



# **Stora Enso CLT**

## **Teknisk broschyr**





# Stora Enso

## Skapa värde för människorna och vår planet

Stora Enso är en ledande global leverantör av förnybara lösningar inom affärsområdena förpackningar, biomaterial, träprodukter och papper. Vårt mål är att ersätta fossila material genom att kontinuerligt arbeta med innovation och utveckling av nya produkter och tjänster som bygger på trä och andra förnybara material. Genom att agera etiskt, ha ett hållbart perspektiv och hela tiden sträva efter att ligga i framkant av utvecklingen är vi med och skapar positiva värden för människor och samhällen runtom i världen – något vi är stolta över och som är vår drivkraft.

### Vårt erbjudande

Vårt produktutbud täcker alla områden inom stadsbyggnation; bland annat massiva trärelement, träkomponenter och pellets. Vi erbjuder också ett urval av sågade trävaror. Våra kunder är huvudsakligen bygg- och snickeriföretag, grossister och detaljhandeln. Wood Products verkar globalt och har över 20 produktionsenheter i Europa.

### Våra värderingar

Våra grundläggande värderingar – att agera etiskt och ligga i framkant inom innovation – genomsyrar hela vår verksamhet. Värderingarna måste alltid harmoniera med lokala lagar och föreskrifter. Samtidigt ska de hjälpa oss att skapa positiva värden för människor och de samhällen som de lever och verkar i.

### Vår vision

Visionen med vår verksamhet – att skapa värde för människorna och vår planet – är vårt övergripande mål som vägleder oss i allt vi gör. Vi utgår från detta mål när vi arbetar och realiserar vår strategi. Vår strävan är att förbättra den här världen, liksom alla samhällen och livet för de människor som kommer i kontakt med våra produkter, verksamheter och tjänster.

### Fakta Stora Enso

**Omsättning:** 10 miljarder EUR (2015)

**Antal medarbetare:** 26 000

**Bolaget/Verksamheten:** finns i över 35 länder.

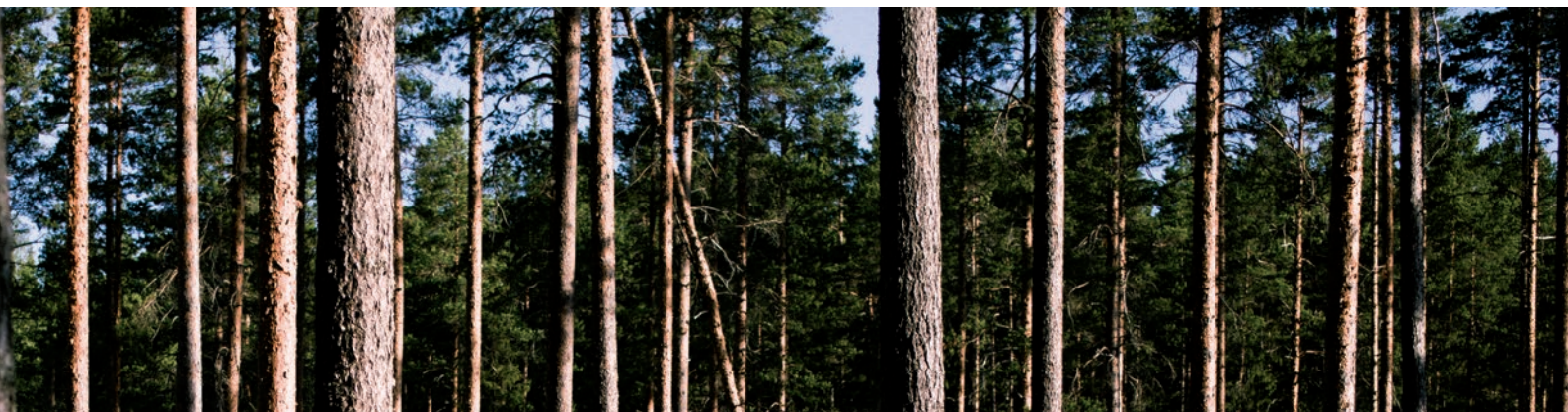
Stora Enso-aktier handlas på börserna i Helsingfors och i Stockholm.

**Divisionen Wood Products:** levererar mångsidiga träbaserade lösningar till bygg- och bostadsindustrin.





# Innehållsförteckning



<b>1. CLT – Cross Laminated Timber .....</b>	<b>4</b>
Märkdata .....	4
Standardkonstruktioner .....	5
Skivuppbyggnad .....	6
Ytkvaliteter .....	7
Kvalitetsbeteckningar .....	8
<b>2. Konstruktion .....</b>	<b>10</b>
<b>3. Byggfysik .....</b>	<b>12</b>
Värmeskydd .....	12
Lufttäthet .....	14
Fuktighet .....	16
Ljudisolering med CLT .....	18
Brandskydd för CLT .....	21
<b>4. Statik .....</b>	<b>24</b>
Allmänt .....	24
Beräkning och dimensionering av CLT .....	25
Dimensionering med Stora Enso CLT-dimensioneringsprogram .....	26
Fördimensioneringstabeller .....	26
<b>5. Projektgenomförande .....</b>	<b>28</b>

Den här broschyren är ett utdrag ur den tekniska CLT-pärmen. Där finns samtliga källangivelser.

Se även: [www.clt.info/media-downloads](http://www.clt.info/media-downloads)

Stora Enso Wood Products GmbH tar inget ansvar för att de föreliggande uppgifterna är fullständiga och korrekta.



# 1. CLT

## CLT – Cross Laminated Timber



## Märkdata

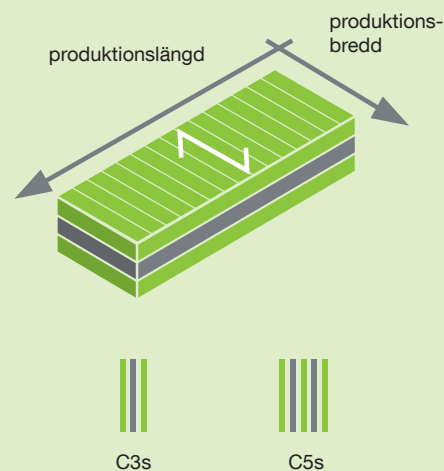
Användning	Företrädesvis som skivor för väggar, innertak och yttertak i boningshus och andra objekt.
Maximal skivbredd	2,95 m
Maximal skivlängd	16,00 m
Maximal skivtjocklek	400 mm
Skivuppbyggnad	Minst tre skikt med korsvis limmade enkelskiktsskivor. Från och med fem skikt kan CLT även innehålla inre skikt (tvärsikt) utan limmad smalsida.
Träslag	Gran (furu, lärk och silvergran efter förfrågan; mellanskikt kan innehålla furu)
Sorteringsklass rålamell	C24 (i enlighet med godkännandet kan upp till av 10 % lamellerna motsvara sortering C16; andra sorteringsklasser efter förfrågan).
Träfuktighet	12 % ± 2 %
Lim	Limmer utan formaldehyd för limning av smalsida, fingerskarvar och ytlimning.
Optisk kvalitet	Icke visuell yta (NVI), Industriell visuell yta (IVI), Visuell yta (VI); ytorna är alltid slipade på båda sidor.
Egenvikt	För beräkning av transportvikten: ca 470 kg/m³.
Brandklass	I enlighet med kommissionens beslut 2003/43/EC: <ul style="list-style-type: none"><li>• träbyggnadsdelar (utom golv) ➔ Euroklass D-s2, d0</li><li>• golv ➔ Euroklass Dfl-s1</li></ul>
Värmeledningsförmåga $\lambda$	0,13 W/(mK)
Lufttäthet	CLT-skivor tillverkas av minst tre skikt med korsvis limmade enkelskiktsskivor, vilket gör att de är mycket lufttäta. Lufttätheten hos en CLT-skiva med 3 skikt har testats enligt EN 12 114 och det konstaterades att volymströmmarna ligger utanför det mätbara området.
Nyttjandeklass   användningsområden	Enligt EN 1995-1-1 användbar i klasserna 1 och 2.

# Våra CLT-standardkonstruktioner

## C-skivor

Fiberriktningen i täckskikten löper alltid parallellt i förhållande till produktionsbredderna.

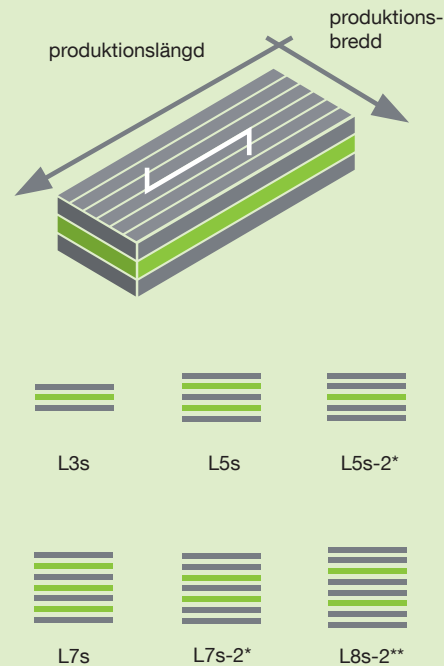
Tjocklek [mm]	Skivtyp [–]	Skikt [–]	Skivuppbyggnad [mm]						
			C***	L	C***	L	C***	L	C***
60	C3s	3	20	20	20				
80	C3s	3	20	40	20				
90	C3s	3	30	30	30				
100	C3s	3	30	40	30				
120	C3s	3	40	40	40				
100	C5s	5	20	20	20	20	20		
120	C5s	5	30	20	20	20	30		
140	C5s	5	40	20	20	20	40		
160	C5s	5	40	20	40	20	40		



## L-skivor

Fiberriktningen i täckskikten löper alltid rätvinkligt i förhållande till produktionsbredderna.

Tjocklek [mm]	Skivtyp [—]	Skikt [—]	Skivuppbyggnad [mm]						
			L	C	L	C	L	C	L
60	L3s	3	20	20	20				
80	L3s	3	20	40	20				
90	L3s	3	30	30	30				
100	L3s	3	30	40	30				
120	L3s	3	40	40	40				
100	L5s	5	20	20	20	20	20		
120	L5s	5	30	20	20	20	30		
140	L5s	5	40	20	20	20	40		
160	L5s	5	40	20	40	20	40		
180	L5s	5	40	30	40	30	40		
200	L5s	5	40	40	40	40	40		
160	L5s-2*	5	60	40	60				
180	L7s	7	30	20	30	20	30	20	30
200	L7s	7	20	40	20	40	20	40	20
240	L7s	7	30	40	30	40	30	40	30
220	L7s-2*	7	60	30	40	30	60		
240	L7s-2*	7	80	20	40	20	80		
260	L7s-2*	7	80	30	40	30	80		
280	L7s-2*	7	80	40	40	40	80		
300	L8s-2**	8	80	30	80	30	80		
320	L8s-2**	8	80	40	80	40	80		



\* Täckskikt består av två längsgående skikt.

\*\* Täckskikt liksom det inre skiktet består av två längsgående skikt.

\*\*\* Hos C-skivor är går slipriktningen tvärs emot fibrerna.

