot n_{\text{inail}} = \frac{2}{3 \cdot 1,3} \cdot 2701 \cdot 2 = 2770 \text{ N/mm}$$

där:

- K_{ser} är spikens styvhet.
- n_{inail} är antalet spik i respektive förband.

$$C_2 = \frac{2}{3 \cdot \gamma_M} \cdot K_{\text{ser}} \cdot \frac{n_{2\text{nail}}}{n_{\text{side}}} = \frac{2}{3 \cdot 1,3} \cdot 2701 \cdot \frac{6}{5} = 1662 \text{ N/mm}$$

där:

- $n_{2\text{nail}}$ är antalet spik i det aktuella förbandet.
- n_{side} är antalet takstolar som stagas i aktuell riktning. Exempelvis 8 takstolar mellan parallellfackverk ger $n_{\text{side}} = 4$.

$$C_3 = \frac{E_{\text{mean}}}{\gamma_M} \cdot \frac{A_{\text{bat}}}{l_{\text{bat,ef}}} = \frac{7000}{1,3} \cdot \frac{45 \cdot 70}{18000} = 942 \text{ N/mm}$$

$$l_{\text{bat,ef}} = \frac{1}{2} \cdot n_{\text{side}} \cdot (n_{\text{side}} + 1) \cdot s = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot (5 + 1) \cdot 1,2 = 18,0 \text{ m}$$

där:

- A_{bat} är läktens tvärsnitt.
- $l_{\text{bat,ef}}$ är antalet takstolar som stagas i aktuell riktning.
- s är centrumavstånd mellan takstolar.

Styvheten för infästningar och läkt kan då beräknas till:

$$K_d = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} = \frac{1}{\frac{1}{2770} + \frac{1}{1662} + \frac{1}{942}} = 495 \text{ N/mm}$$

vilket är större än $C = 400$ N/mm **OK**

Exempel 2

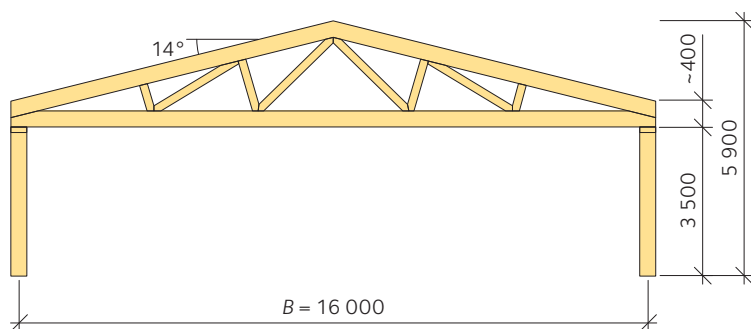
Stabilisering av tak med takplywoodskivor

- 10.1 Konstruktion, mått och dimensioneringsunderlag 132
- 10.2 Laster 133
- 10.3 Generellt 134
- 10.4 Kontroll av yttertaks-skiva vid samverkan vind mot gavel och tryckt överram 136
 - 10.4.1 Laster och dimensionerande krafter i taks-kivan 136
 - 10.4.2 Kontroll av material 138
 - 10.4.3 Kontroll av infästningar 139

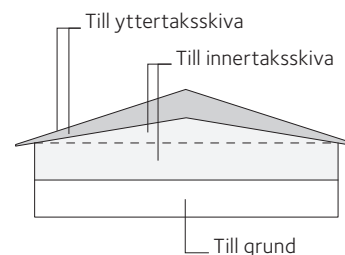
Exemplet avser en enplansbyggnad med sadeltak. Byggnadens yttermått är 16 × 30 m. Exemplet omfattar enbart kontroll av vind mot gavel och utgör därför endast en del av den nödvändiga dimensionering som krävs.

10.1 Konstruktion, mått och dimensioneringsunderlag

Förutsättningar	
Byggnadens bredd	$B = 16 \text{ m}$
Byggnadens längd	$L = 30 \text{ m}$
Taklutning	$\alpha = 14^\circ$
Totalhöjd	$H = 5,9 \text{ m}$
Väggens höjd	$h_{\text{vägg}} = 3,5 \text{ m}$
Centrumavstånd takstolar	$c = 1\,200 \text{ mm}$
Yttertak	Lätt yttertak på takplywoodskivor, $q_{G,k} = 0,3 \text{ kN/m}^2$.
Snözon	2,0
Referensvindhastighet	$v_{b,0} = 24 \text{ m/s}$
Säkerhetsklass	2
Höjd nock från väggband	$h_{\text{nock}} = 0,5 B \tan \alpha + h_{\text{takfot}} = 0,5 \cdot 16 \cdot \tan 14 + 0,4 = 2,4 \text{ m}$.
Överramens längd exklusive taktass	$l_{\text{överram}} = 0,5 \cdot B / \cos \alpha = 0,5 \cdot 16 / \cos 14 = 8,24 \text{ m}$.
Uppställningstolerans takstolar	Maximal snedställning $\Delta_0 = 20 \text{ mm}$.
Stabilisering globalt	Innertaket, takstolarnas underramar, stabiliseras med hjälp av skivor eller vindkruss. Dimensioneras inte i exemplet.
Last mot gavel fördelas	Enligt figur 10.2, sidan 133.
Övrigt	Vinden på gavel, tryck, överförs via kortlingar till kompletterande stabiliserande konstruktion.



Figur 10.1 Skiss WW-takstol



Figur 10.2 Fördelning av vindlast mot gavel

10.2 Laster

Egenlast

Yttertak:

$$q_{G,k} = 0,3 \text{ kN/m}^2$$

Innertak:

$$q_{\text{innertak},G,k} = 0,3 \text{ kN/m}^2$$

Nyttig last

$$q_{NL} = 0$$

Snölast

$$q_{s,k} = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

Formfaktor tak, snö, $\mu_2 = 0,8$ och $\mu_5 = 1,1$.

