

Spin-off från möbelindustrin till byggbranschen

Lars Blomqvist, Daniel Honfi och Marie Johansson

RISE Rapport 2019:113

Spin-off från möbelindustrin till byggbranschen

Lars Blomqvist, Daniel Honfi och Marie Johansson

Abstract

Spin-off from furniture industry to construction industry

There is a deficit of housing in Sweden and it is built too little to compensate for this according to the National Board of Housing, Building and Planning, which, among other things, indicate resource shortages as a reason.

The furniture and construction industry have much in common. However, the furniture industry has a larger share of industrial production, which means production at a lower cost. By retrieving production ideas in other industries, there is an opportunity to radically renew and transform the (wood) construction industry and thus streamline the construction process. Historically, cross-sectoral spin-off effects have been shown to generate success factors.

The goal of this project is to develop prototypes for building connections inspired by the furniture and interior industry and explore them together with industry actors. This, in turn, serves as an inspiration for a larger project, together with industry actors aiming at developing systems for assembly of building elements, which provide higher precision and are faster to perform than today's system. The pilot developed in this project shows that the idea is ripe for a more full-scale investigation.

Key words: assembly, building connections, building elements, CLT

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport 2019:113

ISBN: 978-91-89049-66-6

Växjö 2019

Innehåll

Abstract	1
Innehåll	2
Förord	3
Sammanfattning	4
1 Introduktion	5
2 Omvärldsanalys	6
2.1 Sammansättningsbeslag inom möbler- och inredning	7
2.2 Förband och beslag för KL-trä.....	7
2.3 Likheter mellan möbel- och byggsammansättningar	8
3 Genomförande och resultat	8
4 Slutsats	13
Referens	14

Förord

Föreliggande rapport är en redovisning av projektet *Spin-off från möbelindustrin till byggbranschen*. Projektet har finansierats av Vinnova (diarienummer: 2018-04332) och Södra Building Systems har bidragit med material till prototyper. Från RISE har Lars Blomqvist (projektledare), Daniel Honfi och Marie Johansson deltagit. Dessutom har flera personer från både näringsliv och akademi samt flera kollegor från RISE funnits med i diskussioner kring projektets uppdrag.

Sammanfattning

Det finns i Sverige ett underskott av bostäder och det byggs för lite för att kompensera för detta enligt Boverket som bland annat anger resursbrister som skäl till att byggandet inte täcker behovet.

Möbel- och byggbranschen har mycket gemensamt. Möbelbranschen har dock större inslag av industriell produktion vilket innebär produktion till lägre kostnad. Genom att hämta produktionsidéer hos andra branscher finns möjlighet att radikalt förnya och transformera (trä)byggindustrin och därmed effektivisera byggprocessen. Historiskt sett har branschöverskridande spinoffeffekter visat sig generera framgångsfaktorer.

Målet är att ta fram prototyper för byggbeslag/förband inspirerade av möbel- och inredningsindustrin och utforska dessa tillsammans med aktörer i branschen. Detta ska i sin tur verka som inspiration för ett större projekt tillsammans med branschaktörer med mål att utveckla system för montage av byggelement, som ger högre precision och är snabbare att utföra än dagens system. Framtagen pilot visar att idén är mogen för ett mer fullskaligt försök.

1 Introduktion

Det finns idag i Sverige ett underskott av bostäder. Enligt Boverket (2017) är det beräknade behovet av nya bostäder 600 000 fram till 2025. Omställningen till ökat byggande, under senare år, har varit otillräcklig. Begränsande faktorer, utöver resurser, anges vara själva produktionsprocessen och bostadsvaran i sig, exempelvis hyresrätt eller olika former av äganderätt. En stor andel av den prognosticerade bostadstillväxten måste riktas till grupper som är ekonomiskt svaga. Utmaningen är att bygga, alternativt frilägga, bostäder till ett kostnadsläge som berörda grupper kan finansiera.

Inom möbel- och inredningsbranschen finns flera olika lösningar för sammansättning mellan möblers respektive inredningars olika delar. Sammansättningsbeslag underlättar montering och kan också fungera för styrning av delarnas sammansättning. Genom att byggandet blivit alltmer industrialiserat finns förutsättningar för att implementera liknande lösningar också inom byggandet. Det vill säga skala upp självcentrerande möbel- och inredningsbeslag som är enkelt demonterbara till byggbranschen.

Byggandet med träbaserade byggelement står inför en större expansion. Hållbarhetsfrågor bidrar till utvecklingen av träbyggandet och även förtätningen i redan befintliga bostadsbestånd genom träbyggnaders viktfordel gentemot andra material, exempelvis vid påbyggnader av redan befintliga byggnader. Detta är ingen lokalt förankrad omställning utan den sker på flera platser i världen. Träbyggandet sker dessutom alltmer på höjden vilket i sig är utmanande genom att byggnaderna inklusive dess förband därigenom utsätts för större laster. Dessutom behöver höga hus flera anslutningar som kan byggas snabbare men med hög kvalitet. I prestandan av höga byggnader spelar krav på bruksgränstillstånd och robusthet en viktig roll. Angående bruksgränstillstånd är byggnadens övergripande styvhet avgörande vilket kan påverkas av anslutningar (Näslund 2015). Robusthet avser förmågan att undvika oproportionerlig kollaps av byggnaden. Trämateriale är känsligt för sprödbrott därför är metalliska förband viktiga för att åstadkomma duktilitet och öka robustheten (Thelandersson & Honfi 2009).