**Produktionsbredder:** 245 cm, 275 cm, 295 cm

**Produktionslängder:** från minsta produktionslängd 8,00 m per avräkningsbredd upp till max 16,00 m (i 10-cm-steg)

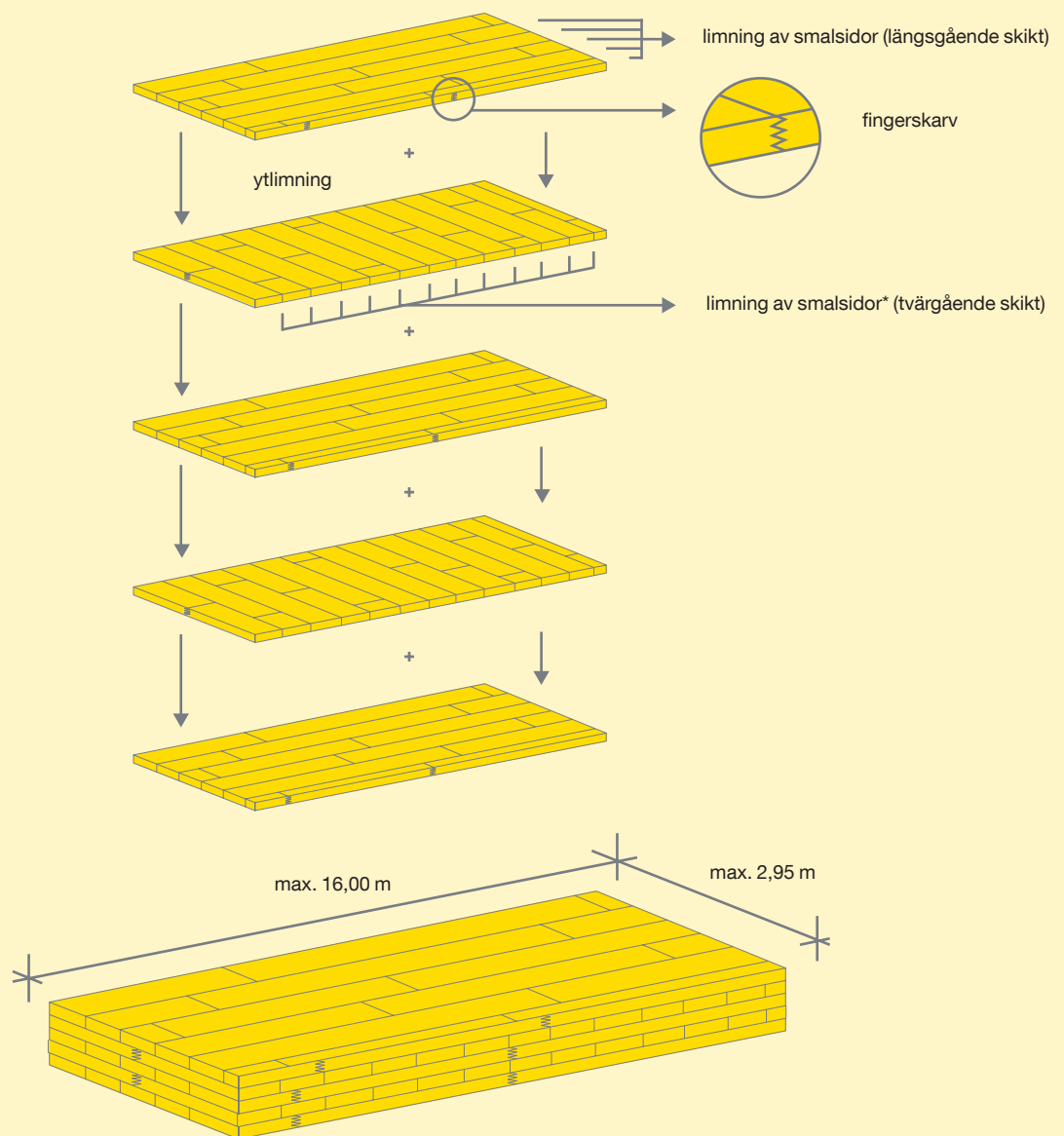


# Skivuppbyggnad

CLT-massivträskivor är uppbyggda av minst tre skikt med korsvis limmade enkelskiktsskivor. Från och med fem skikt kan CLT även innehålla inre skikt (tvärsikt) utan limmad smalsida. För närvarande kan storlekar upp till  $2,95 \times 16,00$  m produceras.

## Exempel:

Uppbyggnad hos en CLT-skiva med 5 skikt



\* Från och med fem skikt kan även inre skikt (tvärsikt) utan limmad smalsida produceras.

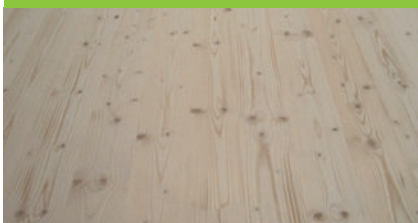
# Ytkvaliteter

## Ytkvalitet CLT

Utseendeklasser för ytkvaliteten med avseende på produkttegenskaper

Kännetecken	VI	IVI	NVI
Limning	enskilda öppna fogar upp till max. 1 mm bredd tillåtet	enskilda öppna fogar upp till max. 2 mm bredd tillåtet	enskilda öppna fogar upp till max. 3 mm bredd tillåtet
Blåfärgning	ej tillåtet	lätt missfärgning tillåtet	tillåtet
Missfärgning (brunfärgning...)	ej tillåtet	ej tillåtet	tillåtet
Kådlåpor	inga ansamlingar, max. 5 × 50 mm	max. 10 × 90 mm	tillåtet
Barkinslag	enskilda förekomster tillåtet	enskilda förekomster tillåtet	tillåtet
Torrspäckor	enskilda ytspräckor tillåtna	tillåtet	tillåtet
Kärna – mörgrör	enskit upp till 40 cm längd tillåtet	tillåtet	tillåtet
Insektsangrepp	ej tillåtet	ej tillåtet	enskilda små hål, upp till 2 mm tillåtna
Kvistar – friska	tillåtet	tillåtet	tillåtet
Kvistar – svarta	∅ max. 1,5 cm	∅ max. 3 cm	tillåtet
Kvistar – hål	∅ max. 1 cm	∅ max. 2 cm	tillåtet
Vankant	ej tillåtet	ej tillåtet	max. 2 × 50 cm
Yta	100 % slipad	100 % slipad	max. 10 % rå yta
Ytberibningens kvalitet	enskilda små felställen tillåtna	enskilda felställen tillåtna	enskilda felställen tillåtna
Kvalitet på limningen av smalsidorna och kortändarna	enskilda små felställen tillåtna	enskilda felställen tillåtna	enskilda felställen tillåtna
Fas på L-skivor	ja	ja	nej
Efterbearbetning av kapningskanter med handslippapper	ja	nej	nej
Tillkapning – motorsåg	ej tillåtet	tillåtet	tillåtet
Lamellbredd	≤ 130 mm	max. 230 mm	max. 230 mm
Träfuktighet	max. 11 %	max. 15 %	max. 15 %
Blandning av träslag	ej tillåtet	ej tillåtet	hos gran är annan typ av gran och furu tillåtet
Kosmetisk förberedelse av ytan med pluggar, lister...	tillåtet	tillåtet	tillåtet
Hos C-skivor är går sliprikningen tvärs emot fibrerna.	tillåtet	tillåtet	tillåtet

VI (synlig kvalitet)



IVI (synlig industriktivitet)



NVI (icke synlig kvalitet)



# Kvalitetsbeteckningar

Stora Enso erbjuder tre olika CLT-ytor

NVI	icke visuell yta
IVI	industriell visuell yta
VI	visuell yta

Stora Ensos CLT-kvaliteter sätts samman av tre olika ytkvaliteter

Kvalitetsbeteckning	NVI	VI	BVI	INV	IBI	IVI
Täckskikt	NVI	VI	VI	IVI	IVI	VI
Mellanskikt	NVI	NVI	NVI	NVI	NVI	NVI
Täckskikt	NVI	NVI	VI	NVI	IVI	IVI



## Fyra nya specialytor

För att öka valmöjligheterna avseende träslag finns Stora Enso CLT nu även med specialytorna furu, lärk, silvergran eller cembratall. De monteras som ett 20 mm extra skikt i synlig kvalitet.

CLT

Furu



CLT

Lärk



CLT

Silvergran



CLT

Cembratall







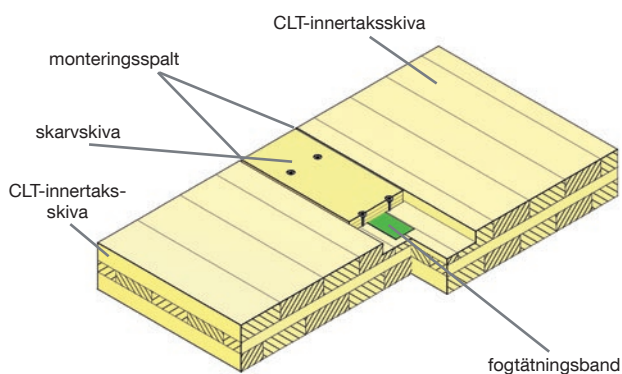


# 2. Konstruktion

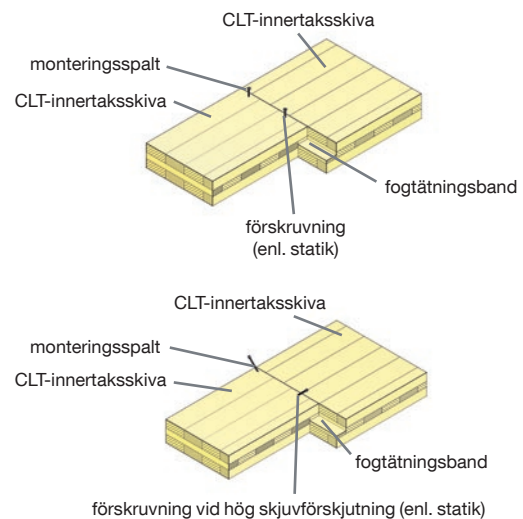
CLT-element kan användas inom många olika områden. Tack vare den korsvis uppbyggda konstruktionen övertar byggelement i CLT när de används för exempelvis ytter-, inner-, och skiljeväggar både lastöverförande och förstärkande funktioner i byggnaden.