Vid snö som huvudlast fås:

$$S_{1,d} = \mu_2 \cdot \gamma_Q \cdot \gamma_d \cdot q_{s,k} = 0,8 \cdot 1,5 \cdot 0,91 \cdot 2,0 = 2,2 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{2,d} = \mu_5 \cdot \gamma_Q \cdot \gamma_d \cdot q_{s,k} = 1,1 \cdot 1,5 \cdot 0,91 \cdot 2,0 = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

Från takstolberäkning fås normalkraft i överram.

I detta exempel har följande normalkraft använts: $N_d = 124 \text{ kN}$ med snölast som huvudlast.

Vindlast

$v_{b,0} = 24$ m/s, terrängtyp III, $h = 5,9$ meter vilket ger hastighetstryck $q_{v,k} = 0,46$ kN/m².

Formfaktorn för utvändig vindlast för vägg, C_{pe} i zon D och E enligt SS-EN 1991-1-4:

$H/L = 5,9/30 = 0,20$ ger $C_{pe,10,D} = +0,7$ (tryck)
respektive $C_{pe,10,E} = -0,3$ (sug).

Formfaktor för utvändig vindlast för tak, långsida, zon H: $+0,20, -0,40$.

Formfaktor för utvändig vindlast för tak, gavel, zon H: $-0,60$.

Den resulterande kraften vid beräkningar multipliceras med 0,85 på grund av bristande korrelation mellan vindlasten på lä- och lovartsidan.

Friktionslast på grund av vind

Friktionskoefficient sätts till $C_{fr} = 0,04$ för korrugerad plåt och tegel enligt SS-EN 1991-1-4:2005. Vindlast på grund av friktion antas verka från avståndet $4 \cdot (h_{nock} + h_{vägg}) = 4 \cdot (2,4 + 3,5) = 23,6$ m från lovart gavel. Total längd där vindlast verkar genom friktion blir $30 - 23,6 = 6,4$ m.

Dimensionerande last på grund av friktion blir:

$$q_{\text{friktion,v,d}} = \gamma_Q \cdot \gamma_d \cdot q_{v,k} \cdot C_{fr} \cdot l_{fr} =$$

$$= 1,50 \cdot 0,91 \cdot 0,46 \cdot 0,04 \cdot 6,4 = 0,16 \text{ kN/m}$$

10.3 Generellt

Kontroll av stabiliserande takkonstruktion bör utföras för följande lastfall:

- Laster verkande på taket vid vind mot långsida. Takhalvorna betraktas som en hög balk på två stöd.
- Laster verkande på taket vid vind mot gavel. Taket betraktas som en balk inspänd i hammarbandet.
- Vertikala laster verkande på taket.
- Kombinerade laster verkande på taket.

Skivtillverkaren anger vanligtvis en minsta mängd infästningar per skiva baserade bland annat på kravet för olika takbeläggningar, se tabell 10.1.

Infästningar på grund av vindens sugkrafter i takplywoodskivans mitt och kanter kan bestämmas enligt:

$$n_{\text{mitt}} \geq c_{pe,1} \gamma_Q \gamma_d \frac{q_{v,k} A_{\text{mitt}}}{F_{ax,Rd}}$$

$$n_{\text{kant}} \geq c_{pe,1} \gamma_Q \gamma_d \frac{q_{v,k} A_{\text{kant}}}{F_{ax,Rd}}$$

där:

$c_{pe,1}$ är formfaktorer för aktuell zon.

γ_Q är partialkoefficient för variabel last.

γ_d är partialkoefficient med avseende på säkerhetsklass.

A är arean för skiva, väljs till $0,36 \text{ m}^2$ för kant och $0,72 \text{ m}^2$ för mitt, se figur 10.3.

$q_{v,k}$ är verkande vindlast.

$F_{ax,Rd}$ är dimensionerande utdragskapacitet för fästdonet.

Indelning i zoner

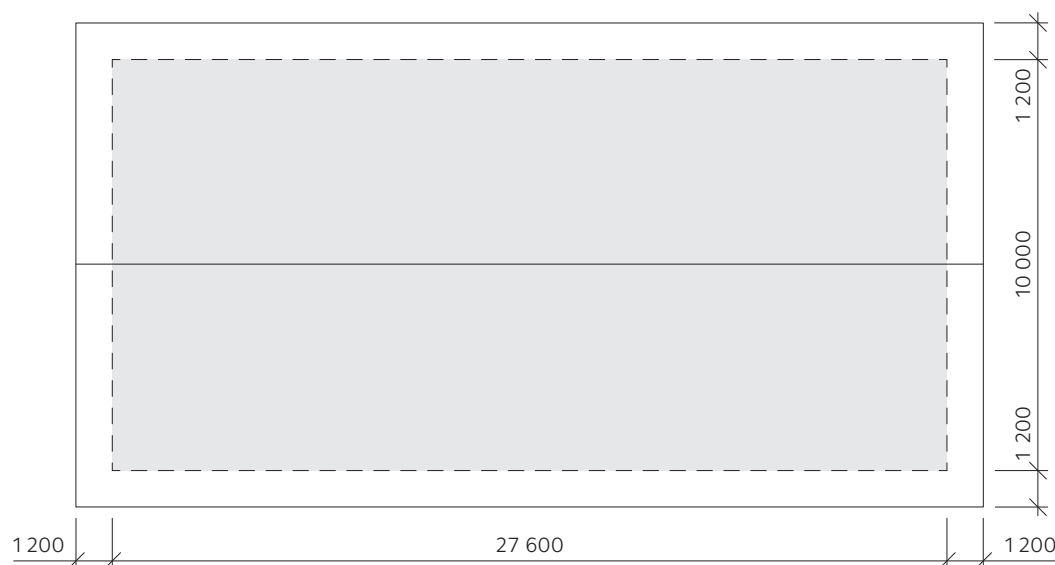
Antalet infästningar bestäms av vilken zon av taket som avses, inre zon eller yttre zon, se figur 10.4. Randzonens storlekar bestäms lämpligen enligt följande:

Gavlar:

$$e_1 = \frac{1}{10} \cdot \min \left\{ \frac{B}{2 \cdot h_{\text{nock}}}, \frac{16}{2 \cdot 5,9} = 11,8 \right\} = 1,2 \text{ m}$$

Längsidor:

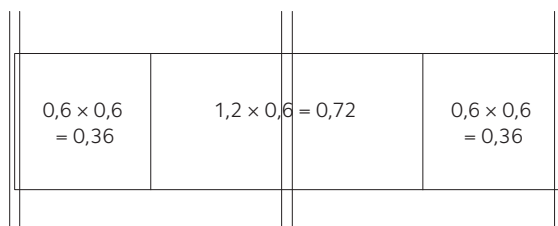
$$e_2 = \frac{1}{10} \cdot \min \left\{ \frac{L}{2 \cdot h_{\text{nock}}}, \frac{30}{2 \cdot 5,9} = 11,8 \right\} = 1,2 \text{ m}$$



Figur 10.4 Indelning av tak i områden

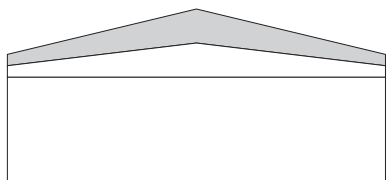
Tabell 10.1 Exempel på minsta mängd infästningar av takplywoodskivor

Placering av kamspik	Maximalt centrumavstånd (mm)	Minsta antal kamspik i skivbredd	
		600 mm	1 200 mm
Längs skivans kanter	150	5	9
Övrigt	300	3	5

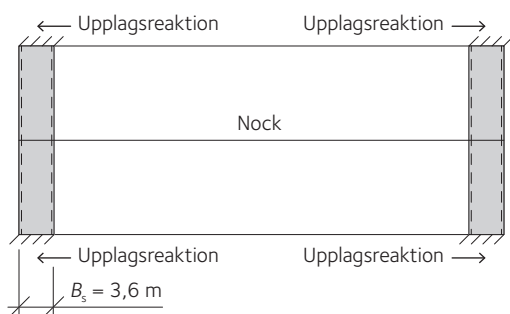


Figur 10.3 Area för skiva kant respektive mitt

10.4 Kontroll av yttertaks-skiva vid samverkan vind mot gavel och tryckt överram



Figur 10.5 Belastad yta mot gavel



Figur 10.6 Stabiliserande taks-kivor för vind mot gavel

I detta lastfall samverkar vind mot gavel, utböjningskrafter överram och snedställningskrafter i samma riktning. Yttertaks-skivan ska ta upp vindlasten mot den del av gavelväggen som belastar taket, se figur 10.5, och överföra lasten till byggnadens ytterväggar. I detta fall tas halva vindlasten mot gavel av innertaks-skiva och halva lasten av yttertaks-skivan. Byggnaden stabiliseras med hjälp av 3,6 m bred taks-kiva vid varje gavel och på var sida om nocken, se figur 10.6. Övriga takstolars laster såsom snedställnings- och utböjningslast tas av mellanliggande taks-kivor.

Varje taks-kiva dimensioneras för vindens tryckkraft och vindens sugkraft tas upp av taks-kivan vid den gavel som belastas av sugkraften. Den del av taket som tar störst last är den mot lovart gavel varför den delen av taket redovisas. I detta exempel betraktas snö som huvudlast.

10.4.1 Laster och dimensionerande krafter i taks-kivan

I detta exempel görs dimensionering med snölast som huvudlast.

Dimensionerande utböjande kraft på överram på grund av vindlast mot gavel

Vindlast mot gavel vid takfot:

$$q_{v,takfot} = \frac{\gamma_Q \cdot \gamma_d \cdot q_{v,k} \cdot C_{pe} \cdot h_{takfot}}{2} \cdot \psi_0 =$$

$$= \frac{1,50 \cdot 0,91 \cdot 0,46 \cdot 0,80 \cdot 0,40}{2} \cdot 0,3 = 0,03 \text{ kN/m}$$

Vindlast mot gavel vid nock:

$$q_{v,nock} = \frac{\gamma_Q \cdot \gamma_d \cdot q_{v,k} \cdot C_{pe} \cdot h_{nock}}{2} \cdot \psi_0 =$$

$$= \frac{1,50 \cdot 0,91 \cdot 0,46 \cdot 0,80 \cdot 2,40}{2} \cdot 0,3 = 0,18 \text{ kN/m}$$

Lasten längs taks-kivans kant sätts till:

$$q_v = (0,03 + 0,18) / 2 = 0,11 \text{ kN/m}$$

Stabiliserande taks-kiva väljs inom området $2 \cdot B_s \leq L_s \leq 6 \cdot B_s$. Bredden av taks-kivan väljs till $B_s = 3 \cdot 1,2 = 3,6$ meter.

Dimensionerande utböjande kraft på överram
på grund av normalkraft och snedställning

Takskivans infästning i överram förhindrar utböjning av överram i
veka riktningen och dimensionerande utböjande last kan skrivas
som:

$$q_d = q_{1,d} + q_{2,d} = \left(\frac{k_l \cdot n}{k_{f,3} \cdot l_{\text{överram}}} \cdot N_d + n \tan \varphi \cdot q_{z,d} \right)$$

För överram blir den utböjande lasten på grund av normalkraft,
per takstol:

$$q_{1,d} = \frac{k_l}{k_{f,3} \cdot l_{\text{överram}}} \cdot N_d = \frac{1,0 \cdot 124}{30 \cdot 8,24} = 0,50 \text{ kN/m}$$

N_d hämtas från takstolsberäkning eller via överslagsberäkning.