Byggelement i trä kan CNC-bearbetas med hög precision vilket ger en fördel gentemot exempelvis prefabricerade byggelement i betong, som inte är lika måttnoggranna. Montaget kan därigenom ske med snävare toleranser än vad som är vanligt i byggsammanhang. Utveckling av självcentrerande beslag skulle bidra till att bibehålla och ytterligare öka precisionen i montaget. Ytterligare fördelar är att montaget skulle innebära en mindre manuell arbetsinsats samt att dylika beslag förenklar cirkulär ekonomi eftersom det även skulle bli enklare att återbruka, alternativt återvinna byggelementen.

Montage sköts i normalfallet av entreprenadföretag medan byggsystemet produceras av ett träbearbetande företag och beslagen köps in via leverantörer.

Förmågan att montera med hög precision på ett förutbestämt sätt enligt poka-yoke, det vill säga enligt metod som gör det möjligt att undvika eller upptäcka misstag innan de sker, ger lägre produktionskostnader och därmed också lägre byggkostnader. Ett mer standardiserat arbetssätt gör det möjligt att enklare anpassa verktyg och arbetssätt för att bättre passa fler oavsett genus och kroppsbyggnad.

Utveckling av byggbeslag kan ses som en inkrementell förändring men kan innebära en betydande omställning eftersom det kan förändra arbetssättet på byggarbetsplatsen. En större andel av arbetet kan ske i en rationell industriell process vilket minskar insatsen

på byggarbetsplatsen. Ett montage skulle i framtiden kunna utföras av en montör genom ett standardiserat arbetssätt.

Historiskt har transformering från hantverk till industriell produktion inneburit produktion till lägre kostnad. Kan dessutom ytterligare funktioner ingå i infästningen med beaktande på nivellering, toleranser, styrande, centrerande och bättre arbetsmiljö är det till en stor fördel.

Montering av byggelement vid byggarbetsplatser är en flaskhals. Prisnivåerna är höga för nyproducerade bostäder. Byggproduktionen når inte upp till behovet enligt Boverkets beräkningar. Genom att inspireras av, låna från och skala upp teknik från möbelindustrin till byggbranschen kan industrialiseringsgraden öka inom byggbranschen och tiden för montage minska.

Projektet inriktas främst mot förband som används för att montera samman korslimmade träskivor (KL-trä) på byggplats då detta är ett byggsystem som är under stark utveckling för närvarande men där förbandstekniken fortfarande är underutvecklad. Målet är att ta fram prototyper för byggbeslag/förband inspirerade av möbel- och inredningsindustrin och utforska dessa tillsammans med aktörer i branschen. Detta ska i sin tur verka som inspiration för ett större projekt tillsammans med branschaktörer med mål att utveckla system för montage av byggelement, som ger högre precision och är snabbare att utföra än dagens system.

2 Omvärldsanalys

Det finns stora skillnader mellan vad en möbel respektive ett hus ska klara avseende laster, duktilitet, större deformationer, fukt, brand osv. För en möbel är det fokus på hållfasthet, hållbarhet och säkerhet vilket kan testas via certifierade provningslabb. I Sverige återfinns sådana certifierade provningslabb hos IKEA of Sweden, EFG European Furniture Group och hos RISE Research Institutes of Sweden.

Lösningarna för ett hus måste vara robusta på grund av stora konsekvenser av brott/ras. Läran om statik, mekanik, dynamik och termodynamik måste därför vara väl kända vid huskonstruktion och vid byggande, vilket speciellt gäller för högre hus.

Byggnadsverk som uppförs i Sverige ska uppfylla de tekniska egenskapskraven på byggnadsverk. De tekniska egenskapskraven definieras i plan- och bygglagen (SFS 2010:900) och förtydligas i följdförfattningarna Plan- och byggförordningen (SFS 2011:338). Byggprodukter får ingå i byggnadsverk endast om de är lämpliga för avsedd användning.

De väsentliga kraven ställs inte på byggprodukten utan på det färdiga byggnadsverket, därför har Boverket gett ut tillämpningsföreskrifter med stöd av PBL. Dessa föreskrifter och allmänna råd finns i Boverkets byggregler, BBR (Boverket 2019a) och Boverkets konstruktionsregler, EKS (Boverket 2019b). Eurokoderna ska användas för att bestämma bärförmågan för byggnadsdelar och prefabricerade element förutsatt att dessa är byggprodukter och bärförmågan deklarerar under CE-märket. Marknaden är därför stor för olika inriktningar av konsulter. Dessutom finns olika typer av testbäddar för att kontrollera konstruktioner såsom brand, fukt, hållfasthet osv.