## Exempel på konstruktionsdetaljer och elementutföranden

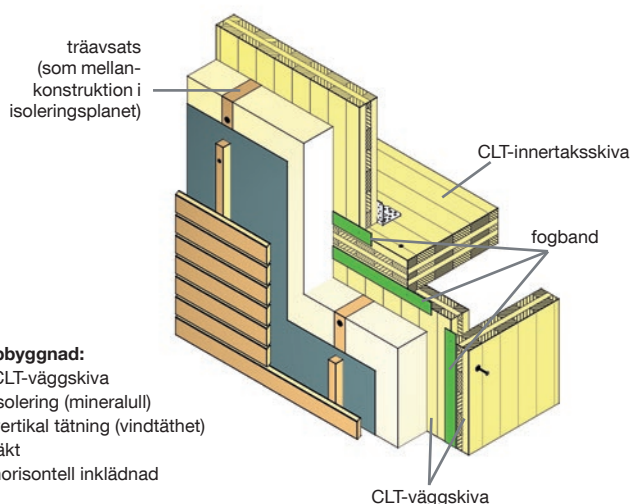
Innertak  
Takskarv (skarvskiva)



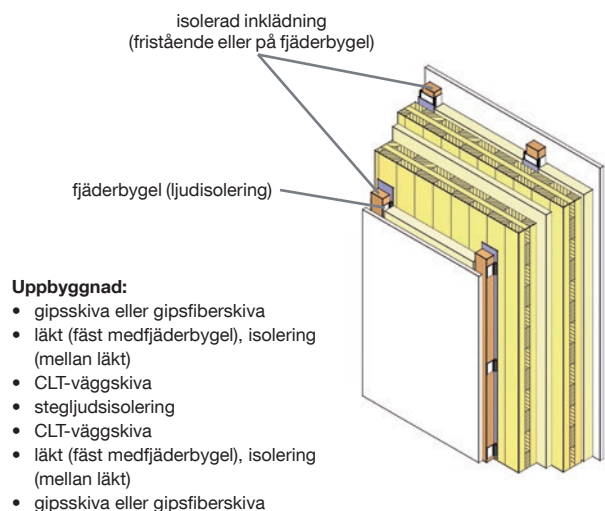
Innertak  
Takskarv (stegfals)



Yttervägg  
Isolering med mineralull



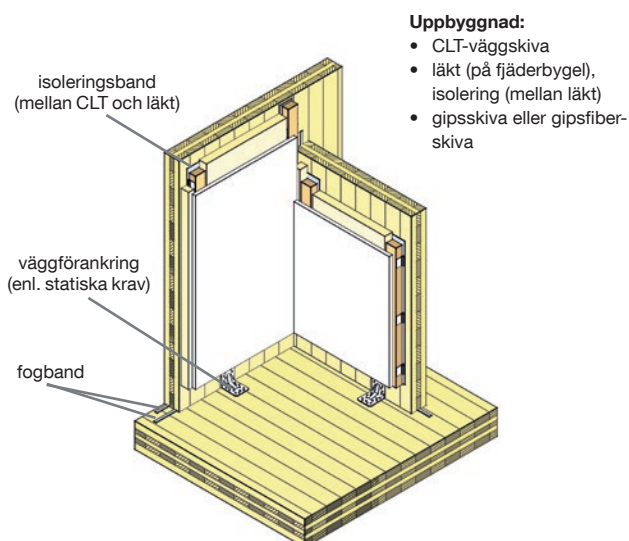
Inre skiljevägg  
System två lager CLT



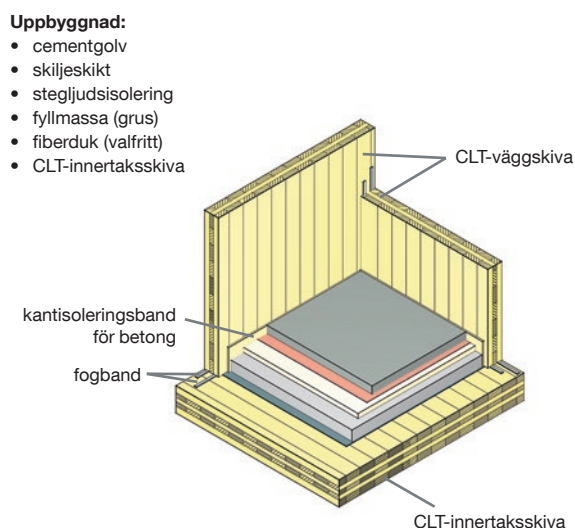
Den mycket höga graden av förtillverkning som möjliggör en kort monterings tid är en stor fördel framförallt vid användning som takelement eftersom byggnaderna snabbt blir regntäta. Ett lönsamt utförande av yttertak och innertak med normala spännvidder utgör precis som uppfyllandet av byggfysika-

liska krav inget som helst problem. Dessa krav uppnås enkelt med korrekt valda utföranden av byggelementen, och möjligheterna att kombinera CLT med andra byggmaterial är i det närmaste obegränsade.

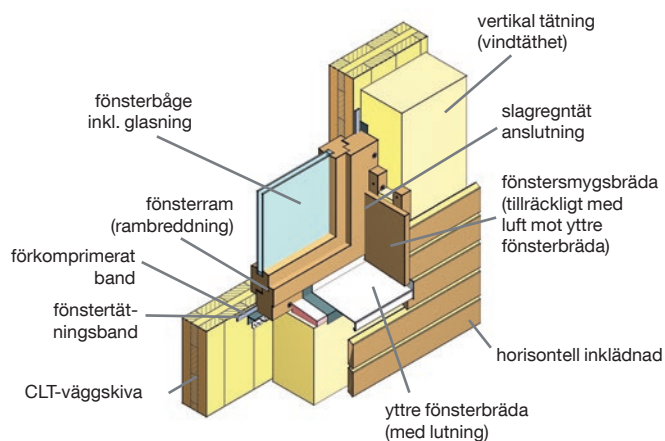
### Innervägg Inklädning (fjäderbygel)



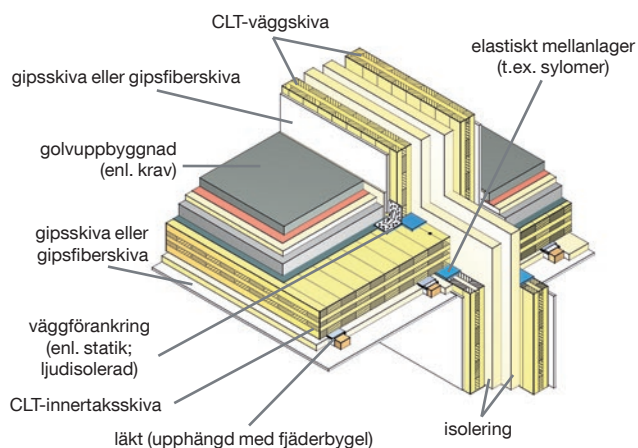
### Innertak Takskarv (stegfals)



### Fönsteranslutning Montering med förkomprimerat band



### Byggnation av flervåningshus Vägg nedervåning – innertak – vägg övervåning





# 3. Byggfysik

## Värmeskydd



### Grundläggande information

Värmeskyddet för byggnader omfattar alla åtgärder som minskar uppvärmningsbehovet<sup>1</sup> under vintermånaderna och kylbehovet<sup>2</sup> under sommarmånaderna. För att skapa ett värmeskydd försöker man att hålla energiförbrukningen

så låg som möjligt, genom att ta hänsyn till byggelementens värmeisolerande egenskaper. Samtidigt som man strävar efter att hålla temperatur och rumsklimat behagligt.

<sup>1</sup>) Värmemängd som måste tillföras byggnaden under året för att upprätthålla en minimal rumstemperatur.

<sup>1</sup>) Värmemängd som måste föras bort från byggnaden under året för att upprätthålla en maximal rumstemperatur.

## Faktorer och principer för värmeskydd på vintern

- undvikande av exponerad placering
- val av kompakt utformning
- lämplig placering av byggnaden avseende fönsterytor
- tillräcklig isolering av byggnadsskalet
- undvikande av värmebryggor
- tillräckligt lufttätt byggnadsskal
- värmeisoleringsgrad och skuggning av transparenta yttre byggnadsdelar
- de transparenta yttre byggnadsdelarnas ytandel, placering och lutningsvinkel
- värmeisolerande egenskaper hos de icke transparenta yttre byggnadsdelarna
- intern värmebelastning (personer, elektriska apparater etc.)
- planritning och rummens geometri
- rumsventilation
- värmelagringsförmåga hos innerväggar

## Värmeskydd med CLT

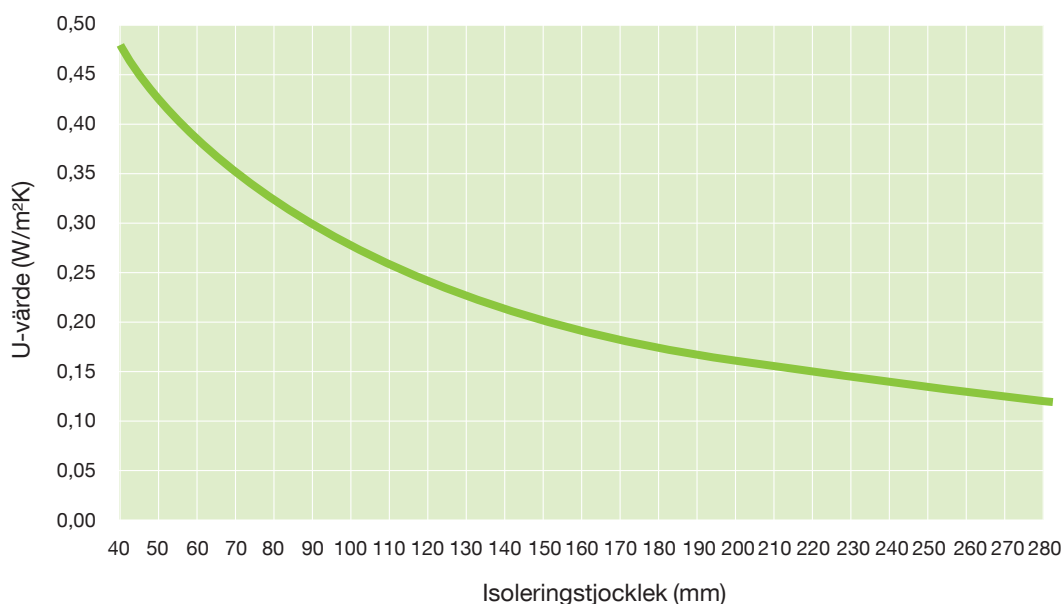
Ett byggelements värmeskydd bestäms av dess U-värde, det så kallade värmegenomgångstalet. För att kunna beräkna detta värde måste läget i byggnaden, konstruktionen och värmeledningsförmågorna och dimensionerna hos de enskilda byggmaterialen vara kända. Värmeledningsförmågan hos trä bestäms huvudsakligen av dess rådensitet

och träfuktigheten och kan för CLT antas ha ett värde på  $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$ .

Bilden nedan visar ett diagram med U-värdena för CLT-skivor med en tjocklek på 100 mm beroende på isoleringsmaterialets tjocklek (grupp med värmeledningsförmåga WLG 040)

### U-värde för CLT 100 mm

Med variabel isoleringstjocklek





# Lufttätthet

Byggnadsskalets luft- och vindtäthet är viktiga krav som ställs på en väl fungerande byggnad. Ett lufttätt skikt på byggnadens insida förhindrar att fuktig luft kan tränga in och därmed att kondensat kan uppstå i byggelement. Det påverkar dessutom värme- och fuktbalansen och därmed också byggnaders energivärde. Därför är detta lufttäta skikt avgörande för byggkonstruktionens kvalitet och för dess beständighet.

Saknas ett sådant luftskikt kan det uppstå en luftgenomströmning inifrån och ut i konstruktionen.

Byggnadsskalets lufttäthet är precis lika viktig som dess vindtäthet. Det vindtäta planet på byggnadens utsida förhindrar att luft utifrån kan tränga in i byggelement. Det gör att värmeisoleringskiktet skyddas så att byggelementens isolerande egenskaper inte påverkas. Vindtätheten skapas som regel inte med hjälp av CLT, utan hos putsade fasader med hjälp av putsen och hos träfasader med hjälp av ett diffusionsöppet membran bakom ventilationsskiktet bakom inklädningsen.