För överram blir den utböjande lasten på grund av snedställning per
takstol vid maximal snedställning av 20 mm med takstolshöjden 2,4 m:

$$\tan \varphi = \frac{20}{2400} = 0,0083$$

$$q_{2,d} = \tan \varphi \cdot q_{s,d} = 0,0083 \cdot 4,0 = 0,03 \text{ kN/m}$$

varav lasten på överram fås enligt:

$$\begin{aligned} q_{s,d} &= c \cdot (\mu_s \cdot \gamma_Q \cdot \gamma_d \cdot q_{s,k} + \xi \cdot \gamma_{G,j} \cdot \gamma_d \cdot q_{G,k}) = \\ &= 1,2 \cdot (1,1 \cdot 1,5 \cdot 0,91 \cdot 2,0 + 0,89 \cdot 1,35 \cdot 0,91 \cdot 0,3) = 4,0 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Den totala horisontella lasten på takstolarnas överramar tas upp av
två takskivor, en i varje gavel, med bredden 3,6 m, se figur 10.6.

Dimensionerande krafter i takskivan

Takskivan betraktas som en inspänd balk med bredden 3,6 meter och
skivan tar upp last av tre takstolsfack, se figur 10.6:

$$q_{d,\text{tot}} = q_v + 3(q_{1,d} + q_{2,d}) = 0,11 + 3(0,50 + 0,03) = 1,7 \text{ kN/m}$$

Maximalt böjmoment då skivan betraktas som konsol:

$$M_{y,d} = \frac{q_{d,\text{tot}} \cdot l_{\text{överram}}^2}{2} = \frac{1,7 \cdot 8,24^2}{2} = 57,7 \text{ kNm}$$

Maximala tillägg för drag- och tryckkrafter i kantbalkar:

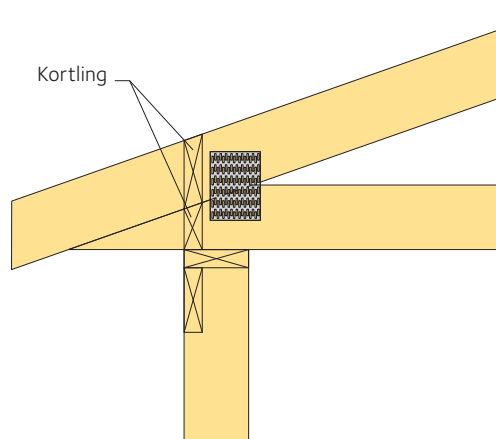
$$\Delta N_{t,d} = \Delta N_{c,d} = \frac{M_{y,d}}{B_s} = \frac{57,7}{3,6} = 16,0 \text{ kN}$$

Maximal tvärkraft:

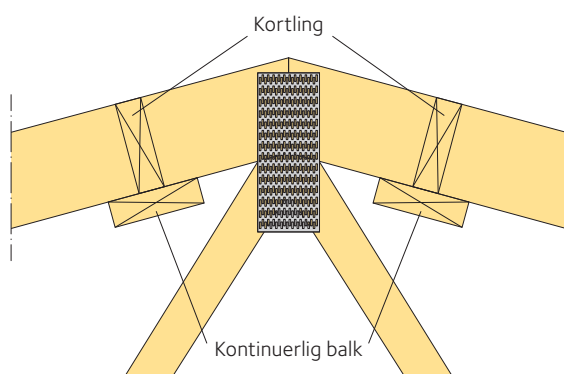
$$V_d = q_{d,\text{tot}} \cdot l_{\text{överram}} = 1,7 \cdot 8,24 = 14,0 \text{ kN}$$

Maximal skjuvkraft per meter:

$$V_{\text{max},d} = \frac{V_d}{B_s} = \frac{14,0}{3,6} = 3,9 \text{ kN/m}$$



Figur 10.7 Skiss utformning av takfot
Kortlingar av konstruktionsvirke 45 × 220 i hållfasthetsklass C24.



Figur 10.8 Skiss utformning av kantbalkar
Kortlingar av konstruktionsvirke 45 × 220 och kontinuerlig regel i hållfasthetsklass C24.

10.4.2 Kontroll av material

Kontroll av kantbalkar (takstolens överram)

Takstolarnas överramar är av konstruktionsvirke 45 × 220 mm i hållfasthetsklass C24. Normalkraften från takstolsberäkning och tillkommande kraft enligt ovan ger:

$$\frac{N_{c,d} + \Delta N_{c,d}}{A} = \frac{124000 + 16000}{45 \cdot 220} = 14,1 \text{ MPa}$$

Dimensionerande kapacitet, tryck:

$$f_{c,0,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,Rk}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 21,0}{1,3} = 14,5 \text{ MPa} > 14,1 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

Kontroll av kantbalkar i takfot och nock

Dimensionerande lastfall för kantbalkar är vanligtvis vind mot långsidor.

Kontroll av kortlingar av konstruktionsvirke 45 × 220 i hållfasthetsklass C24 med karakteristisk tryckhållfasthet $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$, mellan takstolar för knäckning i veka riktningen:

$$\frac{\Delta N_{c,d}}{A} = \frac{\Delta N_{t,d}}{A} = \frac{16000}{45 \cdot 220} = 1,62 \text{ MPa}$$

Dimensionerande kapacitet, tryck parallellt fiberriktningen:

$$f_{c,0,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 21,0}{1,3} = 14,5 \text{ MPa}$$

Dimensionerande kapacitet, knäckning, $l = 1,15 \text{ m}$:

$$k_c \cdot f_{c,0,Rd} = 0,39 \cdot 14,5 = 5,6 \text{ MPa} > 1,62 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

Kontroll tryck vinkelrätt fiberriktningen:

$$\frac{\Delta N_{c,d}}{A_{ef}} = \frac{\Delta N_{c,d}}{A_{ef}} = \frac{16000}{(45 + 30 + 30) \cdot 220} = 0,69 \text{ MPa}$$

A_{ef} beräknas enligt SS-EN 1995-1-1.