2.1 Sammansättningsbeslag inom möbler- och inredning

En enkel form av styrning och centrering av möblers och inredningars delar kan representeras av en centruntapp. Fogplattor och hakbeslag medger styrning utmed dess längd. Kopplingsbultar i kombination med snäckor medger isärtagbara monteringslösningar vilket även andra olika typer kopplingsbeslag kan göra (exempelvis Theofilis 2019). En ny typ av montering av möbel- och skåpstommar är *Three Spine*. Tekniken bygger på industriell bearbetning av två långsgående kanter, en hon- och en handel, i kombination med en långsgående plastfjäder som låser delarna vid varandra (Three Spine 2019).

2.2 Förband och beslag för KL-trä

Det finns flera typer av förband att beakta vid montage av en KL-trästomme. Standardknutpunkterna kan delas in i möten mellan väggskiva och grund, pelare och bjälklagsplatta, väggskiva och bjälklagsplatta, väggskiva och takplatta, och nockbalk och takplattor dessutom behöver exempelvis väggskivor förbindas sinsemellan (Martinsons 2016; Gustafsson 2017).

Långa självborrande skruvar eller plåtbeslag tillsammans med ankarspik eller ankarskruv är vanliga för att förbinda förbanden. Det förekommer även in-slitsade plåtar med dymlingar, in-limmade stänger och andra system för lastöverförande skarvar (Mohammad 2011; Stora Enso 2015; Gustafsson 2017). Även traditionella träsammansättningar förekommer såsom gradspår, tapp och laxstjärt (Mohammad 2011; Stora Enso 2015). Det finns även specialbeslag varav många bygger på olika haksystem där metallbeslag, av stål eller aluminium, skruvas på träskivorna. Flera av systemen bygger på att KL-träskivorna bearbetas med hög prefabriceringsgrad i en CNC-maskin med hög måttnoggrannhet (Mohammad 2011; Gustafsson 2017). Mohammad (2011) framhöll två system som innovativa för att förbinda KL-träskivor i kombination med olika monteringsbeslag *Knapp® connection system* och *Tube connection system*.

Knapp grundades för mer än 25 år sedan av österrikaren Friedrich Knapp. Från början var det inriktat mot sammansättningar av möbler och inredningar. Företaget har olika beslag för hakmontage av exempelvis prefabricerade väggblock och balkar (Knapp 2019).

Gerhard Schickhofer¹ skrev att anslutningstekniken *Tube connection system* användes vid byggandet av en laboratoriebyggnad vid TU Graz. Limmade stavar användes på båda sidor av KL-träpanelen. Med den runda mellanliggande ståldelen kunde KL-plattorna dras samman. Det var en mycket effektiv anslutning och det skulle säkert gå att utveckla den till ett systembeslag för att montera KL-trä enligt Schickhofer. Någon kommersiell tillverkare och försäljare av *Tube connection system* har inte framkommit men systemet har presenterats av Schickhofer i samband med ett seminarium (Schickhofer m. fl. 2007).

¹ Gerhard Schickhofer, Univ.-Prof. DI Dr.techn., Technische Universität Graz, Institut für Holzbau und Holztechnologie, mail 4 February 2019.

