

# **INVENTERING OCH RANGORDNING AV RISKOMRÅDEN VID BYGGANDET AV HÖGRE FLERVÅNINGSHUS I TRÄ**



# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

|          |                                                                                                                               |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUKTION.....</b>                                                                                                      | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>INVENTERADE RISKOMRÅDEN.....</b>                                                                                           | <b>7</b>  |
| <b>3</b> | <b>KUNSKAPSLÄGET .....</b>                                                                                                    | <b>13</b> |
| <b>4</b> | <b>DISKUSSION OCH SLUTSATS.....</b>                                                                                           | <b>17</b> |
| <b>5</b> | <b>REFERENSER .....</b>                                                                                                       | <b>19</b> |
|          | <b>APPENDIX A: KORT INTRODUKTION OM OLIKA TRÅSTOMSSYSTEM .....</b>                                                            | <b>21</b> |
|          | <b>APPENDIX B: BESKRIVNING AV RISKOMRÅDEN .....</b>                                                                           | <b>25</b> |
|          | <b>APPENDIX C: INVENTERING AV PROBLEMOMRÅDEN KOPPLAT TILL ETT VERKLIGT PROJEKT.....</b>                                       | <b>35</b> |
|          | <b>APPENDIX D: VILKA RISKE, ANSER ETT ANTAL PERSONER INOM SKANSKA, FINNS AVSEENDE BYGGANDET AV FLERVÅNINGSHUS I TRÄ?.....</b> | <b>43</b> |
|          | <b>APPENDIX E: TRÄINDUSTRINS SYNPUNKTER.....</b>                                                                              | <b>47</b> |



# 1 INTRODUKTION

## 1.1 Bakgrund

Från och med 1994 har det varit tillåtet att bygga högre flervåningshus i trä i Sverige. Flera projekt har uppförts och det har även bedrivits ganska omfattande forskning med fokus på nya träbyggsystem etc. Under de senaste åren har även krafter i samhället, som verkar för att öka byggandet i trä, kunnat noteras i allt högre grad. Arkitektoniska och ekonomiska skäl har varit viktiga argument för dessa krafter. Ett annat argument, vars betydelse har växt fram mer och mer på senare tid, är att träbyggandet verkar ge en minskad koldioxidemission i förhållande till andra byggmaterial. Detta är en viktig faktor då det idag finns internationella åtaganden om att minska koldioxidutsläpp.

Byggande med organiska material innebär dock en större risk än byggande i stål och betong eftersom riskerna för fuktrelaterade skador kan öka. Just fuktproblematiken är en stor enskild faktor till varför trä exempelvis väljs bort till förmån för andra byggmaterial. Genom åren har fuktrelaterade skador, i form av formförändringar och angrepp av mikroorganismer, vållat stora bekymmer och kostnader. Ett naturligt led i detta har varit att andra material, exempelvis stålreglar, har tagit marknad ifrån träprodukter. Ljud, svikt/svängningar och stabilitet är andra faktorer som idag kan hanteras i exempelvis betongbyggandet, men där det fortfarande finns stora osäkerheter kvar inom träbyggandet.

I många områden är trähusbyggande fortfarande i experimentstadiet. Erfarenheter av problem med nya byggmetoder är en anledning varför företag känner osäkerhet kring trähusbyggandet. En viktig förutsättning för ökat träbyggande är därför att riskområden identifieras och klarläggs så att risken för en undermålig slutprodukt, ett flervåningshus i trä, minimeras.

## 1.2 Syfte

Syftet med detta SBUF-projekt är att inventera och rangordna riskområden som är vedertagna vid byggandet av högre flervåningshus i trä. Syftet är också att ge bild över kunskapsläget inom de inventerade områdena. Tanken med projektet är att det ska ligga till grund för en eventuell åtgärdsplan med fokus på att ökat träanvändandet inom Skanska.

## 1.3 Genomförande

Inventeringsarbetet kommer att bygga på litteraturstudier, kontakter med byggföretag och kontakter inom träindustrin. En allmän beskrivning/kunskapssammanställning kommer att ingå i rapporten. Inom varje riskområde kommer dessutom specifika risker och osäkerheter att framhållas, samt det aktuella kunskapsläget.

En fallstudie av ett genomfört trähusprojekt, kv. Argus i Växjö, kommer att göras genom:

- intervjuer med nyckelpersoner som medverkat i projektet, samt
- genomgång av bygghandlingar, besiktningsprotokoll och annan relevant dokumentation.

Tanken är också att personer inom både byggindustrin och träindustrin ska ges möjligheten att komma med synpunkter.

## 1.4 Rapportens upplägg

Rapporten består av ett antal kapitel och appendix.

Kapitel 1 ger en introduktion till projektet.

Kapitel 2 redovisar inventerade riskområden. Kapitlet ger även exempel på specifika risker och osäkerheter som projektörer och byggare kan uppleva.

Kapitel 3 redovisar kunskapsläget inom varje riskområde.

Diskussion och slutsatser tas upp i kapitel 4. En rangordning av de mest akuta riskområdena ingår också i kapitel 4.

I kapitel 5 återfinns referenser.

Appendix A ger en kort introduktion om olika trästomsystem.

Appendix B ger en allmän beskrivning/kunskapssammanställning om de olika riskområdena.

Appendix C är en fallstudie av ett genomfört trähusprojekt.

Kommentarer/synpunkter från Skanska ges i Appendix D.

Kommentarer/synpunkter från träindustrin ges i Appendix E.

## 1.5 Organisation

Projektet har utförts av Skanska Teknik i Växjö

- Johan Sjödin, Tekn. dr. Skanska Teknik, har upprättat rapporten.
- Katarina Ljungquist, Tekn. dr. Skanska Teknik, har fungerat som projektledare.
- Sigurd Karlsson, Egen Konsult, har kommit med synpunkter på rapportens upplägg.

Träindustrins synpunkter i Appendix E har tillhandahållits ifrån:

- Ingemar Ekdahl, TMF, Trä och Möbelindustriförbundet
- Johan Ahlen, Projekt och Utvecklingschef, Moleven Töreboda AB
- Lars Atterfors, VD, Moelven ByggModul AB
- Matilda Höök, Projektledare, Masonite Beams AB
- Arne Emilsson, Limträteknik AB

## 2 INVENTERADE RISKOMRÅDEN

I tabell 2.1-2.5 listas riskområden som är vedertagna och som ofta diskuteras i olika uppföljningar och erfarenhetsbeskrivningar angående trähusprojekt. Tabellerna är kompletterande med tänkbara risker och osäkerheter inom varje område. En beskrivning av de inventerade områdena återfinns i appendix B.

*Tabell 2.1 Inventerade riskområden och exempel med risker och osäkerheter avseende "stomstabilisering" och "bärförmåga och deformationer".*

|   | RISKOMRÅDE                   | RISKER OCH OSÄKERHETER                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Stomstabilisering            | <p>Arkitekten tänker betong när han/hon ritar vilket problematisera stomstabilisering och kan fördyra hela projektet.</p> <p>Komplicerad grundläggning kan behövas för att säkerhetskälla lyftkrafter.</p> <p>Komplicerade detaljer och knutpunkter som i sin tur påverkar ekonomin och akustikfrågor och som dessutom försvårar montageskedet.</p> <p>Val av prefabriceringsgrad kan påverkas av stomstabilisering.</p> <p>Svängningar och knakningar uppkommer i byggnaden vid blåst.</p> <p>Sprickbildning uppkommer i konstruktionen till följd av att byggnaden deformeras vid blåst.</p> <p>Om betongschakt utnyttjas i stabiliserande syften kan skador uppstå pga. sättningsskillnader.</p> <p>Arbetsmiljö påverkas negativt under byggskedet då mycket gips ska monteras med små spik/skruv-avstånd.</p> <p>Öppning i väggar medför en kraftig reduktion av bärförmågan.</p> <p>Boende tar i håll i stabiliserande väggar.</p> |
| 2 | Bärförmåga och deformationer | <p>Sprickbildningar eller i värsta fall brott i träkonstruktioner som belastas vinkelrätt fiberriktningen.</p> <p>Sättningar/sättningsdifferenser i byggnaden till följd av koncentrerade upplagstryck vinkelrätt fiberriktningen i exempelvis syllar och hammarband. Sprickbildningar i innerväggar och fasader kan vara ett resultat av detta. Det finns även fall där sättningsskillnaden blivit så stor att vattenledningar har brustit vilket har inneburit vattenskador.</p> <p>Förbandsfrågor är ett problem. I Sverige finns ingen bra litteratur avseende detta. Utbudet på färdiga förbandslösningar är betydligt större i exempelvis Tyskland</p>                                                                                                                                                                                                                                                                            |

Tabell 2.2 Inventerade riskområden och exempel med risker och osäkerheter avseende "luftljud och stomljud" och "svikt och vibrationer".

|   | RISKOMRÅDE            | RISKER OCH OSÄKERHETER                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Luftljud och stomljud | <p>Problem med ljudisolering, speciellt i de lägre frekvenserna. Detta innefattar bla. stegljud och flanktransmission</p> <p>Komplicerade detaljer och knutpunkter som i sin tur påverkar ekonomin och stabilitetsfrågor och som dessutom försvårar montageskedet.</p> <p>Att detaljutformning som har fungerat bra på ett hus, inte fungerar lika bra i ett annat. Detta indikerar på att en liten skillnad i en konstruktion kan ge stor skillnad i ljudisoleringsförmågan.</p> <p>Få bullerreducerande komponenter på marknaden.</p> <p>Dyra och komplicerade åtgärder kan krävas efteråt.</p> <p>Det finns idag inga enkla beräkningsmodeller avseende ljudisolering. Det finns idag heller inte några knutpunktlösningar som är beprövade på samma sätt som inom betongbyggandet.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 4 | Svikt och vibrationer | <p>Från flera håll påpekas det att punktlastkriteriet inte är tillräckligt för dimensionering av bjälklag med hänsyn till svikt och vibrationer. Bjälklagets egenfrekvens och mobilitet eller accelerans är faktorer som också borde ingå.</p> <p>De dimensioneringskriterier som används idag i Sverige är anpassade först och främst för bostäder. För kontor eller andra typer av lokaler finns inte några gränsvärden att dimensionera mot.</p> <p>Det saknas standardiserade och beprövade bjälklagslösningar.</p> <p>Att klara långa spännvidder är ett problem. Att vi går mot mer öppna planlösningar komplicerar det ytterligare.</p> <p>En ökad tvärstyvhet i bjälklagen för att minska svikt och vibrationer nämns ofta som en lösning. För konstruktörer är det inte självklart hur detta ska lösas praktiskt.</p> <p>Upplaget för bjälklagen är en annan parameter som också ofta nämns. Ett vekt stöd försämrar vibrationsegenskaperna avsevärt för ett bjälklag. För konstruktörer är det inte heller här helt självklart hur ett upplag ska designas på bästa sätt.</p> <p>Dyra och komplicerade åtgärder kan krävas efteråt om svikt eller vibrationer uppträder i bjälklag.</p> |

Tabell 2.3 Inventerade riskområden och exempel med risker och osäkerheter avseende ”brandsäkerhet” och ”fuktrelaterande skador”.