## CLT är lufttätt från och med tre skikt.

Lufttättheten hos CLT från Stora Enso har testats av Holzforschung Austria. Denna lufttäthetsprovning av CLT genomfördes i enlighet med ÖNORM EN 12114:2000 och omfattade själva elementet, en stegfals och en elementskarv med skarvskiva.

### Resultatet:

”De undersökta elementskarvarna och CLT-elementet i sig uppvisar en hög lufttäthet. Volymströmmarna genom de båda skarvvarianterna

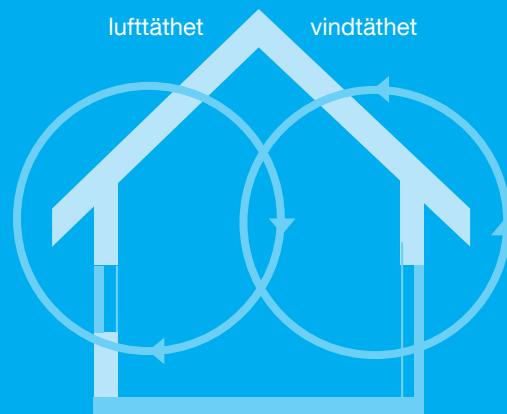
och genom den undersökta ytan låg på grund av den höga lufttätheten utanför det mätbara området.”







## CLT är lufttätt



## CLT förblir lufttätt under hela sin livslängd

Under sin livslängd utsätts CLT för olika fukt-tillstånd. Materialet produceras oberoende av kvalitet med en relativ träfuktighet på  $12 \% \pm 2 \%$ .

Under byggsfasen tar elementen upp byggfukt från t.ex. bunden fyllmassa, betong eller puts och träfuktigheten stiger. Även i den färdiga byggnaden varierar träfuktigheten beroende variationer under de olika årstiderna. Rums-ventilationen kan under vintermånaderna göra att CLT torkar ut ytterligare. Dessa variationer i fukthalten i CLT leder till formförändringar i träet (sväller och krymper), dessa kan i extrema fall ses i form av sprickor på ytan (för torrt) eller som en vågig yta (för fuktigt).

Att CLT förblir lufttätt även under lång tid har påvisats vid laboratoriet för byggfysik vid det tekniska universitetet i Graz. Normala variationer i träfukten simulerades i en klimatkam-mare och CLT testades avseende luftgenom-släpplighet i fyra olika fuktillstånd.

Undersökningen utfördes på ett 100 mm tjock CLT-element med tre skikt i icke synlig kvalitet (CLT 100 3s NVI) med måtten  $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ . Elementet hade en vertikal skarv i form av en stegfals och en med skarvskiva.

# Fuktighet

## Grundläggande information

Syftet med fuktskydd är att begränsa fuktpåverkan på byggkonstruktioner på ett sådant sätt att skador – exempelvis en sänkning av värmeskyddet, fuktförluster hos byggmaterial, mögel, röta – undviks. De viktigaste faktorerna för fuktpåverkan är smältvatten, nederbörd och fukt som stiger uppåt. Dessutom kan fukthalten i byggmaterial öka under byggfasen på grund av att byggfukt tas upp från betong eller puts.

## Tekniska principer för fuktskydd

När det gäller trä resp. CLT skiljer vi principiellt på tre olika mekanismer för fukttransport:

- diffusionsmotstånd mot vattenånga
- sorption
- kapillärledning

Förutom dessa principiella mekanismer för fukttransport i byggmaterialet trä är det för fuktskyddet även viktigt att ta hänsyn till eventuella konvektiva processer. CLT i sig – med sin konstruktion bestående av korsvis limmade enkelskikt över hela ytan – förhindrar all form av konvektion. Men vid fogar, inbyggnader och installationer måste man vara uppmärksam vad gäller läckage.

## Diffusionsegenskaper hos CLT

Limandelen i CLT varierar beroende på hur lamellerna är uppbyggda, men ligger alltid under 1 %. Trots det har ytlimningens limfogar ett annat värde på diffusionsmotståndet mot vattenånga än de omkringliggande trälamellerna och måste beaktas vid beräkningen av sd-värdet.

Å andra sidan måste man tänka på att CLT under sin livslängd utsätts för olika fuktillstånd. Dessa tillstånd kan delas upp i byggfukt, fukt under uppvärmningssäsongen och fukt på sommaren. Dessa olika fuktillstånd kan leda till en träfukt som varierar mellan 8 % och 14 %, vilket i sin tur påverkar diffusionsegenskaperna.

Tester för att bestämma diffusionsmotstånd mot vattenånga  $\mu$  hos limfogarna i CLT-element gav följande resultat:

- Diffusionsmotståndet mot vattenånga är fuktberoende, varvid  $\mu$  för limfogen sjunker betydligt vid ett fuktigt testklimat.
- Vid torrt klimat (23 °C och 26,5 % genomsnittlig relativ luftfuktighet) har limfogarna i CLT samma diffusionsekvivalenta luftskiktstjocklek som massivt granträ med en tjocklek på 6 mm  $\pm$  4 mm. Vid fuktigt klimat (23 °C och 71,5 % genomsnittlig relativ luftfuktighet) har limfogarna samma diffusionsekvivalenta luftskiktstjocklek som massivt granträ med en tjocklek på 13 mm  $\pm$  6 mm.
- Det innebär att ett CLT-element med tre skikt (med två hellimmade fogar) har en genomsnittlig diffusionsekvivalent luftskiktstjocklek motsvarande massivt granträ med samma tjocklek plus 12 mm vid torrt klimat och plus 26 mm vid fuktigt klimat.

Dessutom har CLT-prover undersökts inom ramen för ett master-arbete vid Thünen-Institut für Holzforschung (Hamburg). Här beräknades det fuktighetsberoende värdet på diffusionsmotståndet mot vattenånga:

- Värdet på diffusionsmotståndet mot vattenånga hos CLT stiger i det närmaste linjärt med elementets tjocklek i förhållande till antalet limfogar. Därför beräknades ett genomsnittligt antal limfogar per cm CLT-tjocklek.
- Med detta medeltal för antalet limfogar som utgångspunkt beräknades följande värden för diffusionsmotståndet mot vattenånga för olika träfukter:
  - 11,3 % träfuktighet  $\ominus \mu = 52 \pm 10$
  - 14,7 % träfuktighet  $\ominus \mu = 33 \pm 7$
  - 8,0 % träfuktighet  $\ominus \mu = \sim 105$  (interpolerande beräkning)

## CLT som fuktvariabel ångbroms

CLT-element är lufttäta från och med en uppbyggnad med tre skikt, men är inte ångtätt. CLT är ett diffusionsöppet material och limfogarna bildar "ångbromsarna" för isolationsplanet utanför. På så sätt reagerar CLT som en fuktvariabel ångbroms. Under uppvärmningsperioden när luftfuktigheten inomhus minskar reducerar CLT förmågan att transportera fukt och blir diffusionstätare. Under sommarmånaderna ökar fukten inomhus och CLT blir diffusionsöppnare. Detta är en egenskap som finns naturligt i byggmaterialet trä, vilket gör att CLT med hänsyn till byggfysikaliska konstruktionsprinciper kan planeras och utföras varaktigt diffusionsöppet inåt och utåt.

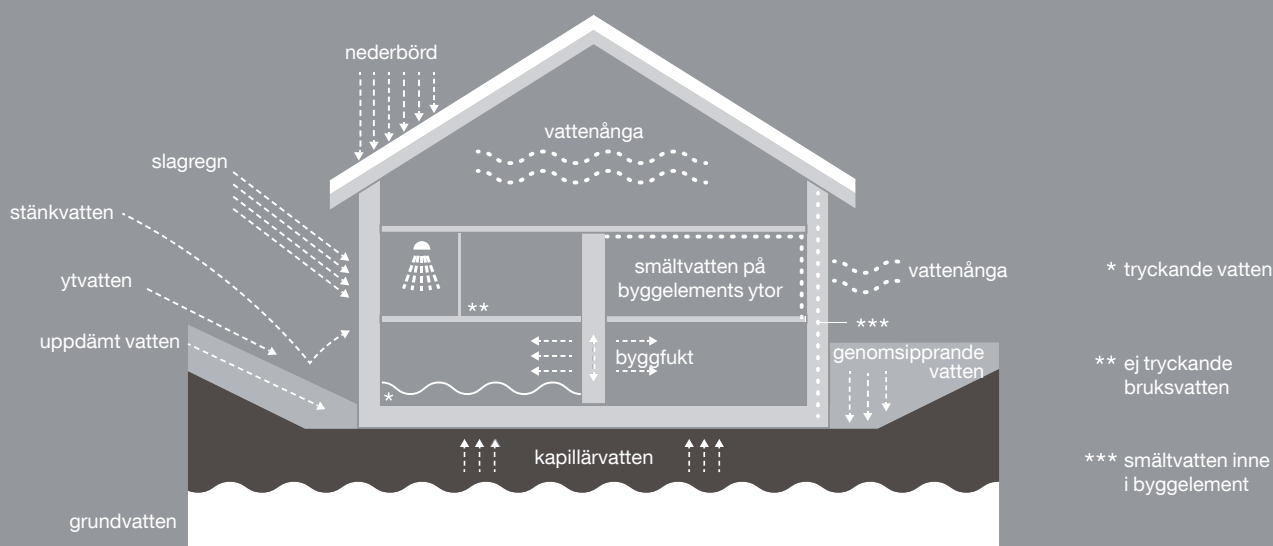
På så sätt reglerar CLT även luften i rummet. Vid ökad luftfuktighet inomhus tar CLT upp fukten och avger den sedan igen när luftfuktigheten sjunker.

Denna verklighetsstroga beräkning innebär dock en mer komplex sammansättning av ett större antal nödvändiga materialkaraktäristiska. Dessa nödvändiga materialspecifika materialkaraktäristiska beräknades för CLT vid universitetet i Hamburg för simuleringsprogrammet WUFI Pro, vilket har utvecklats vid Fraunhofer Institutet för Byggefysik (IBP). Bortsett från detta genomfördes för första gången en experimentell validering av en hygrotermisk simulering för ett element i korslimmat massivträ, vid vilken en god överensstämmelse mellan fältförsök och numerisk simulering kunde uppnås.

Stora Enso CLT bedömdes av Fraunhofer Institutet positivt avseende rimlighet och togs upp i materialdatabasen WUFI (Wärme und Feuchte instationär – Transient värme och fukt). Därmed erbjuder vi våra kunder och planerare ytterligare ett lovande och värdefullt planeringsverktyg för CLT-konstruktioner som är outhärligt i synnerhet vid hög byggnadsintern fuktbelastning eller när byggdelen i trä ska användas i regioner med extrema klimatförhållanden.

## Bedömning av fuktskyddet

Bedömningen av fuktskyddet för byggkomponenter gjordes tidigare företrädesvis enligt det så kallade Glaser-förfarandet, vilket dock endast medger grova bedömningar avseende byggkomponenters fukttekniska funktionsduglighet. Genom utvecklingen av hygrotermiska simuleringsprogram skapades nya möjligheter att utföra realitetstroga och detaljerade beräkningar av de hygrotermiska transport- och lagringsprocesserna i byggkomponenter vid reella klimatförhållanden.





# Ljudisolering med CLT

## Grundläggande information

En bra ljudisolering (mot buller) är en viktig förutsättning för att det ska vara behagligt att vistas i en byggnad. Därför bör det läggas stor vikt på ljudisoleringen när byggnader planeras. Normativa krav på ljudisoleringen säkerställer att normalt känsliga människor får ett tillräckligt skydd mot buller utifrån, från andra enheter inom samma byggnad samt från angränsande byggnader.