Dimensionerande kapacitet, tryck vinkelrätt fiberriktningen:

$$f_{c,90,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 2,5 \cdot 1,0}{1,3} = 1,73 \text{ MPa} > 0,69 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

Kontroll av takplywoodskivan

Takplywoodskiva 18 mm med karakteristisk tvärkraftskapacitet av $f_{v,Rk} = 3,5 \text{ MPa}$.

Dimensionerande tvärkraftskapacitet:

$$f_{v,Rd} = \frac{f_{v,Rk} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = \frac{3,5 \cdot 0,9}{1,3} = 2,63$$

$$\tau = \frac{V_d}{B_s \cdot t} = \frac{14000}{3600 \cdot 18} = 0,22 \text{ MPa} < f_{v,Rd} \quad \text{OK}$$

10.4.3 Kontroll av infästningar

Kontroll av takskivans infästning till kantbalk

Takskivan fästs in i kantbalkar med kamspik $2,5 \times 65$,
 $F_{v,Rd} = 447$ N/spik med centrumavstånd $c \leq 150$ mm.

Kontroll görs enligt:

$$\frac{B/2 \cdot F_{v,Rd}}{V_d} = \frac{16000/2 \cdot 447}{14000} = 255 \text{ mm} \geq c = 150 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Välj minimispikning, $c = 150$ mm.

Kontroll av plywoodskivornas infästning till överramar på grund av dimensionerande vindlast mot gavel

Varje plywoodskiva ska fästas till takstolarnas överram. Tvärkraften mellan takskiva och överram varierar med takskivans tvärkraft och växer frånnock och ner till takfot:

$$\begin{aligned} n^2 &\geq \left(\frac{C_{pe,sug} \cdot 1,5 \cdot \gamma_d \cdot q_{v,k} \cdot A}{F_{ax,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{1,2 \cdot \gamma_d \cdot q_{v,k} \cdot (h_{nock} + (h_{takfot} - h_{nock}) \cdot Y/B) \cdot Y}{m \cdot F_{v,Rd}} \right)^2 = \\ &= \left(\frac{2,0 \cdot 1,5 \cdot 0,91 \cdot 0,46 \cdot 0,72}{0,416} \right)^2 + \left(\frac{1,2 \cdot 0,91 \cdot 0,46 \cdot (2,4 + (0,4 - 2,4) \cdot 8/16) \cdot 8}{3 \cdot 0,447} \right)^2 = 22,3 \end{aligned}$$

där:

- n är antalet spik per 600 mm skivbredd. Minimum 5 spik.
- $C_{pe,sug}$ är formfaktor för maximal sugkraft i specifik randzon, i detta fall $-2,0$.
- $q_{v,k}$ är karakteristiskt hastighetstryck.
- A är arean för skiva, väljs till $0,36 \text{ m}^2$ för kant och $0,72 \text{ m}^2$ för mitt.
- h_{nock} är andelen av gavelväggen som belastar takskivan vid nock.
- h_{takfot} är gavelns höjd som belastar takskivan vid takfot.
- B är husets bredd.
- Y är avståndet från nock.
- $F_{ax,Rd}$ är dimensionerande utdragskapacitet för fästdonet.
- $F_{v,Rd}$ är dimensionerande tvärkraftskapacitet för fästdonet.
- m är antalet takstolar som fördelar kraften.

Detta ger $n = 4,7$ på en skivbredd av 600 mm. Välj 5 spik $2,5 \times 65$ per 600 mm. Beräkning görs för hela sträckan från takfot till nock ifall optimering av antalet spik önskas.

Kontroll av infästning vid takfot

Infästningen mot långsida görs med kamspik $2,5 \times 65$ med centrumavstånd $c = 100$ mm. Kontroll av infästning görs enligt:

$$\frac{B_s \cdot F_{v,Rd}}{V_d} = \frac{3600 \cdot 447}{14000} = 115 \text{ mm} > 100 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

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
$A_{net,t}$	Nettotvärsnittsarea vinkelrätt fiberriktningen
$A_{net,v}$	Nettoskjuvarea parallellt fiberriktningen
C	Fjäderkonstant
$E_{0,05}$	Elasticitetsmodulens 5-procentsfraktil
E_d	Elasticitetsmodulens dimensioneringsvärde
E_{mean}	Elasticitetsmodulens medelvärde
$E_{mean,fin}$	Slutligt medelvärde på elasticitetsmodulen
F	Kraft
$F_{A,Ed}$	Dimensionerande kraft på en spikplåt verkande i den effektiva areans tyngdpunkt
$F_{A,min,d}$	Minsta dimensionerande kraft på en spikplåt verkande i den effektiva areans tyngdpunkt
$F_{ax,Ed}$	Dimensionerande axialkraft på en förbindare
$F_{ax,Rd}$	Dimensionerande värde för axiell utdragsbärförmåga för en förbindare
$F_{ax,Rk}$	Karakteristiskt värde för axiell utdragsbärförmåga för en förbindare
F_c	Tryckkraft
F_d	Dimensionerande kraft
$F_{d,ser}$	Dimensionerande kraft i bruksgränstillståndet
$F_{f,Rd}$	Dimensionerande bärförmåga per förbindare i ett väggelement
$F_{i,c,Ed}$	Dimensionerande reaktionskraft (tryck) i änden av en väggskiva
$F_{i,t,Ed}$	Dimensionerande reaktionskraft (dragning) i änden av en väggskiva
$F_{i,vert,Ed}$	Vertikal last på en vägg
$F_{i,v,Rd}$	Dimensionerande bärförmåga vid skivverkan för delelement i eller vägg i
F_{la}	Tvärgående last
$F_{M,Ed}$	Dimensionerande kraft från ett dimensionerande moment
F_t	Dragkraft
$F_{t,Rk}$	Karakteristiskt värde för dragbärförmågan hos ett förband
$F_{v,0,Rk}$	Karakteristisk bärförmåga för en skruv med mellanläggsbricka längs fiberriktningen