|   | RISKOMRÅDE             | RISKER OCH OSÄKERHETER                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 | Brandsäkerhet          | <p>Otätheter i väggar, bjälklag, tak, vindsutrymmen och knutpunkter som gynnar brandspridning.</p> <p>Arbetsmiljö påverkas negativt under byggskedet då mycket gips ska monteras.</p> <p>Osäkerheter kring:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Träbeklädda fasader och innerväggar.</li> <li>• Att motivera sprinklersystem ur kostnadseffektiv synvinkel.</li> <li>• Hur påverkas en träkonstruktion av att sprinklern löser ut?</li> <li>• Att uppfylla brandkrav på lättbalkar och kunna beräkna detta.</li> <li>• Att brandskyddsmåla samt underhålla brandmålning, särskilt utomhus</li> <li>• Att beakta beslag (stålbeslag) ur brandsynpunkt.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 6 | Fuktrelaterande skador | <p>Hälsoproblem vid angrepp av mögelsvampar.</p> <p>Missfärgningar på virket.</p> <p>Nedbrytning av virket pga. ex. rötsvampar som gör att hållfastheten går förlorad.</p> <p>Svårt att beräkna uppkomsten av mikroorganismer. Många parametrar inverkar.</p> <p>Svårt att avgöra hur lång tid trä kan utsättas för hög fuktbelastning utan att det finns risk för exempelvis svampangrepp.</p> <p>Kan ta lång tid innan angrepp av olika mikroorganismer uppfattas.</p> <p>Vad gör man om angrepp av mikroorganismer förekommer och hur mycket angrepp kan man tillåta?</p> <p>Formförändringar i träprodukter som i sin tur leder till exempelvis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sprickor i väggar, fasader etc.,</li> <li>• dörrar och fönster som ej går att öppna,</li> <li>• bakfall intill golvbrunnar,</li> <li>• skador i anslutningar till andra stomkonstruktioner av tex. betong,</li> <li>• funktionsproblem med hissar,</li> <li>• träbjälklag som kröker sig (Flytspackel kan krävas)</li> <li>• knarrande golv,</li> <li>• plankor som kupar, skevar sig,</li> </ul> <p>Dyra och komplicerade åtgärder kan krävas efteråt om fuktrelaterande skador uppkommer.</p> |

Tabell 2.4 Inventerade riskområden och exempel med risker och osäkerheter avseende ”fuktsäkring under projekteringsskedet”.

|   | RISKOMRÅDE                             | RISKER OCH OSÄKERHETER                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 | Fuktsäkring under projekterings-skedet | <p>En stor osäkerhet: Hur ska BBR (som gäller ifrån 1 juli 2007) tolkas med avseende kritiskt fuktillstånd. Tolkar man den ordagrant så är det närmast förbjudet att uppföra träkonstruktioner.</p> <p>Fuktrelaterande skador uppkommer pga:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Att man ej redovisar viktiga detaljer på ritning.</li> <li>• Felaktig/komplicerade utformning av anslutningar mot grund, tak, fönster, balkonger, terrasser osv, som kan leda till att vatten kommer in i konstruktionen.</li> <li>• Organiskt material mellan två diffusionstäta skikt.<br/>Enstegstätande ytterväggar och även vissa typer av våtrum är exempel på när organiskt material kan hamna mellan diffusionstäta skikt.</li> <li>• Felaktig utformning av väggar, golv och tak intill våtutrymmen. ”Kartonggips” i anslutning till badrum är ett problem som diskuterats det senaste året.</li> <li>• Felaktig placering av isolering och tätskikt som ger kondens.</li> <li>• Inget genomtänkt konstruktivt träskydd.</li> <li>• Ökade isoleringstjocklekar som leder till kalla vindar exempelvis.</li> <li>• Övertryck i konstruktionen som gör att fukt via otätheter trängs ut i konstruktionen.</li> <li>• Felaktig utformning av vind och grund som under olika delar av året kan ge grogrund för mikrobiell påväxt. Hur ska egentligen en kall vind utformas?</li> <li>• Komplicerade detaljlösningar som kan vara svåra att lösa på bygget.</li> <li>• Komplicerade detaljlösningar som är svåra att täcka mot nederbörd under byggtiden.</li> <li>• Att trä används i fel miljöer. Att bygga exempelvis balkonger i trä kan vålla bekymmer då en hög fuktbelastning kan förväntas. Ställer krav på goda detaljlösningar och infästningar samt bra underhåll under bruksskedet.</li> <li>• Felaktig utformning/placering av golvvärme som leder till krökningar i bjälklaget.</li> <li>• Felaktig val av material/bearbetning/målning av fasaden.</li> <li>• Att undvika tvångsspänningar i träet. Träet måste ha möjlighet att röra på sig.</li> </ul> |

Tabell 2.5 Inventerade riskområden och exempel med risker och osäkerheter avseende "fuktsäkring under byggskedet" och "byggbarhet".

|   | RISKOMRÅDE                   | RISKER OCH OSÄKERHETER                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8 | Fuktsäkring under byggskedet | <p>Fuktrelaterande skador kan uppkomma pga:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• felaktig hantering av virket vid byggarbetsplatsen både vid lagring och under byggprocessen,</li> <li>• felaktig täckning av leverantören vid sin lagring samt vid transport,</li> <li>• felaktigt fuktinnehåll i virket redan från sågverket beroende på att man inte har ställt krav på målfuktkvot,</li> <li>• slarv i anslutningar och andra detaljer (exempelvis fönster, balkonger) som gör att vatten leds in i konstruktionen,</li> <li>• slarv i anslutningar och andra detaljer i våtrum.</li> </ul> <p>Det finns stor osäkerhet kring väderskydd avseende ekonomi och hur det påverkar logistiken på byggarbetsplatsen.</p> <p>Det finns stor osäkerhet hur man får tag på virke med låg fuktkvot och hur man säkerhetsställer att det virke man har inhandlat inte skevar sig eller är angripet av mikroorganismer.</p> <p>Det finns stor osäkerhet kring vilka åtgärder som ska vidtas när fuktskador uppstår under byggskedet.</p> <p>Finns indikationer om att arbetsmiljön kan påverkas negativt när exempelvis vissa typer av gips används i våtutrymmen. Byggarbetare har i vissa fall vägrat använda dessa typer av gips.</p> |
| 9 | Byggbarhet                   | <p>Svårt att få ekonomin att gå runt pga:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Komplicerade väderskydd.</li> <li>• Få leverantörer av diverse stommaterial och andra detaljer.</li> <li>• Få leverantörer av "torrt" virke.</li> <li>• Komplicerade detaljutformningar för att tillgodose fukt, brand, stabilitet, ljud etc.</li> <li>• Få standardiserade detaljlösningar.</li> <li>• Oerfarenhet i alla led från beställare, leverantörer till byggare.</li> <li>• Byggarbetsplats som idag är anpassat för andra material måste anpassas till trähusbyggandet.</li> <li>• Mer underhållsarbeten under bruksskedet.</li> </ul> <p>Risker med arbetsmiljön, se punkt 1, 5 och 8 ovan.</p> <p>Jämför man med andra material så är träbyggandet fortfarande i experimentstadiet. Detta ger en stor osäkerhet.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |



### 3 KUNSKAPSLÄGET

I tabell 3.1-3.3 beskrivs kunskapsläget för de inventerade riskområden.

*Tabell 3.1 Kunskapsläget avseende "stomstabilisering" och "bärförmåga och deformationer".*

|   | RISKOMRÅDE                   | KUNSKAPSLÄGET                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Stomstabilisering            | <p>Idag bygger vi flervåningshus i trä där stomstabiliteten klaras, men ofta inte helt utan besvär när högre och mer komplexa byggnader avses. Ofta krävs det speciallösningar för att exempelvis förankra olika konstruktionsdelar. Att det ofta är samma projektörer som är inblandade i de olika projekten leder till att kunskapen om stomstabilisering, avseende mer avancerade byggnader, koncentreras till enstaka projektörer. Ett exempel är massivträkonstruktioner där det idag endast finns ett fåtal projektörer i Sverige som besitter den kunskap som behövs.</p> <p>En bra handbok och standardiserande lösningar avseende stomstabilisering för träkonstruktioner finns inte idag. Det som dock finns koncentreras ofta endast till individuella skivelement. Att tillgodose stomstabilisering är ofta en större fråga än att exempelvis föreskriva en plywoodskiva med ett visst skruvavstånd. Bristen på bra exempel på hur knutpunkter, förbandslösningar etc. ska utformas och beräknas är en bidragande anledning till att det finns en osäkerhet i branschen avseende stomstabilisering.</p> <p>Forskningsprojekt som behandlar stomstabilitet sker idag på olika högskolor och universitet i Sverige. Även SP Träteknik har forskningsprojekt avseende stomstabilisering.</p> |
| 2 | Bärförmåga och deformationer | <p>Inom detta område finns en bred kunskap hos många projektörer och forskare i Sverige. Problem som uppstår beror ofta på att projektörer inte "tänker trä" utan ser materialet trä som vilket material som helst. Här är utbildning viktig.</p> <p>En bra och uppdaterad handbok saknas om man jämför med andra länder. Träguiden är ett bra initiativ, men inte tillräcklig när mer avancerade träkonstruktioner avses.</p> <p>Forskningsprojekt som behandlar bärförmåga och deformationer bedrivs och har bedrivits i ganska stor omfattning i Sverige under åren. Detta gäller dels i rena forskningsprojekt på exempelvis universitet, men också även i form av produktutveckling i olika företag.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

Tabell 3.2 Kunskapsläget avseende ”luftljud och stomljud”, ”svikt och vibrationer”, ”brandsäkerhet” och ”fuktrelaterande skador”.

|   | RISKOMRÅDE             | Kunskapsläget                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Luftljud och stomljud  | Kunskap hos projektörer och forskare i Sverige avseende luftljud och stomljud är bristfällig. Industrins behov är idag inte uppfyllt inom många områden vilket kan läsas i en nyss utgiven rapport i från SP ( <i>Acoustics in wooden buildings – State of the art 2008, Vinnova project 2007-01653, SP Rapport 2008:16</i> ).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 4 | Svikt och vibrationer  | Kunskap hos projektörer och forskare i Sverige avseende svikt och vibrationer är bristfällig. Industrins behov är idag inte uppfyllt inom många områden vilket kan läsas i en nyss utgiven rapport i från SP ( <i>Acoustics in wooden buildings – State of the art 2008, Vinnova project 2007-01653, SP Rapport 2008:16</i> ). I Finland har man förslag på materialoberoende dimensioneringsmetoder och dimensioneringskriterier för bjälklag.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 5 | Brandsäkerhet          | Kunskaperna om byggnadstekniskt brandskydd har utvecklats kraftigt under de senaste decennierna, men de nya rönen är endast delvis kända inom byggbranschen. Detta gäller särskilt träbyggande. SP Träteknik i Stockholm har en grupp som arbetar med flertalet aspekter på brandsäkerhet i träbyggnader och som är aktiva även inom internationell standardisering, t ex Eurokod 5. I övrigt är kunskapen mer generell. SP Brand i Borås förfogar över ett välutrustat brandlaboratorium. LTH har en avdelning för brandteknik inriktad främst mot riskvärdering. De utbildar brandingenjörer på högskolenivå sedan ca 20 år. En ny brandingenjörsutbildning är under uppstart vid LTU i Luleå. Det finns även ett stort antal brandkonsulter som anlitas för brandokumentation av byggobjekt. Flertalet konsulter är inriktade på övergripande brandskydd, t ex utrymningssäkerhet, medan kunskapen om konstruktivt brandskydd är mera begränsad. |
| 6 | Fuktrelaterande skador | Inom detta område finns många personer som besitter stor kunskap och erfarenhet. Det finns även flera forskningsmiljöer samt konsulter som jobbar inom detta område. De största forskningsmiljöer finns på SP, IVL och LTH. Trots detta är fuktrelaterande skador vanligt förekommande och orsakar varje år stora kostnader och olägenheter. Frågan branschen måste ställa sig är hur man ska kunna minska kunskapsglappet mellan forskare och projektörer/byggare.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

Tabell 3.3 Kunskapsläget avseende ” fuktsäkring under projekteringsskedet”, ” fuktsäkring under byggskedet” och ”byggbarhet”.