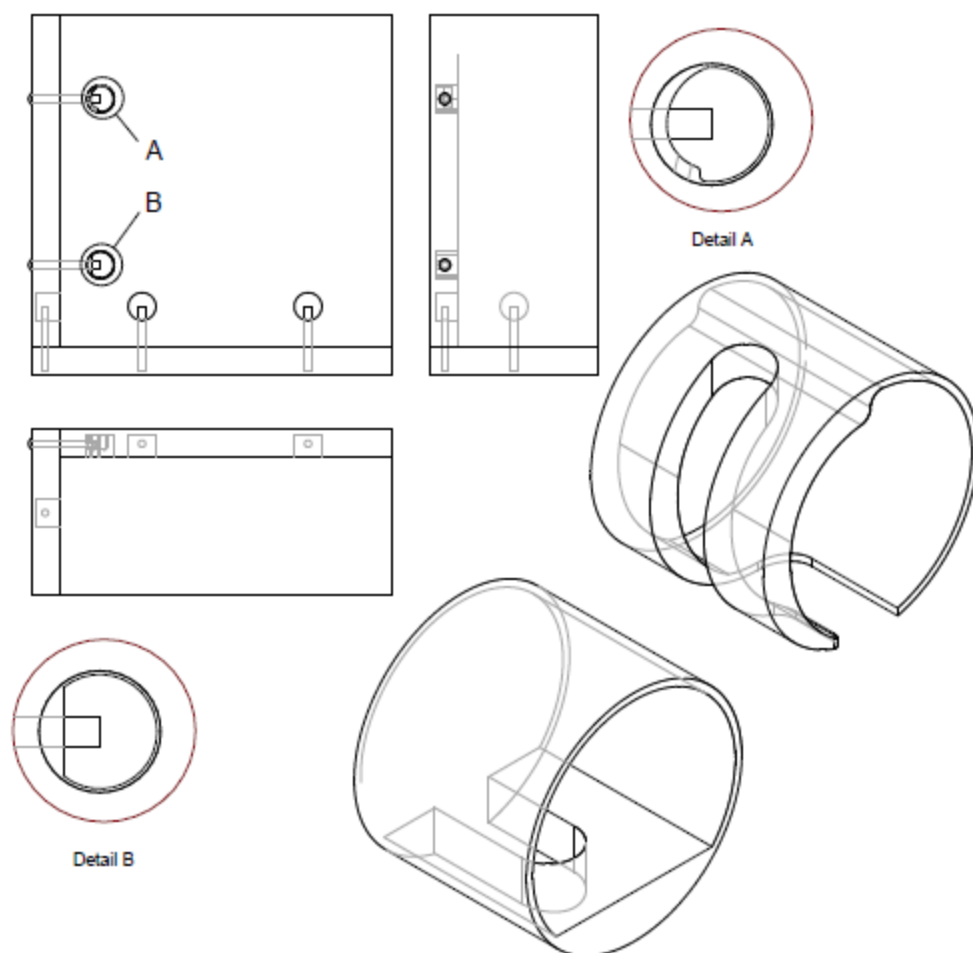
Rothoblaas, som även saluför traditionella beslag såsom plåtar, vinklar och hakbeslag, har ett system för montage av KL-träskivor kallat X-RAD (Rothoblaas 2017). X-RAD är ett mekaniskt anslutningssystem utformat för att fästas vid hörnen av KL-träskivorna med långa självborrande skruvar som når flera lager av KL-skivan genom olika vinklar. Systemet är ett alternativ till traditionella beslag och skruvar/spikar utvecklade, från början, för regelstommar. De förmonterade delarna i skivorna kan användas som lyftkrokar (Polastri m. fl. 2017). För att systemet ska fungera krävs det att skivorna är måttnoggrant bearbetade med urtag för infästningspunkter. Systemet innehåller en universalkoppling att fästa i KL-träskivan, anslutningsplattor att fästa i grunden och ett system för att säkerställa lufttätethet och värme-/ljudkomfort (Rothoblaas 2017). Det finns dock frågetecken kring hur beslaget påverkar KL-trästommen avseende brand, akustik och termodynamik.

2.3 Likheter mellan möbel- och byggsammansättningar

Tidigare nämnda centrumtappar i möbel- och inredningssammanhang motsvaras i byggsammanhang av dymlingar. Historiskt har trädymlingar använts för att timmerstockar ska hållas på plats och inte vrida sig ur ett timmerhus. Medelst en navare borrades hål genom stockarna vilka dymlingarna slogs i. Dymlingarna fyllde således funktionen att motverka att skjuvkrafter destabiliserade huskonstruktionen. I dagens byggande återfinns dymlingar av stål för att förankra stålplåtar i träkonstruktioner. De metalliska dymlingarna kan deformeras plastiskt särskilt om de belastas i böjning vilket ger duktilitet i anslutningar och undvikande av sprödbrott. Även olika hak- och vinkelbeslag återfinns i båda branscherna. I äldre huskonstruktioner återfinns flera typer av sammansättningar som är vanliga i traditionellt tillverkade möbler.

3 Genomförande och resultat

Efter omvärldsanalysen valdes att basera utvecklingen av ett nytt förband baserat på *Tube connection system*. Initialt påbörjades arbetet med att kombinera varianter av olika kopplingsbeslag vanliga för sammansättning av möbler med inspiration från *Tube connection system*. Systemet bygger på ett tubformat kopplingsbeslag i ena KL-träskivan som binds samman med nästa skiva via en stålskruv. Denna typ av förband utvecklades för användning i ett vägghörn. Ett vägghörn med tillhörande mellanbjälklag och varianter av kopplingsbeslag modellerades i 3D-CAD, Figur 1.



Figur 1 Vägghörn med tillhörande mellanbjälklag med två olika typer av kopplingsbeslag

3D-modellen importerades till FE-programmet Ansys (ANSYS 2019) för att beräkna relevanta deformationer och spänningar med en förenklad modell. Målet med modellen var att etablera ett digitalt arbetssätt som skulle kunna parametreras och vidareutvecklas senare, varför Ansys valdes som beräkningsplattform.

