

## En jämförelse mellan traditionell och modern taktäckning av industribyggnader

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Byggingenjör*

**THERESE WIKTORSSON**

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
Avdelningen för konstruktionsteknik  
Betongbyggnad  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg 2013  
Examensarbete 2013:90



EXAMENSARBETE 2013:90

# En jämförelse mellan traditionell och modern taktäckning av industribyggnader

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

THERESE WIKTORSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik

*Avdelningen för konstruktionsteknik*

*Betongbyggnad*

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2013

En jämförelse mellan traditionell och modern taktäckning av industribyggnader

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Byggingenjör*

THERESE WIKTORSSON

© THERESE WIKTORSSON, 2013

Examensarbete / Institutionen för bygg- och miljöteknik  
Chalmers tekniska högskola 2013:90

Institutionen för bygg och miljöteknik  
Avdelningen för konstruktionsteknik  
Betongbyggnad  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Telefon: 031-772 10 00

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
Göteborg 2013

En jämförelse mellan traditionell och modern taktäckning av industribyggnader

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Byggingenjör*

THERESE WIKTORSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
Avdelningen för konstruktionsteknik  
Betongbyggnad  
Chalmers tekniska högskola

## SAMMANFATTNING

En trend i byggindustrin är att det blir allt vanligare att använda sandwichelement även på tak, framförallt på lantbruksbyggnader, stallar och industrier. När sandwichelementen ska monteras på taket måste det ske i takfallets riktning och då måste någon form av takåssystem användas.

Ett av takåssystemen som används vid sandwichelement på tak är mellanliggande takåsar. Då hängs en balk med konstant tvärsnitt upp med hjälp av balkskor mellan takstolarna och ger då stabilitet åt stommen samt mer upplagsyta för sandwichelementen. Ett annat system är att använda omlottlagda takåsar. Då läggs takåsarna ovanpå takstolen och skarvas genom att läggas omlott.

I det här projektet användes ett typexempel med förutsättningarna att limträet till takåsarna ska vara i hållfasthetsklass L40c, takets lutning ska vara 20°, klimatklassen är klass 2 och med en snölast på 1,5 kNm/m<sup>2</sup>.

Examensarbetet omfattar att jämföra de två olika varianterna av mellanliggande och ovanpåliggande omlottlagda takåsar när sandwichelement används som takmaterial. Dessa jämförs med en typ av traditionellt tak som bär sig själv med bärdäcksplåt och inga takåsar är nödvändiga. Jämförelsen baseras på en ekonomisk kalkyl mellan systemen där material- och arbetskostnad vägs in.

Mellanliggande takåsar är tidskrävande att montera medan monteringen av sandwichelementen går snabbt. De två alternativen av mellanliggande takåsarna i det här projektet dimensionerades till 115x405 mm samt 115x630 mm och takåsarna vid omlottskarvning fick dimensionen 115x495 mm.

Även om alternativ med takås och sandwichelement går snabbt är det traditionella taket utan takåsar som är det mest ekonomiska.

Nyckelord:

Limträ, Moelven, Takkonstruktion, Takås, Sandwichelement

A comparison between traditional and modern roof of industrial buildings

Diploma Thesis in the Engineering Programme  
Building and Civil Engineering

THERESE WIKTORSSON

Department of Civil and Environmental Engineering  
Division of Structural engineering  
Concrete structures  
Chalmers University of Technology

## ABSTRACT

One trend in the construction industry is increasing more and more common to use sandwich panels even on roofs, particularly on agricultural buildings, stables and industries. When sandwich panels should be mounted on the roof, it must be in the direction of the roof and then you need to use some form of system of purlins.

This thesis has been developed because it more and more common to use sandwich panels even on roofs, particularly on agricultural buildings, stables and industries. When sandwich panels should be mounted on the roof, it must be in the direction of the roof and then you need to use some form of ridge systems.

One system of purlins to use with sandwich panels on roofs is intermediate ridges. When a beam is suspended with constant cross section by means of hangers between the rafters provides stability to the body and more that surface for the support of the sandwich elements. Another system is mounting of the ridge on top of the rafters. The ridge is spliced and overlapping.

This project used a case study with the following prerequisite glulam been of class L40c, roof pitch should be 20 °, climate class 2 and with a snow load of 1.5 kNm / m.

The thesis includes comparing two different variants of intermediate ridges and an on top mounted. These are compared with a type of traditional roof who are caring it selves and no ridge is necessary. The comparison is based on an economic analysis of systems where materials and labor are taken into.

Intermediate purlin is time-consuming to assemble, while assembly of sandwich elements goes quickly. The two options of intermediate purlins in this project were dimensioned to 115x405 mm and 115x630 mm and the overlying purlin of overlap splicing get dimension 115x495 mm.

Although the alternative with ridge and sandwich panels is quick, it is the traditional roof without ridges is the most economical.

Key words:

Glulam, Moelven, roof construction, purlin, sandwich panels

# Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
BETECKNINGAR	VI
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Mål	2
1.4 Förutsättningar	2
1.5 Avgränsningar	2
1.6 Metod	3
2 TAKKONSTRUKTION	4
3 TAKÅSAR	5
3.1 Oskarvade takåsar	6
3.1.1 Mellanliggande takåsar	6
3.1.2 Ovanpåliggande oskarvade takåsar	7
3.2 Skarvade takåsar	8
3.2.1 Omlottlagda takåsar	8
3.2.2 Gerbersystem	9
4 SANDWICHELEMENT PÅ TAK	12
4.1 Lindab	12
4.2 ThermiSol	13
4.3 Ruukki	13
4.4 Montering och infästning av sandwichelement	14
5 TRADITIONELLA TAK	16
5.1 Självbärande tak	16
5.1.1 Bärplåt TP128	16
5.1.2 Takplåt TP20	17
5.1.3 Isolering	17
5.1.4 Montering och infästning	18
5.2 Tak med takplåt och takås	18

6	DIMENSIONERING	20
6.1	Typexempel	20
6.2	Förutsättningar för limträ	20
6.3	Förutsättningar för takåsar	20
6.3.1	Mellanliggande vinkelräta takåsar	20
6.3.2	Mellanliggande lodräta takåsar	20
6.3.3	Omlottlagda takåsar	21
6.4	Förutsättningar för sandwichtaket	21
6.5	Beräkning av de olika alternativen	21
6.6	Resultat av beräkningar	21
7	ENHETSTID	22
7.1	Arbetskostnader	22
7.2	Arbetstider	22
8	KOSTNADJÄMFÖRELSE	23
8.1	Materialkostnader	23
8.2	Material- och arbetskostnader sammanvägt	24
9	RESULTAT	25
10	DISKUSSION	26
11	SLUTSATS	27
	REFERENSER	28
	BILAGA A : RITNINGAR MED FÖRUTSÄTTNINGAR	
	BILAGA B : BERÄKNINGAR	
	B.1 Mellanliggande takåsar vinkelräta mot takstolen	B.1.1
	B.2 Lodräta mellanliggande takåsar	B.2.1
	B.3 Omlottlagda takåsar	B.3.1
	BILAGA C : RITNINGAR MED FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR TAKÅSAR	



## Förord

Det här examensarbetet är utfört efter uppdrag från Moelven Töreboda AB, på Institutionen för bygg- och miljöteknik avdelningen för konstruktionsteknik på Chalmers Tekniska Högskola under våren 2012.

Under arbetes gång har jag varit i kontakt och intervjuat många medarbetare på olika företag inom byggbranschen och vill därför tacka alla som varit inblandade på något sett i projektet. Ett extra stort tack till Lennart Axelsson, konstruktionschef och Thomas Johansson, konstruktör på Moelven som har hjälpt mig med allt från att svara på frågor till att kontrollera dimensioneringen samt alla arbetsledare på NOVAB i Töreboda för stor hjälp med kontakt till olika företag samt kunskap.

Jag vill också tacka min handledare Rasmus Rempling forskarassistent, Institutionen för Bygg- och Miljöteknik, Avdelningen för Konstruktionsteknik, Chalmers Tekniska Högskola för hans stöd under projektets gång. Jag vill också framföra ett tack till Dieter Meyer för hjälp med redigering av text samt glada tillrop på vägen.

Töreboda april 2013

Therese Wiktorsson

# Beteckningar

## Latinska versaler

$A$	Åsens area
$E_{0,mean}$	Elasticitetsmodul parallellt fibrerna
$G$	Egentyngd av takbeläggning och åsar
$G_T$	Egentyngd av takbeläggningsen
$G_{\text{Å}}$	Egentyngd av takåsar
$I$	Tröghetsmoment
$M_d$	Dimensionerande moment
$M_{y,d}$	Dimensionerande moment kring y-axeln
$M_{z,d}$	Dimensionerande moment kring z-axeln
$V_d$	Dimensionerande tvärkraft
$V_{skarv}$	Tvärkraft i skarv i gerbersystem
$S_T$	Centrumavstånd mellan takstolar
$S_{\text{Å}}$	Centrumavstånd mellan åsar
$W$	Böjmotstånd

## Latinska gemena

$b$	Takåsens bredd
$h$	Takåsens höjd
$f_{m,k}$	Böjning parallellt fibrerna
$f_{m,y,d}$	Dimensionerande böjhållfasthet kring y-axeln
$f_{m,z,d}$	Dimensionerande böjhållfasthet kring z-axeln
$k_{cr}$	Sprickfaktor för skjuvbärförmåga
$k_h^y$	Höjdfaktor med avseende på y-axeln
$k_h^z$	Höjdfaktor med avseende på z-axeln
$k_{mod}$	Lastvaraktighets- och fuktfaktor
$k_m$	Faktor som tar hänsyn till omfördelning av böjspänningar i ett tvärsnitt
$l$	Åsens längd
$s_k$	Snölast
$q_b$	Lasteffekt i bruksgränstillstånd
$\bar{q}_d$	Lasteffekt i brottgränstillstånd
$q_d$	Lasteffekt varje ås belastas med i brottgränstillstånd

$q_d^y$	Lasteffekt varje ås belastas med i brottgränstillstånd i x-led
$q_{d1}^y$	Del av lasteffekten varje ås belastas med i brottgränstillstånd i x-led
$q_{d2}^y$	Del av lasteffekten varje ås belastas med i brottgränstillstånd i x-led
$q_d^z$	Lasteffekt varje ås belastas med i brottgränstillstånd i y-led
$q_{d1}^z$	Del av lasteffekten varje ås belastas med i brottgränstillstånd i y-led
$q_{d2}^z$	Del av lasteffekten varje ås belastas med i brottgränstillstånd i y-led
$u_{fin}$	Slutlig deformation
$u_{fin,G}$	Slutlig deformation för permanent last $G$
$u_{fin,s_k}$	Slutlig deformation för den variabla huvudlasten $s_k$
$u_{fin,Q,i}$	Slutlig deformation för samhörande variabla laster
$v_d$	Dimensionerade nedböjning
$v_{max}$	Maximal nedböjning

### **Grekiska gemen**

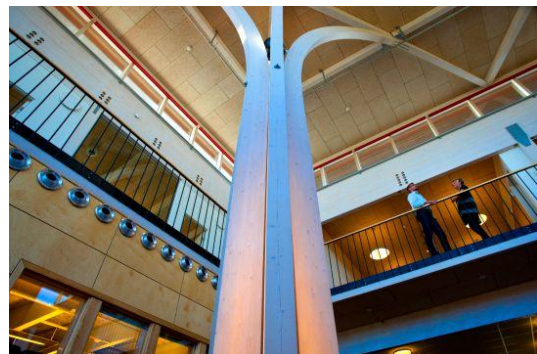
$\alpha$	Taklutning
$\gamma_d$	Säkerhetsklass 2
$\gamma_m$	Partialkoefficient för materialegenskaper, tar också hänsyn till osäkerheter i beräkningsmodell och måttavvikelser
$\sigma_{m,y,d}$	Dimensionerande böjspänning kring y-axeln
$\sigma_{m,z,d}$	Dimensionerande böjspänning kring z-axeln
$\tau_d$	Dimensionerande skjuvspänning
$\Psi_1$	Faktor för kombinationsvärde av variabla laster
$\Psi_2$	Faktor för kombinationsvärde av variabla laster



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Det här examensarbetet görs i samarbete med Moelven Töreboda AB. Moelven i Töreboda är idag en ledande tillverkare av limträ i Europa och har funnits i Töreboda sedan 1919. Företaget tillverkar olika slags standard- och specialbalkar samt pelare. De arbetar med hela koncept inom till exempel broar, flervåningshus, lantbruksbyggnader och hallar helt i trä, se Moelven (2012).



*Bild 1. Exempel på konstruktioner byggda av Moelven, se Moelven (2012).*

Frågeställningen för projektet har vuxit fram genom att det blir allt vanligare att använda sandwichelement även på tak, framförallt på lantbruksbyggnader och industrier. Detta är ett steg i utvecklingen av byggbranschen i de två nämnda

områdena samt att företag som säljer sandwichelement marknadsför sig väl. När sandwichelementen ska monteras på taket måste det ske i takfallets riktning och då måste någon form av takåssystem användas. Det är detta som har blivit en pågående diskussion på Moelvans kontor samt mellan Moelven och deras kunder, vilket typ av takåsar är bäst, mellan- eller ovanpåliggande. Här kommer detta examensarbetet in, att med ett typexempel jämföra mellanliggande takåsar med omlottskarvade takåsar vilket är en typ av takåsar som ligger ovanpå takstolarna och är ett traditionellt system. Jämförelsen sker ur ett ekonomiskt perspektiv som innefattar materialkostnad samt monterings- och tiden för monteringen. Eller om det är ett traditionellt tak utan takåsar som är det mest ekonomiska.

## 1.2 Syfte

Att utreda åt Moelven vad som är mest fördelaktigt ur ett ekonomiskt perspektiv av följande:

- Mellanliggande vinkelräta takåsar och sandwichtak
- Mellanliggande lodräta takåsar och sandwichtak
- Omlottlagda takåsar och sandwichtak
- Självbärande tak med bärdäcksplåt utan takåsar

## 1.3 Mål

Att ta fram ett underlag som visar de olika alternativens kostnader och tidsaspekter som skall kunna användas när de olika alternativen diskuteras med kunderna. Ett bisyfte är att ta fram ritningar av byggdetaljer för nock, takfot samt gavlar då sandwichtak används.

## 1.4 Förutsättningar

U-värde på  $0,29W/m^2$ , en egenvikt på  $14,1kg/m^2$  och som kommer från företaget Lindab. Som presenteras i kapitel 3 finns det många olika typer av sandwichelement och många olika tillverkare av dem.

## 1.5 Avgränsningar

Arbetet är begränsat till takåsar i hållfasthetsklass L40c, till en  $20^\circ$  taklutning. Klimatklassen ska vara klass 2 för det är det som vanligtvis används till lantbruksbyggnader, snölasten som ska ingå i dimensioneringen är på  $1,5kN/m^2$ . Detta kan ses i föreskrifterna som finns på ritningarna i Bilaga A. Vindlast ska inte beaktas vid dimensioneringen.

Många olika takkonstruktioner redovisas men en som inte kommer vara med i jämförelsen är en konstruktion med takplåt som ligger på takåsar, då det är ett mellanting mellan tak med sandwichelement och takås och självbärande tak.

## 1.6 Metod

För att kunna undersöka vilket alternativ som är det bästa behöver det göras dimensioneringar av takåsarna i de olika utförandena och fältstudier för att ta reda på monterings- och underhållstid för de olika systemen samt uppbyggnaden av det traditionella taket. Takåsarna ska dimensioneras i limträ med hållfasthetsklassen L40c och för en taklutning på 20° i klimatklass 2 och snölasten  $1,5kN/m^2$ .

Detta examensarbete är genomfört som en fallstudie för att få den så lik verkligheten som möjligt. Insamlingen av information har skett genom litteraturstudier som innefattat handböcker inom ämnet och artikelsök, för att undersöka om liknande undersökningar har gjorts tidigare. Samt med hjälp av olika företag, dels Moelven som producerar limträstommarna men även av företag som producerar sandwichelementen som används till tak. Personlig- och muntlig kontakt har tagits med olika företag för att få relevant information till beräkningar och kalkyler.

## 2 Takkonstruktion

Ett yttertak kan bestå av olika lager av bärverk, det som alltid finns är primärbärverk och exempel på det är takstolar och balkar. Primärbärverkets uppgift är att fördela lasten till stöd, stöd kan till exempel vara bärande väggar eller pelare.

Ovanpå primärbärverket kommer sekundärbärverk eller takåsar. Det har oftast mindre spännvidd och är tätare placerat än det primära bärverket och har till uppgift att hjälpa till med att bära upp takbeläggningen och fördela kraften ner i primärbärverket.

I speciella fall kan det finnas ett till lager som kallas teriärbärverk, men det är inte vanligt. Och är det ett litet hus så består ofta bärverket enbart av primärbärverk och takbeläggning som kallas ytbärverk.

De laster som bärverken tar upp är dels den konstanta lasten som kommer från vikten av takbeläggningen. Dels måste bärverken även klara av att ta upp laster som kommer från vind, snö och temperaturlaster, men detta är laster som varierar under dygnet och årstid, se Träguiden (2013).

Takets stabiliseras genom skivverkan och det är krafterna från de konstanta och varierande lasterna som ska stabiliseras och överföras ner i grunden genom väggarna.

Skivverkan innebär att taket tar upp krafter i sitt eget plan. Material som är bra för just detta är bärdecksplåt, råspont-, plywood- eller spånskivor som kan användas som underlagsmaterial i taket. Bärdecksplåten är konstruerad för dessa laster medans för trämaterialen är det viktigt att skivan är tillräckligt tjock. För båda alternativen är det viktigt med rätt antal spik i takstolen när den fästs.

I vissa fall kan det behövas extra stabilisering och det kan åstadkommas genom stålband eller linor som spänns diagonalt mellan pelare eller takstolar och bildar vindkryss. I små byggnader byggs de ofta in medans de ofta är synliga i större byggnader, se Träguiden (2013).



### 3 Takåsar

Takåsar är oftast vanliga raka balkar med konstant tvärsnitt och det finns två olika sätt att använda sig av takåsar, oskarvade eller skarvade. Av dessa finns det olika varianter och det är fritt upphängda balkar mellan de primära takstolarna eller att takåsarna är upplagda ovanpå bärverket. När takåsarna är upplagda på bärverket kan åsarna sträcka sig över två eller tre takstolar, antingen oskarvade eller skarvade. Skarvningen kan ske på två olika sätt, med momentstyva skarvar i omlottlagda skarvar eller med ledade skarvar och då kallas det att åsarna ligger i gerbersystem, se Svenskt limträ (2001).