|   | RISKOMRÅDE                             | Kunskapsläget                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 | Fuktsäkring under projekterings-skedet | <p>Kunskapsläget inom detta område är i stora drag detsamma som för fuktrelaterande skador. Dock har det på senare år dykt upp information avseende problem med oisolerade vindsutrymmen, våtrum och väggkonstruktioner som varken byggbranschen eller forskarmiljöerna har ett entydigt svar till. Tolkning av den nya BBR (som gäller ifrån 1 juli 2007) är en annan parameter som byggbranschen har svårt att ta till sig. Det råder idag en stor förvirring angående detta.</p> <p>Kunskapsläget för oskyddat trä utomhus är dåligt. Nu när impregneringsmöjligheterna minskat ytterligare måste kunskaperna om konstruktivt träskydd öka.</p> <p>Kunskapsläget om effekterna av ökade isoleringstjockleker måste höjas. Är trä ett alternativ för passivhus ur fuktsäkerhetssynpunkt?</p> |
| 8 | Fuktsäkring under byggskedet           | <p>Någon form av väderskydd vid byggnation av träkonstruktioner är troligtvis en förutsättning för fuktsäkert byggande. Kunskapsläget för väderskydd är dock inte helt utbrett i byggbranschen. Många av de väderskydd som finns idag innebär ofta en hel ny byggprocess. Det finns dessutom en stor osäkerhet kring hur ekonomin påverkas av väderskydd.</p> <p>Kunskapen om fördelarna med att bygga in torrt virke är bristfällig. Kunskapen om hur man får tag på torrt virke är inte heller utbrett. Limträindustrin etc. ligger här före.</p> <p>I övrigt så är kunskapsläget inom detta område i stora drag detsamma som för fuktrelaterande skador.</p>                                                                                                                                |
| 9 | Byggbarhet                             | <p>Kunskapsläget varierar stort inom detta område. Det finns företag som under en längre tid varit specialiserade mot trä och som i vissa fall har egen elementtillverkning. Dessa företag har därför stor inarbetad erfarenheten och kunskap om träbyggnation. För andra företag som bygger enstaka flervåningshus i trä samt nya företag/leverantörer som har börjat inrikta sig mot träbyggandet är kunskapsläget inte alls på samma nivå.</p> <p>Det finns produktionschefer som under en lång karriär aldrig varit inblandade i trähusbyggandet. Osäkerheten/erfarenheter kring obeprövade byggmetoder gör att det inte är helt problemfritt för dem att börja bygga i trä.</p>                                                                                                           |



## 4 DISKUSSION OCH SLUTSATS

Det finns problemområden inom alla typer av byggmaterial. Prefab-konstruktioner av betong har exempelvis haft stora ljudproblem som har varit svåra att lösa. Skillnaden mellan exempelvis betongbyggandet och träbyggandet är dock att man har lärt sig att hantera de risker som finns med betong, medan det fortfarande finns stor osäkerhet kring många delar inom träbyggandet. Bakgrunden till detta är som, Ingmar Ekdahl, TMF också nämner i Appendix E, att träbyggandet har varit hårt eftersatt i många år då det har varit förbjudet att bygga högre hus med trästomme. Träindustrin har här ett stort glapp att fylla.

Träindustrins synpunkter visar dock att det finns lösningar inom många av de riskområden som inventerats i denna rapport. Ingmar Ekdahl, TMF, påpekar exempelvis att brandproblematiken måste betraktas som löst. Tittar man vidare på träindustrins synpunkter i Appendix E så kan man notera att omfattande utvecklingsprojekt bedrivs och har bedrivits i många av de inventerade områdena. De byggsystem som presenteras i Appendix E visar också att det idag finns färdiga lösningar som beaktar många av de risker och osäkerheter som har tagits upp i denna rapport.

Sammanfattar man träindustrins synpunkter (Appendix E) med övriga kapitel och appendix i denna rapport så finns det dock fyra akuta riskområden som inte kan vara betraktande som lösta idag. Dessa är (se också Tabell 4.1):

1. Fuktsäkring under projekteringsskedet
2. Akustik i träbyggnader innefattande både riskområdena ”luftljud och stomljud” samt ”svikt och vibrationer”
3. Fuktsäkring under byggskedet
4. Hjälpmedel för både projektörer, byggare och förvaltare

En viktig förutsättning för ökat träbyggande är att dessa fyra riskområden klarläggs så att risken för en undermålig slutprodukt, ett flervåningshus i trä, minimeras.

Tabell 4.1 Rangordning av de mest akuta riskområdena.

|   | RISKOMRÅDE                             | KOMMENTARER                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Fuktsäkring under projekterings-skedet | <p>Kravtexten i BBR kap 6.5 (som gäller ifrån 1 juli 2007) är skriven så att den kan tolkas som att trämaterial i exempelvis våra tak- och väggkonstruktioner, med undantag av det yttersta regnskyddande skiktet, inte får överstiga 75 % RF - eftersom detta är den allmänt sett kända kritiska fuktnivå då trämaterial kan få påväxt av mikroorganismer. I praktiken är det svårt att med denna tolkning kunna fortsätta bygga exempelvis kalla vindar med råspont eller annat träbaserat material, ventilerade parallelltak med trämaterial som ligger i anslutning till den ventilerade spalten, eller väggar med träreglar i direkt anslutning till vindskyddet vid luftspalten. Nya klimatdata antyder att vi med det förändrade, fuktiga uteklimat som råder inte klarar dessa traditionella lösningar, särskilt inte när graden av värmeisolering ökar.</p> <p>Det behövs till en början ett klargörande av kravtexten som finns i BBR kap 6.5. Tolkar man texten ordagrant så är det närmast förbjudet att bygga träkonstruktioner.</p> |
| 2 | Akustik i träbyggnader                 | <p>Innefattar riskområdena "luftljud och stomljud" samt "svikt och vibrationer"</p> <p>Industrins behov är idag inte uppfyllt inom många områden vilket kan läsas i en nyss utgiven rapport i från SP (<i>Acoustics in wooden buildings – State of the art 2008, Vinnova project 2007-01653, SP Rapport 2008:16</i>).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 3 | Fuktsäkring under byggskedet           | <p>Bygga flervåningshus i trä utan väderskydd är inte acceptabelt. Får man en acceptans från byggbranschen för det så bör inte risken för fuktrelaterade skador vara så stort. Det krävs dock mer information om väderskydd och alternativ till väderskydd. Det råder också en stor ekonomisk osäkerhet kring användandet av väderskydd.</p> <p>Väderskydd hjälper dock inte enbart eftersom det finns en osäkerhet hur man får tag på virke med låg fuktkvot och hur man säkerhetsställer att det virke man har inhandlat inte skevar sig eller är angripet av mikroorganismer.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 4 | Hjälpmedel                             | <p>Det finns ett stort behov av bra handböcker, beräkningshjälpmedel och standardiserande lösningar avseende de riskområden som tagits upp i denna rapport.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

## 5 REFERENSER

### Litteratur:

*Högre hus med trästomme*, utgåva 1, upplaga 2, ISBN 91-974489-1-5, 2002.

*Gyproc Handbok*, utgåva 6, upplaga 1, ISBN 91-631-3294-X, 2003.

*Dimensionering av träkonstruktioner*, Olle Carling et al, AB Svensk Byggtjänst, 1992.

*WIS Wood Interface System - Ett öppet träbyggnadssystem*, Tomas Alsmarker, 2000.

*Brandsäkra trähus*, version 2, Trätekt publikation 0210034, 2002.

*Fukt i trä för byggindustrin – Fuktegenskaper, krav, hantering och mätning*, Publ nr SP INFO 2005:24, ISBN 978-91-976310-0-6, SP Trätekt, 2005.

*Fukthandboken – Praktik och teori*, Lars Erik Nevander, Bengt Elmarsson, AB Svensk Byggtjänst, 2001.

*Rätt kvalitet och dimension hos byggnadsvirke*, Lars, B Bergman, Benny Fransson, Tomas Thörnqvist, Växjö Universitet, Nr 5, 1997.

*Timber Engineering*, Redigerad av Sven Thelandersson och Hans J. Larsen, ISBN 0-470-84469-8, 2003

*Timber Engineering STEP 1*, Redigerad av Hans J. Blass et al, ISBN 90-5645-001-8, 1995.

*Acoustics in wooden buildings – State of the art 2008*, Vinnova project 2007-01653, SP Rapport 2008:16.

*Wälludden trähus i fem våningar – Erfarenheter och lärdomar*, Stefan Persson, Rapport TVBK-3032 ISSN 0343-4969, 1998.

*Flervåningshus med trästomme - Uppföljning av kv. Limnologen och kv. Rya, Rydebäck*, Anders Rosenkilde, Mats Axelson, Kirsi Jarnerö, SP Rapport 2008:18.

*Akustik i träbyggnader*, Särtryck ur tidskriften Bygg & teknik nr 4/08.

### Hemsidor som har använts:

[www.solidwood.nu](http://www.solidwood.nu). (*Massivträ handboken*, 2006)

[www.traguiden.se](http://www.traguiden.se).

[www.skogsindustrierna.org](http://www.skogsindustrierna.org).

[www.moelventoreboda.se](http://www.moelventoreboda.se).

[www.trabyggnadskansliet.se](http://www.trabyggnadskansliet.se).

[www.cbbt.se](http://www.cbbt.se).

**Kommentarer och synpunkter avseende kunskapsläget (Kap 3) samt beskrivningen av de olika riskområdena (Appendix B) har erhållits ifrån:**

- Birgit Östman, SP Trätek (Brand).
- Johan Vessby, Växjö Universitet / Tyréns (Stabilisering).
- Bo Källsner, SP Trätek / Växjö Universitet (Stabilisering).
- Lars-Göran Sjöqvist, SP Trätek / Chalmers (Akustik).
- Kirsi Jarnerö, SP Trätek / Växjö Universitet (Vibrationer).
- Aime Must, AIMEX AB (Beständighet).
- Tomas Törnqvist, Växjö Universitet (Beständighet).
- Skanskas byggfysikgrupp i Malmö.

## APPENDIX A: KORT INTRODUKTION OM OLIKA TRÄSTOMSSYSTEM

De två trästomsystem som använts mest i flerbostadshus är lättbyggnadsteknik och massivträeteknik. Lättbyggnadsteknik kan användas för platsbyggeri, öppna eller slutna planelement och för volymelementhus. I massivträetekniken kombinerar man massivträstommens fördelar som hög bärförmåga och styvhet med relativt låg vikt och stor anpassningsbarhet. Konstruktionerna är i allmänhet också robusta, vilket är en fördel vid såväl transporter som montage. Pelar-balkstomme i trä för flerbostadshus är relativt ovanligt men konkurrenskraftigt i till exempel kommersiella byggnader och undervisningslokaler.

Volymelement uppbyggda med lättbyggnadsteknik är i dag det dominerande sättet att bygga flerbostadshus med trästomme. Tekniken lämpar sig mycket väl för små lägenheter som studentlägenheter där en hel lägenhet ofta kan inrymmas i ett volymelement, men kan även användas för större lägenheter.

Nedan följer exempel på flervåningshus i trä med olika stomalternativ.

### 1) Regelstomme: Trähus 2001 i Malmö ([www.traguiden.se](http://www.traguiden.se))



*Figur A.1 Trähus 2001 i Malmö*  
*Foto: Sture Samuelsson.*

*Beskrivning:* Flerbostadshus uppfört 2000-2001 i Västra Hamnen, Malmö, inför bomässan Bo01.

*Byggteknik:* Bärande träregelstomme med bjälklag av typen Södra Semi. Bjälklagen utfördes inhängda innanför våningshöga väggelement. Takstolar av limträ. Garage och källare under kvarteret med stomme av platsgjuten betong. Väggelementen prefabricerades med regler och utvändig gips och utan öppningar för fönstren (med hänsyn till väderutsatt byggplats). Bjälklagselementen levererades prefabricerade med golvspånskiva, bjälkar och isolering.

*Arkitekt:* Tue Traerup Madsen, Kim Dalgaard;  
*Byggherre och entreprenör:* Skanska Nya Hem.

2) Volymelement i massivträ: Vetenskapsstaden i Stockholm: ([www.traguiden.se](http://www.traguiden.se))



*Figur A.2 Vetenskapsstaden i Stockholm. Foto: Peter Rosen, PixMix.*

**Beskrivning:** Gästforskarbostäder uppförda 2000-2001 vid Roslagstull i Stockholm. Byggnaden har tre våningar med loft- och suterrängplan

**Byggteknik:** Samtliga bärande bjälklag och väggar är prefabricerade planelement i massivträ. Golvbjälklagen är tillverkade av hopspikade plank på högkant. Väggelementen är gjorda i tre skikt: två stående limfogsskivor med liggande, limmade reglar emellan. Vagg- och bjälklagselementen fogades ihop och kompletterades till färdiga volymelement i fabrik för att få ett snabbt och torrt bygge.

Arkitekt: Rolf Bergsten, SWECO/FFNS Stockholm;  
Byggherre och entreprenör: Stiftelsen Vetenskapsstaden/SKANSKA; Leverantör av träelement: Ekologibyggarne AB (bjälklagselement) och Hedlunds Trä (väggelement); Leverantör av volymmoduler: Pluss Hus AB och Ekologibyggarne AB.