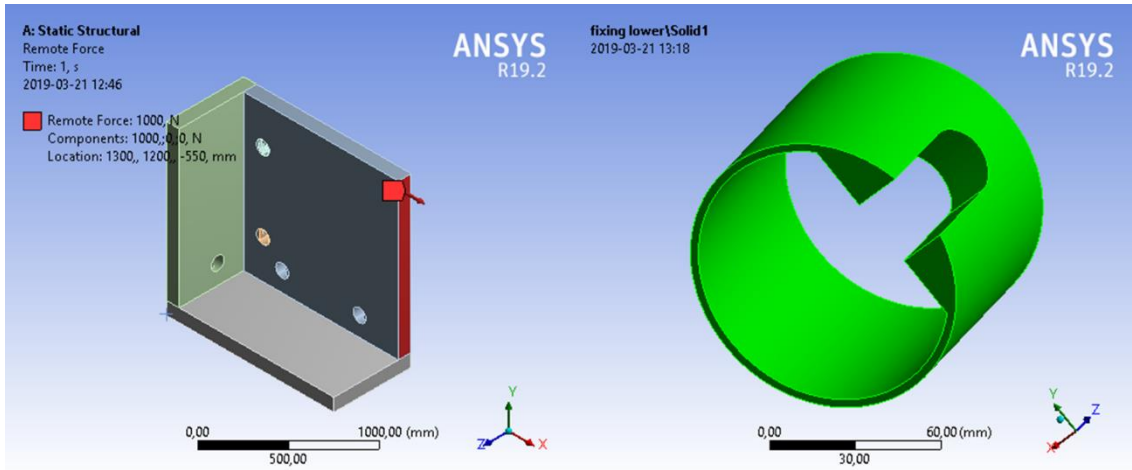
Modellen beaktar KL-skivor som ortotropiskt material och kopplingsbeslag fäst vid panelerna. De antagna materialegenskaperna för KL-trä är angivna i Tabell 1. Det bör noteras att KL-panelen som helhet har olika mekaniska egenskaper än de enskilda skivor som borde beaktas i modelleringen (Ashtari 2012).

Materialegenskaper som använts i modellen för stålmaterialet var följande: sträckgräns 250 MPa, brotthållfasthet 480 MPa, elasticitetsmodul: 200 GPa.

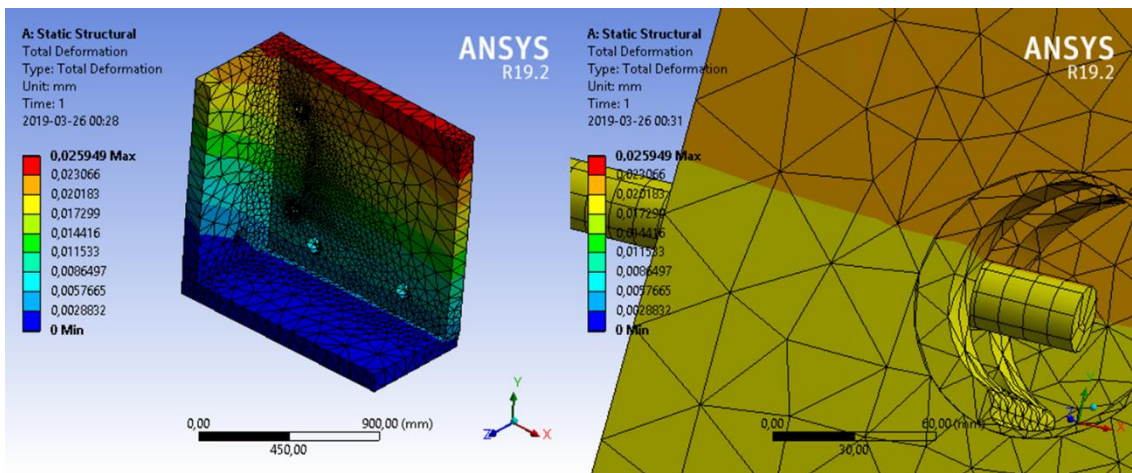
FEM-beräkningar genomfördes på vägghörnet med tillhörande mellanbjälklag och kopplingsbeslag med detalj B och variant av detalj B i Figur 1, Figur 2–8.

Tabell 1 KL-skivors materialegenskaper som använts i beräkningsprogrammet

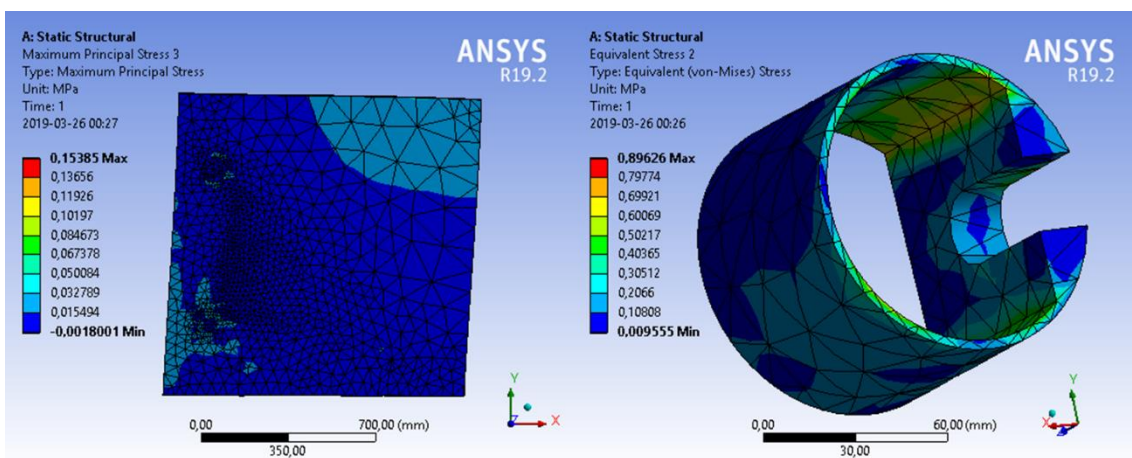
Elasticitetsmoduler [GPa]			Skjuvmoduler [GPa]			Poissons konstanter [-]		
E_x	E_y	E_z	G_{xy}	G_{yz}	G_{xz}	ν_{xy}	ν_{yz}	ν_{xz}
11	5,5	0,6	0,7	0,5	0,07	0,4	0,4	0,04