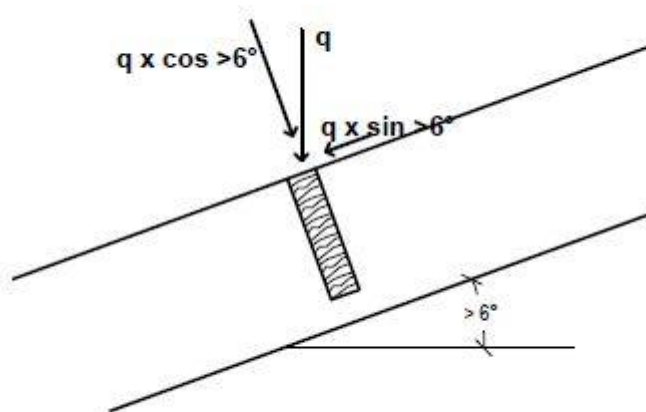


Bild 2.1 Takkonstruktion med takås, se Bygg i limträ (2012).



Bild 2.2 Takkonstruktion med takås, Se Bygg i limträ (2012).

När taklutningen är mer än 1:10 vilket är cirka  $6^\circ$  måste hänsyn tas till snölast och egenvikten. De vertikala lasterna som snö och egentyngd delas upp i två komponenter. En som är vinkelrätt mot takytan och en komponent parallellt mot takytan vilket syns i Figur 2.4.2, se Svenskt limträ (2001).



Figur 2.4.2 Kraften tas upp uppdelad i komponenter, se Svenskt limträ (2001).

## 3.1 Oskarvade takåsar

### 3.1.1 Mellanliggande takåsar

Mellanliggande takåsar är balkar som är fritt upphängda mellan takstolarna, se bild 2.2.1. Det systemet är inte speciellt vanligt idag då det är relativt krångligt att bygga på det sättet. Den mellanliggande takåsen ger stabilitet till taksolarna samtidigt som den hjälper till att bära upp sandwichelementen tillsammans med takstolarna. Eklind (2012)



Bild 2.2.1 Mellanliggande takåsar, se Bygga i limträ (2013).

När takåsarna monteras mellan takstolarna används balkskor som vanligtvis ser ut som i bild 2.2.2. Balkskon kan antingen skruvas eller bultas fast och detta sker först i takstolen innan takåsen lyfts på plats och sedan skruvas fast. Eklind (2012).



Bild 2.2.2 Balksko, se Joma (2012).

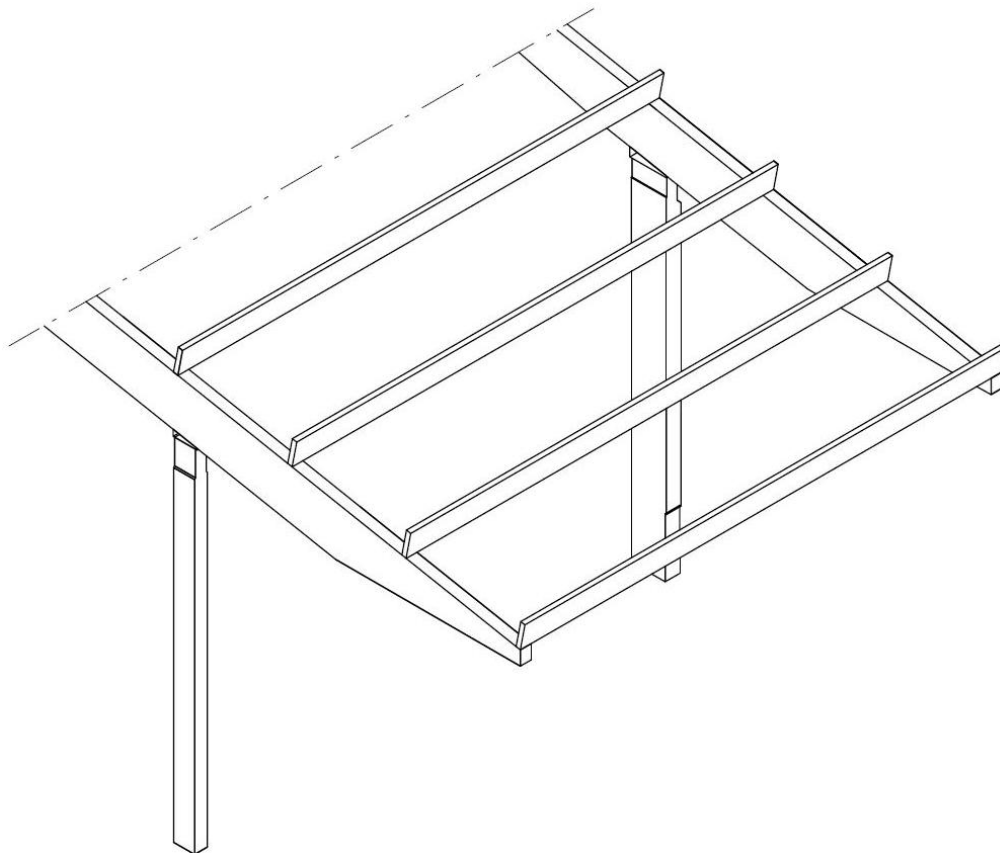
Hur takåsen ska vinklas när den sätts fast är en vanlig fråga, ska den vara vinkelrätt mot takstolen eller ska den fästas lodrätt?

Om takåsen fästs vinkelrätt används balken som den är i sin rektangulära form men då måste man beakta skev böjning vid dimensioneringen. Det är ett fenomen som lätt uppkommer då balken inte är styv i sig själv.

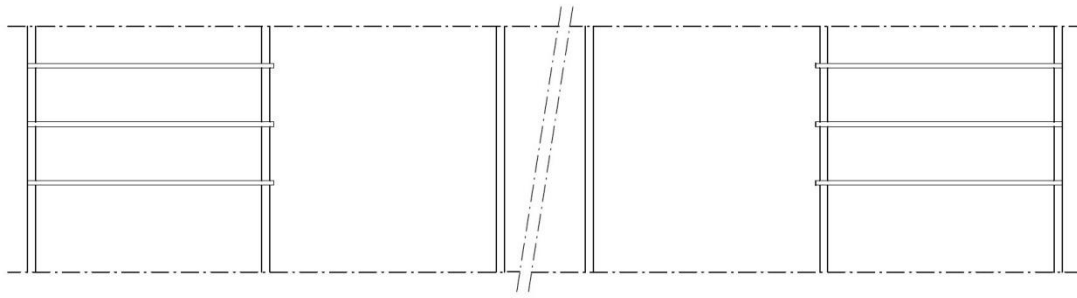
Om takåsen däremot fästs lodrätt så blir balken styvare och då behövs inte skev böjning beaktas vid beräkningen. Däremot krävs det bearbetning av balken vid tillverkning då den ena änden behövs kapas i vinkel så det bildas en plan yta tillsammans med takstolen. Eklind (2012).

### 3.1.2 Ovanpåliggande oskarvade takåsar

Om takåsarna är oskarvade kan dimensioneringen göras efter Tabell 2.3.1 och sedan kan stödmomenten reduceras med 10 % men det gäller endast då takbalkarna utgör eftergivligt stöd och åsarna sträcker sig över två eller tre fack, se Svenskt limträ (2001). Den här typen av åsar används på byggnader som är mindre eller lika med limträts spännvidd, se figur 2.2.1 eller om takåsar endast används i enskilda fack, se figur 2.2.2. Eklind (2012).



Figur 2.2.1 Oskarvade takåsar på skärmtak med samma spännvidd som takåsen.

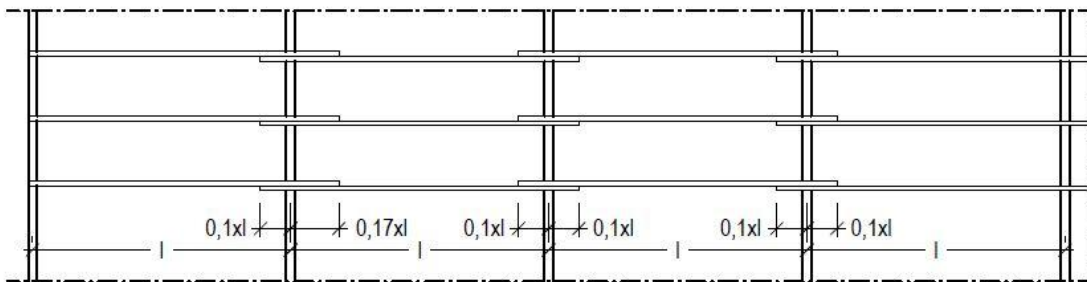


Figur 2.2.2 Oskarvade åsar i enskilt fack.

## 3.2 Skarvade takåsar

### 3.2.1 Omlottlagda takåsar

Omlottlagda åsar har fördelen att vid stödet där momentet är störst ( $M_{max}$ ) fördubblas bärförmågan. Omlottläggningen görs så lång att fältmomentet blir dimensionerande på grund av att momentet över varje ås minskas till hälften, se Svenskt limträ (2001).



Figur 2.3.1 Omlottskarvat takåssystem som är kontinuerlig.

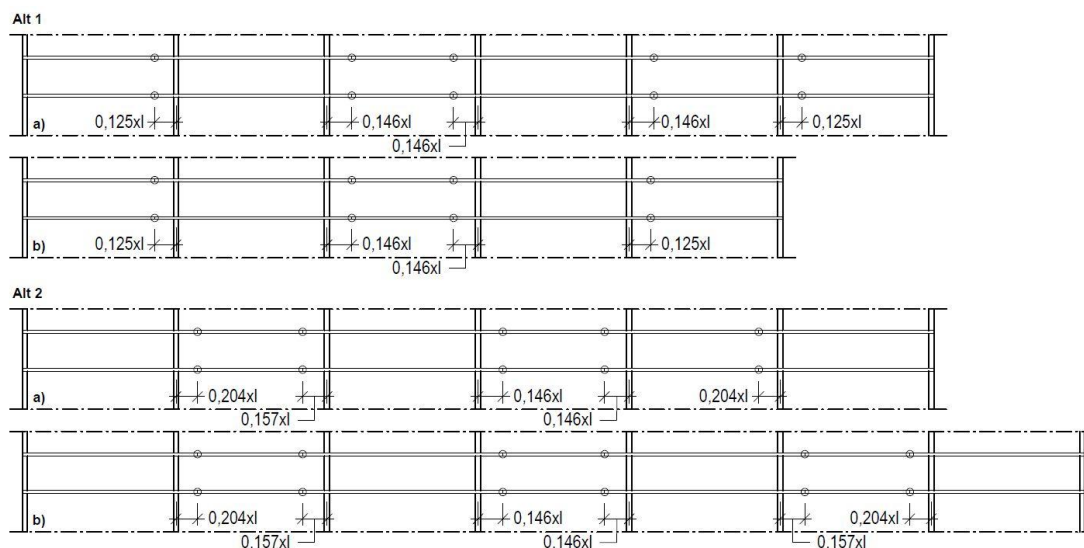
Beräkningen av moment ( $M_d$ ), uppslagsreaktioner och maximal nedböjning ( $v_{max}$ ) sker på samma sätt som för en kontinuerlig balk med konstant tröghetsmoment. Vid fler än två fack och när omlagningen ser ut som i Figur 2.3.1 gäller Tabell 2.3.1, se Svenskt limträ (2001).

Tabell 2.3.1 Beräkning av omlottlagda takåsar.

Ytterfack	$M_{max} = 0,80ql^2$
	$v_{max} = \frac{0,69ql^4}{100EI}$
Innerfack	$M_d = 0,46ql^2$
	$v_{max} = \frac{0,32ql^4}{100EI}$

### 3.2.2 Gerbersystem

I ett gerbersystem är fält- och stödmoment lika. Om ett fack skulle kollapsa och rasa så utformas systemet så att vartannat fack är fritt från leder för att förhindra fortsatt ras. Skarvarna kan naturligtvis se ut på många olika sätt, två olika sätt visas i Figur 2.4.1 där alternativ 1 visar skarvar i ytterfack med a) jämnt antal fack b) udda antal fack. Alternativ 2 visar ytterfack utan skarvar med a) jämnt antal fack b) udda antal fack, se Svenskt limträ (2001).

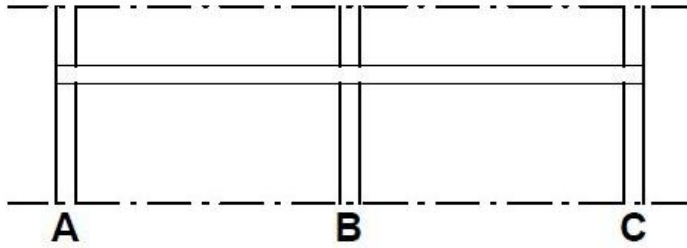


Figur 2.4.1 Skarvplaceringar i gerbersystem, se Svenskt limträ (2001).

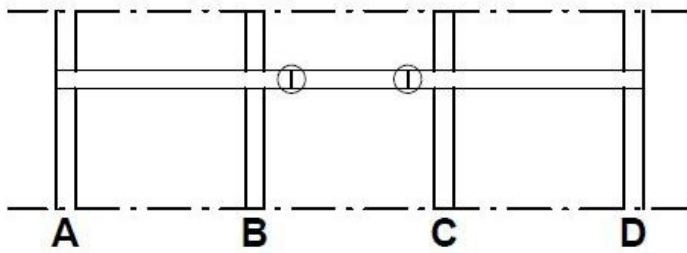
När systemet består av två eller tre fack kan snittkrafter och maximal nedböjning ( $v_{max} = w$ ) beräknas så som visas i Tabell 2.4.1

Tabell 2.4.1 Beräkning av gerbersystem vid två eller tre fack.

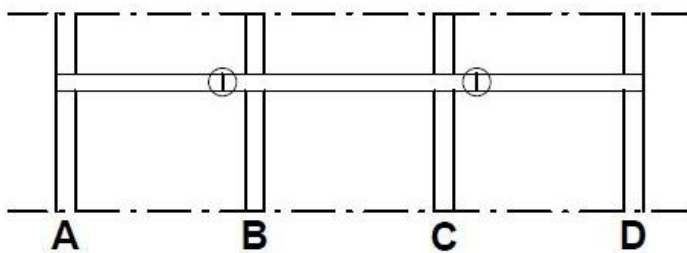
	Moment					Upplagsreaktion				Nedböjning	
	$M_{AB}$	$M_{BC}$	$M_A$			$R_A$	$R_B$	$R_C$		w	x
A	0,086	0,086	-0,086			0,414	1,172	0,414		0,774	0,46
	$M_{AB}$	$M_B$	$M_{BC}$	$M_C$	$M_{CD}$	$R_A$	$R_A$	$R_A$	$R_A$	w	x
B	0,086	-0,086	0,039	-0,086	0,086	0,414	1,085	1,085	0,414	0,774	0,46
C	0,096	-0,063	0,063	-0,063	0,096	0,438	1,062	1,062	0,438	0,714	1,50



Figur 2.4.2 Illustration till tabell 2.4.1 A



Figur 2.4.3 Illustration till tabell 2.4.1 B



Figur 2.4.4 Illustration till tabell 2.4.1 C

Vid fler fack och om skarvarna är så som alternativ 1 i Figur 2.4.2 kan beräkningarnas ske enligt Tabell 2.4.2, se Svenskt limträ (2001).

Tabell 2.4.2 Beräkning av gerbersystem.

<b>Ytterfack</b>	$M_d = 0,096ql^2$
	$V_d = V_{skarv} = 0,044ql$
	$v_{max} = \frac{0,72ql^4}{100EI}$
<b>Innerfack</b>	$M_d = 0,063ql^2$
	$V_d = 0,56ql$
	$V_{skarv} = 0,35ql$
	$v_{max} = \frac{0,77ql^4}{100EI}$

Om skarvplaceringen är som i Figur 2.4.1 gäller beräkningarna för innerfack som finns i Tabell 2.4.1 men ytterfacken beräknas enligt Tabell 2.4.3, se Svenskt limträ (2001).

Tabell 2.4.3 Beräkning av gerbersystem.

<b>Ytterfack</b>	$M_d = 0,086ql^2$
	$V_d = 0,059ql$
	$v_{max} = \frac{0,77ql^4}{100EI}$

Om det kommer fram vid dimensioneringsberäkningen att åsarna i ytter och innerfack har olika höjd är detta inte praktiskt, det är då bättre att välja samma höjd och variera åsarnas bredd, se Svenskt limträ (2001).

## 4 Sandwichelement på tak

Idag på marknaden är det många som har sandwichelement till tak i sitt sortiment. Utbudet ökar hela tiden och konkurrensen mellan företagen blir hårdare då mer och mer byggnader byggs med sandwichelement för att spara tid och pengar.

Sandwichelement på tak är ett tidseffektivt alternativ om det jämförs med att bygga taket på plats som på traditionellt vis då elementen endast monteras på plats. Däremot tar det längre tid att montera de mellanliggande takåsarna som används till sandwichelementen än de olika systemen som finns med ovanpåliggande takåsar.

### 4.1 Lindab

Lindabs sandwichsortiment består av element med två olika typer av kärna, skummade eller med stenull. Skummade kärnor finns i tre olika typer vilka är PIR, PUR och IPN, se Lindab (2010).

PUR panelen är fri från ämnena CFC/HCFC som innebär att det inte påverkar jordens ozonskikt negativt, se Lindab (2010).

Ett element med skummad kärna har hög isoleringsförmåga även om kärnan är ganska tunn, panelen klarar stora spännvidder samt att den är lätt att hantera. Panelen med skummad kärna har en stängd cellstruktur och detta innebär att kärnan inte absorberar något vatten, se Lindab (2010).

Panelen med stenullskärna har en hård kärna av högdensitets fiber av stenull och används främst där det ställa höga krav på brandsäkerhet, se Lindab (2010).

Det finns tre olika profileringar för utsidan på elementen och två olika för insidan, dessa syns i bild 3.1.1, se Lindab (2010).



Bild 3.1.1 Profilering på Lindabs sandwichelement, se Lindab (2010).



## 4.2 ThermiSol

ThermiSols sandwichelements värmeisoleringsförmåga hålls konstant och det beror på att de inte absorberar något vatten på grund av att elementens kärna består av slutna celler (EPS). Även hållfasthetsegenskaperna håller sig konstanta under hela elementens livslängd. Isoleringsmaterialet i ThermiSols element är expanderad polystyren (EPS) och det är ett material som är fritt från gifter och som inte möglar, ruttnar eller som tidigare skrivits i detta kapitel, att det inte absorberar vatten. Detta medför att elementen är hygieniska och uppfyller de höga hygienkrav som livsmedelsindustrin har, se ThermiSol (2012).