Ljud definieras som mekanisk rörelseenergi som breder ut sig i elastiska medier genom tryckvariationer och molekyllärrörelser. Ljud är inte en förflyttning av partiklar utan impulser som förs vidare. Förutom ljudets källa gör man inom byggnadsakustik skillnad på luftburet ljud och strukturburet ljud:

**Luftburet ljud:** Byggnadsdelar påverkas av luftburna ljudvågor och avger dessa vågor till angränsande rum. Trafik, tal eller musik är exempel på luftburet ljud.

**Strukturburet ljud** avges till byggnadsdelar genom att man går, knacker, flyttar stolar och liknande. Ljudet fortplantas till intilliggande rum som luftburet ljud. För byggnadsakustiken är framförallt stegljud relevant.

F ... flanköverföring  
D ... direkt överföring

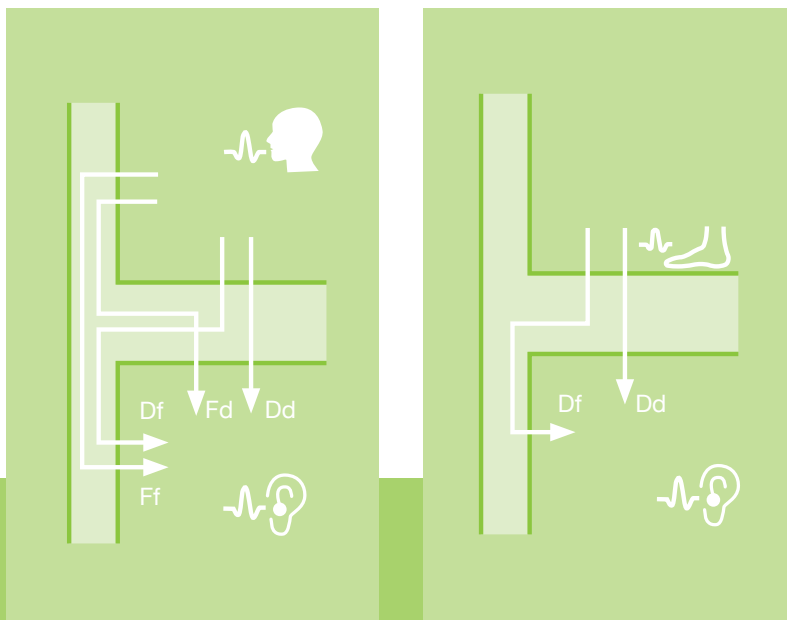
f .... flank ljudutstrålning  
d ... direkt ljudutstrålning

Ljudöverföring från rum till rum

## Bestämma ljudisoleringen

För att bestämma ljudisoleringen påverkas ett byggelement i en studio (provvningsanläggning eller en byggnad) med en ljudkälla och det ankommande bullret mäts i mottagningsrummet.

För bättre kunna jämföra bullervärdena, som för det mesta bestäms i tersband, bildas utifrån de registrerade mätkurvorna entalsvärden med hjälp av normerade bedömningskurvor enligt EN ISO 717 (Del 1 för luftburet ljud och Del 2 för strukturburet ljud). Dessa bedömningskurvor är härledda från kurvor med samma ljudstyrka (det mänskliga örat registrerar toner med samma nivå men med olika frekvens som olika) och tar därmed hänsyn till det mänskliga örats frekvensberoende känslighet. Mätningarna görs över ett brett frekvensområde (från 50 Hz till 5 000 Hz), men endast området från 100 Hz till 3 150 Hz används vid bildandet av entalsvärdet.



## Anpassningsvärden för spektrum

Eftersom entalsangivelsen i sig ofta bara beskriver byggelementets ljudtekniska styrkor och svagheter på ett otillräckligt sätt (olika kurvor kan leda fram till samma entalsvärde). Därför har så kallade anpassningsvärden för spektrum införts i EN ISO 717 som ytterligare entalsangivelser och används redan i vissa europeiska länder. När dessa kompletterande angivelser används beaktas även ljudspektrum som är typiska för boendemiljöer.

Det är även möjligt att hitta anpassningsvärden för spektrum för speciella frekvensområden under 100 Hz och över 3 150 Hz (t.ex.  $C_{50-5000}$  eller  $C_{tr,50-3150}$ ).

## Flankljud

Ljudöverföringen mellan rum som ligger intill varandra sker inte bara vid skiljekonstruktioner utan även vid de flankerande byggelementen. Därför måste inte bara de skiljande byggelementen utan även de flankerande byggelementen beaktas. En tumregel är att ju högre kvalitet ett skiljande byggelement har, desto viktigare blir andelen flankljud för den totala ljudöverföringen. Flankljuden reduceras genom att byggelementen ljudisoleras separat eller att en böjlig inklädnad används.

# Ljudisolering av CLT-byggelement

## Innertakskonstruktioner

En förbättring av de ljudisolerande egenskaperna hos innertakskonstruktioner kan antingen uppnås genom att man ökar massan eller genom att frångöringen förbättras. Den extra massan, i form av en bärlagsbelastning eller en belastning av undertaket, gör att en lägre ljudframryckning uppnås till följd av att impuls känsligheten reduceras. Över resonansfrekvensen reduceras överföringen av byggnadsdelens vibration inom konstruktionen. Resonansfrekvensen ska därför stämmas av så att den blir så låg som möjligt ( $< 80$  Hz).

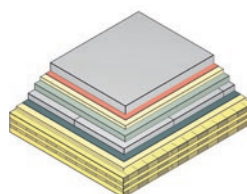
I praktiken innebär det: Ett relativt tungt cementgolv 5–7 cm cement. (viktigt: kantdämpningsremsan kapas inte av förrän golvbeläggningen har lagts) på en mjuk stegljudsskiva ( $s' \leq 10$ )<sup>1</sup> och under den ytterligare massa i form av en grusfyllning. Med innertak utan nedhängning ska fyllningens tjocklek ökas till ca 10 cm och lösa fyllningar är tack vare den högre dämpningen att föredra framför bundna fyllningar, varvid användningen av lösa fyllningar bör diskuteras med den som utför betonggolvet. Förklädnader av innertak fungerar ljudisoleringstekniskt bäst om de monteras frångörplat (på svängningsbyglar eller fjäderskenor). För att undvika hålrumsresonanser bör man inte heller göra avkall på en hålrumsisolering med mineralull.

<sup>1</sup>)  $s' =$  dynamisk styvhet (MN/m<sup>3</sup>)

## Innertakskonstruktioner

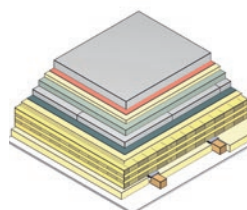
Ljudvärden från mätningar i laboratorium och på byggplatser. Detaljerade uppgifter om knutpunkter fås på begäran.

$$R_w(C;C_{tr}) = 61 (-1;-5) \text{ dB}$$
$$L_{n,w}(C_f) = 41 (1) \text{ dB}$$



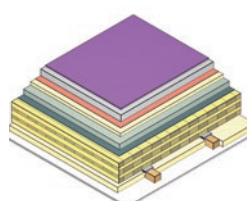
70 mm cementgolv  
0,2 mm PE-folie  
30 mm stegljudsskiva  
50 mm grusfyllning  
50 mm stenplatta  
0,2 mm fiberduk  
18 mm mjuk fiberplatta  
140 mm Stora Enso CLT

$$R_w(C;C_{tr}) = 63 (-2;-5) \text{ dB}$$
$$L_{n,w}(C_f) = 36 (3) \text{ dB}$$



70 mm cementgolv  
0,2 mm PE-folie  
30 mm stegljudsskiva  
50 mm grusfyllning  
50 mm stenplatta  
0,2 mm fiberduk  
18 mm mjuk fiberplatta  
140 mm Stora Enso CLT  
3 mm komprimerad anslutningstätning  
70 mm nedhängning, däremellan  
60 mm mineralull  
15 mm gipsskiva

$$D_{nT,w}(C;C_{tr}): 62 (-3;-9) \text{ dB}$$
$$L_{nT,w}^1(C_f): 39 (7) \text{ dB}$$



10 mm heltäckningsmatta  
60 mm cementgolv  
0,2 mm PE-folie  
30 mm stegljudsskiva  
50 mm grusfyllning  
0,2 mm fiberduk  
> 165 mm Stora Enso CLT  
70 mm nedhängning, däremellan  
50 mm mineralull  
12,5 mm gipsskiva

## Väggkonstruktioner

Ljudisoleringen hos byggelement med ett CLT skikt bestäms av massan per ytenhet och böjstyvheten. Enligt Bergers massalag ökar ljuddämpningen med 6 dB när massan fördubblas. Den svaga punkten vid ljudisolering är koincidensgränsfrekvensen. Hos komponenter med flera skikt med och inklädning kan en bättre ljudisolering uppnås med en lägre massa.

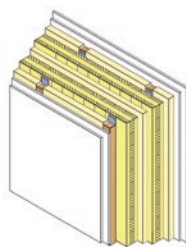
Hos sådana massa-fjäder-system stiger ljudisoleringen under resonansfrekvensen  $f_0$  med 6 dB per oktav (fördubbling av frekvensen), över  $f_0$  dock med 18 dB per oktav. För att uppnå en bra ljudisolering måste resonansfrekvensen alltså stämmas av så djupt som möjligt ( $\leq 100$  Hz). Resonansfrekvensen kan reduceras genom att avstånden mellan inklädningarna ökas, genom att massan ökas samt genom en så böjlig förbindelse av inklädningen mot den bärande väggen som möjligt. För att undvika hålrumresonanser ska inklädningar fyllas med ljudabsorberande fiberisolerematerial.

## Uppbyggnad av skiljeväggar

Ljudvärden från mätningar i laboratorium och på byggplatser.

Detaljerade uppgifter om knutpunkter fås på begäran.

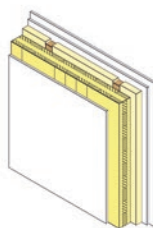
$D_{nT,w}$  (C;C<sub>tr</sub>): 67 (-1; -4) dB



### Två skikt CLT, inklädnad

- 12,5 mm gipsskiva
- 12,5 mm gipsskiva
- 50 mm fristående inklädning (CW-profil inkl. 50 mm mineralull)
- 5 mm underlagsband
- 100 mm Stora Enso CLT
- 40 mm mineralull
- 100 mm Stora Enso CLT
- 5 mm underlagsband
- 50 mm fristående inklädning inkl. 50 mm mineralull
- 12,5 mm gipsskiva
- 12,5 mm gipsskiva

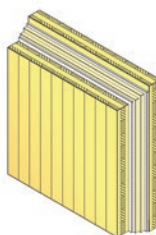
$D_{nT,w}$  (C;C<sub>tr</sub>): 60 (-2; -8) dB



### Ett skikt CLT, inklädnad

- 12,5 mm gipsskiva
- 100 mm Stora Enso CLT
- 5 mm underlagsband
- 50 mm fristående inklädning (CW-profil inkl. 50 mm mineralull)
- 12,5 mm gipsskiva
- 12,5 mm gipsskiva

$D_{nT,w}$  (C;C<sub>tr</sub>): 61 (-3; -10) dB



### Två skikt synlig CLT

- 100 mm Stora Enso CLT
- 12,5 mm gipsskiva
- 30 mm mineralull
- 30 mm mineralull
- 5 mm luftskikt
- 100 mm Stora Enso CLT



# Brandskydd för CLT

## CLT vid brand

CLT från Stora Enso har en fukthalt på cirka 12 %. Om CLT utsätts för en brandpåfrestning och det uppstår en energitillförsel, stiger materialets temperatur och det vatten som finns i materialet börjar avdunsta från ca 100 °C. Sönderdelningen av kemiska bindelser som börjar ske vid 200–300 °C – varvid brännbara beståndsdelar i träet börjar ryka och en förbränning med en flamma sker – kallas för pyrolys och fortskrider stegvist och en förkolningszon byggs upp bakom denna process. Detta kolskikt skapas av kolhaltiga rester efter pyrolysen och förbränns med glöd. Egenskaperna hos detta skikt – i synnerhet den låga densiteten och den höga permeabiliteten – verkar värmedämpande och skyddar i förhållande till det underliggande, oskadade träet.