3) Byggmoduler med regelstomme: Flerbostadshus Lambohov Linköping ([www.moelventoreboda.se](http://www.moelventoreboda.se))



*Figur A.3 Flerbostadshus Lambohov Linköping*

**Beskrivning:** Bostadshus i 4:a våningar med 108 st små lägenheter.

**Byggteknik:** Byggmoduler med regelstomme levererade av Moeleven Byggmodul.

Byggherre: AB Stångåstaden; Beställare: Byggutveckling AB; Arkitekt: Roland Frost Arkitektbyrå.

#### 4) Massivträstomme: Inre hamnen, Sundsvall



*Beskrivning:* Projektet Inre hamnen, Sundsvall, innefattar 5 sexvåningshus i trä. Byggstarten skedde i maj år 2004. De första hyresgästerna flyttade in i mars 2005.

*Byggteknik:* Martinsons massivträelement användes till stommen.

Beställare: Mitthem AB; Totalentreprenör: NCC Construction Sverige AB.

*Figur A.4 Inre hamnen, Sundsvall*

#### 5) Pelar/balksystem: Trähuset, Växjö Universitet



*Beskrivning:* Offentlig byggnad med 3 våningar i kontorsdelen. Byggnaden uppfördes 2002 och innehåller undervisningslokaler, tjänsterum, laboratorielokaler samt plats för externa företag med anknytning till institutionens verksamhet.

*Byggteknik:* Kontorsdelen består av ett pelar/balksystem av limträ med bjälklag av typen Södra Semi. Stabilitet löses med skivverkan i bjälklagen samt stabiliserande hisschakt.

Byggherre: Videum Fastighets AB, Växjö Universitet; Entreprenör: NCC.

*Figur A.5 Trähuset, Växjö Universitet*



## APPENDIX B: BESKRIVNING AV RISKOMRÅDEN

### B.1 Beskrivning av stomstabilisering

Stomstabilisering för flervåningshus i trä behandlas inte separat i Boverkets konstruktionsregler (BKR) utan de stabiliserande byggnadsdelarna ska dimensioneras efter vanliga konstruktionsregler. Generellt så bör flervåningsbyggnader av typen bostadshus, varuhus, sjukhus och skolor hänföras till säkerhetsklass 3 i BKR vilket därför också gäller för flervåningshus i trä. För enbostadshus och andra mindre byggnader i ett eller två våningsplan kan säkerhetsklass 2 räcka.

Med stomstabilitet avses stommens förmåga att motstå horisontella laster orsakade av främst vindlaster, som via väggar och tak förs in i bjälklagen, samt snedställningskrafter. Vanligtvis kontrolleras endast två lastriktningar, dvs vinkelrätt och parallellt med byggnadens långsidor.

Stabiliteten hos ett trähus kan säkerhetsställas med ramverkan, sneda avstävningar (exempelvis vindkryss) eller skivverkan. Stabilisering med hjälp av ramverkan kan medföra stora deformationer och används ofta till hallbyggnader och inte till flervåningshus. Sneda avstävningar och skivverkan är däremot styva och är därför lämpade för flervåningshus i trä.

För flervåningshus i trä, sker ofta stabiliseringen genom att man utnyttjar väggar och bjälklag som kraftupptagande styva skivor (skivverkan). Från taket respektive ytterväggarna leds den horisontella kraften in till takbjälklaget respektive övriga mellanbjälklag vilka leder kraften vidare till de stabiliserande väggarna. Användandet av stabiliserande kärnor (hisschakt) av exempelvis betong i kombination med skivverkan i bjälklagen fungerar på liknade sätt.

Skivverkan i väggar eller bjälklag för regelstommar uppnås genom att skivmaterial spikas eller skruvas på regler eller bjälkar. Beroende på krafternas storlek kan man använda gipsskivor, spånskivor, träfiberskivor, OSB-skivor eller plywood. Taket kan fungera som en styv skiva, särskilt om det är ett platt tak. Sadeltak kan också användas som en styv skiva om takstolarna stabiliseras ordentligt med skivmaterial där råsponten kan räknas med. Vid stora horisontallaster stabiliseras takstolarna ofta med vindkryss av stålband som fästs till överramen.

För massivträstommar uppnås skivverkan på liknade sätt som för regelstommar, men istället för att t ex använda gipsskivor så utnyttjas massivträelementen som skivor. Fogningen mellan elementen är väldigt viktig för att skivverkan ska kunna uppnås.

Vid större hål i bjälklagsskivorna måste aktuella skjuvkrafter kontrolleras närmare i anslutning till hålen. Eventuellt måste förstärkningsåtgärder vidtas. Vid hål i väggskivorna, t ex för dörrar och fönster, brukar man betrakta väggfälten mellan hålen som separata skivor.

Ändarna på de stabiliserande väggsegmenten blir normalt utsatta för både drag- och tryckkrafter beroende på vilket håll vindbelastningen angriper. Stora tryckkrafter kan leda till

fler eller kraftigare regler vid ändarna för regelstommar. Dessutom kan stora tryckkrafter leda till problem med stämpeltryck i syllar som måste beaktas. Eftersom flervåningshus i trä är en relativt lätt stomme så kan dragkrafterna i ändarna för de stabiliserande väggarna bli stora. Infästningar av ändarna till grunden eller till underliggande vägg måste därför utföras vilket sker med hjälp av beslag som för krafterna vidare våning för våning. Ofta används förspända dragstag som löper längs alla våningar och som förankras till grundkonstruktionen.

## **B.2      Beskrivning av bärförmåga och statiska deformationer**

Dimensionering av bärförmåga och beaktande av statiska deformationer för byggnader regleras i Boverkets konstruktionsregler samt Boverkets byggregler. Flervåningshus i trä är inget undantag utan följer givetvis också dessa regler. För bärförmågan är det egentligen inga konstigheter utan dimensioneringen följer samma mönster som för andra stommaterial. Vissa "detaljer" bör man dock tänka igenom lite extra. Virkesdelar som utsätts för tryck- eller dragkrafter vinkelrätt fiberriktningen (gäller även i viss mån skjuvkrafter) bör exempelvis alltid kontrolleras noggrant. Detsamma gäller vid dimensionering av olika förband och knutpunkter.

Att beräkna deformationer i trä bygger på den linjära elasticitetsteorin. Lasttyp och fuktbetingande egenskaper hos träet påverkar den totala deformationen. Vid deformationsberäkningar beaktas dessa egenskaper genom att reducera elasticitetsmodulen där storleken på reduktionen beror av det förväntade klimatet kring konstruktionen samt lasttypen. Ofta kan det vara flera lasttyper som påverkar en konstruktion, varför den totala deformationen beräknas som summan av effekter från varje lastdel. Den totala deformationen beaktas därefter med hänsyn till tillfälliga olägenheter för en byggnad.

## B.3 Beskrivning av luftljud och stomljud

Fyra kvalitetsklasser, A till D kan väljas för ljudstandard i byggnader. Rådet för bostäder är, enligt Boverkets byggregler (BBR), att ljudklass C skall uppfyllas enligt standard SS 02 52 67. Ljudklass A och B välj om goda ljudförhållanden eftersträvas medan ljudklass D är avsedd för ombyggnad där bevarandenaspekterna väger tyngre än störningsfriheten för de boende.

Standard SS 02 52 67 redovisar värden som skall uppfyllas vid kontrollmätning. Värdena avser följande faktorer:

- luftljudsisolering till en lägenhet från omkringliggande utrymmen i byggnaden,
- luftljudsisoleringen inom en lägenhet (för vissa fall),
- stegljudsnivå i en lägenhet från omkringliggande utrymmen i byggnaden,
- ljudnivå ifrån installationer,
- ljudnivå och planeringsregler med avseende på trafikbuller,
- efterklangstid.

Med luftljud menas ljudvågor som fortplantar sig i luften, tex. från en person som pratar. Luftljudsisolering är minskningen av luftljud från ett rum till ett annat. Stomljud, där stegljud är den vanligaste störningsformen, avser ljudvågor som i form av vibrationer fortplantar sig i en byggnadsstomme. Stomljudsisolering, eller stegljudsisolering som nämns ovan, är i likhet med luftljudsisolering minskningen av stomljud från ett rum till ett annat.

Den totala ljudisoleringen påverkas inte bara av de enskilda väggarnas och bjälklagens ljudisoleringsförmåga. Även anslutningar mellan väggar och bjälklag har betydelse för hur ljudet i ett hus fortplantar sig och påverkar den totala ljudisoleringen. Man brukar dela in vägarna som ljudet tar i två kategorier: direkt och flankerande ljud. Direkt ljud avse ljud som exempelvis fortplantar sig genom väggar eller bjälklag. Flankerande ljud avses ljud som exempelvis via anslutningar fortplantar sig i stommen.

För att uppnå god ljudisolering för flervåningshus i trä finns det flera saker som måste göras. Lägenhetsskiljande väggar byggs ofta som en dubbelvägg med en luftspalt mitt i. Bjälklag utförs ofta med ett undertak som är fäst i bjälkarna med fjädrande skenor för att öka ljudisoleringen. Vid knutpunkter är huvudsyftet att undvika flankerande ljud. För massivträkonstruktioner läggs ibland elastiska mellanlägg mellan våningarna för att undvika flanktransmission.

## B.4 Beskrivning av svikt och vibrationer

Med svikt och vibrationer avses de dynamiska deformationerna som uppstår när exempelvis en person går på ett bjälklag. Enligt Boverkets Byggregler (BKR) skall byggnadsdelar utformas så att uppkomna vibrationer inte upplevs som besvärande. För trä och speciellt träbjälklag är detta något som måste beaktas. I BKR hänvisar man till punktlastkriteriet för att uppskatta bjälklagets vibrationsegenskaper. Kriteriet går ut på att man beräknar nedböjningen hos varje enskild golvbalk för en punktlast på 1 kN. För att golvbalken ska vara godkänd så begränsas den totala nedböjningen till 1.5 mm. I boverkets handbok *Svängningar, deformationspåverkan och olyckslast* redovisas mer avancerande beräkningsmodeller för att bestämma vibrationsegenskaperna för bjälklag i bostäder. De kriterier som anges där kan användas för att verifiera att mättningsresultat för byggda bjälklag ligger inom godkänt område för störande vibrationer. Metoderna är dock anpassade för bostadsbjälklag. En ökad tvärstyvhet, massa eller en ökad dämpning i bjälklaget är åtgärder som kan minska svängningar i bjälklaget.

## B.5 Beskrivning av brandsäkerhet

Enligt tidigare nordiska byggregler fick bärande trästomme bara användas i bostadshus med högst två våningar. Införandet av funktionsbaserade brandkrav i mitten av 1990-talet gav möjligheten att bygga flervåningshus med trästomme.

Vid projektering av en byggnad bör en brandteknisk projektering starta tidigt eftersom utrymningsvägar kan påverka planlösningar etc. Projekteringen skall utföras av en person med erforderlig brandteknisk kompetens och redovisas i en brandskyddsdokumentation som beskriver byggnadens avsedda användning, avsedda brukare, potential för brandutveckling, passivt brandskydd (konstruktioner), aktivt brandskydd (larm, sprinkler), släckutrustning, utrymningsstrategi samt räddningstjänstens resurser och tillgänglighet till byggnaden.

De övergripande kraven för brandsäkerhet ges i första hand i byggregler och omfattar bibehållen bärförmåga och stabilitet vid fullständigt brandförlopp eller under viss tid för att möjliggöra säker utrymning och räddningstjänstens säkerhet:

- skydd mot brandspridning i byggnaden;
- skydd mot brandspridning till andra byggnader;
- underlättande av effektiva släckinsatser samt
- underlättande av säker och effektiv utrymning.

Ovanstående gäller för alla typer av byggnader oberoende av vilket material som används. För träbyggande är två problemställningar särskilt viktiga:

1. bärförmåga och stomstabilitet vid brand, samt

2. skydd mot brandspridning, vilket inkluderar användning av trä som invändigt ytmaterial och i fasader.