## 4.3 Ruukki

Sandwichelement från Ruukki kan användas i fasad, avdelande konstruktioner, skiljeväggar, yttertak samt innertak. Vanligtvis används de till industriella och kommersiella byggnader, idrottsanläggningar, lagerbyggnader och kraftverk.

Sandwichelementen är kostnadseffektiva prefabricerade element som består av två lager färgbelagt stål med en inre isolerande kärna som kan vara mineralull, polyuretan, polyisocyanurat eller polystyren, se Ruukki (2010).



*Bild 3.3.1 Sandwichpanel för tak från Ruukki, se Ruukki (2010).*

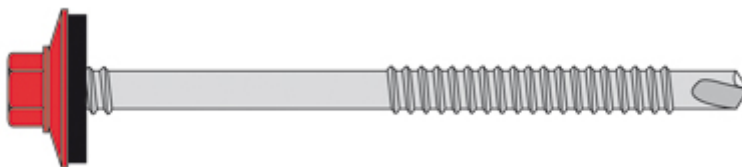
## 4.4 Montering och infästning av sandwichelement

Monteringen säkert oavsett vilket väder det är med hjälp av olika specialverktyg från Lindabs servicepaket, se Lindab (2010).



*Bild 3.4.1 Montering av sandwichelement på limträstomme, se Bygg i limträ (2012).*

Infästningen av sandwichelementen i takstol och takås sker med genomgående rostfri skruv, Ask (2012). Skruven består av gängor i två omgångar vilket kan ses i bild 3.4.2 där den grövre gängan precis under skruvens huvud ger en säker tätning mot ytterplåten. Olika dimensioner på skruvar för att fästa sandwichelementen ses i figur 3.4.3.



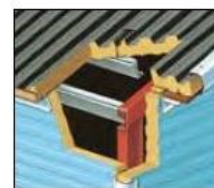
*Bild 3.4.2 Skruv för infästning av sandwichelemen, se Lindab (2011).*

Sandwich elementen är smidiga att använda sig av och det finns många färdiga beslag och plåtar för till exempel nock, takfot och sockel att använda sig av, se Lindab (2011).

Även när beställaren vill bygga olika utbyggnader och använda sig av rännदार går det smidigt att lösa, skarvarna tätas med tätningslister och sedan med beslag och plåtar av olika slag, se Lindab (2011).

## Skruv för bygg

Sandwich-panel till lättbalk/balk/trä



Unifast

Beteckning	Dimension	Borrkapacitet	Klämlängd mm	Korrosivitetssklass	Rostfritt	Antal/förp	Användningsområde
<b>Sandwich-panel till lättbalk</b>							
	<b>E33</b>	5,5 x 98	1,5 - 2 x 2,5	55-83	C1		100
	<b>E34</b>	5,5 x 120	1,5 - 2 x 2,5	65-105	C1		100
	<b>E35</b>	5,5 x 130	1,5 - 2 x 2,5	75-115	C1		100
	<b>E36</b>	5,5 x 150	1,5 - 2 x 2,5	75-135	C1		100
	<b>E37</b>	5,5 x 180	1,5 - 2 x 2,5	105-165	C1		100
	<b>E38</b>	5,5 x 200	1,5 - 2 x 2,5	125-185	C1		100
	<b>E39</b>	5,5 x 230	1,5 - 2 x 2,5	155-215	C1		100
	Marutex® <b>E41</b>	5,5 x 80	1,5 - 2 x 3,0	43-63	C4	•	100
	Marutex® <b>E42</b>	5,5 x 100	1,5 - 2 x 3,0	53-82	C4	•	100
	Marutex® <b>E43</b>	5,5 x 125	1,5 - 2 x 3,0	66-107	C4	•	100
	Marutex® <b>E44</b>	5,5 x 150	1,5 - 2 x 3,0	91-131	C4	•	100
	Marutex® <b>E45</b>	5,5 x 172	1,5 - 2 x 3,0	110-156	C4	•	100
<b>Sandwich-panel till balk</b>							
	<b>E50</b>	5,5 x 75	4,0 - 12,5	32-40	C1		100
	<b>E51</b>	5,5 x 85	4,0 - 12,5	45-51	C1		100
	<b>E52</b>	5,5 x 105	4,0 - 12,5	45-69	C1		100
	<b>E53</b>	5,5 x 130	4,0 - 12,5	68-95	C1		100
	<b>E54</b>	5,5 x 150	4,0 - 12,5	68-115	C1		100
	<b>E55</b>	5,5 x 175	4,0 - 12,5	93-140	C1		100
	<b>E56</b>	5,5 x 190	4,0 - 12,5	108-155	C1		100
	<b>E57</b>	5,5 x 210	4,0 - 12,5	128-175	C1		100
	<b>E58</b>	5,5 x 240	4,0 - 12,5	160-205	C1		100
	<b>E59</b>	5,5 x 285	4,0 - 12,5	208-250	C1		100
	Marutex® <b>E61</b>	5,5 x 85	6,0 - 12,0	48-61	C4	•	100
	Marutex® <b>E62</b>	5,5 x 100	6,0 - 12,0	56-76	C4	•	100
	Marutex® <b>E63</b>	5,5 x 120	6,0 - 12,0	66-96	C4	•	100
	Marutex® <b>E64</b>	5,5 x 150	6,0 - 12,0	81-126	C4	•	100
	Marutex® <b>E65</b>	5,5 x 185	5,0 - 12,0	120-162	C4	•	100
<b>Sandwich-panel till trä</b>							
	<b>E70</b>	6,5 x 80	2 x 0,9	<30	C4	•	100
	<b>E71</b>	6,5 x 100	2 x 0,9	<50	C4	•	100
	<b>E72</b>	6,5 x 120	2 x 0,9	<70	C4	•	100
	<b>E73</b>	6,5 x 140	2 x 0,9	<90	C4	•	100
	<b>E74</b>	6,5 x 160	2 x 0,9	<110	C4	•	100
	<b>E75</b>	6,5 x 180	2 x 0,9	<130	C4	•	100
	<b>E76</b>	6,5 x 200	2 x 0,9	<150	C4	•	100
	<b>E77</b>	6,5 x 220	2 x 0,9	<170	C4	•	100
<b>Bricka för sandwich-panel</b>							
	<b>NG4</b>	39 x 29	-	-	C4		100
Aluminiumbricka med tätning för sandwich-paneler modell G4							

Figur 3.4.3 Lindab infästningar teknisk information, se Lindab (2007).

## 5 Traditionella tak

Det finns många olika typer av traditionella tak som används till lantbruksbyggnader. Det kan vara allt från bara takplåt skruvad direkt i takstolen till mer avancerade konstruktioner. Brånfelt (2013).

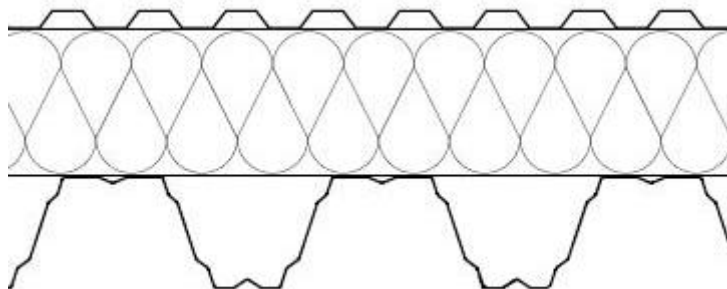
### 5.1 Självbärande tak

En typ av traditionellt tak för en lantbruksbyggnad är uppbyggt enligt följande utifrån och in i Figur 4.1.1:

- Takplåt exempelvis TP20 från Areco
- PE-folie
- 170 isolering
- Vindy
- Bärdäcksplåt exempelvis TRP128 från Areco

Ett tak som byggs på detta sätt är självbärande på grund av bärdäcksplåten och kräver på så vis inga takåsar för att bära upp sig, se Areco (2009).

Den här typen av traditionellt taket är jämförbart med sandwichtak med hänsyn till isoleringsförmåga och beständighet. Johansson (2013).



Figur 4.1.1 Illustration av självbärande tak.

#### 5.1.1 Bärdäcksplåt TP128

Bärdäcksplåten är användbar för den kan användas på de flesta typer av bärverk och den lämpar sig bra för konstruktioner med ovanpåliggande isolering som används i yttertak. Den är även självbärande upp till en spannvid på 10 meter och har en hög täckningsbredd i förhållande till bärigheten. I och med detta blir det ekonomiskt att använda bärdäcksplåt i takkonstruktionen och det har gjort att den är dominerande i dagens konstruktioner. Ännu en fördel är att den kan fås perforerad då verksamheten är ljudkänslig samt att den har en låg vikt vilket underlättar monteringen, se Areco (2009).

## Areco TP128

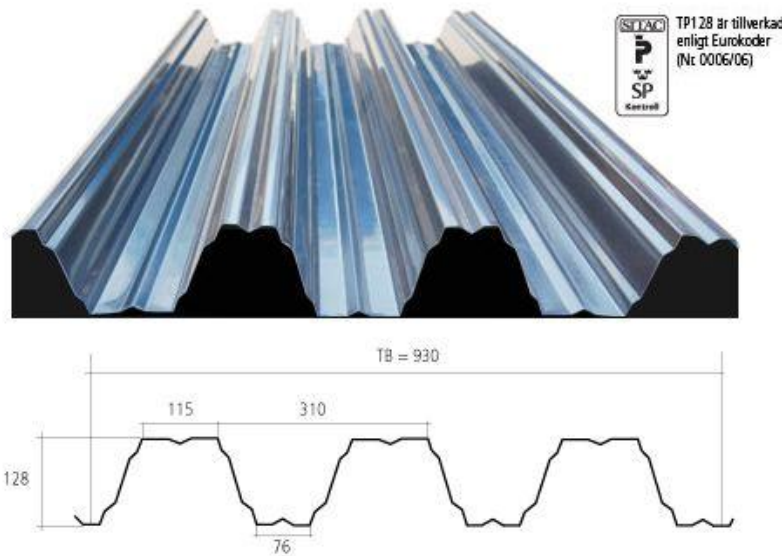


Bild 4.1.1.1 Bärplåt TP128, se Areco (2009).

## 5.1.2 Takplåt TP20

Takplåten TP20 har en traditionell profil och kombinerar bra bärighet med god täckningsbredd. Den kan produceras i längder upp till hela tolv meter, se Areco (2009).

### Areco TP20



Bild 4.1.2.1 Takplåt TP20, se Areco (2009).

## 5.1.3 Isolering

För isolering av tak används antingen sten- eller glasull som har samlingsnamnet mineralull.

En typ av stenull är FlexiBatts® som kommer från företaget Rockwool, den är både fukt och vattenavvisande. Den har en lätt vikt vilket gör den lättare att montera, se Rockwool (2013).

## 5.1.4 Montering och infästning

Bärdäcksplåten monteras med farmarskruv bild 4.4.1 framställda av antingen elgalvaniserat härdat stål eller rostfritt som skruvas rakt ner i takstolen. Det behövs minst två skruvar/profilbotten i ändupplagen och en skruv/profilbotten i mellanupplag, se Areco (2009).



Bild 4.1.4.1 Farmarskruv, se Areco (2009).

Vindy som är en vindtät papp rullas ut på bärdecksplåten och fixeras med att isoleringen läggs ut. Ovanpå isoleringen rullas PE-folien ut som är en fukt tät plast och det är viktigt att den tätas i skarvarna.

Takplåten fästs i varandra med överlappsskruv bild 4.4.2 som är lackerade i samma färg som takplåten och har en gummipackning för att det ska bli tätt. Brånfelt (2013).

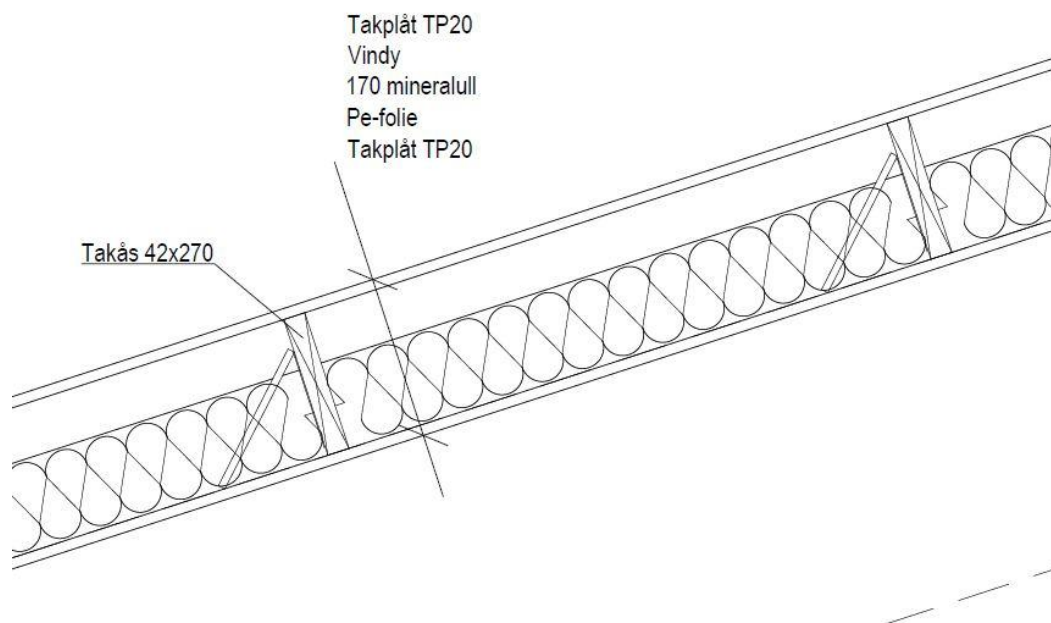


Bild 4.1.4.2 Överlappsskruv, se Areco (2009).

## 5.2 Tak med takplåt och takås

En annan typ av mer traditionellt tak jämfört med sandwichpaneler är ett tak som är uppbyggt på följande sätt utifrån och in Figur 4.2.1. Brånfelt (2013).

- Takplåt exempelvis TP20 från Areco
- PE-folie
- 170 isolering
- Vindy
- Takplåt TP20 från Areco
- Takås dimension 42x270mm



*Figur 4.2.1 Traditionellt tak med takplåt och takås*



## 6 Dimensionering

All beräkning har skett i samarbete med Moelven i Töreboda och har utgått från gällande Eurocod SS-EN 1995-1-1:2004 i Svensk version.

### 6.1 Typexempel

Dimensioneringen som har gjorts i Bilaga B är gjord på typexempel, ett för varje alternativ där de förutsättningar som kan vara lika är valda att vara lika för att jämförelsen ska bli rättvis. Till exempel är det samma hållfasthetsklass på limträ, samma typ av sandwichtak där det används, taklutningen är 20°, säkerhetsklassen är klass 2 precis som klimatklassen och snölasten är 1,5 kN/m<sup>2</sup>

### 6.2 Förutsättningar för limträ

Limträ som använda ska vara i hållfasthetsklass L40c och ger följande materialdata:

$$f_{m,k} = 30,8 \text{ MPa}$$

$$k_{mod} = 0,8 \quad (\text{SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) Tabell 3.1})$$

$$k_{cr} = 0,85$$

$$E_{0,mean} = 13\,000 \text{ MPa}$$

Partialkoefficient för materialegenskaper, tar också hänsyn till osäkerheter i beräkningsmodell och måttavvikelser:  $\gamma_m = 1,25$

### 6.3 Förutsättningar för takåsar

Vid dimensionering av takåsarna utgår det från den upplagsbredd som krävs för sandwichelementet för att det ska få den bärlighet det behöver. Lindabs sandwichelement kräver en upplagsbredd på minst mellan 80 och 100 mm och att avståndet mellan åsarna ( $S_{\lambda}$ ) är mellan 1,5 till 2 meter, Ask (2012).

I bilaga C finns ritningar som illustrerar avståndet mellan takåsarna ( $S_{\lambda}$ ) samt en 3D vy.

#### 6.3.1 Mellanliggande vinkelräta takåsar

Dimensionen som kontrolleras i Bilaga B.1 är bredd (b) = 115mm, höjd (h) = 630mm, egenvikt ( $G_{\lambda}$ ) = 0,17kN/m<sup>2</sup> och längden (l) = 6000mm.

#### 6.3.2 Mellanliggande lodräta takåsar

Dimensionen som kontrolleras i Bilaga B.2 är bredd (b) = 115mm, höjd (h) = 405mm, egenvikt ( $G_{\lambda}$ ) = 0,10kN/m<sup>2</sup> och längden (l) = 6000mm.



### 6.3.3 Omlottlagda takåsar

Dimensionen som kontrolleras i Bilaga B.3 är bredd ( $b$ ) = 115mm, höjd ( $h$ ) = 495mm, egenvikt ( $G_A$ ) =  $0,13kN/m^2$  och längden ( $l$ ) = 6000mm.

## 6.4 Förutsättningar för sandwichtak

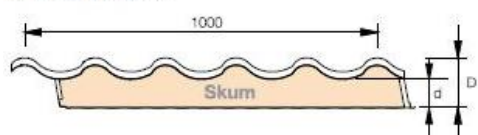
### Sandwichtak Lindab RT1000

RT1000

Profiler Utvändig: Takpanna

Std kulör utv: Antracitgrå, Terracotaröd, 50 my HBP

Stål utv (mm): 0,5



Isolerkärnans tjocklek d / D	U-Värde $W/m^2K$	Luftljuds-isolering (dB)	PIR**	Egenvikt $kg/m^2$
45 (85)	0,48	25	B-s2,d0	12,6
60 (100)	0,38	25	B-s2,d0	13,2
80 (120)	0,29	25	B-s2,d0	14,1
100 (140)	0,24	25	B-s2,d0	15,0

Min taklutning 12 grader

Figur 5.4.1 Lindabs sandwichelement. Lindab (2010).

Sandwichelementet som väljs har ett på U-värde på  $0,29W/m^2K$  och egenvikten  $G_t = 14,1kg/m^2$ .

## 6.5 Beräkning av de olika alternativen

Beräkningen som skett kan följas i Bilaga B men har kortfattat gått tillväga på följande sätt:

### Kontroll av bärförmåga i brottgränstillstånd

Där beräknas total lasteffekt samt lasteffekt för varje enskild ås, dimensionerande tvärkraft, dimensionerande moment, tröghetsmoment, dimensionerande böjspänning, dimensionerande böjhållfasthet, skjuvspänning och dimensionerande skjuvhållfasthet för att kunna kontrollera böjning och skjuvning.