$F_{v,Ed}$	Dimensionerande tvärkraft per skjuvningsplan för en förbindare; horisontell dimensionerande kraft på en väggskiva
$F_{v,Rd}$	Dimensionerande tvärkraftsbärförmåga per skjuvningsplan för en förbindare; dimensionerande tvärkraftsbärförmåga
$F_{v,Rk}$	Karakteristisk tvärkraftsbärförmåga per skjuvningsplan för en förbindare
$F_{v,w,Ed}$	Dimensionerande tvärkraft i balkliv
$F_{x,Ed}$	Dimensioneringsvärde för en kraft i x -riktningen
$F_{y,Ed}$	Dimensioneringsvärde för en kraft i y -riktningen
$F_{x,Rd}$	Dimensioneringsvärde för en plåts bärförmåga i x -riktningen
$F_{y,Rd}$	Dimensioneringsvärde för en plåts bärförmåga i y -riktningen
$F_{x,Rk}$	Plåtens karakteristiska bärförmåga i x -riktningen
$F_{y,Rk}$	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
$K_{ser,fin}$	Slutlig förskjutningsmodul
K_u	Momentan förskjutningsmodul vid brottgränstillstånd
$L_{net,t}$	Tvärsnittareans nettobredd vinkelrätt mot fiberriktningen
$L_{net,v}$	Nettolängd av brottyta vid skjuvning
$M_{A,Ed}$	Dimensionerande moment på en spikplåt
$M_{ap,d}$	Dimensionerande moment i hjässzonen
M_d	Dimensionerande moment
$M_{y,Rk}$	Karakteristiskt flytmoment för en förbindare
N	Axialkraft
$R_{90,d}$	Dimensionerande fläkbärförmåga
$R_{90,k}$	Karakteristisk fläkbärförmåga
$R_{ax,d}$	Dimensionerande bärförmåga för ett axiellt belastat förband
$R_{ax,k}$	Karakteristisk bärförmåga för ett axiellt belastat förband

Källa: SS-EN 1995-1-1:2004, 1.6

$R_{\alpha,\alpha,k}$	Karakteristisk bärförmåga i en vinkel α mot fiberriktningen
R_d	Dimensionerande värde på bärförmåga
$R_{ef,k}$	Effektiv karakteristisk bärförmåga för ett förband
$R_{v,d}$	Dimensionerande tvärkraftsbärförmåga för en vägg
R_k	Karakteristisk bärförmåga
$R_{sp,k}$	Karakteristisk fläkbärförmåga
$R_{to,k}$	Karakteristisk 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 hållfasthets-egenskap
X_k	Karakteristiskt värde för en hållfasthets-egenskap
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; gängans ytterdiameter
d_1	Diameter för centrumhålet hos en mellanläggsbricka; gängans innerdiameter
d_c	Mellanläggsbrickans diameter
d_{ef}	Effektiv diameter

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

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
$k_{i,q}$	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; korrektionsfaktor 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
$l_{a,min}$	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_m	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}	Krypedböjning
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 träelementets 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

$\sigma_{f,c,max,d}$	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

Referenser

- AMA Hus 21. AB Svensk Byggtjänst, 2021.
- Att välja trä. Svenskt Trä, 2020.
- Aussteifung von Nagelplattenkonstruktionen. Kessel M., Kühl A., Fraunhofer IRB Verlag, 2011.
- Avstyvning av takstolar för sidolast. Ringdahl T., examensarbete vid Institutionen för teknik och naturvetenskap, Linköpings universitet, 2007.
- BBR, Boverkets Byggregler. BFS 2011:6, med ändringar till och med BFS 2020:4. BBR 29, 2020.
- Boverkets författningssamling, BFS 2019:1 EKS 11, 2019.
- Brandkrav på takstolar. Svensk Takstolsförening, STAK, 2019.
- Byggnadsmekanik Knäckning. Runesson K., Samuelsson A., Wiberg N.E., Studentlitteratur, Lund, 1992.
- Dimensionering av träkonstruktioner, Del 1 – 3. Svenskt Trä, 2019.
- Handelssortering av trävaror. Svenskt Trä, 2020.
- Hantering av takstolar. Svensk Takstolsförening, STAK, 2021.
- Horisontalstabilisering i småhus – Råspont som stabiliserande system i tak. Estlund E., Persson M., Lunds Tekniska Högskola, 2020.
- KL-trähandbok. Svenskt Trä, 2017.
- Knäckavstyvning i bärverk med spikplåtar – Anvisningar. Svensk Takstolsförening, STAK, 2012.
- Limträhandbok Del 2. Svenskt Trä, 2016.
- RA Hus 21. AB Svensk Byggtjänst, 2021.
- Stabilisering/sidostagning av sadeltak med stora spännvidder uppbyggda av spikplåtsförbundna fackverkstakstolar av trä. Källsner B., Vessby J., Fakulteten för teknik, Linneuniversitetet, 2020.
- Svenskt Träs Produktkatalog, branschgemensam sortimentslista med dimensioner, kvaliteter och benämningar, www.traprodukter.se. Svenskt Trä, 2021.
- Takmanual. Metsä Wood Takplywood, 2018.
- Trekonstruksjoner med spikerplater. Norske Takstolsprodusenters Forening, 1999.
- Træhåndbog 73 – Tagkonstruktioner med store spær. Træinformation, 2017.
- Træhåndbog 75 – Træspær, Valg, opstilling og afstivning. Træinformation, 2019.