För punkt 1 är det främsta målet att personer och räddningspersonal inte ska utsättas för risken att en byggnad kollapsar. För detta finns olika strategier, tex att byggnaden aldrig får kollapsa, medan en annan strategi kan vara att man tillåter kollaps, men efter en viss tid. För oskyddat trä innebär detta ofta att större dimensioner måste väljas för exempelvis balkar eller pelare.

För punkt 2 är det främsta målet att branden inte ska spridas inom byggnaden eller till andra byggnader. Detta påverkar bland annat ytmaterial på väggar och tak, fasadmateriäl, fönster, begränsning av hålrum inuti konstruktionen, utformning av installationer och genomföringar, utformning av takkonstruktioner samt krav på avstånd mellan byggnader.

Byggnader indelas enligt Boverkets byggregler BBR i de brandtekniska klasserna Br1, Br2 eller Br3, som specificerar vilka krav som ställs på brandsäkerheten. Br1 är det skarpaste brandkravet och gäller för bland annat byggnader med fler än två våningar. Byggnadsdelar indelas efter tre grundläggande funktioner som ska uppfyllas med avseende på brandmotstånd. Dessa funktioner är bärförmåga (R), integritet/täthet (E) samt isolering (I) vilket kombineras på olika sätt. De åtföljs av ett tidskrav under vilken funktionen ska vara uppfylld. Exempel på klassbeteckningar är REI 30 vilket betyder att den specifika byggnadsdelen ska uppfylla alla tre funktioner enligt ovan i minst 30 minuter. Därutöver används även klassbeteckningar för material, beklädnad och ytskikt. För en detaljerad beskrivning av dessa hänvisas till Boverkets byggregler.

## B.6 Fuktrelaterande skador

### Beskrivning av fuktrelaterande skador

Är trä tillräckligt fuktigt kan biologiska angreppsskador uppstå. Främst är det olika typer av svampar som angriper, men även bakterier, insekter och alger kan skada träet. De svampar som angriper trä är mögel-, blånads- samt rötsvampar. Nedan följer en kort beskrivning av dessa:

- *Mögelsvampar*: Om den relativa luftfuktigheten ligger vid eller strax över 75 % under långa tider, eller om fritt vatten kortvarigt förekommer på träets yta, så finns det risk för angrepp av mögelsvampar. Mögelsvampar som redan etablerat sig, exempelvis vid dålig lagring på brädgård eller byggarbetsplatsen, kan efter en torkperiod åter börja växa till om den relativa fuktigheten är > 75%. De flesta mögelsvampar växer endast på träets yta och skadar inte vedcellerna, men det finns även mögelsvampar som kan tränga ner i träets hålrum och kanaler. Mögelsvampar växer ytligt på de flesta material och kan ha olika färger (svart, brun, oliv, grönt mm). Träfasader och målade ytor angrips lätt av mögelsvampar som normalt finns i vår miljö och det beror på att miljön (fuktigheten) är tillräcklig för att de skall kunna växa. Ett relativt vanligt ställe där det växer mögel är under ett oisolerat tak i en carport. Detta beror på att taket kyls genom

utstrålning mot rymden vilket medför att den varma luften under taket kyls och därmed får en ökad relativ fuktighet. Även kondens kan uppstå. Att inte alla carportar angrips beror på att många faktorer inverkar, exempelvis näringstillgång i träet samt hur träet har lagrats innan. Ur hållfasthetssynpunkt är de flesta ytliga mögelsvampar inget problem, dvs. hållfastheten för en angripen plankta försämrar inte. Mögelsvampar är däremot ett stort problem i huskonstruktioner där de kan växa och avge toxiska (giftiga) ämnen till inomhusmiljön där s.k. ”fuktiga hus” orsakar hälsoproblem. Flertalet studier har visat att hus med elakartad lukt korrelerar med ohälsa.

- *Actinomyceter*: En äldre benämning är ”strålsvampar”. Dessa mikroorganismer tillhör egentligen bakterier men de är frekvent förekommande på trä och orsakar oftast en mycket stark ”mögellukt”. De går inte att upptäcka utan mikroskopering.
- *Blånadssvampar*: (*Dematiaceous hyphomycetes*/ mörkpigmenterade mögelsvampar) För att blånadssvampar skall angripa trä måste fuktkvoten vara över 30 % men får inte överstiga 120 %. Dessutom måste temperaturen ligga inom intervallet -5 till 40°C. Blånadssvampens hyfer borrar sig igenom träet och missfärgar det. Vissa sk. ”softrotsvampar” eller mögelrötsvampar bryter ner vedens cellulosa och hemicellulosa och leder till mycket snabb nedsättning av vedens hållfasthet. Soft rot i tidiga skeden kan inte upptäckas med blotta ögat utan endast vid mikroskopering av träet. Förutom att färgförändringen av virket så ökas också permeabiliteten i träet vilket kan leda till en ökad angreppsrisk av andra organismer, exempelvis rötsvampar. Mögel eller blånadsangripet trä skall inte användas som konstruktionsvirke.
- *Rötsvampar*: Basidsvampar (vednedbrytande svampar) delas in i brunrötesvampar, vitrötesvampar och soft rot. För att rötsvampar skall angripa trä krävs fuktkvoter mellan omkring 30 % och 120 %. Dessutom måste temperaturen ligga inom intervallet 0 till 40°C. Brunrötsvampar bryter ner cellulosa och hemicellulosa och lämnar kvar ligninet, veden spricker upp i tärningsformade stycken och hållfastheten går förlorad. Vitrötesvamparna bryter ner alla vedens beståndsdelar (cellulosa, hemicellulosa och lignin) och veden blir spröd utan hållfasthet.

Bakterier kräver mycket höga fuktkvoter för att kunna etablera sig i trä. Bevattnat timmer vid sågverk eller pålar till bryggor kan angripas av bakterier. För trä placerat i fuktiga, mörka och oventilerade miljöer i bostäder finns risk för problem med *Actinomyceter* (jordbakterier) vilket ger sig tillkänna av en unken jordliknande lukt. Precis som för blånadssvampar så ökas träets permeabilitet av jordbakterier vilket kan leda till en ökad angreppsrisk av andra organismer.

Vid ändringar av fuktkvoten i träet under fibermättnadspunkten så krymper alternativt sväller trä, dvs formförändras. Beroende på att trä är ett anisotropt material så sker formförändringen olika mycket i de olika huvudriktningarna, dvs. längs fibrerna, radiellt fiberriktningen samt tangentiellt fibrerna. Formförändringar kan utmynna i skador i träkonstruktioner och andra olägenheter. Exempel på vad formförändringar kan leda till är:

- sprickor i väggar,
- sprickor i element,
- dörrar och fönster som ej går att öppna,
- bakfall intill golvbrunnar,
- skador i anslutningar till andra stomkonstruktioner av tex betong,
- skador i ytskikt som ej rör sig med träet där kakel i badrum måste nämnas,
- funktionsproblem med hissar,
- träbjälklag som kröker sig,
- knarrande golv,
- plankor som kupar, skevar sig,

Att helt undvika formförändringar i träkonstruktioner är i princip omöjligt då den relativa fuktigheten i en bostad varierar. Det man kan göra är att minimera formförändringar och dess effekter. För att minimera formförändringar så måste tex en träregel torka ut ordentligt innan man bygger in den i konstruktionen. Dessutom ska träreglar som på grund av sin struktur har tendens att skeva sig undvikas. Lika viktigt är det att man skyddar konstruktionen mot väder och vind under byggtiden så inte träet uppfuktas. Vet man att ett element kommer att utsättas för fuktvariationer så är det viktigt att man med hjälp av konstruktiva lösningar tillåter förväntade formförändringar.

## B.7 Fuktsäkring

Ansaret för en fuktsäker byggnad, dvs att fuktrelaterande skador i form av speciellt angrepp av mikroorganismer inte uppstår, regleras av PBL och i förlängningen BBR. Nedan följer en kort sammanfattning av dessa:

- Enligt PBL: Ansaret att uppfylla samhällets krav på fuktsäkert byggande ligger oavsett entreprenadform på byggherren.
- Enligt den nya BBR (som gäller ifrån 1 juli 2007): Byggnader skall utformas så att fukt inte orsakar skador, elak lukt eller hygieniska olägenheter och mikrobiell tillväxt som kan påverka människors hälsa. Råd som BBR ger för att man ska undvika problem är att fuktsäkerhetsprojektera, skydda mot fukt och smuts under byggtid samt kontrollera fuktskador under byggtid genom besiktningar, mätningar eller analyser. BBR säger dessutom att vid bestämning av högsta fuktillstånd skall kritiska fuktillstånd användas (Olika vid olika material). Om det kritiska fuktillståndet inte är undersökt och dokumenterat skall en relativ fuktighet på 75 % användas.

Intressant är att för trä och träbaserade material så ligger det kritiska fuktillståndet på cirka 75-80%. För trä motsvarar detta av en jämviktsfuktkvot på cirka 15 %. Utan att gå in för djupt

i detta så kan man säga att lösvirke som inhandlas till byggen idag ofta redan vid leverans har en högre fuktkvot än vad BBR godkänner.

## Beskrivning av fuktsäkring under projekteringsskedet

Fuktrelaterade skadorna i form av angrepp av mikroorganismer kan vara ett resultat av dålig fuktsäkring under projekteringsskedet. Detta kan bero på:

- Att man ej redovisar viktiga detaljer på ritning.
- Felaktig/komplicerad utformning av anslutningar mot grund, tak, fönster, balkonger, terrasser osv, som kan leda till att vatten kommer in i konstruktionen.
- Organiskt material mellan två diffusionstäta skikt. Enstegstätande ytterväggar och även vissa typer av våtrum är exempel på när organiskt material kan hamna mellan diffusionstäta skikt .
- Felaktig utformning av väggar, golv och tak intill våtutrymmen. ”Kartonggips” i anslutning till badrum är ett problem som varit diskuterat det senaste året.
- Felaktig placering av isolering och tätskikt som ger kondens på fel ställe.
- Inget genomtänkt konstruktivt träskydd.
- Ökade isoleringstjocklekar som leder till kallare vindar exempelvis.
- Övertryck i konstruktionen som gör att fukt via otätheter trängs ut i konstruktionen.
- Felaktig utformning av vind och grund som under olika delar av året kan ge grogrund av mikrobiell påväxt. Hur ska egentligen en kall vind utformas?
- Komplicerade detaljlösningar som kan vara svåra att lösa på bygget samt täcka mot nederbörd under byggnation.
- Att trä används i fel miljöer. Att bygga exempelvis balkonger i trä kan vålla bekymmer då en hög fuktbelastning kan förväntas. Ställer krav på goda detaljlösningar och infästningar samt bra underhåll under bruksskedet.
- Felaktig utformning/placering av golvvärme som leder till krökningar i bjälklaget.
- Felaktig val av material/bearbetning/målning av fasaden.
- Att undvika tvångsspänningar i träet. Träet måste ha möjlighet att röra på sig.

På senare år har fuktsäkerhetsprojektering blivit ett allt vanligare begrepp. Begreppet avser projektörens planering för att få ett fuktsäkert hus. Fuktsäkerhetsprojektering steg för steg kan se ut så här:

1. Man gör en lista över byggnadsdelar och detaljer.
2. Man identifierar fuktkällor.
3. Man belastar byggnadsdelarna med fuktkällorna. Exempelvis så tittar man på en detaljlösning och funderar igenom vilken fuktbelastning som kan förväntas.

4. Gör en fuktteknik bedömning, dvs. man bedömer om ingående material i en detalj klarar fuktbelastningen.

## Beskrivning av fuktsäkring under byggskedet

De fuktrelaterade skador som nämndes ovan är ofta ett resultat av dålig fuktsäkring under byggskedet. Orsaken till detta kan vara:

- svårigheter med att få konstruktionen lufttät, vilket gör att den fuktiga inneluften pyser ut på vinden eller i väggkonstruktionen.
- felaktig hantering av virket vid byggarbetsplatsen både vid lagring och under byggprocessen,
- felaktig täckning av leverantören vid sin lagring samt vid transport,
- felaktigt fukttinhåll i virket redan från sågverket beroende på att man inte har ställt krav på målfuktkvot,
- slarv i anslutningar och andra detaljer (exempelvis fönster, balkonger) som gör att vatten leds in i konstruktionen,
- slarv i anslutningar och andra detaljer i våtrum.