### Kontroll av funktioner i bruksgränstillstånd

Där beräkning av lasteffekt för frekvent och kvasi-permanent last och nedböjning skett för att kunna kontrollera nedböjning och jämföra nedböjningskrav samt kontroll för tillgänglig olägenhet.

## 6.6 Resultat av beräkningar

Resultatet av beräkningarna i Bilaga B gav att de dimensioner som undersöktes var de rätta.

- Mellanliggande vinkelräta takåsar  $b=115mm$  och  $h=630mm$
- Mellanliggande lodräta takåsar  $b=115mm$  och  $h=405mm$
- Omlottlagda takåsar  $b=115mm$  och  $h=495mm$

## 7 Enhetstid

När tider till ett projekt planeras räknas de i enhetstider. Enhetstid är hur lång tid det tar att utföra ett visst moment, till exempel hur lång tid det tar att spika upp 1m<sup>2</sup> panel eller hur lång tid det tar att montera en krok till hänggrännorna. Eklind (2012).

### 7.1 Arbetskostnader

Det spelar ingen roll vad för typ av arbete som utförs, var sig det är att lägga dit isolering eller skruva fast bärdäcksplåten så är priset detsamma och timpriset är 300kr/h. Johansson (2013).

### 7.2 Arbetstider

I den här jämförelsen vägs monteringstiden in för takåsen samt för eventuella beslag som håller limträåsen på plats. Enhetstiderna som används kommer från byggföretaget NOVAB.

Tabell 6.1.1 Enhetstider. Johansson (2013).

Material	Mängd	Enhetstid	Arbetstid	Kostnad
Mellanliggande takås lodrät	960m	0,15h/lpm	144h	43 200kr
Mellanliggande takås vinkelrät	960m	0,15h/lpm	144h	43 200kr
Omlottlagda åsar	1152m	0,1h/lpm	115,2h	34 560kr
Sandwichtak	1345 m <sup>2</sup>	0,3h/ m <sup>2</sup>	403,5h	121 050kr
Bärdäcksplåt TRP128	1345 m <sup>2</sup>	0,15h/m <sup>2</sup>	201,75h	60 525kr
Vindy	1345 m <sup>2</sup>	0,05h/m <sup>2</sup>	67,25h	20 175kr
100 + 50 isolering	1345 m <sup>2</sup>	0,16h/m <sup>2</sup>	215,2h	64 560kr
PE-folie	1345 m <sup>2</sup>	0,05h/m <sup>2</sup>	67,25h	20 175kr
Takplåt TP20	1345 m <sup>2</sup>	0,15h/m <sup>2</sup>	201,75h	60 525kr

## 8 Kostnadsjämförelse

### 8.1 Materialkostnader

När materialkostnaderna har tagits fram har företaget NOVAB hjälp till med kunskap och med kontakter till många olika företag för att få ett så rättvist pris som möjligt.

Tabell 7.1.1 Materialkostnader. Brånfelt (2013).

Benämning	Mängd	Enhet	Material kronor/enhet	Material kronor totalt
Takås limträ 115x405 bearbetning 20kr/m	960	m	520+20kr/m	518 400kr
Takås limträ 115x495	1152	m	634kr/m	730 368kr
Takås limträ 115x630	960	m	834kr/m	800 640kr
Sandwichtak	1345	m <sup>2</sup>	498kr/m <sup>2</sup>	669 810kr
Bärdäcksplåt TRP128	1345	m <sup>2</sup>	120kr/m <sup>2</sup>	161 400kr
Vindy	1345	m <sup>2</sup>	7kr/m <sup>2</sup>	9 415kr
100 + 50 isolering	1345	m <sup>2</sup>	219kr/m <sup>2</sup>	294 555kr
PE-folie	1345	m <sup>2</sup>	5kr/m <sup>2</sup>	6 725kr
Takplåt TP20	1345	m <sup>2</sup>	60kr/m <sup>2</sup>	80 700kr

## 8.2 Material- och arbetskostnader sammanvägt

Total kostnad för material och arbete ihop.

Tabell 7.2.1 Totalkostnad

Benämning	Materialkostnad	Arbetskostnad	Total kostnad
Takås limträ 115x405 bearbetad	518 400kr	43 200kr	561 600kr
Takås limträ 115x495	730 368kr	43 200kr	773 568kr
Takås limträ 115x630	800 640kr	34 560kr	835 200kr
Sandwichtak	669 810kr	121 050kr	790 860kr
Bärdäcksplåt TRP128	161 400kr	60 525kr	221 925kr
Vindy	9 415kr	20 175kr	29 590kr
100 + 50 isolering	294 555kr	64 560kr	359 115kr
PE-folie	6 725kr	20 175kr	26 900kr
Takplåt TP20	80 700kr	60 525kr	141 225kr

## 9 Resultat

I de tre alternativen där takåsar används visar dimensioneringen att det är tre olika dimensioner som behövs. De tre olika dimensionerna är 115x405mm som används vid mellanliggande lodräta takåsar, 115x495 som används vid omlottlagda takåsar samt 115x630 som behövs vid mellanliggande vinkelräta takåsar.

I och med de olika dimensionerna skiljer även priset för limträbalkarna och prisspannet sträcker sig från 520 till 834 kronor/meter.

Det skiljer mycket i arbetstid för de olika alternativen och det traditionella taket går snabbast att bygga på 753,2 arbetstimmar.

Det traditionella taket är det billigaste och beräknas kosta 778 755 kronor inklusive material och arbetstid. Det dyraste alternativet är det med mellanliggande vinkelräta takåsar och sandwichtak med en beräknad kostnad om 1 626 060 kronor.

*Tabell 8.1.1 Kostnader för de olika alternativen*

<b>Benämning</b>	<b>Total kostnad</b>
Bearbetad mellanliggande lodräta limträtakåsar 115x405 inkl. sandwichtak	1 352 460kr
Mellanliggande vinkelräta limträtakåsar 115x630 inkl. sandwichtak	1 626 060kr
Omlottlagda limträåsar 115x495 inkl. sandwichtak	1 564 428kr
Självbärande tak	778 755kr

## 10 Diskussion

Omlottlagda åsar och åsar i gerbersystem är system som är väl undersökta. Det går snabbt att montera då det oftast finns upplag på takstolen redan från fabrik som man lägger åsen att vila mot. Det blir på så vis kostnadseffektivt då det inte går åt mycket arbetstid att montera åsarna.

Mellanliggande åsar är ett nytt system med takåsar. Det är lite mer tidskrävande att montera den typen av åsar och det gäller att passformen på balken som ska bli en takås är god för att det ska fungera.

Moelven är ett stort företag som är Europealedande inom limträ och därför vill de utöka sina kunskaper och kunna anpassa sina stommar så att de passar bra även när företag vill bygga hallar, lantbruk med mera där fasad och tak täcks med sandwichelement för att få ett modernt utseende. I och med att sandwichelementen och takåsarna går  $0,11\text{h/m}^2$  snabbare än det traditionella taket att bygga, kommer det att bli allt vanligare att bygga med sandwichtak. Vill Moelven behålla sin starka position på marknaden är detta ett naturligt steg att ta.

Något förvånade är dock att det blev tre olika dimensioner i de tre olika alternativen. Att det skiljer mellan omlottliggande och mellanliggande kan man förvänta sig. Men inte att det skulle skilja så som 225mm på höjden mellan lodräta och vågräta mellanliggande åsar, även om de angrips av kraften i olika plan.

Vid beräkningen av tidsåtgången framkom att sandwichtaket tog så lång tid att montera som  $0,3\text{h/m}^2$  jämfört med enbart bärdäcksplåten som tar  $0,15\text{h/m}^2$ . Detta kan bero på att det behövs lyftkran för att montera sandwichelementen. Vilket gör att det går åt fler arbetare, en i kranen, någon på marken och några på taket så är det klart att enhetstiden blir hög.

Efter att ha upptäckt att det är det traditionella taket som blir billigast kan jag konstatera att "gammal" byggkonst är väl beprövad och väl optimerad samt att material som funnits längre sjunker i pris. Vilket även sandwichpanelerna kommer göra, så att skillnaden inte kommer vara riktigt så stor i framtiden.

## 11 Slutsats

Mellanliggande takåsar är ett system som inte är speciellt mycket undersökt och detta visar sig då det var svårt att finna information och fakta som beskriver systemet. Det fanns desto mer om de mer traditionella systemen, så det gick bra att hitta användbar information.

Från de givna förutsättningarna jag fick från Moelven gav dimensioneringen av de mellanliggande lodräta takåsarna att de behöver vara 115x405mm och de mellanliggande men vågräta behöver vara 115x630mm för att klara alla krav medan de omlottlagda åsarna behöver vara 115x495mm.

Det dyraste alternativet är det med sandwichtak och mellanliggande vinkelräta takåsar som kostade hela 1 626 060 kronor. Det traditionella taket som är det billigaste alternativet och kostade 778 755 kronor. Skillnaden mellan det dyraste och billigaste alternativet på takkonstruktion blev 847 285 kronor.

## Referenser

Ask, L. Lindab (säljare) telefonintervju 2012-05-02

Areco (2009) *Infästning*, <http://www.areco.se/infastning.html> (2013-04-09)

Areco (2011) *Lasttabell TP20*,  
[http://www.areco.se/PDFs/Lasttabell\\_TPVP20\\_sv\\_Eurokod.pdf](http://www.areco.se/PDFs/Lasttabell_TPVP20_sv_Eurokod.pdf) (2013-04-08)

Areco (2011) *Lasttabell TP128*,  
[http://www.areco.se/PDFs/Lasttabell\\_TP128\\_sv\\_Eurokod.pdf](http://www.areco.se/PDFs/Lasttabell_TP128_sv_Eurokod.pdf) (2013-04-09)

Areco (2009) *Areco TP20*, [http://www.areco.se/takplat\\_tp20.html](http://www.areco.se/takplat_tp20.html) (2013-04-09)

Areco (2009) *Areco TP128*, [http://areco.se/takplat\\_tp128.html](http://areco.se/takplat_tp128.html) (2013-01-04)

Bygg i limträ (2012) *Bygg i limträ*, Produktion, Jakobstav Byggkonsult AB P J Bygg,  
<http://www.bygglimtra.se/> (2012-05-06)

Bygg i limträ (2013) *Mark och betong*, Jakobstav Byggkonsult AB P J Bygg,  
<http://www.bygglimtra.se/images/MARKOBETONG%20-%20PJ%20BYGG%20BILDER%20191.jpg> (2013-04-10)

Brånfelt, P-A. NOVAB (projektledare) intervju 2013-01-17

Eklind, S. NOVAB (arbetsledare) intervju 2012-04-24

Isaksson, T. Mårtensson, A. (2010) *Byggkonstruktion Regel- och formelsamling*, Studentlitteratur AB, Lund

Jomfa (2012), *Balsko*, Jomfa, <http://www.joma.se/byggbeslag/balkskor/balkskokombi> (2012-05-14)

Johansson, T. Moelven (konstruktör) intervju 2012-03-01

Johansson, T. NOVAB (arbetsledare) intervju 2013-01-15



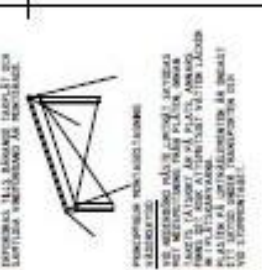
- Lindab (2011), *Beslag*, Lindab. [http://www.lindab.com/se/pro/products/Pages/S12-Base-Cover-Flashing-Interior.aspx?refpageid=f6be25c6-5dd2-4e32-830b-8f2849d49e8d#drilldown\\_guid:7028729c-54dd-401a-b101-f11617198e63;level:all;sub:3](http://www.lindab.com/se/pro/products/Pages/S12-Base-Cover-Flashing-Interior.aspx?refpageid=f6be25c6-5dd2-4e32-830b-8f2849d49e8d#drilldown_guid:7028729c-54dd-401a-b101-f11617198e63;level:all;sub:3) (2012-05-01)
- Lindab (2011) *E33-45*, Lindab. <http://www.lindab.com/se/pro/products/Pages/E33-45.aspx?refpageid=c3a2460f-c98b-4140-8807-917b3fc6b6cd> (2012-05-04)
- Lindab (2007) *Lindab infästningar teknisk information*, Lindab. {Art no. 153288} <http://www.lindab.com/se/pro/pages/search.aspx?k=153288> (2012-05-01).
- Lindab (2010) *Lindab sandwichpaneler - Förbättrar resultatet och effektiviteten*, Lindab. {Art no 153281} <http://www.lindab.com/se/pro/pages/search.aspx?k=153281> (2012-05-04)
- Lindab (2010) *Lindab sandwichpaneler teknisk information*, Lindab. {Art no 153282} <http://www.lindab.com/se/pro/pages/search.aspx?k=153282> (2012-05-04)
- Lindab (2012). *Rainline*, Lindab [http://campaigns.lindab.com/se/1400\\_cal.html](http://campaigns.lindab.com/se/1400_cal.html) (2012-05-15)
- Moelven (2012), *Balkbro*, Moelven, <http://www.moelven.com/se/Produkter-och-tjanster/Limtra/Trabroar/Balkbro/> (2012-03-28)
- Moelven (2012) *Bågbro*, Moelven, <http://www.moelven.com/se/Produkter-och-tjanster/Limtra/Trabroar/Bagbro/> (2012-03-28)
- Moelven (2012), *Lantbruksbyggnader - Fröåkra*, Moelven, <http://www.moelven.com/se/Produkter-och-tjanster/Limtra/Lantbruksbyggnader/Kostall/Froakra/> (2012-03-28)
- Moelven (2012), *Lantbruksbyggnader - Vadsbo mjölk*, Moelven, <http://www.moelven.com/se/Referenser/Limtra--Kerto/Lantbrukshallar/Vadsbo-Mjolk/> (2012-03-28)
- Moelven (2012) *Moelven Töreboda AB*, Moelven, <http://www.moelven.com/se/Om-Moelven/Divisioner/Byggsystemer/Moelven-Toreboda-AB/> (2012-03-28)

- Moelven (2012), *Natturum Vattenrike*, Moelven, <http://www.moelven.com/se/Referenser/Limtra--Kerto/Offentliga-byggnader/Naturum-Vattenrike/> (2012-03-28)
- Rockwool (2013), *FlexiBatts*, Rockwool AB, <http://www.rockwool.se/produkter/u/2011.product/1732/byggisolering/flexibatts> (2013-04-09)
- Ruukki (2010) *Sandwichelement*, Ruukki, <http://www.ruukki.se/Produkter-och-losningar/Bygg/Sandwichelement> (2012-05-04)
- Ruukki (2010) *Sandwichpanel SP2C PIR*, Ruukki, <http://www.ruukki.se/Produkter-och-losningar/Bygg/Sandwichelement/Sandwichelement-for-yttertak/Sandwichpanel-SP2C-PIR> (2012-05-04)
- SIS Förlag AB (2009). Svensk Standard, SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv), *Eurokod 5: Dimensionering av träkonstruktioner – Del 1-1: Allmänt – Gemensamma regler och regler för byggnader*, SIS Förlag AB, Stockholm
- Svenskt limträ (2001) *Limträ handboken*, Svenskt limträ AB, Stockholm, sida 123-127
- ThermiSol (2012), *Thermisol - Element*, ThermiSol, <http://www.thermisol.se/dokument/paneler/broschyror> (2012-05-01)
- Träguiden (2012) *Processens olika steg*, Svenskt trä, <http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=806&contextPage=184> (2012-04-25)
- Träguiden (2013), *Stabilisering – tak*, Svenskt trä, <http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=1294> (2013-04-28)
- Träguiden (2013) *Översikt över träbaserade bärverk – tak*, Svenskt trä, <http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=1293> (2013-04-10)

**FÖRESKRIFTER**

ALLA ENDS BEKÄNNELSER  
 SÄS. SÄS. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN.  
 SÄS. SÄS. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN.  
 SÄS. SÄS. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN.  
 SÄS. SÄS. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN.  
 SÄS. SÄS. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN.  
 SÄS. SÄS. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN.  
 SÄS. SÄS. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN.

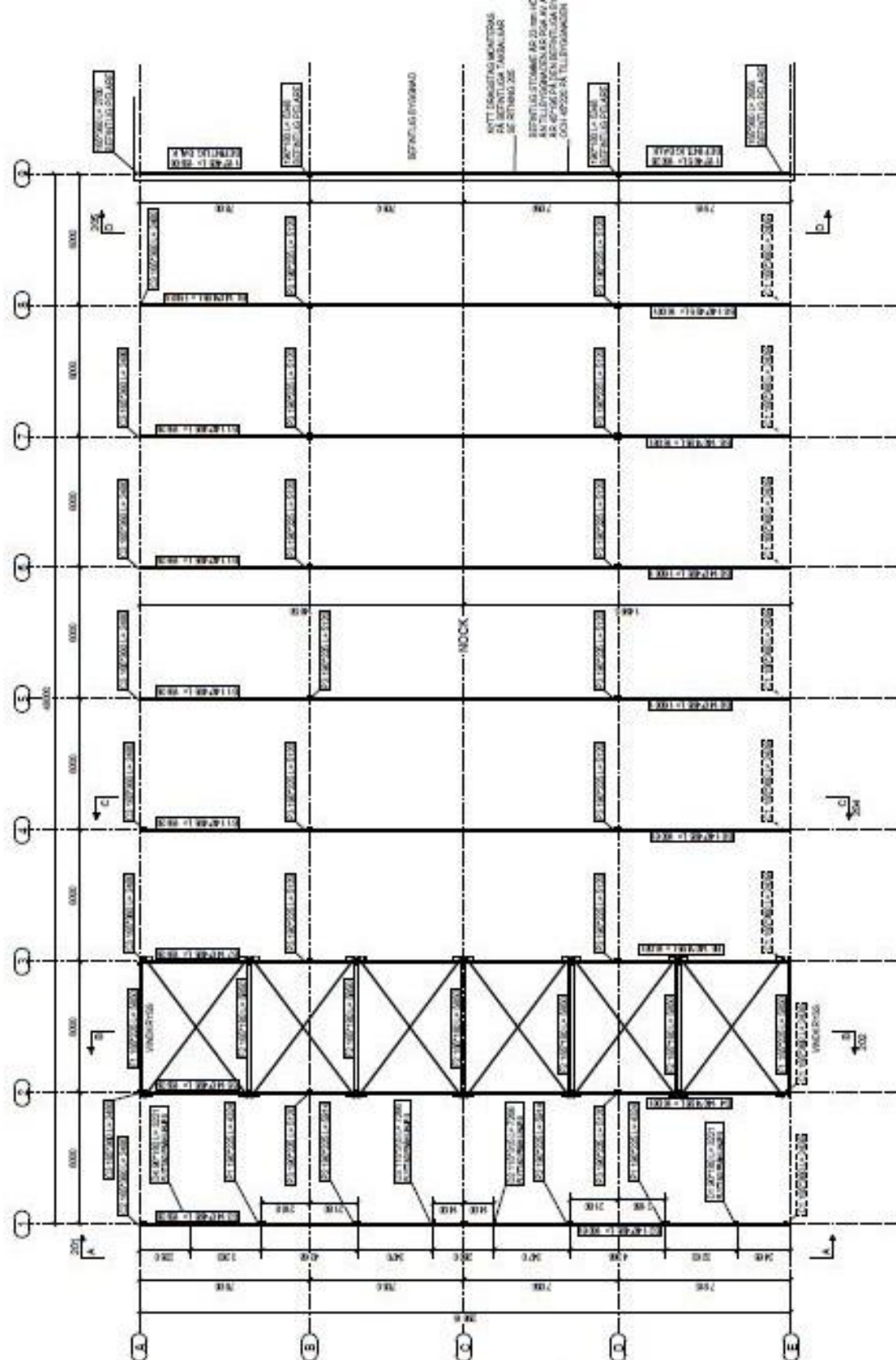
BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN.  
 BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN.  
 BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN.  
 BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN.  
 BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN. BEKÄNN.