Av den anledningen beror kolskiktets skyddande verkan på inre CLT-skikt som ännu inte har påverkats av branden, så



att – till skillnad från stål- eller betongkonstruktioner – den massiva träkonstruktionen visserligen förkolnar, men pyrolysen och träets beteende vid brandpåverkan kan beräknas och förutses.

Brandskyddsåtgärder – som exempelvis måste vidtas extra hos stålkonstruktioner – har byggmaterialet trä fått av naturen redan från början i form av pyrolysen och bildandet av ett kolskikt. Det ekologiska byggmaterialet har unika egenskaper vid brandpåverkan, vilka leder till att CLT-element har högt brandmotstånd.

För att bekräfta detta påstående, har Stora Enso CLT testats av ackrediterade institut. Resultaten talar ett entydigt språk och verifierar det höga brandmotståndet hos CLT-komponenter.

Tvärsnittsyta hos ett 80 mm tjockt CLT-element som ursprungligen var täckt med brandskyddsskivor i gips (GKF) efter ett storbrandsförsök. De olika skikten i förkolningsprocessen som bildas under brandens förlopp kan ses tydligt: förkolningszonen (svart), sedan pyrolyszonen (brunt) och det oskadade trä materialet.

### **Brandegenskaperna hos Stora Enso CLT är klassificerade som D-s2, d0**

Dokumentationen för brandmotståndet hos byggelement i trä kan antingen baseras på klassificeringsrapporter enligt EN 13501-2 baserat på storbrandsförsök eller beräkningar enligt EN 1995-1-2 i kombination med de respektive nationella användningsdokumenten.

# Uppbyggnad av ytterväggar i CLT

Beklädnad insida	Installationsplan	Korslimmat massivträ		Beklädnad utsida	Provlast	Klassificering i↔o
		Beteckning	Lamellkonstruktion [mm]	[kN/m]		
12,5 mm brand-skyddsskivor i gips	—	CLT 100 C3s	30–40–30	50 mm träullsplatta 15 mm puts	35	REI 90
12,5 mm brand-skyddsskivor i gips	—	CLT 100 C3s	30–40–30	80 mm stenull, 4 mm puts	35	REI 90
12,5 mm brand-skyddsskivor i gips	—	CLT 100 C5s	20–20–20–20–20	50 mm träullsplatta 15 mm puts	35	REI 90
12,5 mm brand-skyddsskivor i gips	—	CLT 100 C5s	20–20–20–20–20	80 mm stenull, 4 mm puts	35	REI 90
12,5 mm brand-skyddsskivor i gips	40 mm mineralull	CLT 100 C3s	30–40–30	50 mm träullsplatta 15 mm puts	35	REI 90
12,5 mm brand-skyddsskivor i gips	40 mm mineralull	CLT 100 C3s	30–40–30	80 mm stenull, 4 mm puts	35	REI 90

Klassificering av provade byggelement

# Uppbyggnad av väggar i CLT

Beklädnad	Installationsplan	Korslimmat massivträ		Provlast	Klassificering i↔o
		Beteckning	Lamellkonstruktion [mm]	[kN/m]	
—	—	CLT 100 C3s	30–40–30	35	REI 60
—	—	CLT 100 C5s	20–20–20–20–20	35	REI 60
12,5 mm brandskyddsskivor i gips	—	CLT 100 C3s	30–40–30	35	REI 90
12,5 mm brandskyddsskivor i gips	—	CLT 100 C5s	20–20–20–20–20	35	REI 90
12,5 mm brandskyddsskivor i gips	40 mm mineralull	CLT 100 C3s	30–40–30	35	REI 90
35 mm ProCrea lerplatta, 5 mm ProCrea underputs av lera med armeringsväv, 5 mm ProCrea överputs av lera	—	CLT 140 C5s	40–20–20–20–40	280	REI 90
12,5 mm brandskyddsskivor i gips	40 mm mineralull	CLT 100 C3s	30–40–30	35	REI 120

Klassificering av provade byggelement

# Uppbyggnad av innertak i CLT

Beklädnad	Nedhängning	Korslimmat massivträ		Provlast	Klassificering i↔o
Beteckning		Lamellkonstruktion [mm]		[kN/m²]	
12,5 mm brand-skyddsskivor i gips (på sidan som inte exponeras för brand) eller golvupbyggnad	—	CLT 100 L3s	30-40-30	0,6	REI 60
—	—	CLT 140 L5s	40-20-20-20-40	5	REI 60
—	—	CLT 160 L5s	40-20-40-20-40	6	REI 90
12,5 mm brand-skyddsskivor i gips	—	CLT 140 L5s	40-20-20-20-40	5	REI 90
35 mm Heraklith EPV	—	CLT 140 L5s	40-20-20-20-40	5	REI 90
12,5 mm brand-skyddsskivor i gips	40 mm mineralull	CLT 140 L5s	40-20-20-20-40	5	REI 90

Klassificering av provade byggelement

Dokumentation av brandmotstånd hos CLT-element baserat på beräkningar enligt EN 1995-1-2:2011 (Eurocode 5)

## Beräkning av bärförmågan (R) hos CLT-element enligt EN 1995-1-2:2011

Vid beräkningen av bärförmågan (R) hos byggelement i trä vid brandpåfrestning resp. vid beräkningen av tvärsnittvärdena måste man både ta hänsyn till förkolningen och den bakomliggande temperaturpåverkade zonen. Detta eftersom fasthets- och styvhetsegenskaperna hos trä minskar när temperaturen ökar.

Beräkningen av tvärsnittvärdena kan – bortsett från den detaljerade beräkningsmöjligheten i EN 1995-1-2, Bilaga B – genomföras med två förenklade metoder, varvid den första rekommenderas:

- metod med reducerat tvärsnitt
- metod med reducerade egenskaper

## Beräkning av integriteten (E) och värmeisoleringen (I) för CLT-element

Dokumentationen av integriteten (E) och värmeisoleringen (I) kan göras på följande sätt:

- Beräkningsförfarande enligt EN 1995-1-2:2011, Bilaga E.
- Modell enligt ÖNORM B 1995-1-2:2011, 14.3 resp. europeisk teknisk riktlinje "Fire safety in timber buildings" eller Vanessa Schleifers avhandling "Zum Verhalten von raumabschliessenden mehrschichtigen Holzbauteilen im Brandfall" (2009).
- Konstruktioner enligt ÖNORM B 1995-1-2:2011 kräver ingen ytterligare dokumentation.

Dokumentationen av integriteten och värmeisoleringen av CLT-element kan göras enligt modellen som beskrivs i ÖNORM B 1995-1-2:2011 eller i den europeiska tekniska riktlinjen "Fire safety in timber buildings". Båda metoderna bygger på samma koncept/samma teori.

Om man jämför denna modell med beräkningsmetoden som beskrivs i EN 1995-1-2:2011, Bilaga E, ser man att den första modellen tillåter en obegränsad variation av olika material och antal skikt, vilken är en betydande fördel.



## 4. Statik

### Allmänt



De korsvis limmande träskikten gör att laster kan fördelas i två huvudriktningar, vilken även ibland kallas för biaxial belastning. Tidigare fungerade detta endast i byggnationer med armerad betong. Fördelen är att rummen kan planeras på ett mer flexibelt sätt och att konstruktioner blir enklare och lägre råtak kan användas. Diagonalt utkragade eller punktstödda konstruktioner kräver visserligen en mer omfattande planering, men det är fullt möjligt att utföra dem. CLT-skivor

har en särskilt stor bärkraft eftersom den bärande bredden tack vare tvärlagren i regel sträcker sig över skivans hela bredd. Den höga egna styvheten hos CLT har även en positiv effekt på en byggnads förstärkning.

# Beräkning och dimensionering av CLT

## Beräkning av CLT

Det speciella vid beräkningen av CLT är att tvärskikten är skikt som har en låg skjuvkraft. Därför måste man ta hänsyn till genomböjningen till följd av tvärkrafter och den så kallade rullskjuvkraften. På detta område har flera olika beräkningsmodeller utvecklats. Nedan presenteras dessa metoder kort med hänvisning till de mer utförliga publikationerna. Vid statiska beräkningar kan CLT inte betraktas på samma sätt som massivt trä eller laminerade träkonstruktioner.

## Beräkningen enligt kompositteorin

### Med hjälp av "skivuppbbyggnadsfaktorer"

Den här beräkningsmetoden tar inte hänsyn till genomböjningen till följd av tvärkrafter och gäller därför endast för större stödbredder eller högre tjocklekar (ca > 30). I den tekniska pärmen för CLT anges för symmetriskt uppbyggda skivor formler för att beräkna den effektiva böjstyvheten  $EI_{ef}$ .

### Med hjälp av skjuvkorrekturfaktor

Med den här metoden är det möjligt att beräkna genomböjningen hos innertak genom att skjuvkorrekturfaktorn för den respektive tvärsnittsuppbbyggnaden beräknas enligt Timoschenkos balkteori. Med stavstatikprogram som tar hänsyn till genomböjningen till följd av skjuvkrafter kan metoden användas för att beräkna CLT på ett tillräckligt noggrann sätt.

## Beräkning enligt $\gamma$ -metoden

Den här metoden har utvecklats för beräkning av bjälkar med en eftergivande förbindelse och kan även användas för CLT. Den är tillräckligt exakt för praktisk användning och den beskrivs för användning i kombination med CLT.

Den här metoden är även förankrad i flera normer för träkonstruktioner, t.ex. i DIN 1052-1:1988, DIN 1052:2008, ÖNORM B 4100-2:2003 och i EN 1995-1-1 (Eurocode 5).

## Beräkning enligt skjuvanalogimetoden

Skjuvanalogimetoden beskrivs i DIN 1052-1:2008, Bilaga D och anses vara en exakt metod för beräkning av CLT med valfritt skiktutförande.

## Beräkning av CLT med två axlar

### Med hjälp av bjälkgaller

Med stavstatikprogram kan 2D-strukturer modelleras.

### Med hjälp av Finite-Elemente-program

Med FE-program 2D-strukturer modelleras.

## Beräkning av förbindelsemedel i CLT

Beräkningen av förbindelsemedel beskrivs i godkännandet Z-9.1-559 för CLT.