Nedan följer några viktiga punkter för att uppnå ett fuktsäkert byggande. Fokus är på vanligt virke men punkterna gäller även för andra konstruktioner samt andra material som används i träbyggnader, exempelvis gipsskivor. Punkterna är:

- *Fuktkvotskrav:* Vid beställning av virke ska fuktkvotskrav anges som baseras på det förväntade klimatet i den färdiga byggnaden.
- *Skadat virke:* Virke angripet av mikroorganismer ska inte användas.
- *Lagring:* Virke ska lagras på ett lämpligt sätt redan från sågverk till färdig byggnad. Virke som leveras med lägre fuktkvot än vad som motsvarar utomhusklimatets jämviktsfuktkvot ska vara helemballerat eller lagras i speciella utrymmen
- *Kontroll:* Fuktkvoten i virke kontrolleras när det kommer till byggarbetsplatsen samt innan virket byggs in. En grundregel för valet av mätpunkter i en konstruktion är att lokalisera de fuktigaste punkterna. Det kan exempelvis vara syllar som har stått i vatten.
- *Bygga torrt:* Att skydda konstruktionen mot nederbörd under byggskedet är en viktig punkt. Vädskydd är en fungerande metod och man har på senare tid provat flera olika system för detta som mer eller mindre täcker konstruktionen. Bygga med volymelement är också en metod som kan fungera, särskilt vid mindre byggnader.
- *Undvika slarv och andra misstag med exempelvis anslutningar och detaljer:* För att göra detta så är det viktigt att följa ritningar samt ifrågasätta lösningar som konstruktören har tagit fram. Att använda standardiserade lösningar kan vara en god idé för att undvika fuktrelaterade skador.

## B.8 Byggbarhet

### Beskrivning av byggbarhet

Med byggbarhet i detta projekt avses frågeställningar som:

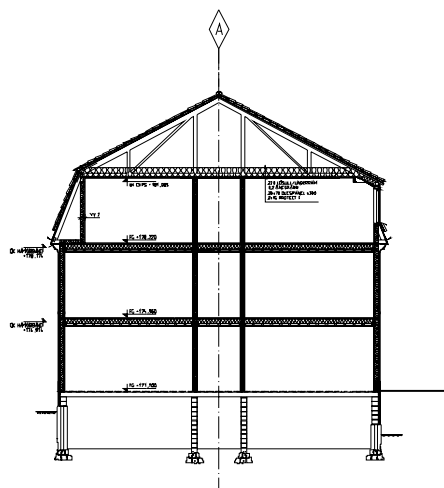
- Är trä ett alternativ eller är det bättre att helt eller delvis ersätta träet med andra material?
- Vilken prefabriceringsgrad ska användas? Ska exempelvis huset byggas med volymelement eller "pinne för pinne". Finns det exempelvis prefabricerade bjälklagselement på marknaden?
- Kan väderskydd användas till detta bygge. Om inte, ska mindre fuktkänsliga material användas.
- Kräver grundförhållandet ett lätt hus. Om så, är trä det bästa alternativet?
- Finns det byggarbetare som är vana med att hantera trä tillgängligt.
- Finns det möjlighet att hantera träprodukter på bygget? Om inte, går det att minska lagringstiden?
- Påverkas kostnaden negativt av att bygga i trä i jämförelse med exempelvis betong?
- Beställaren vill ha ett passivhus. Kan trästomme användas?
- Om långa spännvidder fordras. Kan detta lösas med träbjälklag?
- Kan stabiliteten påverkas av att trästomme används? Är det en idé att bygga hisschaftet i betong för att underlätta stabiliteten?

På grund av att flervåningshus i trä är ett relativt "nytt" koncept i Sverige så är det givetvis så att ekonomin påverkas på olika sätt. Några orsaker till att trähusbyggandet kan ge en negativ påverkan på ekonomin kan vara:

- Få leverantörer av diverse stommaterial och andra detaljer.
- Få leverantörer av "torrt" virke.
- Komplicerade detaljutformningar för att tillgodose fukt, brand, stabilitet, ljud etc.
- Få standardiserade detaljlösningar. Hjulet uppfinns flera gånger om.
- Oerfarenhet i alla led från beställare till byggare.
- Byggarbetsplatsen som idag är anpassad för andra material måste anpassas till trähusbyggandet. Ett fungerande väderskydd kostar pengar och ger samtidigt en påverkan på produktionen.
- Mer underhållsarbeten under bruksskedet.

## APPENDIX C: INVENTERING AV PROBLEMMOMRÅDEN KOPPLAT TILL ETT VERKLIGT PROJEKT

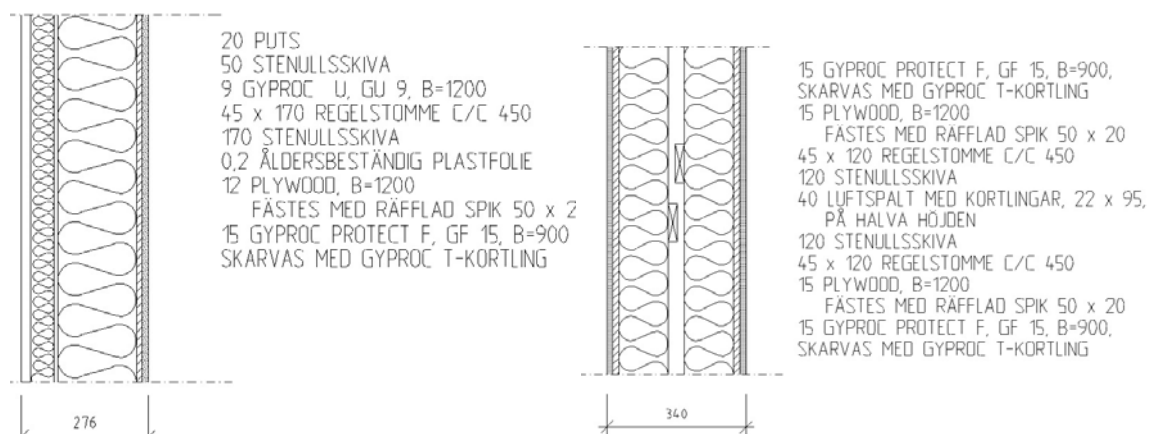
### Allmän beskrivning av projektet



*Figur C.1 Kv. Argus 2, Växjö. Våningar: Tre inredda våningsplan och källarplan. Yta återuppbyggd del: ca 322 m<sup>2</sup> BTA, Källarplan 270 m<sup>2</sup>, Bottenplan 322 m<sup>2</sup>, Plan 2 323 m<sup>2</sup>, Plan 3 297 m<sup>2</sup>, Vind 84 m<sup>2</sup>.*

Efter en brand i ett 3-våningshus i centrala Växjö hösten 2002 räddades halva huset på grund av en brandmur tvärs byggnaden. Fastigheten från tidigt 1900-tal var en av få bevarade från sin tid. Skanska Hus erhöll uppdraget att återuppbygga fastigheten innehållande 9 st lägenheter med krav på samma fasadutformning som före branden samt att befintlig grundkonstruktion utnyttjades. Man valde att utföra huset med lätt stomme av trä för att minimera belastningen på befintlig grundläggning. Bjälklag över befintliga källarmurar göts i betong för att fritt kunna placera de bärande och stomstabiliserande innerväggarna, vilkas placering var hårt styrda av A-underlaget i förfrågan. Fönster och dörrar som räddades vid branden återanvändes samt nya tillverkades i samma stil som de ursprungliga.

I Figur C.2 visas uppbyggnad för bärande ytterväggar samt lägenhetsskiljande väggar. Observera ytterväggens enstegstätade uppbyggnad.



Figur C.2 Uppbyggnad av bärande ytterväggar samt lägenhetsskiljande väggar

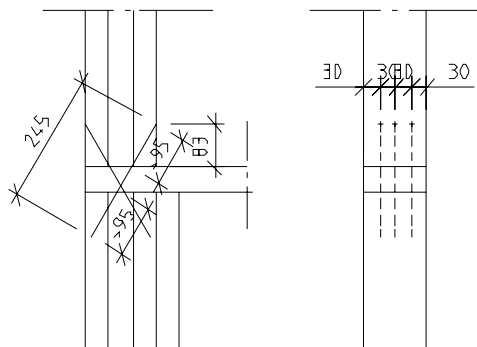
## Byggnadens statiska system

Byggnaden utfördes med ett platsgjutet källarbjälklag av betong samt platsbyggda träregelväggar med prefabricerade bjälklagselement (Södra Semi Housing). Yttertakets bestod av betongtakpannor, råspont och trätakstolar. Takstolarna utfördes på plats för att anpassas till befintlig takkonstruktion.

Stabiliseringen av huset uppnåddes genom att man utnyttjade ytter- och innerväggar samt bjälklaget som kraftupptagande styva skivor, dvs skivverkan. För att väggarna skulle fungera som styva skivor utnyttjades plywood- och gipsskivor. Dessa spikades/skruvades till de stabiliserande väggarna med ett centrumavstånd på 50-200 mm. För att de prefabricerade bjälklagselementen skulle fungera som styva skivor utnyttjades den befintliga skivan som fanns på bjälklagen vid leverans. För att klara lyftkrafter i de stabiliserande väggarna förankrades regelstommen till källarbjälklaget med plåtbeslag enligt Figur C.3. För att klara lyftkrafter mellan träbjälklagen användes längre skruvar (WT-T-8,2x245) enligt Figur C.4.



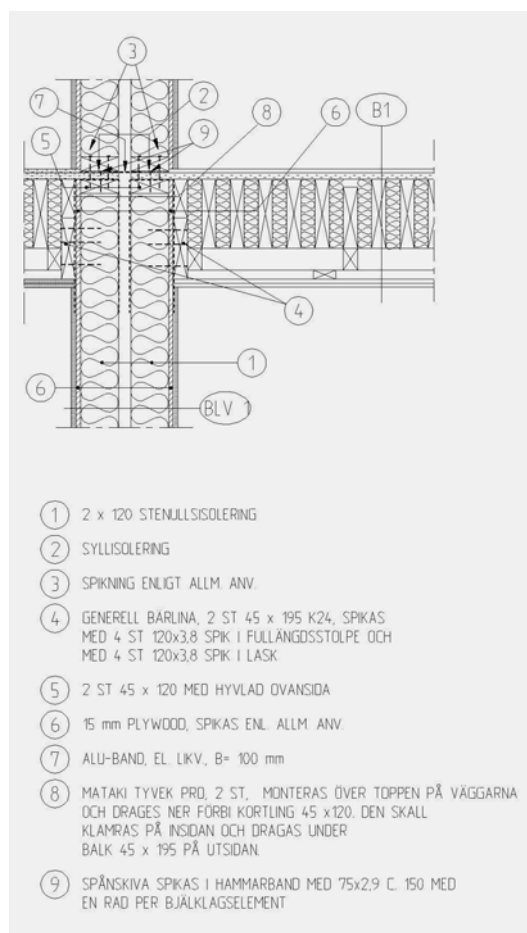
Figur C.3 Förankring av lyftkrafter till betong



Figur C.4 Förankring av lyftkrafter mellan träbjälklag

## Byggnadsakustik

Ljudklass B eftersträvade för konstruktionen. Bjälklag (Södra Semi Housing) valdes under dessa förutsättningar. Olika detaljutformningar, exempelvis upplag för bjälklag (Figur C.5), utformades efter anvisningar i handboken "Höga hus med trästomme".



Figur C.5 Detaljlösning för upplag av bjälklag vid lägenhetsskiljande vägg.

## Brand

Generellt så utfördes brandskyddet med hjälp av gipsskivor på väggar, tak och undertak och detaljutformningar med brandstopp etc. För att visa förutsättningarna följer nedan några stycken tagna från brandskyddsdokumentationen:

### Byggnadsteknisk klass

Br1 byggnad.

### Brandcellsindelning, Avskiljningar

Brandcellsskiljande byggnadsdel i allmänhet utförs i brandteknisk klass EI 60. Genomföringar tätas i samma brandklass som avskiljande byggnadsdel.

Befintlig mur i mitten av byggnaden bibehålls. Muren inklusive ny lättvägg skall motsvara brandteknisk klass EI 60.