Refererade standarder

- SS 230120:2010 Träkonstruktioner – Konstruktionsvirke – Nordiskt T-virke – Visuella sorteringsklasser enligt INSTA142. SIS Förlag AB, 2010.
- SS-EN 336:2013 Träkonstruktioner – Konstruktionsvirke – Tillåtna måttavvikelser. SIS Förlag AB, 2013.
- SS-EN 338:2016 Träkonstruktioner – Konstruktionsvirke – Hållfasthetsklasser. SIS Förlag, 2016.
- SS-EN 350:2016 Trä och träbaserade produkters beständighet – Provning och klassificering av beständighet mot biologisk nedbrytning hos trä och träbaserade material. SIS Förlag, 2016.
- SS-EN 595:1995 Träkonstruktioner – Takstolar – Provning av hållfasthet och styvhet. SIS Förlag AB, 2014.
- SS-EN 1611-1/A1:2002 Trävaror – Visuell handelssortering av sågat virke av barrträ – Del 1: Europeisk gran, silvergran, furu, Douglas fir och lärk. SIS Förlag AB, 2002.
- SS-EN 1990:2002 Eurokod – Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk. SIS Förlag AB, 2002.
- SS-EN 1991-1-1/AC:2009, Eurokod 1: Laster på bärverk – Del 1-1: Allmänna laster – Tunghet, egentyngd, nyttig last för byggnader, SIS Förlag AB, 2009.
- SS-EN 1991-1-4:2005, Eurokod 1: Laster på bärverk – Del 1-4: Allmänna laster - Vindlast, SIS Förlag AB, 2005.

- SS-EN 1993-1-8:2005, Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner – Del 1-8: Dimensionering av knutpunkter och förband. SIS Förlag AB, 2005.
- SS-EN 1995-1-1:2004/A2:2014: Dimensionering av träkonstruktioner – Del 1-1: Allmänt – Gemensamma regler och regler för byggande. SIS Förlag AB, 2014.
- SS-EN 14250:2010 Träkonstruktioner – Förtillverkade takstolar med förband av spikplåtar – Produktkrav. SIS Förlag AB, 2010.
- SS-EN 14080:2013 Träkonstruktioner – Limträ och limmat konstruktionsvirke – Krav. SIS Förlag AB, 2013.
- SS-EN 14081-1:2016+A1:2019 Träkonstruktioner – Sågat konstruktionsvirke – Del 1: Allmänna krav för visuell och maskinell hållfasthetsortering. SIS Förlag AB, 2019.
- SS-EN 14081-1:2016+A1:2019 Träkonstruktioner – Sågat konstruktionsvirke – Del 1: Allmänna krav för visuell och maskinell hållfasthetsortering. SIS Förlag AB, 2019.
- SS-EN 14374:2004 Träkonstruktioner – Fanerträ (LVL) – Krav. SIS Förlag AB, 2004.
- SS-EN 14545:2008 Träkonstruktioner – Mekaniska förbindare av stål – Krav. SIS Förlag AB, 2008.
- SS-EN 15228:2009 Träkonstruktioner – Konstruktionsvirke behandlat mot biologiska angrepp. SIS Förlag AB, 2009.
- SS-EN 15497:2014 Träkonstruktioner – Fingerskarvat konstruktionsvirke – Funktions- och produktionskrav. SIS Förlag AB, 2014.

Friskrivningar

Genom att använda innehållet i *Takstolshandbok* godkänner du nedan angivna användarvillkor. All information i *Takstolshandbok* 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 *Takstolshandbok*, 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 och Svenska Takstolsföreningen, lämnar ingen garanti för några resultat som härrör från nyttjandet av informationen som finns i *Takstolshandbok*. All användning av information i *Takstolshandbok* sker på eget ansvar och på egen risk.

Rättigheterna till innehållet i *Takstolshandbok* tillkommer Föreningen Sveriges Skogsindustrier och Svenska Takstolsföreningen. Innehållet skyddas enligt upphovsrättslagen. Missbruk beivras. Kopiering av innehållet är förbjuden.

Föreningen Sveriges Skogsindustrier och Svenska Takstolsföreningen tar inte något ansvar för skada som må orsakas på grund av innehållet i *Takstolshandbok*.

Takstolshandbok

© Föreningen Sveriges Skogsindustrier och Svenska Takstolsföreningen, 2021
Första utgåvan

Utgivare

Skogsindustrierna
Svenskt Trä
Box 55525
102 04 STOCKHOLM
Tel: 08-762 72 60
E-post: info@svenskttra.se
www.svenskttra.se

Svenska Takstolsföreningen
Andra Vallåsgatan 20
511 58 Kinna
info@takstol.se
www.stak.org

Projektledare

Johan Fröbel – Svenskt Trä
Petter Werner – Svenskt Trä

Redaktörer

Johan Fröbel – Svenskt Trä
Petter Werner – Svenskt Trä

Författare

Anders Gustafsson – RISE Research Institutes of Sweden AB

Beräkningar och tabeller

Anders Gustafsson – RISE Research Institutes of Sweden AB
Rune Karlsson – Rune Karlsson Byggprojektering i Hedemora

Referensgrupp

Niklas Bjärholm – NP Nilssons Trävaru AB
Johan Fröbel – Svenskt Trä
Mats Lindblom – Derome Träteknik
Stefan Nilsson – PreFast Sverige AB
Petter Werner – Svenskt Trä

Faktagranskare

Åke Andersson – Bjerking AB
Niklas Bjärholm – NP Nilssons Trävaru AB
Johan Björklund – Derome Träteknik
Johan Fröbel – Svenskt Trä
Bo Gunnarsson – Götenehus AB
Tomas Holmlund – CSCE AB
Robert Lindberg – CSCE AB
Mats Lindblom – Derome Träteknik
Stefan Nilsson – PreFast Sverige AB
Petter Werner – Svenskt Trä