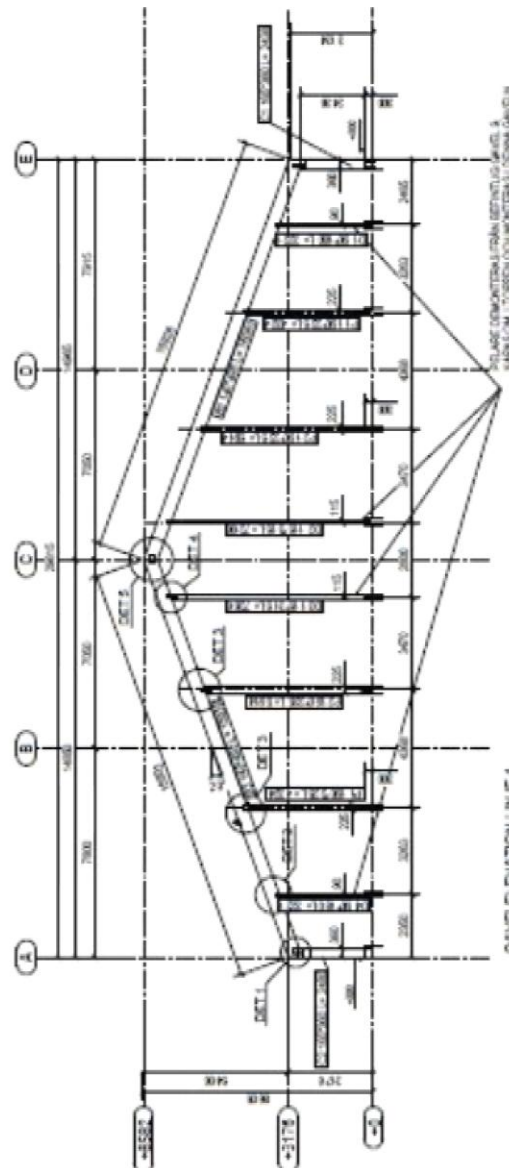
BYGGHANDLING  
 SNICKERIS GÅRD  
 TVÄÅKER  
 BORGESSON BYGG AB  
**MONOMJÖNK**  
 Töreboda AB

BYGGHANDLING		SNICKERIS GÅRD		TVÄÅKER		BORGESSON BYGG AB		<b>MONOMJÖNK</b>		Töreboda AB		Måttskala: 1:100		101	
STOMPLAN															

**Bilaga A: Ritningar med förutsättningar**



STOMPLAN

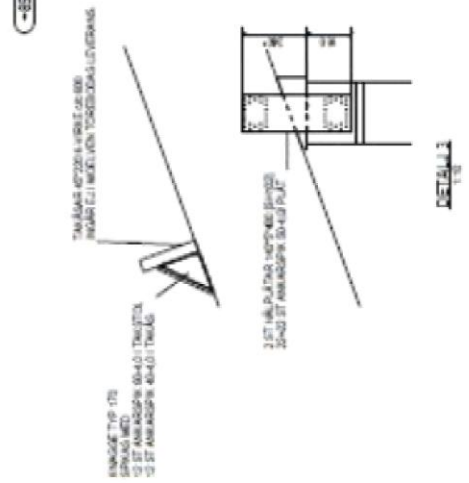


GAVELEVATION LINJE 1  
SÄTT UTFRÅN  
1570 HÖGÅRDET SVÄN

A-A  
1/10

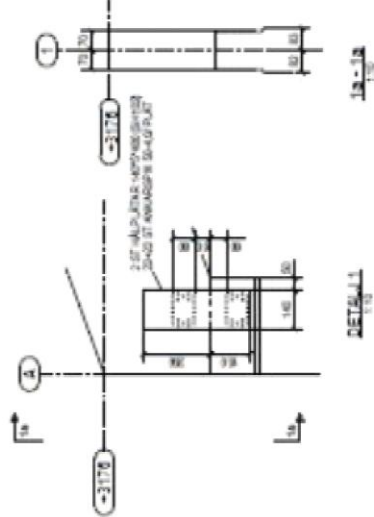
FÖLJDE DEMONSTRATION AV DETALJ 2, 3 & 4  
SÄTT UTFRÅN 1570 HÖGÅRDET SVÄN  
SE RITNING TYP 100 FÖR MÖTTNINGENS UPPRISNING

ANVÄNDNINGAR  
FÖR ANVÄNDNING AV RITNINGEN  
FÖR FÖREBYGGNING AV  
SÄTT UTFRÅN 1570 HÖGÅRDET SVÄN  
FÖR ANVÄNDNING AV RITNINGEN  
SE RITNING TYP 100



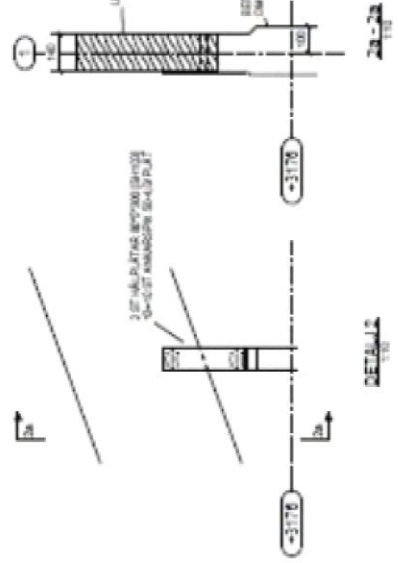
DETAILS  
1/10

DETAILS  
1/10



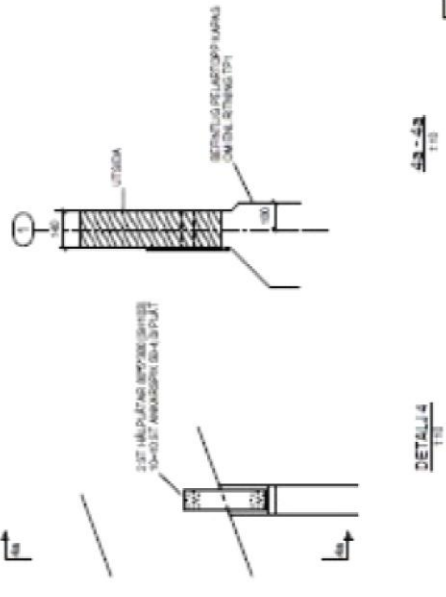
DETAILS  
1/10

DETAILS  
1/10



DETAILS  
1/10

DETAILS  
1/10



DETAILS  
1/10

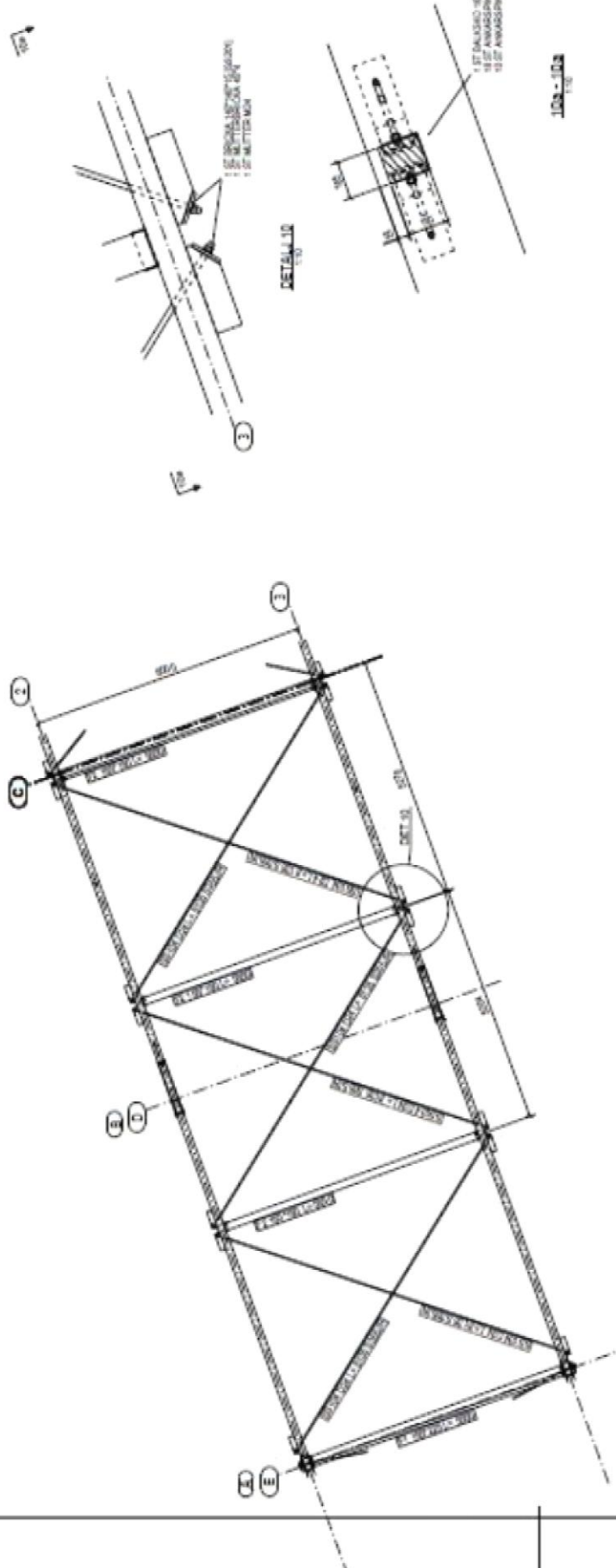
DETAILS  
1/10

BYGGHANDLING	BYGGNINGSNUMMER	BYGGÅR	BLAD
SNICKERENS GÅRD TVÅÅKER BÖRJESON BYGG AB			
<p><b>INOMBYTT</b> Törebods AB Svevägen 10 221 15 03.05.2011</p>			
GAVELEVATION	BYGGNINGSNUMMER	BYGGÅR	BLAD
LINJE 1			
A1-1:100			201

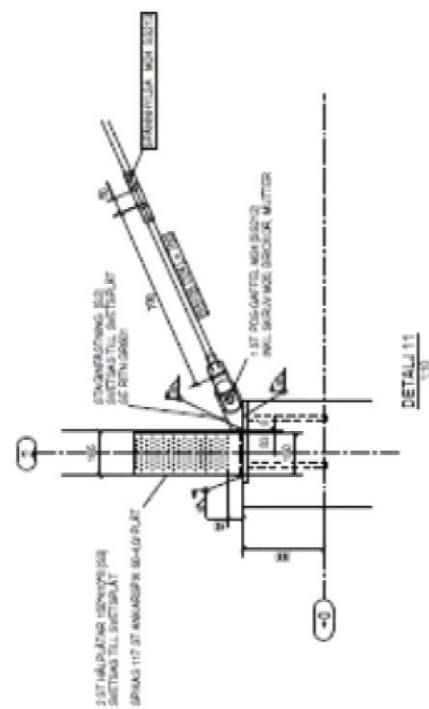




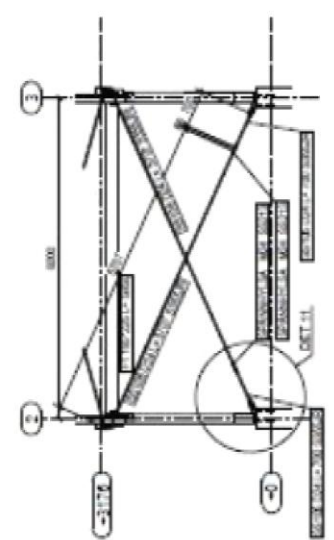
BYGGHANDLING  
 SNICKERIS GÄRD  
 TVÄÄKER  
 BORJESSON BYGG AB  
 Torebodas väg 1  
 141 34 Torebo  
 03 05 20 11



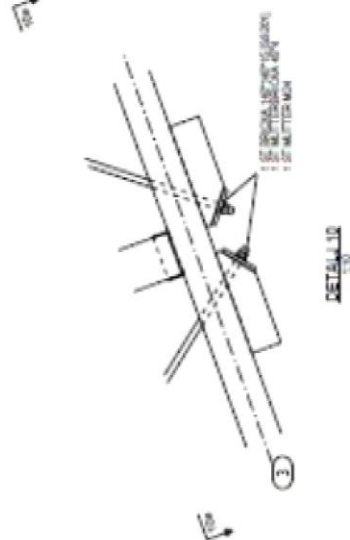
VINDRYGG/TAK F-F  
 202 '10



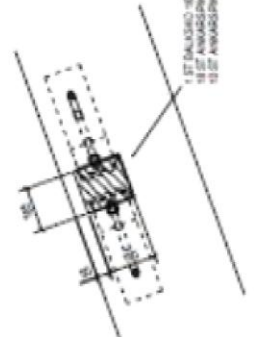
DETALI 11  
 1:10



VINDRYGG/LINJEOR E-E  
 202 '10



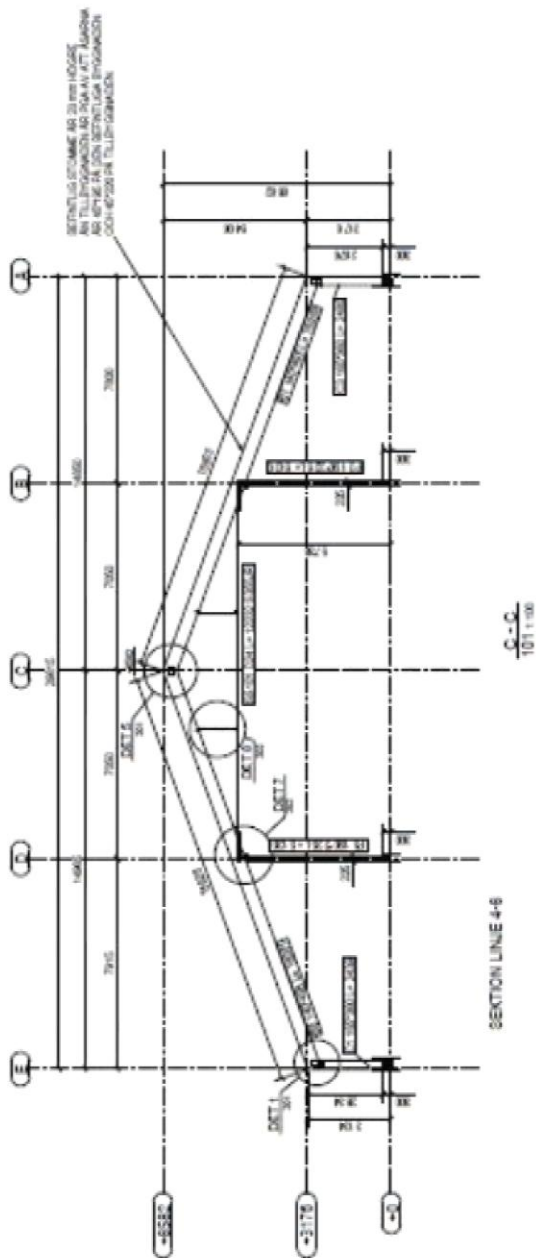
DETALI 10  
 1:10



DETALI 10a  
 1:10

BYGGHANDLING	BYGGNINGSBYGGNAD	BYGGNINGSBYGGNAD	BYGGNINGSBYGGNAD
SNICKERIS GÄRD	SNICKERIS GÄRD	SNICKERIS GÄRD	SNICKERIS GÄRD
TVÄÄKER	TVÄÄKER	TVÄÄKER	TVÄÄKER
BORJESSON BYGG AB	BORJESSON BYGG AB	BORJESSON BYGG AB	BORJESSON BYGG AB
Toreboda AB	Toreboda AB	Toreboda AB	Toreboda AB
Torebodas väg 1	Torebodas väg 1	Torebodas väg 1	Torebodas väg 1
141 34 Torebo	141 34 Torebo	141 34 Torebo	141 34 Torebo
03 05 20 11	03 05 20 11	03 05 20 11	03 05 20 11
VINDRYGG	VINDRYGG	VINDRYGG	VINDRYGG
LINJE 2-3	LINJE 2-3	LINJE 2-3	LINJE 2-3
A1-1:50	A1-1:50	A1-1:50	A1-1:50
203	203	203	203