Alla våningsplan är avskilda från varandra. Byggnaden är indelad i följande brandceller:

### Källarplan

- Teknikutrymmen

- Övrig yta

Bottenplan, Plan 2, Plan 3

- Varje enskild lägenhet
- Trapphus, hiss, hissmaskin (gäller hela höjden)

Vind

- Ev. teknikutrymme
- Ev. förrådsyta
- Vind delas av befintlig "brandvägg" i mitten av byggnaden, muren skall ansluta tätt till undersida inbrädning.

Hiss / hissmaskin inom trapphuset är gemensam brandcell med trapphus. Mellan hiss och hissmaskin skall det vara tätt. Förråd som har ingång från trapphus skall vara egen brandcell om den inte tillhör den brandcell som den gränsar mot. Schakt avskiljs från olika våningsplan i brandteknisk klass EI 60. Bjälklaget skall skära av yttervägg och luftspalt skall tätas mitt för bjälklagskant.

#### Brandvägg

Grannfastigheten i öster skall ha en brandvägg i fastighetsgränsen i brandteknisk klass REI-M90, utförande skall verifieras. Denna vägg finns inte längs hela motbyggda delen. Ny brandvägg i samma klass kompletteras på den egna fastigheten längs tillbyggnaden. Ny vägg i brandteknisk klass EI 60 monteras mot befintlig brandvägg i varje våningsplan. Vägg skall ansluta mot yttertaket.

#### Bärverk

Vertikalt bärverk är utfört av trä i brandteknisk klass R 60. Horisontellt stomstabiliserande bärverk är utfört av trä och betong i brandteknisk klass R 60. Horisontellt ej stomstabiliserande bärverk är utfört av trä i brandteknisk klass R 60.

#### Övrigt

Takkonstruktionen är utförd av trä. Balkonger skall vara utförda i brandteknisk klass R30 med undersida av tändskyddande beklädnad.

## Produktionssätt av själva trästommen

Väggregelstomme uppfördes genom att man spikade regelstommen liggande på det undre bjälklaget. När träregelstommen var klar restes den på plats med kran och bjälklagselementen kunde sen lyftas dit. Skivor i väggregelkonstruktionen monterades till en början på enbart ena sidan. Innan andra sidan byggdes igen så torkades väggen ut med hjälp av avfuktare och byggfläktar. Fuktkvotsmätning utfördes och dokumenterades. Kravet var  $\leq 18$  % fuktkvot i träet.

Fuktkvoten i träet vid leverans kontrollerade endast sporadiskt. Träet lagrades under presenning. Inget direkt skydd av själva konstruktionen utfördes när väl träet var inbyggt. Effekter av detta kan ses i Figur C.6. Dock hade man tur med vädret, dvs. det regnade väldigt lite under själva byggprocessen.



Figur C.6 Uppfuktad syll

## Problem under projektering

Nedan listas de problem som projektörer upplevde med att ha trästomme:

- Mycket ritningar för att beskriva alla olika detaljer.
- Komplicerat att helt enkelt räkna hem totalstabiliseringen.
- Komplicerade detaljer för att överföra laster från bjälklagsskivan till de stabiliserande väggarna. Störst problem upplevdes vid lägenhetsskiljande väggar
- Komplicerade lösningar för att förankra lyftkrafter mellan våningsplan samt till grunden.
- Stor osäkerhet kring ljudproblematiken.
- Finns varken beräkningsverktyg eller uppdaterade handböcker.

## Problem under byggskedet

Nedan listas de problem som byggaren upplevde med att ha trästomme:

- Komplicerade detaljutformningar i knutpunkter för att tillgodose stabilitet, ljud, fukt och brand.
- Få leverantörer av prefabricerande byggelement och andra detaljer. Finns ingen konkurrenssituation.
- Svårt att få tag på torrt virke samt att hålla det torrt på bygget.

- Tidsförluster med avseende på att försöka skydda träet mot fukt.
- Tidsförluster med avseende på att invänta uttorkningsprocessen innan väggar etc. kunde slutföras, dvs. byggas igen.
- Flera bjälklag reste sig efter att uttorkningsprocessen varit igång. Flytspackel blev tvunget att användas.
- Sättningar i träkonstruktionen. Problem uppstod då sättningarna ej var lika stora mellan bärande och icke bärande väggar.
- Tidkrävande och arbetsmässigt tungt att montera alla gipsskivor.

## **Problem som uppstått efter byggskedet**

Nedan listas de problem som uppstått efter byggskedet:

- Sprickor i innerväggar. Båda vertikala och horisontella.
- Sprickor i fasaden. Särskilt påfallande mellan den gamla och den nya byggnaden.
- Stora problem med ljud mellan lägenheter och mellan lägenheter och trapphus. Åtgärder har gjorts. Fler kommer att behöva göras (Kostsamt).
- Vibrationer i bjälklaget.
- Osäkerhet kring fasadens ”enstegslösning” då trä finns i närheten. Skulle det uppstå problem så kan det bli oerhört kostsamt.
- Boende har öppnat upp stabiliserande väggar.



## **APPENDIX D: VILKA RISKER, ANSER ETT ANTAL PERSONER INOM SKANSKA, FINNS AVSEENDE BYGGANDET AV FLERVÅNINGSHUS I TRÄ?**

### **Stefan Henriksson, Projektchef, Skanska, Växjö:**

”Arbetsmiljö frågor är en parameter som är underskattad. Trähusbyggande ger tunga lyft då mycket görs för hand. Speciellt mängden gips som ska monteras på grund av brand- och stabiliseringssyften är oerhört slitsamt.”

”Trähusbyggandet blir inte billigare då det krävs komplicerade detaljer och knutpunkter. Dessutom måste allt kläs in med skivmaterial”

”Det finns en stor brandrisk under uppförandet som ej beaktas.”

”Fukt under byggskedet är kostsamt att undvika. Väderskydd är idag ej ekonomisk fördelaktigt. Logistiken på byggarbetsplatsen påverkas också”

### **Mats Eliasson, Produktionschef, Skanska, Karlskrona:**

”Att få tag på virke med låg fuktkvot är nästan omöjligt”

”Att torka ut en konstruktion innan väggar etc. byggs igen är svårt och tidskrävande. Särskilt på vintern är det komplicerat att få till ett bra uttorkningsklimat innan isoleringen är på plats i konstruktionen. Problemet är att konstruktionen måste torkas ut innan isoleringen sätts på plats.”

”Väderskydd är nog ett måste.”

”Formförändringar som ger sprickor i väggar etc. ser jag också som ett stort problem.”

### **Tommy Persson, Konstruktör, Skanska Teknik, Växjö:**

”Fukt under produktionsskedet känns oroväckande.”

”Att undvika mögel etc. i tak och väggar då vi isolerar allt mer.”

”Ljud är svårt att beakta.”

”Ibland är det svårt att räkna hem stabiliteten.”

”Finns stora osäkerheter om långtidseffekter i form av deformationer och beständighet.”

”Hjälpmedel i form av beräkningsverktyg och handböcker saknas om man jämför med betongindustrin.”

### **Mats Karlsson, Konstruktör, Skanska Teknik, Växjö:**

”Fuktaspekter i form av mögel och formförändringar ser jag som det stora problemet med träbygandet.”

”Trä är ej ett enhetligt material vilket ger stor spridning på kvalitén.”

”Belastning vinkelrätt fiberriktningen ger stora deformationer vilket måste beaktas.”

### **Göran Håkansson Verksamhetsutveckling KMA Hus Syd**

”Att virket idag generellt har sämre kvalitet troligen beroende på att man numera avverkar virket under i princip alla årets månader och att den tidigare naturliga uttorkningsprocessen har ersatts av en torkprocess som bidrar till att skapa en grogrund för mögelangrepp.”

Då kraven på energieffektiva byggnader ökar och därmed kraven på täthet och ökad isoleringstjocklek, ser jag detta som en framtida risk.”

### **Tobias Johansson, Produktionschef, Skanska, Växjö:**

”Fuktsäkring under byggskedet ser jag som det största problemet.”

### **Kjell-Åke Gustafsson, Distriktinköpschef, Skanska, Växjö:**

”Jämför man med andra material så är träbyggandet fortfarande i experimentstadiet. Känns därför väldigt riskfyllt att bygga i trä.”

”Jag sitter exempelvis idag och försöker lösa stora ljudproblem i ett flervåningshus med trästomme som vi byggde för några år sedan.”

”Komplicerade stomdetaljer, få leverantörer och komplicerad väderskydd gör att träbyggandet är prismässigt dyrare än andra material.”

”Kunden vill inte betala extra för att bygga i trä när det finns andra material som idag fungerar alldeles utmärkt.”

”Väderskydd skulle vi alltid vilja ha när vi bygger oavsett stommaterial, men igen, det är idag alldeles för dyrt och komplicerat.”

### **Peter Brander, Byggfysik, Skanska Teknik, Malmö:**

”Jag ser mycket träbyggande med stora skygglappar på både de som projekterar och bygger. Kunskapen om vad trä tål, hur det beter sig i olika klimat och vilka konstruktioner det lämpar sig för är på många håll pinsamt låg. Det är ju dock upplyftande att allt fler verkar förstå att de måste byggas under tält för att ha en chans att kunna fungera.”

”Den absolut största risken jag ser idag är träbranschens ensidiga lovsång över träet. Man tar inte till sig fakta och agerar utifrån det utan talar om kritik som olyckskorpar från betongbranschen.”

”Vi har som jag ser det tre stora bekymmer som inte är lösta i traditionellt träbyggande:

1. Det är för stora rörelser från produktion till att konstruktionerna är i jämvikt ibland ger årscykeln för stora rörelser också. Det ger stora rörelser som resulterar i deformationer och otätheter som påverkar både brand, ljud och fukt negativt. Här kommer aldrig massivträet att fungera tillfredställande utan vi måste få en större användning av formstabilare träprodukter samt mer flexibel torkning till de driftklimat som konstruktionen ska sitta i.”

2. Ljuddämpning och brandskydd ger för komplicerade konstruktioner i för många lager. När (inte en fråga om) en sådan konstruktion utsätts för brandsprinkling eller vattenläckage är den körd. Den går inte att torka ut utan stora mögelskador. Det kommer att ge mycket stora saneringskostnader framöver om det ens går att rädda konstruktionen.”
3. Man måste fatta att trä inte tål att sitta oskyddat utomhus och att underhållsnykeln kan bli väldigt kort. Nu när impregneringsmöjligheterna minskat ytterligare måste kunskaperna om konstruktivt träskydd anammas. Jämför man brobyggares och husbyggares lösningar så undrar man om husbyggarna ens läst några konstruktionsböcker i ämnet. Trä tål ju inte ens att sitta i uteklimat på våra vindskonstruktioner idag. Här kommer det att krävas radikalt ändrade konstruktionslösningar där trä kanske inte ens längre används i den kalla delen av konstruktionen. Här finns en mycket stor risk att ta hänsyn till när superisolerade konstruktioner ska börja användas allt mer.”

”Personligen tror jag inte enligt ovan att trä kommer att vara slagkraftigt stommaterial på höga byggnader. Däremot ser jag inga problem med att hitta fungerande lösningar till tvåvåningshus och påbyggnader.”

**Allan Isaksson, Fd Produktionschef, Skanska, Växjö:**

”Ekonomiskt har det ej varit billigare att bygga i trä”

”Tidskrävande, oroande och komplicerat att hela tiden behöva fundera på fuktproblematiken.”



## APPENDIX E: TRÄINDUSTRINS SYNPUNKTER

### Reflexioner tillhandahållet ifrån Ingemar Ekdahl, TMF, Trä och Möbelindustriförbundet

De riskbedömningar och farhågor som framförs är säkert reella för de personer som uttalar dem. I flera fall är det emellertid så att för många av de problem som adresseras finns det idag goda lösningar. I andra fall pågår, med träbranschens mått, omfattande FoU för att undanröja problem och osäkerhet. Ansvar för att förmedla information om dessa lösningar faller tungt på de träanknutna branscherna, en stor uppgift som det framöver kommer att läggas avsevärd energi på. Det vore dock förmätet att hävda att det inte finns några vita fläckar på kunskapskartan. Konstigt vore det ju annars eftersom byggandet av flervåningshus med bärande trästomme inte har mer än 10-15 år på nacken. Nedan görs några kommentarer till relevanta problemområden.