# Dimensionering med Stora Enso CLT- dimensioneringsprogram

Stora Enso ställer på [www.clt.info](http://www.clt.info) utan kostnad ett dimensioneringsprogram för dokumentation av vanliga CLT-byggelement till förfogande.

## Fördimensioneringstabeller

Dimensioneringstabellerna nedan kan vara till hjälp vid fördimensioneringen men ersätter inte en komplett utförd statisk dimensionering.

Med det här programmet kan följande element dimensioneras:

- innertak eller platta tak
- lutande tak
- ribbtak
- väggskivor
- väggliknande bjälkar
- karmar över fönster och dörrar
- utkragade skivor
- stöd
- lastfördelning på förstärkningsväggar

Egen- vikt (g <sub>m</sub> <sup>3</sup> )	Nyttolast q <sub>k</sub>	Spännvidd tvåstödsbalk							
		3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m	5,50 m	6,00 m	7,00 m
1,00	1,00		80 L3s	100 L3s	120 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s
	2,00	80 L3s	90 L3s					180 L5s	200 L5s
	2,80					140 L5s	160 L5s-2	200 L5s	
	3,50	90 L3s	100 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s-2	200 L5s	220 L7s-2
	4,00	90 L3s							
	5,00	100 L3s	120 L3s	140 L3s	160 L5s-2	160 L5s-2	200 L5s-2	220 L7s-2	240 L7s-2
1,50	1,00	80 L3s	90 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s-2	200 L5s	220 L7s-2
	2,00		100 L3s						
	2,80	90 L3s				160 L5s-2	180 L5s-2	200 L5s	220 L7s-2
	3,50	90 L3s							
	4,00		120 L3s	140 L5s		160 L5s-2	180 L5s-2	200 L5s	220 L7s-2
	5,00	100 L3s			160 L5s-2	180 L5s-2	200 L5s-2	220 L7s-2	240 L7s-2
2,00	1,00	80 L3s	100 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s-2	200 L5s	220 L7s-2
	2,00	80 L3s							
	2,80	90 L3s				160 L5s-2	180 L5s-2	200 L5s	220 L7s-2
	3,50		120 L3s	140 L5s		160 L5s-2	180 L5s-2	200 L5s	220 L7s-2
	4,00	100 L3s							
	5,00				160 L5s-2	180 L5s-2	200 L5s-2	220 L7s-2	240 L7s-2
2,50	1,00		100 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s-2	200 L5s	220 L7s-2
	2,00	90 L3s							
	2,80					160 L5s-2	180 L5s-2	200 L5s	220 L7s-2
	3,50	100 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s-2	200 L5s-2	220 L7s-2	240 L7s-2
	4,00								
	5,00	120 L3s	120 L3s			180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2
3,00	1,00	90 L3s		120 L3s	140 L5s		180 L5s	200 L5s	220 L7s-2
	2,00		120 L3s			160 L5s-2			
	2,80	100 L3s						220 L7s-2	
	3,50			140 L5s			200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2
	4,00		120 L3s						
	5,00	120 L3s	140 L5s			180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2

## Tvåstödsbalk: deformation

**Bärförmåga:**

- dokumentation av böjspänningar
- dokumentation av skjuvspänningar

$$k_{\text{mod}} = 0,8$$

**Användningsegenskaper:**

- inledande genomböjning  
 $w_{\text{inst}} < L/300$
- genomböjning efter lång tid  
 $w_{\text{inst}} < L/250$

$$k_{\text{def}} = 0,6$$

\* Egenvikten hos CLT har i tabellen beaktats med  $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$ .

NKL 1, nyttolastkategori A  
( $\psi_0 = 0,7$ ;  $\psi_1 = 0,5$ ;  $\psi_2 = 0,3$ )

Enligt ETA-14/0349 (02.10.2014)  
EN 1995-1-1 (2014)

R0
R30
R60
R90

Brand:

HFA 2011

$\beta_1 = 0,65 \text{ mm/min}$



Egenkvikt (g <sub>m</sub> <sup>2</sup> )	nyttolast q <sub>k</sub>	Spännvidd tvåstödsbalk								
		3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m	5,50 m	6,00 m	6,50 m	7,00 m
1,00	1,00						180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2
	2,00					160 L5s-2				
	2,80	120 L3s	120 L3s	140 L5s					240 L7s-2	260 L7s-2
	3,50				160 L5s-2		200 L5s	220 L7s-2		
	4,00					180 L5s				280 L7s-2
	5,00			140 L5s			220 L7s-2		260 L7s-2	
1,50	1,00								240 L7s-2	260 L7s-2
	2,00			140 L5s		160 L5s-2	200 L5s	220 L7s-2		
	2,80	120 L3s	120 L3s		160 L5s-2					280 L7s-2
	3,50					180 L5s			260 L7s-2	
	4,00			140 L5s			220 L7s-2	240 L7s-2		
	5,00					200 L5s				300 L8s-2
2,00	1,00			140 L5s		160 L5s-2	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	280 L7s-2
	2,00					180 L5s				
	2,80	120 L3s	120 L3s		160 L5s-2				260 L7s-2	
	3,50			140 L5s			220 L7s-2	240 L7s-2		300 L8s-2
	4,00					200 L5s				
	5,00								280 L7s-2	
2,50	1,00			140 L5s		180 L5s			260 L7s-2	
	2,00									300 L8s-2
	2,80	120 L3s	120 L3s		160 L5s-2	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2		
	3,50			140 L5s					280 L7s-2	
	4,00									320 L8s-2
	5,00		120 L3s			220 L7s-2		260 L7s-2		
3,00	1,00									300 L8s-2
	2,00		120 L3s		160 L5s-2	200 L5s		240 L7s-2	280 L7s-2	
	2,80	120 L3s		140 L5s						320 L8s-2
	3,50		120 L3s							
	4,00				180 L5s	220 L7s-2		260 L7s-2	300 L8s-2	
	5,00			140 L5s	160 L5s-2		240 L7s-2			

## Tvåstödsbalk: vibration

### Bärförmåga:

- dokumentation av böjspänningar
- dokumentation av skjuvspänningar

$$k_{\text{mod}} = 0,8$$

### Användningsegenskaper:

- inledande genomböjning  
 $w_{\text{inst}} < L/300$
- genomböjning efter lång tid  
 $w_{\text{inst}} < L/250$
- vibration  
vibration enligt  
ÖNORM B 1995-1-1 (2014)  
innertaksklass I  
 $\zeta = 4 \%$ , 5 cm cement  
( $E = 26\,000 \text{ N/mm}^2$ ),  $b = 1,2 \cdot \ell$

$$k_{\text{def}} = 0,6$$

\* Egenkvikten hos CLT har i tabellen beaktats med  $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$ .

NKL 1, nyttolastkategori A  
( $\psi_0 = 0,7$ ;  $\psi_1 = 0,5$ ;  $\psi_2 = 0,3$ )

Enligt ETA-14/0349 (02.10.2014)  
EN 1995-1-1 (2014)

R0
R30
R60
R90

Brand:  
HFA 2011  
 $\beta_1 = 0,65 \text{ mm/min}$



# 5. Projektgenomförande

## Projektfaser

### Offertfas

Vi sammanställer gärna en offert utifrån dina dokument. En offert omfattar principiellt följande punkter:

- omfattning (nettoyta, bruttoyta, yta som krävs för sågmönster, resp. avkapat material)
- skivuppbyggnad
- kvalitet
- kostnader för tillkapning
- transportkostnader
- tillvalsprodukter och -tjänster

Ju noggrannare dokumenten är, desto noggrannare kan vi skapa en detaljerad offert. Dessutom är planeringsdokumentens kvalitet avgörande för hur snabbt vi kan sammanställa en offert. Nedan finns en kort översikt:

- Specifikationer och anbudstexter: Det är alltid en stor fördel om även bruttoyterna anges. Tillägget för avkapat material beror i första hand på byggnadens geometri och av de enskilda CLT-element som härleds ut denna.
- Ritningar för byggnadslov: Med hjälp av sådana ritningar kan vi som regel snabbt skapa en 3D-modell utan detaljer som öppningar och annan bearbetning. Om möjligt bör sådana ritningar skickas till oss som DWG- eller DXF-fil. PDF-filer har för det mesta en för dålig kvalitet och kräver därmed mer tid för vidare bearbetning.
- 3D-modeller: I många fall finns det redan mer eller mindre detaljerade 3D-data. Materiallistor (XLS- eller CSV-filer) kan därmed skapas mycket snabbt. Om en ytterligare efter-/bearbetning i 3D ändå krävs för att sammanställa en offert, bör det med de flesta CAD-program vara möjligt att ställa motsvarande 3D-DWG-, 3D-DXF-, SAT- (ACIS) och/eller IFC-filer till vårt förfogande.

Det allra bästa är naturligtvis om detaljerade utförandeplaner finns tillgängliga som 2D- och/eller 3D-fil redan under offertfasen. De normala avvikelserna avseende mängder och kostnader mellan offert och slutlig order kan därmed minimeras.

Ett fördimensioneringsprogram för att på ett enkelt sätt beräkna de skivtjocklekar som krävs kan laddas ner gratis från [www.clt.info](http://www.clt.info). Om du behöver vår hjälp vid fördimensioneringen behöver vi följande uppgifter:

- nyttolast
- kontinuerlig last
- snölast

#### Exempel: 15 900 × 2 950 mm

Avräkningsmått: 2,95 × 15,90	46,91 m <sup>2</sup>
Skivyta (netto):	38,59 m <sup>2</sup>
Spill:	8,32 m <sup>2</sup>
Avräkningsmått:	46,91 m <sup>2</sup>

Avräkningslängder	8,00 m till 16,00 m (i 10-cm-steg)
Avräkningsbredder	2,45 m, 2,75 m, 2,95 m

# Orderfas

Om Stora Enso har sammanställt en offert för ditt projekt ber vi dig att skicka tillbaka den underskriven till oss för att bekräfta ordern. Beroende på mängden material som ingår i offerten och det önskade leveransdatumet reserveras omedelbart en motsvarande produktionskapacitet. De slutgiltiga planeringsdokumenten resp. projektuppgifterna måste ställas till vårt förfogande senast 20 arbetsdagar innan det angivna leveransdatumet (lastbilen lämnar vår fabrik). Om detta inte görs flyttas automatiskt leveransdatumet fram minst en vecka.