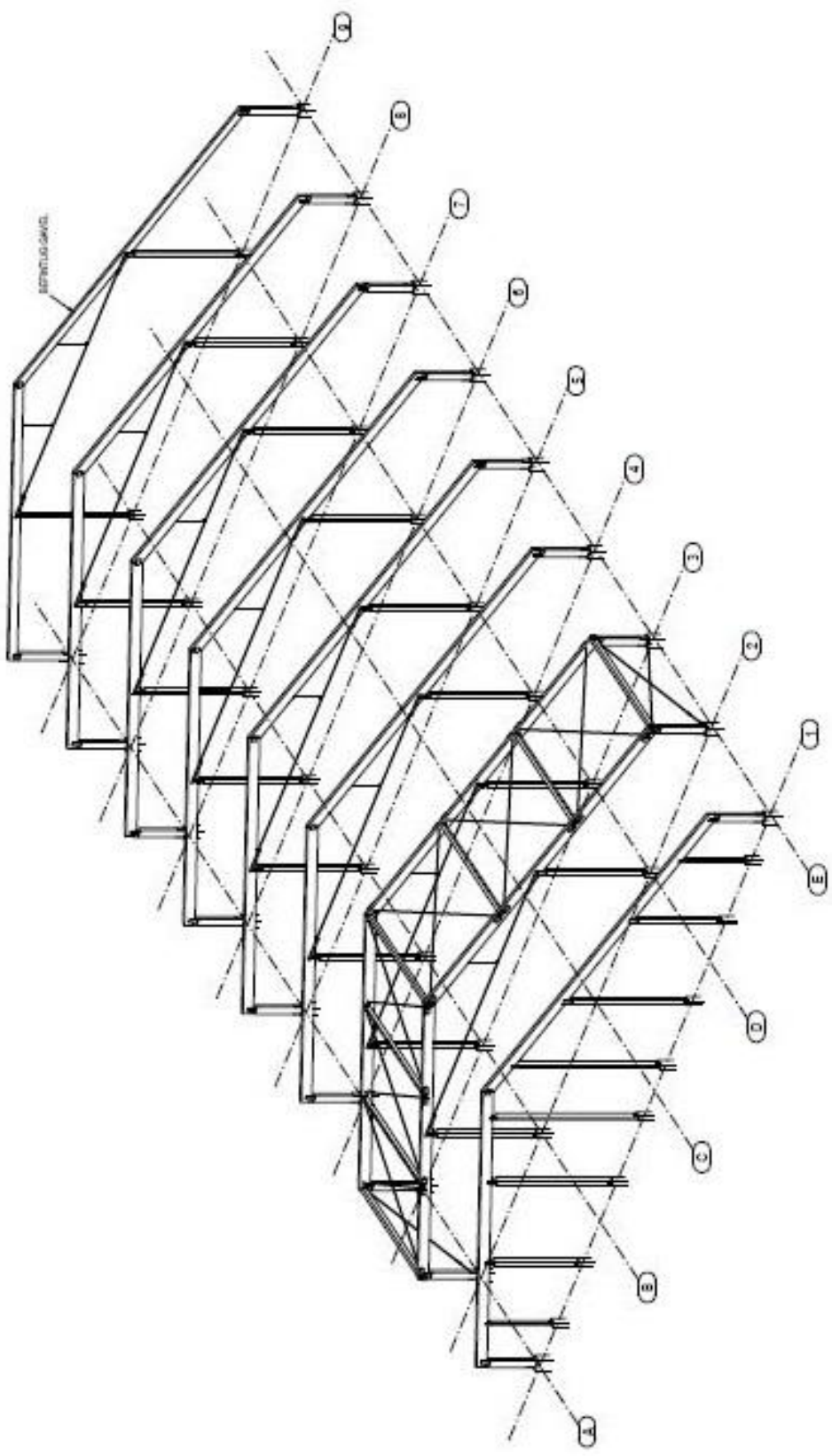
HAUSINGENS  
FÖRETAGETS BEGRÄNSAD  
ANSVARIG FÖR KONSTRUKTIONEN  
GRAND 3028 08262



BYGGHANDLING			
SNICKERIS GÄRD			
TVÄÄKER			
BORJESSON BYGG AB			
<b>MONDRIEN</b>			
Töreboda AB			
Sveaborgsvägen 10			
141 23 Töreboda			
03106 2001			
SEKTION LINJE 4-8			
A1-1:100			
204			



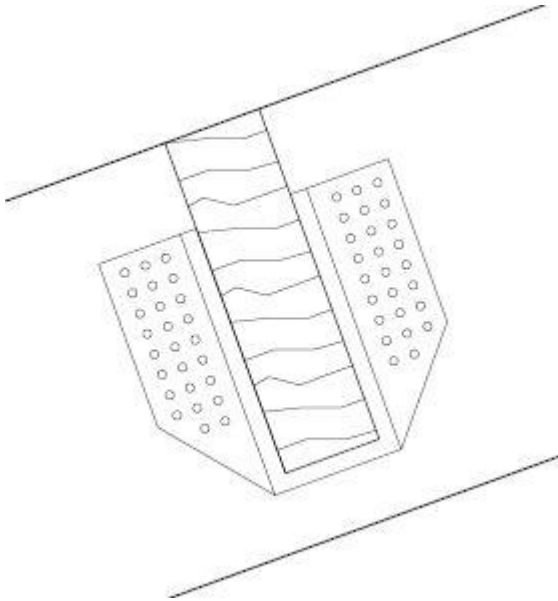




BYGGHANDLING	BYGGNINGS-NO	BYGGNINGS-ÅR	BYGGNINGS-OMRÅDE
SNICKERNS GÅRD			
TVÅÅKER			
BORJESSON BYGG AB			
<b>MIOMBYN</b>			
Företags AB			
ÅKERGATAN 10			
221 22			
02022013			
3D-VY			
A1-1-100			
501			

## Bilaga B: Beräkningar

### B.1 Mellanliggande takåsar vinkelräta mot takstolen



Figur B.1 Illustration av mellanliggande vinkelrät takås.

#### B.1.1 Förutsättningar utifrån preliminära dimensioner

Följande förutsättningar utgår från att byggnaden ska byggas i Hallands län samt att takåsens dimensioner som är bredd ( $b$ ) = 115 mm och höjd ( $h$ ) = 630 mm och väger 34,1 kg/lpm. Takåsens längd är 6000 mm.

Säkerhetsklass 2  $\rightarrow \gamma_d = 0,91$

Klimatklass 2

Taklutning:  $\alpha = 20^\circ$

Snölast:  $s_k = 1,5 \text{ kN/m}$

Egentyngd av takbeläggning:  $G_T = 0,14 \text{ kN/m}^2$

Egentyngd av takåsar:  $G_{\bar{A}} = 0,17 \text{ kN/m}^2$

Egentyngd av takbeläggning och takåsar:  $G = 0,31 \text{ kN/m}^2$

Faktor för kombinationsvärde av variabla laster:  $\Psi_1 = 0,3$

Faktor för kombinationsvärde av variabla laster:  $\Psi_2 = 0,1$

Centrumavstånd mellan takbalkar:  $S_T = 6000 \text{ mm}$

Centrumavstånd mellan takåsar:  $S_{\bar{A}} = 1500 \text{ mm}$

## Kontroll av bärförmågan i brottgränstillståndet för möjliga brottyper

### Lasteffekt

$$\begin{aligned}\bar{q}_d &= \gamma_d * 1,20 * G + \gamma_d * 1,5 * S_k = & (B.1.1) \\ &= 0,91 * 1,20 * 0,31 + 0,91 * 1,5 * 1,5 = 2,386 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

### Varje takås belastas med lasten

$$\begin{aligned}q_d &= \bar{q}_d * S_T = & (B.1.2) \\ &= 2,386 * 6 = 14,316 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Då taklutningen är mer än 1:10 måste hänsyn ta till att åsarna lutar och lasten delas då upp i två komponenter. Limträhandboken (2001).

$$\begin{aligned}q_{d1}^y &= q_d * \sin \alpha = & (B.1.3) \\ &= 2,386 * \sin 20 = 4,896 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_{d2}^y &= q_d * \sin \alpha * \cos \alpha = & (B.1.4) \\ &= 2,386 * \sin 20 * \cos 20 = 4,601 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_d^y &= q_{d1}^y + q_{d2}^y = & (B.1.5) \\ &= 4,896 + 4,601 = 9,497 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_{d1}^z &= q_d * \cos \alpha = & (B.1.6) \\ &= 2,386 * \cos 20 = 13,453 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_{d2}^z &= q_d * \cos(\alpha)^2 = & (B.1.7) \\ &= 2,386 * \cos(20)^2 = 12,641 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_d^z &= q_{d1}^z + q_{d2}^z = & (B.1.8) \\ &= 13,453 + 12,641 = 26,094 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

### Dimensionerande tvärkraft

$$\begin{aligned}V_d &= \frac{q_d^y * l}{2} = & (B.1.9) \\ &= \frac{9,497 * 10^3 * 6}{2} = 28,491 \text{ kN}\end{aligned}$$

### Dimensionerande moment

$$\begin{aligned} M_d &= \frac{q_d^y * l^2}{8} = & (B.1.10) \\ &= \frac{9,497 * 10^3 * 6^2}{8} = 42,737 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### Tröghetsmoment

$$\begin{aligned} I &= \frac{b * h^3}{12} = & (B.1.11) \\ &= \frac{115 * 630^3}{12} = 2396,284 * 10^6 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

### Dimensionerande böjspänning

$$\begin{aligned} \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_{y,d}}{W} = & (B.1.12) \\ &= \frac{117,423 * 10^6}{7607250} = 15,436 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{m,z,d} &= \frac{M_{z,d}}{W} = & (B.1.13) \\ &= \frac{42,737 * 10^6}{7607250} = 5,618 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{y,d} &= \frac{q_d^z * l^2}{8} = & (B.1.14) \\ &= \frac{26,094 * 10^3 * 6^2}{8} = 117,423 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{z,d} &= \frac{q_d^y * l^2}{8} = & (B.1.15) \\ &= \frac{9,497 * 10^3 * 6^2}{8} = 42,737 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{b * h^2}{6} = & (B.1.16) \\ &= \frac{115 * 630^2}{6} = 7607250 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

### Dimensionerande böjhållfasthet

$$\begin{aligned} f_{m,y,d} &= k_h^y * \frac{k_{mod} * f_{m,k}}{\gamma_m} = & (B.1.17) \\ &= 1,0 * \frac{0,8 * 30,8}{1,25} = 19,712 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$f_{m,z,d} = k_h^z * \frac{k_{mod} * f_{m,k}}{\gamma_m} = \quad (B.1.18)$$

$$= 1,1 * \frac{0,8 * 30,8}{1,25} = 21,683 \text{ MPa}$$

$$k_h^y = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{600}{h}\right)^{0,1} = \left(\frac{600}{630}\right)^{0,1} = 1,0 \\ 1,1 \quad \quad \quad 1,1 \end{array} \right. \quad (B.1.19)$$

$$k_h^z = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{600}{h}\right)^{0,1} = \left(\frac{600}{630}\right)^{0,1} = 1,1 \\ 1,1 \quad \quad \quad 1,1 \end{array} \right. \quad (B.1.20)$$

### Kontroll av böjning

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (\text{SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) ekv 6.11) (B.1.21)}$$

$$\frac{15,436}{19,712} + 0,7 * \frac{5,618}{21,683} = 0,96 \text{ vilket är mindre än } 1 \rightarrow OK$$

$$k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (\text{SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) ekv 6.12) (B.1.22)}$$

$$0,7 * \frac{15,436}{19,712} + \frac{5,618}{21,683} = 0,81 \text{ vilket är mindre än } 1 \rightarrow OK$$

### Skjuvning

#### Skjuvspänning beräknas

$$\tau_d = \frac{1,5 * V_d}{A} = \quad (\text{SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) härled från ekv 6.60) (B.1.23)}$$

$$= \frac{1,5 * 28,491 * 10^3}{115 * 630} = 0,590 \text{ MPa}$$

#### Dimensionerande skjuvhållfasthet

$$f_{v,d} = k_{cr} * \frac{k_{mod} * f_{vk}}{\gamma_m} = \quad (B.1.24)$$

$$= 0,85 * \frac{0,8 * 3,5}{1,25} = 1,904 \text{ MPa}$$

## Kontroll av skjuvning

$$\begin{aligned}\tau_d &\leq f_{v,d} * k_{cr} \Rightarrow && \text{(SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) ekv 6.13) (B.1.25)} \\ &=> 0,590 \leq 1,904 * 0,85 = \\ &= 1,618 \text{ vilket är större än } 0,590 \rightarrow OK\end{aligned}$$

## Kontroll av funktioner i bruksgränstillstånden

### Lasteffekt för frekvent last

$$\begin{aligned}q_{b,f} &= 1,0 * G + \Psi_1 * s_k * S_{\dot{A}} = && \text{(B.1.26)} \\ &= 1,0 * 0,31 * 10^3 + 0,3 * 1,5 * 10^3 * 1,5 = 0,985 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

### Lasteffekt för kvasi-permanent last

$$\begin{aligned}q_{b,k-p} &= 1,0 * G + \Psi_2 * s_k * S_{\dot{A}} = && \text{(B.1.27)} \\ &= 1,0 * 0,31 * 10^3 + 0,1 * 1,5 * 10^3 * 1,5 = 0,535 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

## Nedböjning

$$\begin{aligned}u_{fin} &= u_{fin,G} + u_{fin,s_k} + \sum u_{fin,Q,i} && \text{(SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) ekv 2.2) (B.1.28)} \\ &= 2,720 + 3,949 + 0 = 6,669 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} * (1 + k_{def}) \quad \text{(SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) ekv 2.3) (B.1.29)}$$

$$\begin{aligned}u_{inst,G} &= \frac{l * G * S_{\dot{A}} * 5 * l^4}{384 * E_{0,mean} * I} * (1 + k_{def}) = \\ &= \frac{6 * 0,31 * 10^3 * 1,5 * 5 * 6^4 * 12}{384 * 13000 * 10^6 * 0,115 * 0,630^3} * (1 + 0,8) = 2,720 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$u_{fin,s_k} = u_{inst,s_k} (1 + \Psi_1 * k_{def}) \quad \text{(SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) ekv 2.4) (B.1.30)}$$

$$\begin{aligned}u_{inst,s_k} &= \frac{l * S_k * S_{\dot{A}} * \Psi_1 * 5 * l^4}{384 * E_{0,mean} * I} * (1 + k_{def}) = \\ &= \frac{6 * 1,5 * 10^3 * 1,5 * 0,3 * 5 * 6^4 * 12}{384 * 13000 * 10^6 * 0,115 * 0,630^3} * (1 + 0,8) = 3,949 \text{ mm}\end{aligned}$$

## Kontroll av nedböjning

$$u_{fin} \leq \frac{l}{225} \quad \text{(B.1.31)}$$

Villkoret  $l/225$  är ett krav som Moelven i Töreboda sätter när de beräknar och dimensionerar stommar. Det finns inget krav som är upptaget i någon standard och detta beror på att branschen inte kommer överens. Johansson (2012).

$$u_{fin} \leq \frac{l}{225} \Rightarrow \quad (B.1.32)$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow 5,353 &\leq \frac{6000}{225} = \\ &= 26,667 \text{ vilket är större än } 6,669 \rightarrow OK \end{aligned}$$

### Kontroll för tillgänglig olägenhet

$$\begin{aligned} w_{net,fin} &= w_{inst} + k_{def} * w_{kvasip} = \\ &= 0,000534 + 0,8 * 0,000290 = 0,000766 \text{ m} \end{aligned} \quad (B.1.33)$$

$$\begin{aligned} w_{inst} &= \frac{5 * q_{b,f} * l^4}{384 * E_{0,mean} * I} = \\ &= \frac{5 * 0,985 * 10^3 * 6^4 * 12}{384 * 13000 * 10^6 * 0,115 * 0,630^3} = 0,000534 \text{ m} \end{aligned} \quad (B.1.34)$$

$$\begin{aligned} w_{kvasip} &= \frac{5 * q_{b,k-p} * l^4}{384 * E_{0,mean} * I} = \\ &= \frac{5 * 0,535 * 10^3 * 6^4 * 12}{384 * 13000 * 10^6 * 0,115 * 0,630^3} = 0,000290 \text{ m} \end{aligned} \quad (B.1.35)$$

### Nedböjningskrav

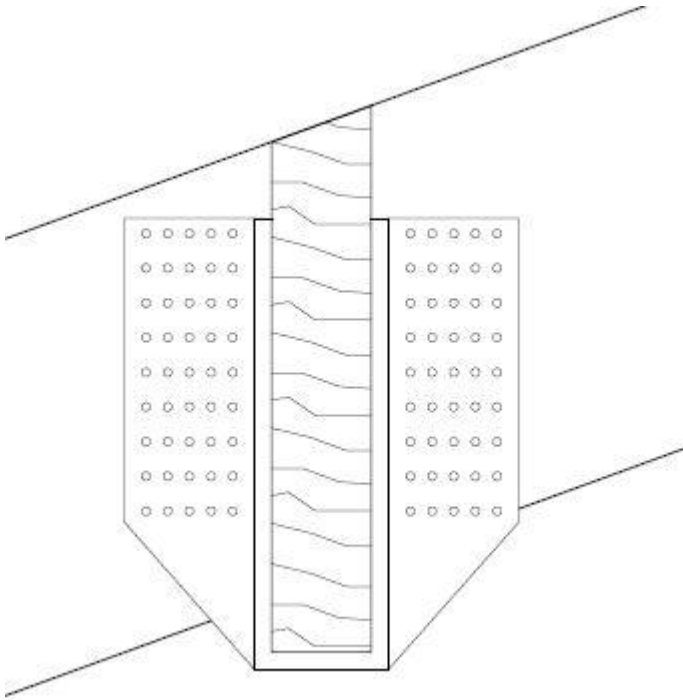
$$\begin{aligned} w_{inst} &< \frac{l}{300} - \frac{l}{500} = \\ &= \frac{6}{300} - \frac{6}{500} = 0,008 \text{ m vilket är större än } 0,000534 \text{ m} \rightarrow OK \end{aligned} \quad (B.1.36)$$

$$\begin{aligned} w_{fin} &< \frac{l}{150} - \frac{l}{300} = \\ &= \frac{6}{150} - \frac{6}{300} = 0,02 \text{ m vilket är större än } 0,000766 \text{ m} \rightarrow OK \end{aligned} \quad (B.1.37)$$





## B.2 Lodräta mellanliggande takåsar



Figur B.2.1 Illustration av mellanliggande lodrät takås.

### B.2.1 Förutsättningar utifrån preliminära dimensioner

Följande förutsättningar utgår från att byggnaden ska byggas i Hallands län amt att takåsens dimensioner som är bredd ( $b$ ) = 115 mm och höjd ( $h$ ) = 405 mm och väger 21,9 kg/lpm. Takåsens längd är 6000 mm.