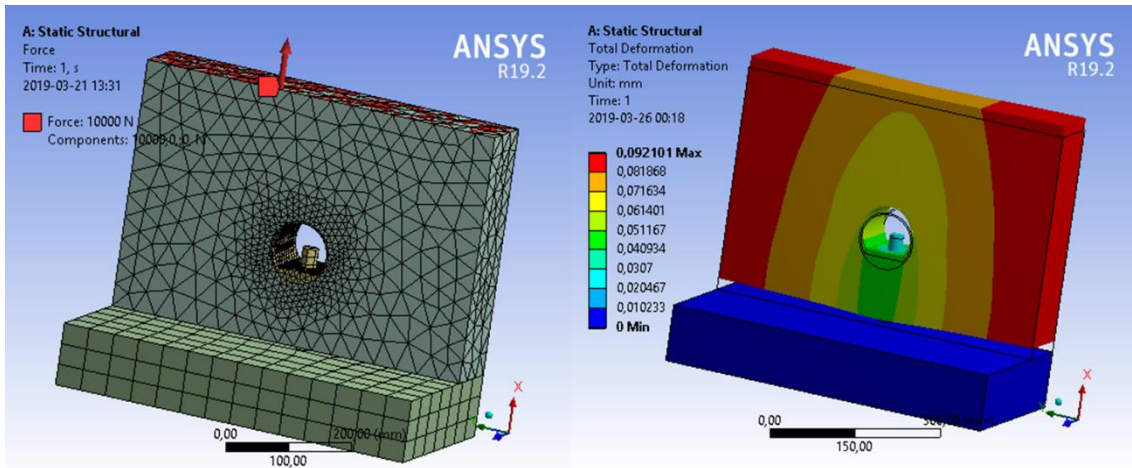
Figur 2 Belastning (1 kN) och detalj



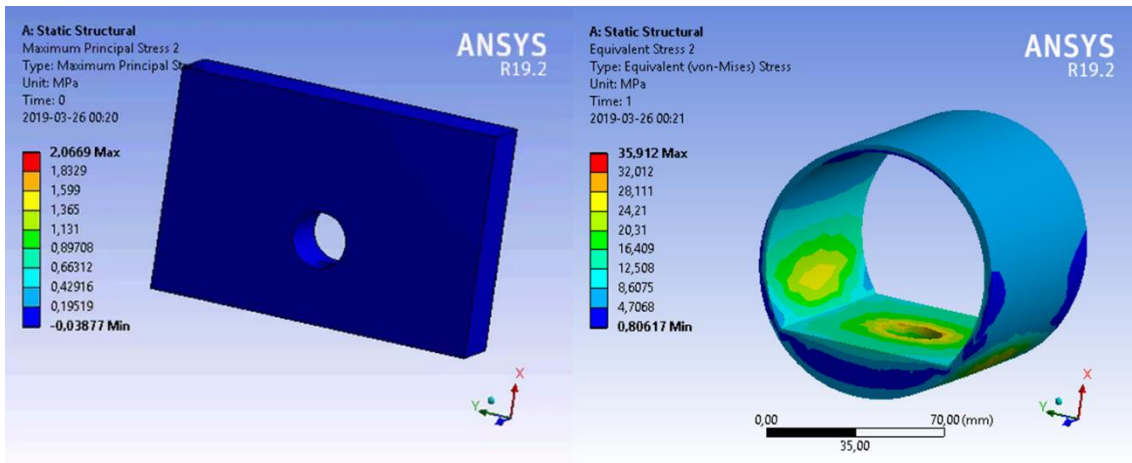
Figur 3 Deformationer i KL-träskivorna



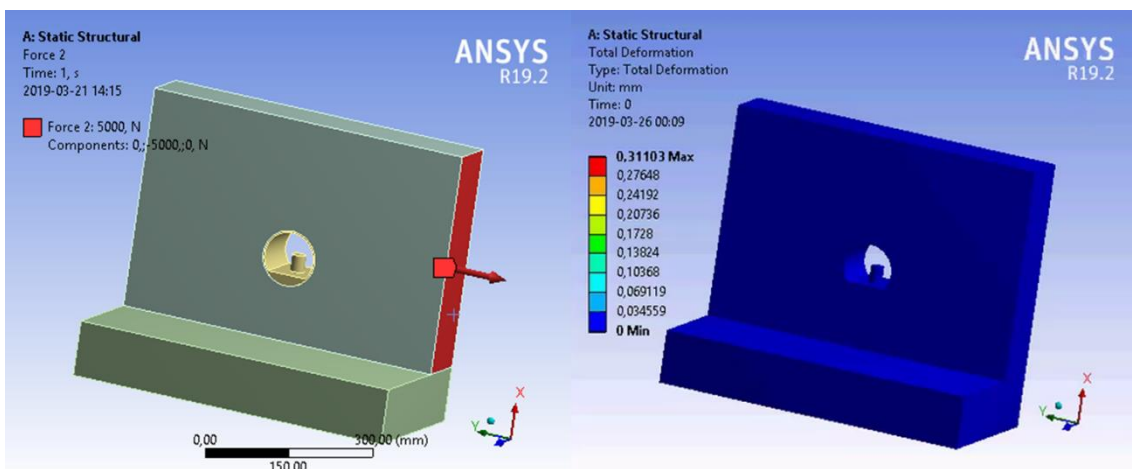
Figur 4 Spänningar i KL-träelementet och i ståldetaljen



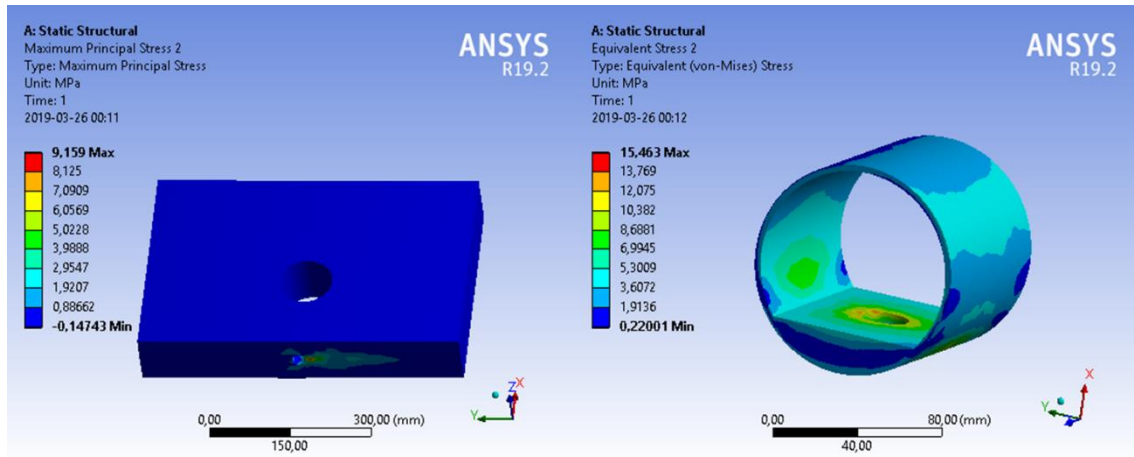