För en snabb och korrekt utförd vidare bearbetning måste planeringsdokumenten i 2D och/eller 3D klart och tydligt presentera följande information:

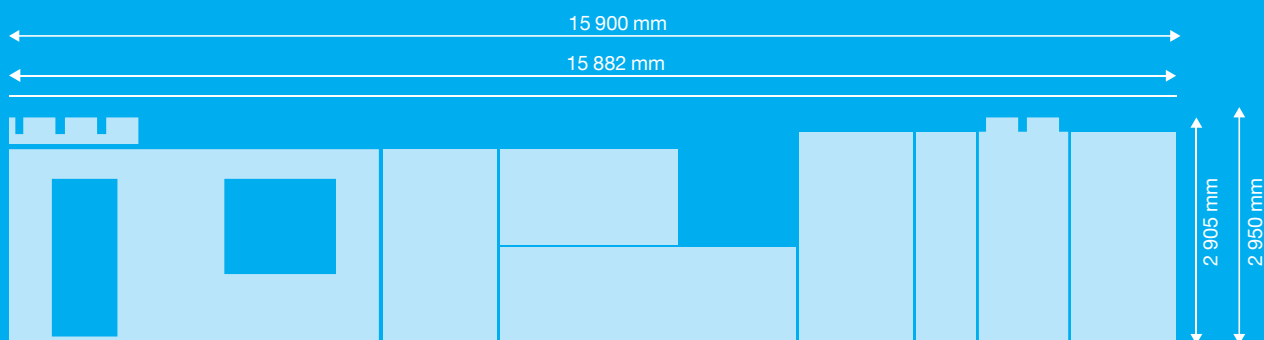
- konstruktionselementens geometri
- konstruktionselementens beteckning
- ytterskiktens fiberriktning
- skivtjocklek
- skivuppbyggnad
- ytkvalitet
- lista med byggelement med kolumner för: beteckning, antal, skivtyp (t.ex. L3S), kvalitet (t.ex. INV), tjocklek, längd, bredd, nettoyta, nettovoly

Du kan ladda ner ett orderformulär från vår hemsida [www.clt.info](http://www.clt.info). Du kan gärna använda ett eget formulär om den information som behövs presenteras på ett överskådligt och lättförståeligt sätt. Du kan även använda en passande e-post förlaga. Om det är en förstagångsorder rekommenderas att diskutera resp. testa CAD-datautbytet redan ca 4–5 veckor innan leveransdatumet, därmed uppstår inga onödiga fördröjningar vid orderläggningen och den vidare bearbetningen. Vi arbetar med AutoCAD Architecture och hsbCAD. De dataformat som behövs är DWG, DXF, SAT-V7.0 och IFC.

När vi har fått de nödvändiga projektdokumenterna börjar CLT-teknikteamet på Stora Enso med fabriksplaneringen av projektet. Efter en tid skickas, beroende på den nödvändiga tidsåtgången, respektive kontrolldokument till dig. Dessa måste kontrolleras och godkännas av dig.

Efter godkännande påbörjar Stora Enso produktionen av ditt CLT-projekt. Observera att önskemål om ändringar bara kan beaktas fram till maximalt 12 arbetsdagar innan leveransdatumet.

## Avräkningsmått





# Lastning

## Liggande last

En standard semitrailer kan med liggande last lastas med max 25 t, varvid den maximala lastlängden är 13,60 m och den maximala lastbredden är 2,95 m. Om skivtjockleken tillåter det, kan även CLT-massivträskivor med en maxlängd på 15,00 m transporteras med en standard semitrailer. För att beräkna lastvikten kan en densitet på 490 kg/m<sup>3</sup> användas. Som regel kan man utgå ifrån en lastmängd på

ca 50 m<sup>3</sup>. För en standard semitrailer kan man utgå ifrån en maximal lasthöjd på 2,60 m.

Om en specialutrustning krävs sammanställer vi gärna en offert för detta. Observera dock följande ändringar vad gäller den maximala lastlängden och lastbredden, liksom den maximala lastvikten:

Standardutrustning	Max. last	Max. lastlängd	Max. lastbredd
Standard semitrailer	25 t	15,00 m	2,95 m

Specialutrustning	Max. last	Max. lastlängd	Max. lastbredd
Förlängd semitrailer	24 t	16,00 m	2,95 m
Styrd bakaxel	20 t	15,00 m	2,95 m
Fyrhjulsdraft och styrd bakaxel	efter förfrågan	efter förfrågan	

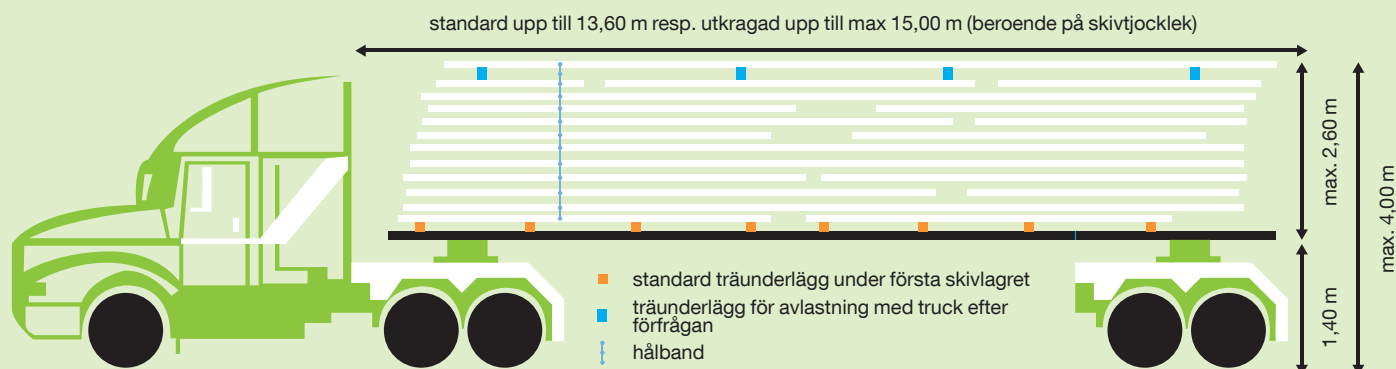
## Packning

Vi packar in elementen i en folie (vid synlig kvalitet med UV-skyddande folie) och täcker dem sedan med en lastbilspresenning. Detta är nödvändigt för att skydda skivorna mot väderpåverkan. För att skydda elementen läggs kantskydd i papp in mellan surrband och skivor.

Som standard lägger vi in minst åtta träunderlägg (105 × 105 mm eller 95 × 95 mm) under det första skivlagret. Träunderläggarna är försedda

med antiglidmattor. Varje följande lager lastas dock liggande direkt på varandra.

Om mellanlägg krävs för avlastning med kran eller gaffeltruck ska detta anges i samband med ordern (inkl. skiss). Träunderläggarna returneras till oss av transportföretaget. Om du vill behålla underläggarna kan du köpa dessa av oss.



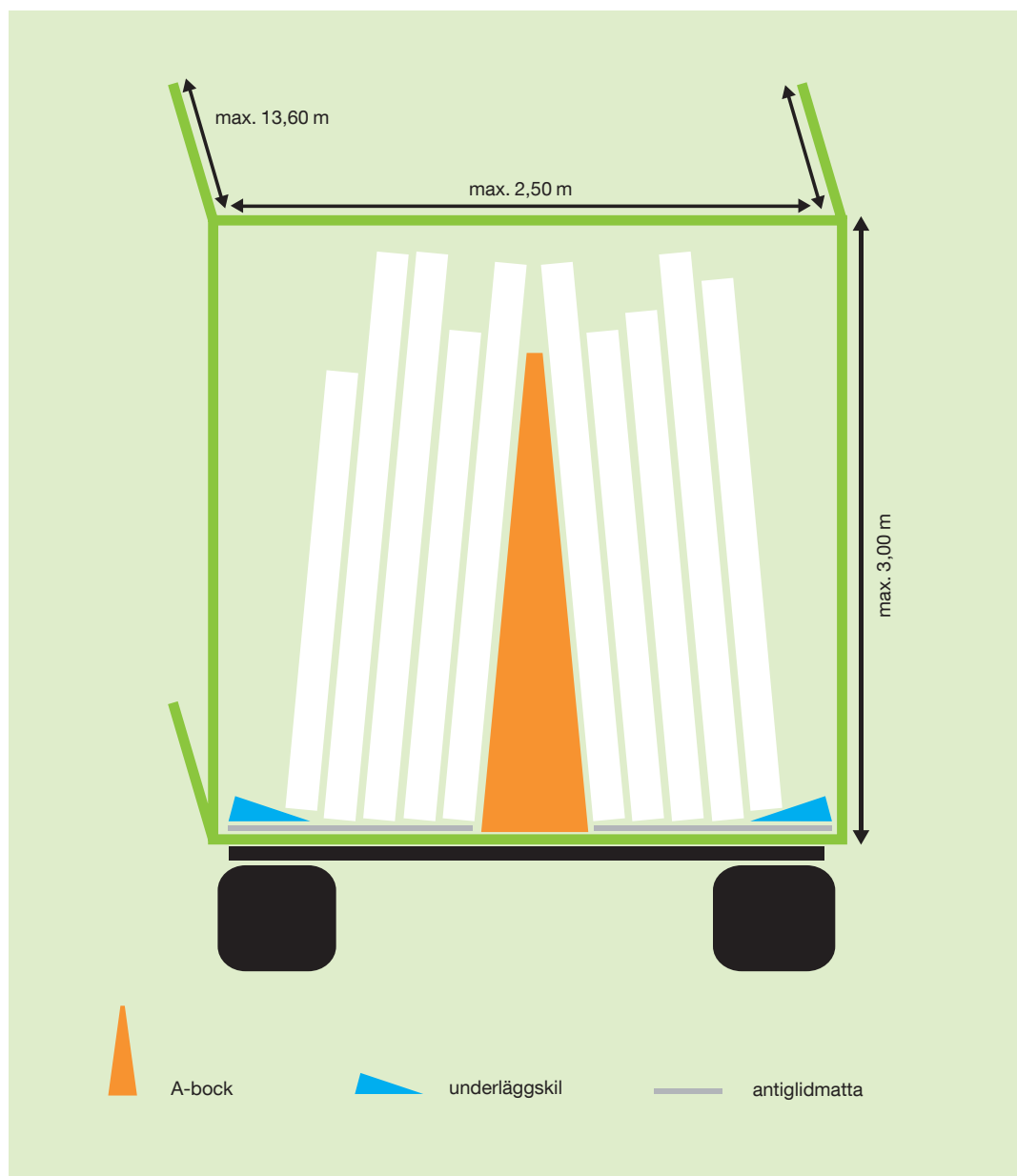
## Stående last

En megatrailer kan med stående last lastas med max 24 t, varvid den maximala lastlängden är 13,60 m och den maximala lastbredden är 3,00 m. Observera att A-bockarna gör att den totala lastkapaciteten är lägre än vid liggande last (max ca 45 m<sup>3</sup>, beroende på skivornas dimensioner och tjocklekar).

För att beräkna lastvikten kan en densitet på 490 kg/m<sup>3</sup> användas. Varje trailer är utrustad med minst 6 A-bockar mot vilka CLT-skivorna lutas och sedan skruvas ihop (skruvpunkterna markeras med färg). Sedan förbinds skivorna vid sidan om bockarna även med surrband och den kompletta lasten surras sedan ihop. Dess-

utom ställs skivorna på underläggkilar som förhindrar att skivorna kan glida eller tippa. På samma sätt som med liggande last läggs kant-skydd i papp in mellan surrband och skivor.

Om synliga element måste lastas stående skruvas de fast med hålbänd på smalsidorna så att skivorna inte skadas. Om du vill behålla A-bockarna eller underläggskilarna kan du köpa dessa av oss.







Utgivare och ansvarig för innehållet:  
Stora Enso Wood Products GmbH.  
Tryck på MultiArt Silk från Stora Enso.  
Sättnings- och tryckfel förbehållna.  
Utgåva och tryck: 06/2017.

## Stora Enso Division Wood Products

### Building Solutions

E-post: [buildingsolutions@storaenso.com](mailto:buildingsolutions@storaenso.com)

[www.storaenso.com](http://www.storaenso.com)

[www.clt.info](http://www.clt.info)

[facebook.com/storaensolivingroom](https://facebook.com/storaensolivingroom)

THE RENEWABLE MATERIALS COMPANY