Säkerhetsklass 2  $\rightarrow \gamma_d = 0,91$

Klimatklass 2

Taklutning:  $\alpha = 20^\circ$

Snölast:  $s_k = 1,5 \text{ kN/m}$

Egentyngd av takbeläggning:  $G_T = 0,14 \text{ kN/m}^2$

Egentyngd av takåsar:  $G_{\bar{A}} = 0,10 \text{ kN/m}^2$

Egentyngd av takbeläggning och takåsar:  $G = 0,24 \text{ kN/m}^2$

Faktor för kombinationsvärde av variabla laster:  $\Psi_1 = 0,3$

Faktor för kombinationsvärde av variabla laster:  $\Psi_2 = 0,1$

Centrumavstånd mellan takbalkar:  $S_T = 6000 \text{ mm}$

Centrumavstånd mellan takåsar:  $S_{\bar{A}} = 1500 \text{ mm}$

## Kontroll av bärförmågan i brottgränstillståndet för möjliga brottyper

### Lasteffekt

$$\begin{aligned}\bar{q}_d &= \gamma_d * 1,20 * G + \gamma_d * 1,5 * S_k = \\ &= 0,91 * 1,20 * 0,24 + 0,91 * 1,5 * 1,5 = 2,310 \text{ kN/m}^2\end{aligned}\quad (\text{B.2.1})$$

### Varje takås belastas med lasten

$$\begin{aligned}q_d &= \bar{q}_d * S_{\hat{A}} = \\ &= 2,310 * 6 = 13,860 \text{ kN/m}\end{aligned}\quad (\text{B.2.2})$$

### Dimensionerande tvärkraft

$$\begin{aligned}V_d &= \frac{q_d * l}{2} = \\ &= \frac{13,860 * 10^3 * 6}{2} = 41,580 \text{ kN}\end{aligned}\quad (\text{B.2.3})$$

### Dimensionerande moment

$$\begin{aligned}M_d &= \frac{q_d * l^2}{8} = \\ &= \frac{13,680 * 10^3 * 6^2}{8} = 62,370 \text{ kNm}\end{aligned}\quad (\text{B.2.4})$$

### Dimensionerande böjspänning

$$\begin{aligned}\sigma_{m,d} &= \frac{M_d}{W} = \\ &= \frac{62,370 * 10^6}{3143813} = 19,839 \text{ MPa}\end{aligned}\quad (\text{B.2.5})$$

$$\begin{aligned}W &= \frac{b * h^2}{6} = \\ &= \frac{115 * 405^2}{6} = 3143813 \text{ mm}^2\end{aligned}\quad (\text{B.2.6})$$

### Dimensionerande böjhållfasthet

$$\begin{aligned}f_{m,y,d} &= k_h^y * \frac{k_{mod} * f_{m,k}}{\gamma_m} = \\ &= 1,05 * \frac{0,8 * 30,8}{1,25} = 20,500 \text{ MPa}\end{aligned}\quad (\text{B.2.7})$$

$$k_h^y = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{600}{h}\right)^{0,1} \\ 1,1 \end{array} \right. = \left(\frac{600}{630}\right)^{0,1} = 1,05 \quad (\text{B.2.8})$$

### Kontroll av böjning

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (\text{SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) ekv 6.11) (B.2.9)}$$

$$\frac{19,839}{20,500} + 0,7 * 0 = 0,96 \text{ vilket är mindre än } 1 \rightarrow OK$$

$$k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (\text{SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) ekv 6.12) (B.2.10)}$$

$$0,7 * \frac{19,839}{20,500} + 0 = 0,68 \text{ vilket är mindre än } 1 \rightarrow OK$$

### Skjuvning

#### Skjuvspänning beräknas

$$\tau_d = \frac{1,5 * V_d}{A} = \quad (\text{SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) härled från ekv 6.60) (B.2.11)}$$

$$= \frac{1,5 * 41,580 * 10^3}{115 * 405} = 1,339 \text{ MPa}$$

#### Dimensionerande skjuvhållfasthet

$$f_{v,d} = k_{cr} * \frac{k_{mod} * f_{vk}}{\gamma_m} = \quad (\text{B.2.12})$$

$$= 0,85 * \frac{0,8 * 3,5}{1,25} = 1,904 \text{ MPa}$$

### Kontroll av skjuvning

$$\tau_d \leq f_{v,d} * k_{cr} \Rightarrow \quad (\text{SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) ekv 6.13) (B.2.13)}$$

$$\begin{aligned} &\Rightarrow 8,892 \leq 1,904 * 0,85 = \\ &= 1,618 \text{ vilket är större än } 1,339 \rightarrow OK \end{aligned}$$

## Kontroll av funktioner i bruksgränstillstånden

### Lasteffekt för frekvent last

$$\begin{aligned} q_{b,f} &= 1,0 * G + \Psi_1 * s_k * S_{\dot{A}} = & (B.2.14) \\ &= 1,0 * 0,24 * 10^3 + 0,3 * 1,5 * 10^3 * 1,5 = 0,915 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

### Lasteffekt för kvasi-permanent last

$$\begin{aligned} q_{b,k-p} &= 1,0 * G + \Psi_2 * s_k * S_{\dot{A}} = & (B.2.15) \\ &= 1,0 * 0,24 * 10^3 + 0,1 * 1,5 * 10^3 * 1,5 = 0,465 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

### Nedböjning

$$\begin{aligned} u_{fin} &= u_{fin,G} + u_{fin,s_k} + \sum u_{fin,Q,i} & (\text{SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) ekv 2.2}) & (B.2.16) \\ &= 7,928 + 14,864 + 0 = 22,792 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} * (1 + k_{def}) \quad (\text{SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) ekv 2.3}) \quad (B.2.17)$$

$$\begin{aligned} u_{inst,G} &= \frac{l * G * S_{\dot{A}} * 5 * l^4}{384 * E_{0,mean} * I} * (1 + k_{def}) = \\ &= \frac{6 * 0,24 * 10^3 * 1,5 * 5 * 6^4 * 12}{384 * 13000 * 10^6 * 0,115 * 0,405^3} * (1 + 0,8) = 7,928 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$u_{fin,s_k} = u_{inst,s_k} (1 + \Psi_1 * k_{def}) \quad (\text{SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) ekv 2.4}) \quad (B.2.18)$$

$$\begin{aligned} u_{inst,s_k} &= \frac{l * S_k * S_{\dot{A}} * \Psi_1 * 5 * l^4}{384 * E_{0,mean} * I} * (1 + k_{def}) = \\ &= \frac{6 * 1,5 * 10^3 * 1,5 * 0,3 * 5 * 6^4 * 12}{384 * 13000 * 10^6 * 0,115 * 0,405^3} * (1 + 0,8) = 14,864 \text{ mm} \end{aligned}$$

### Kontroll av nedböjning

$$u_{fin} \leq \frac{l}{225} \quad (B.2.19)$$

Villkoret  $l/225$  är ett krav som Moelven i Töreboda sätter när de beräknar och dimensionerar stommar. Det finns inget krav som är upptaget i någon standard och detta beror på att branschen inte kommer överens. Johansson (2012).

$$\begin{aligned}
 u_{fin} &\leq \frac{l}{225} \Rightarrow & (B.2.20) \\
 &\Rightarrow 26,142 \leq \frac{6000}{225} = \\
 &= 26,667 \text{ vilket är större än } 26,142 \rightarrow OK
 \end{aligned}$$

### Kontroll för tillgänglig olägenhet

$$\begin{aligned}
 W_{net,fin} &= W_{inst} + k_{def} * W_{kvasip} = & (B.2.21) \\
 &= 0,00187 + 0,8 * 0,000816 = 0,00252 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{inst} &= \frac{5 * q_{b,f} * l^4}{384 * E_{0,mean} * I} = & (B.2.22) \\
 &= \frac{5 * 0,915 * 10^3 * 6^4 * 12}{384 * 13000 * 10^6 * 0,0115 * 0,405^3} = 0,00187 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{kvasip} &= \frac{5 * q_{b,k-p} * l^4}{384 * E_{0,mean} * I} = & (B.2.23) \\
 &= \frac{5 * 0,4 * 10^3 * 6^4 * 12}{384 * 13000 * 10^6 * 0,115 * 0,405^3} = 0,000816 \text{ m}
 \end{aligned}$$

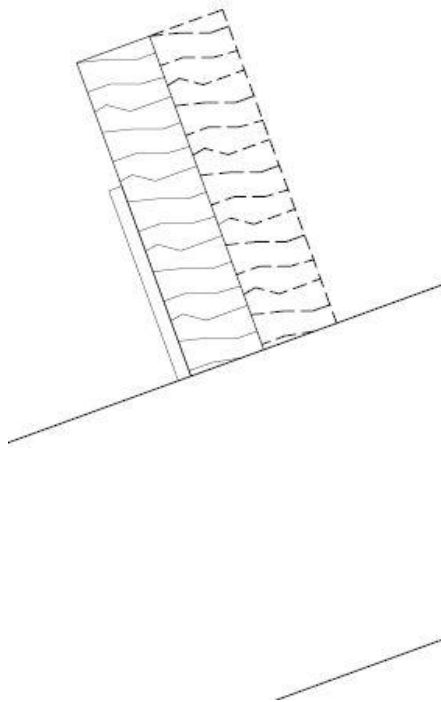
### Nedböjningskrav

$$\begin{aligned}
 W_{inst} &< \frac{l}{300} - \frac{l}{500} = & (B.2.24) \\
 &= \frac{6}{300} - \frac{6}{500} = 0,008 \text{ m vilket är större än } 0,00252 \text{ m} \rightarrow OK
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{fin} &< \frac{l}{150} - \frac{l}{300} = & (B.2.25) \\
 &= \frac{6}{150} - \frac{6}{300} = 0,02 \text{ m vilket är större än } 0,00252 \text{ m} \rightarrow OK
 \end{aligned}$$



## B.3 Omlottlagda takåsar



Figur B.3.1 Illustration av ovanpåliggande omlottlagd takås.

### B.3.1 Förutsättningar utifrån preliminära dimensioner i innerfack

Följande förutsättningar utgår från att byggnaden ska byggas i Hallands län amt att takåsens dimensioner som är bredd ( $b$ ) = 115 mm och höjd ( $h$ ) = 495 mm och väger 26,8 kg/lpm. Takåsens längd är uträknad till 7200mm efter figur 2.3.1 i kapitel 2.3.

Säkerhetsklass 2  $\rightarrow \gamma_d = 0,91$

Klimatklass 2

Taklutning:  $\alpha = 20^\circ$

Snölast:  $s_k = 1,5 \text{ kN/m}$

Egentyngd av takbeläggning:  $G_T = 0,14 \text{ kN/m}^2$

Egentyngd av takåsar:  $G_{\bar{A}} = 0,13 \text{ kN/m}^2$

Egentyngd av takbeläggning och takåsar:  $G = 0,27 \text{ kN/m}^2$

Faktor för kombinationsvärde av variabla laster:  $\Psi_1 = 0,3$

Faktor för kombinationsvärde av variabla laster:  $\Psi_2 = 0,1$

Centrumavstånd mellan takbalkar:  $S_T = 6000 \text{ mm}$

Centrumavstånd mellan takåsar:  $S_{\bar{A}} = 1500 \text{ mm}$

## Kontroll av bärförmågan i brottgränstillståndet för möjliga brottyper

### Lasteffekt

$$\begin{aligned}\bar{q}_d &= \gamma_d * 1,20 * G + \gamma_d * 1,5 * S_k = & (B.3.1.1) \\ &= 0,91 * 1,20 * 0,27 + 0,91 * 1,5 * 1,5 = 2,342 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

### Varje takås i innerfack belastas med lasten

$$\begin{aligned}q_d &= \bar{q}_d * l = & (B.3.1.2) \\ &= 2,342 * 7,2 = 16,862 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Då taklutningen är mer än 1:10 måste hänsyn ta till att åsarna lutar och lasten delas då upp i två komponenter. Limträhandboken (2001).

$$\begin{aligned}q_{d1}^y &= q_d * \sin \alpha = & (B.3.1.3) \\ &= 16,862 * \sin 20 = 5,767 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_{d2}^y &= q_d * \sin \alpha * \cos \alpha = & (B.3.1.4) \\ &= 16,862 * \sin 20 * \cos 20 = 5,419 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_d^y &= q_{d1}^y + q_{d2}^y = & (B.3.1.5) \\ &= 5,757 + 5,419 = 11,176 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_{d1}^z &= q_d * \cos \alpha = & (B.3.1.6) \\ &= 16,862 * \cos 20 = 15,845 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_{d2}^z &= q_d * \cos(\alpha)^2 = & (B.3.1.7) \\ &= 16,862 * \cos(20)^2 = 14,890 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_d^z &= q_{d1}^z + q_{d2}^z = & (B.3.1.8) \\ &= 15,845 + 14,890 = 30,735 \text{ kN/m} .\end{aligned}$$

### Dimensionerande moment

$$\begin{aligned}M_{y,d} &= 0,046 * q_d * l^2 = & (B.3.1.9) \\ &= 0,046 * 11,176 * 7,2^2 = 26,651 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{z,d} &= 0,046 * q_d * l^2 = & (B.3.1.10) \\ &= 0,046 * 30,735 * 7,2^2 = 73,291 \text{ kNm}\end{aligned}$$



### Dimensionerande böjspänning

$$\begin{aligned}\sigma_{m,y,d} &= \frac{M_{y,d}}{W} = & (B.3.1.11) \\ &= \frac{26,651 * 10^6}{4696313} = 5,675 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{m,z,d} &= \frac{M_{z,d}}{W} = & (B.3.1.12) \\ &= \frac{73,291 * 10^6}{4696313} = 15,606 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W &= \frac{b * h^2}{6} = & (B.3.1.13) \\ &= \frac{115 * 495^2}{6} = 4696313 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

### Dimensionerande böjhållfasthet

$$\begin{aligned}f_{m,y,d} &= k_h^y * \frac{k_{mod} * f_{m,k}}{\gamma_m} = & (B.3.1.14) \\ &= 1,02 * \frac{0,8 * 30,8}{1,25} = 20,106 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$k_h^y = \min \left\{ \begin{array}{cc} \left(\frac{600}{h}\right)^{0,1} & = \left(\frac{600}{495}\right)^{0,1} \\ 1,1 & 1,1 \end{array} \right. = 1,02 \quad (B.3.1.15)$$

### Kontroll av böjning

$$\begin{aligned}\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &\leq 1 & (\text{SS-EN } 1995-1-1:2004 \text{ (Sv) ekv 6.11) } (B.3.1.16) \\ \frac{5,675}{20,106} + 0,7 * \frac{15,606}{20,106} &= 0,83 \text{ vilket är mindre än } 1 \rightarrow OK\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &\leq 1 & (\text{SS-EN } 1995-1-1:2004 \text{ (Sv) ekv 6.12) } (B.3.1.17) \\ 0,7 * \frac{5,675}{20,106} + \frac{15,606}{20,106} &= 0,97 \text{ vilket är mindre än } 1 \rightarrow OK\end{aligned}$$

### Kontroll av funktioner i bruksgränstillstånden

#### Lasteffekt för frekvent last

$$\begin{aligned}q_{b,f} &= 1,0 * G + \Psi_1 * s_k * S_{\dot{A}} = & (B.3.1.18) \\ &= 1,0 * 0,27 * 10^3 + 0,3 * 1,5 * 10^3 * 1,5 = 0,945 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

### Lasteffekt för kvasi-permanent last

$$\begin{aligned}q_{b,k-p} &= 1,0 * G + \Psi_2 * s_k * S_{\dot{A}} = & (B.3.1.19) \\ &= 1,0 * 0,27 * 10^3 + 0,1 * 1,5 * 10^3 * 1,5 = 0,495 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

### Nedböjning

$$\begin{aligned}u_{fin} &= u_{fin,G} + u_{fin,s_k} + \sum u_{fin,Q,i} & (\text{SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) ekv 2.2}) & (B.3.1.20) \\ &= 12 + 20 + 0 = 32 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} * (1 + k_{def}) \quad (\text{SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) ekv 2.3}) \quad (B.3.1.21)$$

$$\begin{aligned}u_{inst,G} &= \frac{l * G * S_{\dot{A}} * 5 * l^4}{384 * E_{0,mean} * I} * (1 + k_{def}) = \\ &= \frac{7,2 * 0,27 * 10^3 * 1,5 * 5 * 7,2^4 * 12}{384 * 13000 * 10^6 * 0,115 * 0,495^3} * (1 + 0,8) = 12 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$u_{fin,s_k} = u_{inst,s_k} (1 + \Psi_1 * k_{def}) \quad (\text{SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) ekv 2.4}) \quad (B.3.1.22)$$

$$\begin{aligned}u_{inst,s_k} &= \frac{l * S_k * S_{\dot{A}} * \Psi_1 * 5 * l^4}{384 * E_{0,mean} * I} * (1 + k_{def}) = \\ &= \frac{7,2 * 1,5 * 10^3 * 1,5 * 0,3 * 5 * 7,2^4 * 12}{384 * 13000 * 10^6 * 0,115 * 0,495^3} * (1 + 0,8) = 20 \text{ mm}\end{aligned}$$

### Kontroll av nedböjning

$$u_{fin} \leq \frac{l}{225} \quad (B.3.1.23)$$

Villkoret  $l/225$  är ett krav som Moelven i Töreboda sätter när de beräknar och dimensionerar stommar. Det finns inget krav som är upptaget i någon standard och detta beror på att branschen inte kommer överens. Johansson (2012).

$$u_{fin} \leq \frac{l}{225} \Rightarrow \quad (B.3.1.24)$$

$$\Rightarrow 32 \leq \frac{6000}{225} =$$

$$= 32 \text{ vilket är lika som } 32 \rightarrow \text{OK}$$

### Kontroll för tillgänglig olägenhet

$$\begin{aligned}w_{net,fin} &= w_{inst} + k_{def} * w_{kvasip} = & (B.3.1.25) \\ &= 2,19 + 0,8 * 11,46 = 11,358 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{inst} &= \frac{5 \cdot q_{b,f} \cdot l^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I} = & (B.3.1.26) \\
 &= \frac{5 \cdot 0,945 \cdot 10^3 \cdot 7,2^4 \cdot 12}{384 \cdot 13000 \cdot 10^6 \cdot 0,115 \cdot 0,495^3} = 2,19 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{kvasip} &= \frac{5 \cdot q_{b,k-p} \cdot l^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I} = & (B.3.1.27) \\
 &= \frac{5 \cdot 0,495 \cdot 10^3 \cdot 7,2^4 \cdot 12}{384 \cdot 13000 \cdot 10^6 \cdot 0,115 \cdot 0,495^3} = 11,46 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### Nedböjningskrav

$$\begin{aligned}
 W_{inst} &< \frac{l}{300} - \frac{l}{500} = & (B.3.1.28) \\
 &= \frac{7,62}{300} - \frac{7,62}{500} = 9,6 \text{ mm är större än } 2,19 \text{ mm} \rightarrow OK
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{fin} &< \frac{l}{150} - \frac{l}{300} = & (B.3.1.29) \\
 &= \frac{7200}{150} - \frac{7200}{300} = 24 \text{ mm vilket är större än } 11,358 \text{ mm} \rightarrow OK
 \end{aligned}$$

## B.3.2 Förutsättningar utifrån preliminära dimensioner i ytterfack

Följande förutsättningar utgår från att byggnaden ska byggas i Hallands län samt takåsens dimensioner. Då det är osmidigt att ha olika höga åsar i inner- och ytterfack sätts samma takåsdimensioner som i innerfack. Bredd (b) = 115 mm, höjd (h) = 495 mm och vikt 26,8 kg/lpm. Takåsens längd (l) är uträknad till 6600mm efter figur 2.3.1 i kapitel 2.3.