Figur 5 Dragbelastning (10 kN, fördelad) och deformation



Figur 6 Spänningar

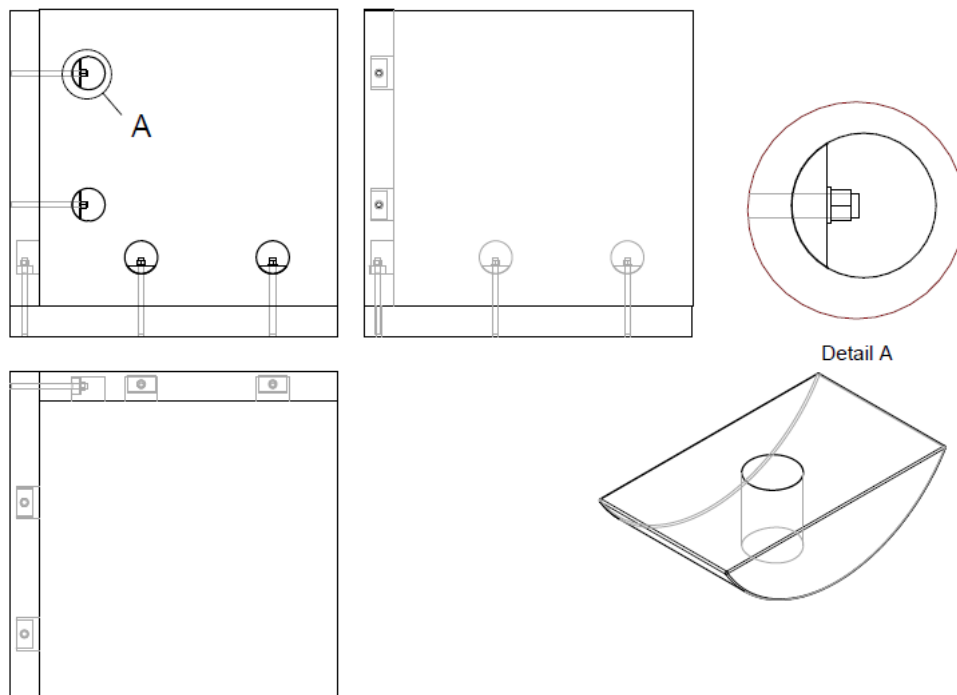


Figur 7 Skjvbelastning (5 kN, fördelad) och deformation



Figur 8 Spänningar

Den senare varianten av detalj B förenklades ytterligare och redovisas i Figur 9 med ett något modifierat vagghörn.