Språkgranskare

Marie Åsell

Illustrationer

Magnus Alkmar, Alkmar Co AB
Vendela Martinac – Thelander Arkitektur & Design AB
Charlotta Olsson, Origiform
Cornelia Thelander – Thelander Arkitektur & Design AB
Visualisera arkitektur AB

Foto

Derome Träteknik AB, sidan 44 övre
Åke E:son Lindman, sidan 27
Bengt Friberg, sidan 1, 4, 35, 40, 45, 54, 89
Anders Gustafsson, sidan 9
Fernando Gutiérrez, sidan 8 undre, 49
Björn Johanson, sidan 75
Tomas Johansson, sidan 104
Kerstin Jonsson, sidan 21, 31
Emma Karlsson, sidan 8 mitten, 58
Joakim Kröger, sidan 28
Kenneth Lindblom, sidan 12
Sven-Erik Lindfors, sidan 19
Johan Oja, sidan 7
Perssons Träteknik, sidan 39 övre
Vida Borgstena AB, sidan 10, 43, 44 undre, 76, 80, 91, 93, 94
Vimmerbyhus, sidan 13, 33
Petter Werner, sidan 8 övre
Hubert Wiech, sidan 39 undre

Grafisk produktion

Origiform

ISBN 978-91-985212-0-7

Publikationer och hemsidor från Svenskt Trä

Publikationer om trä

Beställ via www.svenskttra.se/publikationer.



Att välja trä

Samlad information om materialet trä. 164 sidor. Format A4.



Dimensionering av träkonstruktioner, Del 1 – 3

1. Projektering av träkonstruktioner. 256 sidor.
2. Regler och formler enligt Eurokod 5. 60 sidor.
3. Exempel. 60 sidor.
Format A4.



Förpackningshandbok

Fakta, projektering och dimensionering av förpackningar i trä. 80 sidor. Format A4.



Guide för handels sorterings- och hållfasthetsklasser

16 sidor. Format A4.



Handelssortering

Regelverk för sortering av trävaror. 84 sidor. Format A5.



Hantera virket rätt

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



KL-trähandbok

Fakta och projektering av KL-träkonstruktioner. 188 sidor. Format A4.



Lathunden

En hjälpreda vid dimensionering och virkesåtgång. 104 sidor. Format A6. Finns även som app. Sök efter Lathunden i App Store eller Google Play och ladda ner.



Montering av trall

Anvisningar för montering av trall. 8 sidor. Format A4.



Snickerihandbok

För den svenska möbel- och snickeriindustrin. 120 sidor. Format A4.



Takstolshandbok

Stabilisering av takkonstruktioner. 148 sidor. Format A4.

Publikationer om limträ

Beställ via www.svenskttra.se/publikationer.



Drift och underhåll av limträ

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



Hantera limträ rätt

Folder och snabbguide som beskriver lagring av limträ på byggarbetsplatsen. 6 sidor och etikett. Format A4.



Limträ PocketGuide

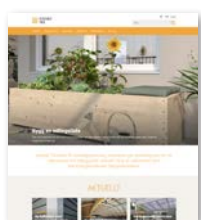
Samlad information om limträ. 36 sidor. Format A6.



Limträhandbok, Del 1 – 4

1. Fakta om limträ. 88 sidor. Format A4.
2. Projektering av limträkonstruktioner. 268 sidor. Format A4.
3. Dimensionering av limträkonstruktioner. 224 sidor. Format A4.
4. Planering och montage av limträkonstruktioner. 76 sidor. Format A4.

Hemsidor



www.svenskttra.se



www.svenskttra.se/limtra



www.traguiden.se



www.traradhuset.se



www.traprodukter.se



Svenska Takstolsföreningen, STAK, bildades år 2000 och är en branschorganisation för trätakstolstillverkare i Sverige. Svenska Takstolsföreningens medlemsföretag finns, med totalt 37 tillverkningsställen runt om i Sverige, från Trelleborg i söder till Kalix i norr. Svenska Takstolsföreningens medlemsföretag står för cirka 90 procent av den totala produktionen av trätakstolar i Sverige. Ett antal viktiga samarbetspartners till branschen finns knutna till föreningen som associerade medlemmar.

Svenska Takstolsföreningens främsta mål är att verka för att tekniknivån inom branschen ska vara hög, skapa möjligheter för och underlätta export samt att driva gemensamma utvecklingsprojekt. I Svenska Takstolsföreningens regi drivs även en teknikgrupp som är en sammansättning av olika aktörer från byggbranschen.

I sitt mål att upprätthålla samt även höja kompetensen inom branschen genomförs olika utbildningar och kurser varje år. Dessa utgörs bland annat av:

- Konstruktörskurs, med efterföljande provskrivning för att bli "Godkänd konstruktör".
- Uppföljningskurs för konstruktörer, då nyheter, förändringar och uppdateringar i standarder etcetera går igenom.
- Operatörskurs, som hanterar det praktiska arbetet och kraven kring trätakstolstillverkning.

© Svenska Takstolsföreningen, 2021.

Andra Vallåsgatan 20
511 58 Kinna
info@takstol.se
www.stak.org



Svenskt Träs huvuduppdrag är att bredda marknaden för, och öka värdet på, svenskt trä och träprodukter inom byggande, inredning och emballage. Genom att inspirera, informera och sprida kunskap lyfter vi fram trä som ett konkurrenskraftigt, förnybart, mångsidigt och naturligt material. Svenskt Trä driver också viktiga bransch- och handelsfrågor för sina medlemmar.

Svenskt Trä representerar svensk sågverksnäring och är en del av branschorganisationen Skogsindustrierna. Svenskt Trä företräder också svensk limträ- och förpackningsindustri samt har ett nära samarbete med svensk bygghandel och trävarugrossisterna.

© Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2021.

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



ISBN 978-91-985212-0-7