Säkerhetsklass 2  $\rightarrow \gamma_d = 0,91$

Klimatklass 2

Taklutning:  $\alpha = 20^\circ$

Snölast:  $s_k = 1,5 \text{ kN/m}$

Egentyngd av takbeläggning:  $G_T = 0,14 \text{ kN/m}^2$

Egentyngd av takåsar:  $G_{\text{Å}} = 0,13 \text{ kN/m}^2$

Egentyngd av takbeläggning och takåsar:  $G = 0,27 \text{ kN/m}^2$

Faktor för kombinationsvärde av variabla laster:  $\Psi_1 = 0,3$

Faktor för kombinationsvärde av variabla laster:  $\Psi_2 = 0,1$

Centrumavstånd mellan takbalkar:  $S_T = 6000 \text{ mm}$

Centrumavstånd mellan takåsar:  $S_{\text{Å}} = 1500 \text{ mm}$

## Kontroll av bärförmågan i brottgränstillståndet för möjliga brottyper

### Lasteffekt

$$\begin{aligned}\bar{q}_d &= \gamma_d * 1,20 * G + \gamma_d * 1,5 * S_k = & (B.3.2.1) \\ &= 0,91 * 1,20 * 0,27 + 0,91 * 1,5 * 1,5 = 2,342 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

### Varje takås i innerfack belastas med lasten

$$\begin{aligned}q_d &= \bar{q}_d * l = & (B.3.2.2) \\ &= 2,342 * 6,6 = 15,457 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Då taklutningen är mer än 1:10 måste hänsyn ta till att åsarna lutar och lasten delas då upp i två komponenter. Limträhandboken (2001).

$$\begin{aligned}q_{d1}^y &= q_d * \sin \alpha = & (B.3.2.3) \\ &= 15,457 * \sin 20 = 5,287 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_{d2}^y &= q_d * \sin \alpha * \cos \alpha = & (B.3.2.4) \\ &= 15,457 * \sin 20 * \cos 20 = 4,968 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_d^y &= q_{d1}^y + q_{d2}^y = & (B.3.2.5) \\ &= 5,287 + 4,968 = 10,255 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_{d1}^z &= q_d * \cos \alpha = & (B.3.2.6) \\ &= 15,457 * \cos 20 = 14,525 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_{d2}^z &= q_d * \cos(\alpha)^2 = & (B.3.2.7) \\ &= 15,457 * \cos(20)^2 = 13,649 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_d^z &= q_{d1}^z + q_{d2}^z = & (B.3.2.8) \\ &= 14,525 + 13,649 = 28,174 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

### Dimensionerande moment

$$\begin{aligned}M_{y,d} &= 0,046 * q_d * l^2 = & (B.3.2.9) \\ &= 0,046 * 10,255 * 6,6^2 = 20,549 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{z,d} &= 0,046 * q_d * l^2 = & (B.3.2.10) \\ &= 0,046 * 28,174 * 6,6^2 = 56,454 \text{ kNm}\end{aligned}$$

### Dimensionerande böjspänning

$$\begin{aligned}\sigma_{m,y,d} &= \frac{M_{y,d}}{W} = & (B.3.2.11) \\ &= \frac{20,549 * 10^6}{4696313} = 4,376 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{m,z,d} &= \frac{M_{z,d}}{W} = & (B.3.2.12) \\ &= \frac{56,454 * 10^6}{4696313} = 12,021 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W &= \frac{b * h^2}{6} = & (B.3.2.13) \\ &= \frac{115 * 495^2}{6} = 4696313 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

### Dimensionerande böjhållfasthet

$$\begin{aligned}f_{m,y,d} &= k_h^y * \frac{k_{mod} * f_{m,k}}{\gamma_m} = & (B.3.2.14) \\ &= 1,02 * \frac{0,8 * 30,8}{1,25} = 20,106 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$k_h^y = \min \left\{ \begin{array}{l} \left( \frac{600}{h} \right)^{0,1} \\ 1,1 \end{array} \right. = \left( \frac{600}{495} \right)^{0,1} = 1,02 \quad (B.3.2.15)$$

### Kontroll av böjning

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (\text{SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) ekv 6.11}) \quad (B.3.2.16)$$

$$\frac{4,376}{20,106} + 0,7 * \frac{12,021}{20,106} = 0,64 \text{ vilket är mindre än } 1 \rightarrow OK$$

$$k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (\text{SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) ekv 6.12}) \quad (B.3.2.17)$$

$$0,7 * \frac{4,376}{20,106} + \frac{12,021}{20,106} = 0,75 \text{ vilket är mindre än } 1 \rightarrow OK$$

## Kontroll av funktioner i bruksgränstillstånden

### Lasteffekt för frekvent last

$$\begin{aligned}q_{b,f} &= 1,0 * G + \Psi_1 * s_k * S_{\dot{A}} = & (B.3.2.18) \\ &= 1,0 * 0,27 * 10^3 + 0,3 * 1,5 * 10^3 * 1,5 = 0,945 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

### Lasteffekt för kvasi-permanent last

$$\begin{aligned}q_{b,k-p} &= 1,0 * G + \Psi_2 * s_k * S_{\dot{A}} = & (B.3.2.19) \\ &= 1,0 * 0,27 * 10^3 + 0,1 * 1,5 * 10^3 * 1,5 = 0,495 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

## Nedböjning

$$\begin{aligned}u_{fin} &= u_{fin,G} + u_{fin,s_k} + \sum u_{fin,Q,i} \quad (\text{SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) ekv 2.2}) \quad (B.3.2.20) \\ &= 7,87 + 13,11 + 0 = 20,98 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} * (1 + k_{def}) \quad (\text{SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) ekv 2.3}) \quad (B.3.2.21)$$

$$\begin{aligned}u_{inst,G} &= \frac{l * G * S_{\dot{A}} * 5 * l^4}{384 * E_{0,mean} * I} * (1 + k_{def}) = \\ &= \frac{6,6 * 0,27 * 10^3 * 1,5 * 5 * 6,6^4 * 12}{384 * 13000 * 10^6 * 0,115 * 0,495^3} * (1 + 0,8) = 7,87 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$u_{fin,s_k} = u_{inst,s_k} * (1 + \Psi_1 * k_{def}) \quad (\text{SS-EN 1995-1-1:2004 (Sv) ekv 2.4}) \quad (B.3.2.22)$$

$$\begin{aligned}u_{inst,s_k} &= \frac{l * S_k * S_{\dot{A}} * \Psi_1 * 5 * l^4}{384 * E_{0,mean} * I} * (1 + k_{def}) = \\ &= \frac{6,6 * 1,5 * 10^3 * 1,5 * 0,3 * 5 * 6,6^4 * 12}{384 * 13000 * 10^6 * 0,115 * 0,495^3} * (1 + 0,8) = 13,11 \text{ mm}\end{aligned}$$

## Kontroll av nedböjning

$$u_{fin} \leq \frac{l}{225} \quad (B.3.2.23)$$

Villkoret  $l/225$  är ett krav som Moelven i Töreboda sätter när de beräknar och dimensionerar stommar. Det finns inget krav som är upptaget i någon standard och detta beror på att branschen inte kommer överens. Johansson (2012).

$$u_{fin} \leq \frac{l}{225} \Rightarrow \quad (B.3.2.24)$$

$$\Rightarrow 32 \leq \frac{6000}{225} =$$

$$= 32 \text{ mm vilket är större än } 20,98 \text{ mm} \rightarrow OK$$

### Kontroll för tillgänglig olägenhet

$$\begin{aligned} W_{net,fin} &= W_{inst} + k_{def} * W_{kvasip} = & (B.3.2.25) \\ &= 1,55 + 0,8 * 0,81 = 2,20mm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{inst} &= \frac{5 * q_{b,f} * l^4}{384 * E_{0,mean} * I} = & (B.3.2.26) \\ &= \frac{5 * 0,945 * 10^3 * 6,6^4 * 12}{384 * 13000 * 10^6 * 0,115 * 0,495^3} = 1,55mm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{kvasip} &= \frac{5 * q_{b,k-p} * l^4}{384 * E_{0,mean} * I} = & (B.3.2.27) \\ &= \frac{5 * 0,495 * 10^3 * 6,6^4 * 12}{384 * 13000 * 10^6 * 0,115 * 0,495^3} = 0,81mm \end{aligned}$$

### Nedböjningskrav

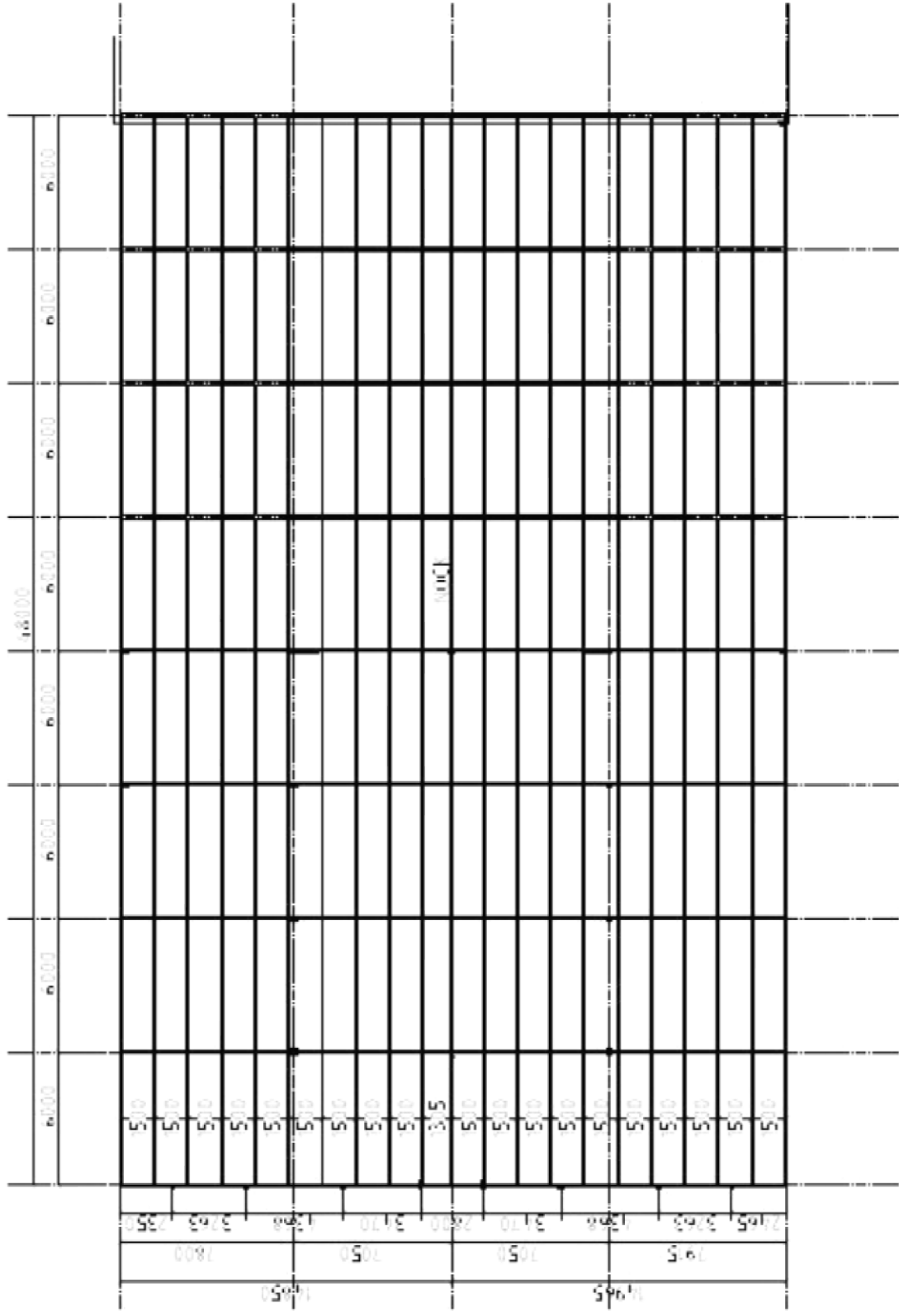
$$\begin{aligned} W_{inst} &< \frac{l}{300} - \frac{l}{500} = & (B.3.2.28) \\ &= \frac{6600}{300} - \frac{6600}{500} = 8,8mm \text{ är större än } 1,55mm \rightarrow OK \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{fin} &< \frac{l}{150} - \frac{l}{300} = & (B.3.2.29) \\ &= \frac{7200}{150} - \frac{7200}{300} = 24mm \text{ vilket är större än } 2,20mm \rightarrow OK \end{aligned}$$

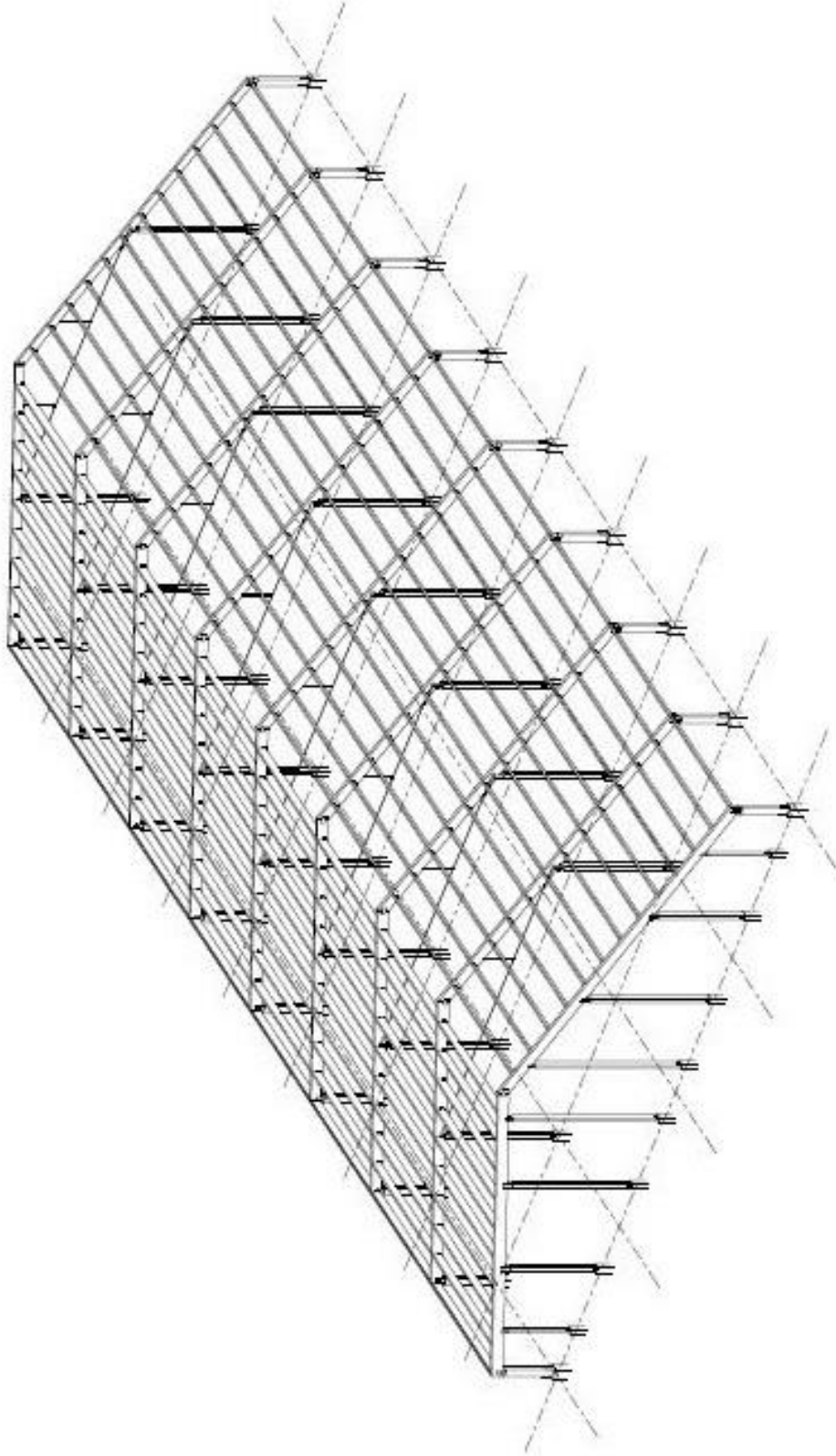




# Bilaga C: Ritningar med förutsättningar för takåsar



BYGGHANDLING	BYGGNINGSFAS	SKISS	BL.
MELLANLÖSNING TAKÅSAR I			
LINTRÄ VID SANDVÄGGELEMENT			
PÅ TAK			
MILJÖBYGGNAD			
Torebodås AB			
Kungälvströmsvägen 40			
441 83 Skövde			
Tel: 0512-625500			
Fax: 0512-625501			
E-post: skov@miljobyggnad.se			
www.miljobyggnad.se			
Projekt: 2012-03-13			
TAKPLAN			
Skala: A3 1:200	Proj. nr: 101		



NO	NO	NO	NO	NO
BYGGHANDLING				
MELLAN FÖRGADE TAKSÄR I				
LINTRA VID SANDVÄRMELEMENT				
PÅ TAK				
AVTÖMNINGEN				
Toreboda AB				
Sveväg 10				
S-141 84				
Sveväg 10				
S-141 84				
BYGGNAD	BYGGNAD	BYGGNAD	BYGGNAD	BYGGNAD
7/1	7/1	7/1	7/1	7/1
2010/08/13				
3D				
Skala	Skala	Skala	Skala	Skala
A3 1:100				501