Figur 9 Modifierat vagghörn med tillhörande mellanbjälklag med slutligt valt kopplingsbeslag

Slutligen tillverkades en fysisk prototyp enligt Figur 9, Figur 10. I diskussioner kring prototypen numera kallad piloten bestämdes att kopplingsbeslagen bör kombineras med dymlingar för att säkerställa motståndet gentemot skjuvkrafter. Piloten var dock i sig stabil.



Figur 10 Slutlig pilot tillverkat i KL-trä för vidare utveckling

4 Slutsats

Denna rapport ger förslag på utveckling av monteringsbeslag för montage av KL-trä. Förslaget ska ses som en idé för vidare utveckling. Sammansättning av slutlig pilot fungerade utmärkt. Piloten är stabil och det går att ytterligare förbättra den med tillägget av dymlingar för att öka motståndet mot skjuvkrafter vid uppskalning av konstruktionen. Piloten går enkelt att demontera och återbygga vilket väl stämmer in på ett ansvarsfullt och cirkulärt byggande med miljöaspekterna i fokus.

Gällande hållfasthet och övergripande strukturella prestanda av förslaget, beräkningsmodellen behöver förfinas och valideras genom labbförsök. Med hjälp av den validerade modellen kan parametriska studier genomföras för att undersöka effekten av olika varianter och konfigurationer.

Referens

ANSYS (2019) ANSYS, Inc. Release 19.2, 2019

Ashtari, S. (2012) In-plane Stiffness of Cross-laminated Timber Floors, Master Thesis, The University of British Columbia, Vancouver, Canada.

Boverket (2017)

<https://boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2017/berakning-av-behovet-av-nya-bostader-till-2025.pdf>

hämtat 2018-09-26 kl. 16:39

Boverket (2019a) BFS 2019:2 - BBR 28 Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd, Boverkets författningssamling.

Boverket (2019b) BFS 2019:1 - EKS 11 Boverkets föreskrifter om ändring i Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2011:10) om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder); BFS 2011:10, Boverkets författningssamling.

Gustafsson, A. (2017) KL-trähandbok: Fakta och projektering av KL-träkonstruktioner. Stockholm: Svenskt Trä.

Knapp (2019) <https://www.knapp-verbinder.com/en/>

hämtat 2019-01-28 kl. 09:36

Martinsons (2016) Martinsons handbok i KL-trä. Bygdsiljum: Martinsons.

Mohammad, M. (2011) Connections in CLT Assemblies. UMass Wood Structures Symposium, Amherst, Massachusetts, September 8-9, 2011.

Näslund, I. (2015). Engineers' Views on Serviceability in Timber Buildings (Teknisk rapport / Luleå tekniska universitet). Luleå.

<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-22944>

SFS (2010:900). Plan- och bygglag, Finansdepartementet SPN BB, Svensk författningssamling.

SFS (2011:338). Plan- och byggförordning, Finansdepartementet SPN BB, Svensk författningssamling.

Polastri A., Giongo I., Piazza M. (2017) An Innovative Connection System for Cross-Laminated Timber Structures, November 2017 Structural Engineering International 27(4):502-511, DOI: 10.2749/222137917X14881937844649

Rothoblaas (2017) Handbook for CLT buildings. Cortaccia (BZ), Italien: Rothoblaas.

Schickhofer, G., Moosbrugger, Th., Jöbstl, R.A., Bogensperger, Th., Traetta, G., Jeitler, G. (2007) Timber Massive Construction: View on R&D for an innovative Design Principle using Cross Laminated Timber, Seminar on Innovations in Wood Building Design, Vancouver, February 20th, 2007.

Stora Enso (2015) Stora Enso Wood Products: Building Solutions, version 5.

Thelandersson, S., Honfi, D. (2009) Behaviour and modelling of timber structures with reference to robustness. In J. Köhler, H. Narasimhan and M. H. Faber (eds.) Proceedings of the Joint Workshop of COST Actions TU0601 and E55, 21–22 September 2009, Ljubljana (Brussels: COST Office), pp. 125–138.

Theofils (2019) <http://www.theofils.se/Kopplingsbeslag.aspx>
hämtat 2019-01-24 kl. 13:51

Three Spine (2019) www.threespine.com
hämtat 2019-02-11 kl. 16:55

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,200 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 200 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB

351 96 VÄXJÖ

Telefon: 010-516 50 00

E-post: info@ri.se, Internet: www.ri.se

Byggteknik

RISE Rapport 2019:113

ISBN: 978-91-89049-66-6