#### *Ljud vs stabilitet*

Bjälklagslösningar kräver många gånger en noggrann avvägning mellan kraven på stabilitet och ljudkrav, främst flanktransmissioner. Valet mellan t ex upplagda eller inhängda bjälklag kan vara kritiskt. Detta är ett väl känt problemområde när det gäller lätta konstruktioner, alltså inte bara träkonstruktioner.

En utmärkt sammanställning av dagens kunskapsläge och förslag till FoU-insatser när det gäller akustik har gjorts i *Acoustics in wooden buildings – State of the art 2008*, Vinnova project 2007-01653, SP Rapport 2008:16. I skrivandets stund förbereds ett omfattande FoU-projekt inom området. Även om här krävs ytterligare kunskap för att finna ideala och kostnadseffektiva lösningar, kan emellertid de aktuella leverantörerna av byggsystem redan idag leverera fullgoda lösningar.

#### *Brand*

Brandproblematiken måste betraktas som löst. Detta gäller både i brandens tidiga skede, fram till övertändning, och i fullt utvecklad brand. Kunskapen finns även idag för att få till fullgoda lösningar för att klara brandkraven med avseende på brandcellsskiljande väggar och bjälklag och dess anslutning till varandra. Se t ex *Brandsäkra Trähus, version 2, Trätek publ 0210034*.

Utvecklingsarbetet idag är främst inriktat på att klara av dimensioneringen när ”nya” materiallösningar väljs. Exempel på detta är t ex korslimmande tjocka träskivor och lättbalkar av skivmaterial.

Farhågorna om vad som händer när boendesprinkler löser ut är fullständigt gripna ur luften. Här finns, som väl är, inga praktiska erfarenheter från Sverige men väl gedigna sådana från USA och Kanada. Syftet med boendesprinkler är i första hand att rädda liv, vilket de också gör, men tillika har det visat sig att de ekonomiska konsekvenserna, skadorna på byggnaden,

är marginella jämfört med t ex en insats av brandkåren. Och detta oavsett om det handlar om en träbyggnad eller en betongbyggnad! För fullständighetens skull bör det kanske sägas att i brandens tidiga skede är det som regel möbler och inredning som brinner. Se *Boendesprinkler räddar liv, Trätek publ 0202007*.

### *Fukt*

Störst utmaning för trämaterialiet när det gäller byggande är utan tvekan fukt. Konstaterandet kan verka något underligt eftersom vi byggt i trä i långa tider och kan studera flerhundraåriga byggnader i god kondition. Utmaningen består emellertid i att vår tid och vårt byggande är annorlunda än förr i världen. Kunskapen om materialet och dess beteende måste därför fördjupas och ibland omvärderas. De fuktrelaterade problemen kan för överskådliggighets skull delas upp i deformationer och rörelser, rötskador samt mögelpåväxt.

Trä är ett hygroskopiskt och anisotropt material. Det är alltså avgörande att den valda fuktkvoten i materialet är sådan att den bäst matchar de variationer i RF som kommer att uppstå i bruksskedet, och därmed de variationer i jämviktsfuktkvot som materialet kommer att anta. På så sätt minimeras fuktrörelserna. Med andra ord är det lämpligt att välja fuktkvot för materialet utgående från vilken komponent det handlar om och var den ska sitta i den färdiga konstruktionen. En sådan diversifiering av fuktkvot går att beställa från kvalitetsmedvetna sågverk, dock kostar detta naturligtvis mera än att över huvud taget inte nämna begreppet fuktkvot vid inköp.

Samtidigt är det givetvis viktigt att materialet behandlas på rätt sätt under transporter och eventuell lagring. Emballage av mer eller mindre avancerad natur kan krävas beroende på vilka krav som ställts på fuktkvoten. Syftet är att materialet inte ska förändras i fuktkvot. Till detta kommer andra risker vid uppfuktning såsom påväxt av mögel eller framtida rötskador. Därför krävs det kontroller före inbyggnad, på samma sätt som man kontrollerar fukthalten i betong. En fullödig handledning i dessa frågor har tagits fram i ett SBUF-projekt som genomförts hos SP Trätek och där Skanska Teknik varit drivande; *Fukt i trä för byggindustrin – fuktegenskaper, krav, hantering och mätning*, ISBN 978-91-976310-0-6,

*SP Info 2005:24*.

När det gäller att bemästra anisotropin har en rad träbaserade material utvecklats, s k Engineered Wood Products. Det är betecknande att vi inte har någon bra svensk benämning på dessa produkter men det beror på att den stora utvecklingen har skett via träbyggandet i Nordamerika. En del sådana material finns idag av Svensk eller Nordisk härkomst. De tidigare nämnda korslimmande träskivorna och lättbalkarna är sådana exempel, Kertobalken är ett annat. Med dessa tekniker minimerar man rörelser och deformationer till följd av fukt. Det äldsta exemplet är förmodligen kryssfanér, eller plywood, som redan de gamla egyptierna använde sig av!

Eftersom trä är ett biologiskt material kan det också angripas av de mekanismer som finns för naturlig nedbrytning om specifika villkor är uppfyllda. Detta är ju i vissa fall en välsignelse eftersom materialet kan ingå i det naturliga kretsloppet. Problematiskt blir det däremot om villkoren uppfylls redan under brukstiden som kan leda till mögelpåväxt eller rötskador.

Nya, oprövade och tveksamma konstruktionslösningar kan ge upphov till sådana förhållanden. Senaste exemplet är putsade fasader med enstegstätning. Ibland härrör sådant från besparingskrav men lika ofta från ”designkrav”. I vissa fall beror det på att nya krav på våra byggnader radikalt ändrar på traditionella och väl kända förhållanden. Exempel på detta är de krav som ställs på energianvändning där samverkan måste fungera väl mellan konstruktioner; u-värden, täthet, etc, och installationer; värmeväxling, ventilation, etc.

Många tokigheter skall kunna förhindras med det som kallas konstruktivt fuktskydd. Här har de som förespråkar trä ett stort ansvar att förmedla relevant kunskap till arkitekter och konstruktörer. Det kan handla om tveksamheten som att sätta fönster i liv med fasaden, om vådan av att gräva ned fasadbräderna i rosenrabatten, om hur man undviker att exponera ändträ eller om värdet av taksprång.

Det kommer i framtiden tveklöst att krävas fuktsäkerhetsprojektering för våra konstruktioner, inte bara för dem som innehåller trä. Men det kommer också att kräva en mera ingenjörsmässig beräkning av brukstider och erforderliga underhållsintervall. För närvarande pågår ett omfattande branschforskningsprojekt, delfinansierat av VINNOVA som har titeln *WoodBuild* och som tar fasta på dessa frågor. En bra sammanställning i fuktfrågan är för övrigt *Byggvägledning 9, Fukt, Lars-Olof Nilsson, Svensk Byggtjänst*.

### *Logistik*

Det mesta av träbyggandet, såväl enbostadshus som flerbostadshus, sker med mer eller mindre långt drivet industriellt byggande. Det har då visat sig att i de objekt som varit aktuella har kostnaderna varit lägre än för en likartad byggnad i t ex betong. När det gäller stomkostnaden har reduktionen varit 20-30 %. Delvis beror detta på att tiden på byggplatsen reducerats avsevärt men också på att det varit ett torrt byggande. En utveckling som haft stort värde är de utrustningar som utvecklats för skydd av byggplatsen, idag försedda med travers och andra erforderliga lyftdon för materialhantering. Intervjuer med dem som arbetar under sådana förhållanden vid ett träbygge ger entydiga positiva svar när det gäller arbetsmiljön.

### *Konkurrensen*

Ett marknadsmässigt bekymmer med träbyggandet är att antalet aktörer varit för få. Detta har ställt till problem vid upphandlingar. Situationen ändras nu successivt eftersom ytterligare ett antal aktörer nu är verksamma och fler kommer till. Fortfarande kvarstår dock delvis frågan eftersom alla aktörer inte kan ta på sig ett entreprenadansvar fullt ut, men även här sker utveckling.

### *Till sist*

Det är givetvis så att man inte kan eller ska förorda materialet trä i alla upptänkliga användningar. Det finns både byggnader och enskilda komponenter där trä inte är det bästa valet och då ska man naturligtvis träffa andra val. Men det finns stora möjligheter med trä i kombination med rätt kunskap!

## **Synpunkter tillhandahållet ifrån Arne Emilsson, Limträteknik AB**

Det som beskrivs som problem är välkända egenskaper hos trä och för mig är valda lösningar i många fall ogenomtänkta.

Problemområden som jag ser:

- Ljud, svikt-vibrationer
- Ombyggnadsmöjligheter

Erfarenheter från Trähusprojektet i Falun enl. entreprenören HMB :

- Mycket små toleranser på valda träelement +/- <0.5 mm
- Kortare byggtid, bättre arbetsmiljö (torrt och varmt)
- Dyrare garage under huset på grund av "lastfördelningen från överbyggnaden"
- Svårigheter för underentreprenörer att ställa om till en kortare byggtid.

Allmänt anser jag t.ex. att golvvärme är olämpligt i trähus och att installationslösningar måste anpassa efter livslängd och underhållsmöjligheter.

Beträffande fukt, Boverkets kap. 6:52 gäller samtliga Byggmateriäl. Min erfarenhet för trä är inte överensstämmande med Boverkets.

## **Synpunkter tillhandahållet ifrån Johan Ahlen, Projekt och Utvecklingschef , Moleven Töreboda AB**

Generellt ger rapporten en överskådlig och sammanfattande bild av riskområden med träbyggande. Den är skriven med ett språk och en disposition som gör det lätt att ta till sig budskapet. Alla nio riskområden ni identifierat är väl kända för oss och har dominerat vår agenda i produktutvecklingen av vårt nya pelarbalksystem "trä8".

Det är en utmaning att lösa problem som väderskydd, ljud, stomstabilisering, för att nämna några riskområden, men lösningarna finns och vi är tvingade att rikta viss kritik mot det faktum att rapporten utelämnar sådana exempel. Vi förstår att avgränsningar måste göras men din rapport hade blivit mer nyanserad om den presenterat hur några leverantörer valt att angripa ovan nämnda riskområden. I nuvarande utförande riskerar rapporten att läsas och förstås som att bygga högt i trä fortfarande bara är förknippat med en massa bekymmer och problem och där är vi, inte så överraskande, av en annan uppfattning!

För att hjälpa er med underlag bifogar vi här en första presentation av vårt pelarbalksystem trä8. Det är ett system som vi menar har lösningen på de riskområden du lyft fram. Vi kommer att lansera detta under våren 2009 och har så här långt bara visat det för några få utvalda!

Systemet är resultatet av ett utvecklingsarbete mellan Moelven och LTU och skall i första hand ses som ett alternativ till traditionella pelarbalksystem i stål och betong. Jag kommer att uppdatera er med mer information så fort vi färdigställt marknads materialet.



## MINIMERA BYGGTIDEN – BYGG VÄDERSKYDDAT!

**trä8** är ett helt nytt byggsystem med en miljövänlig stomme helt i trä. Systemet är utvecklat för okomplicerat montage och snabbt väderskydd. **trä8** är uppbyggt med 8x8 meters standard moduler och

lämpar sig perfekt för byggnader upp till 4 våningars höjd. Systemet har en helt ny stabiliserings- och bjälklagskonstruktion som möjliggör 8 meters fri spannvidd vilket lämnar stor frihet åt arkitekten.

Byggsystemet **trä8** ger dig möjligheten att:

1. bygga väderskyddat snabbt
2. minska den totala projektiden
3. bygga miljövänligt

### Komponenter:

- Pelare – Limträ
- Balkar – Limträ
- Stabiliseringsselement – Limträ och Kerto
- Golv- och takbjälklag – Kerto
- Smidesbeslag



**MOELVEN**®





## PELARBALKSYSTEM

### TRÄ8, SYSTEMET SOM...

**Taket monteras tidigt**  
**Standardkomponenter**  
**Hela stommen består av trä**  
**Flexibelt modulsystem**  
**8 x 8 meters spännvidd**  
**Stommens låga vikt**  
**Okomplicerat montage**  
**Bärande konstruktion i limträ**

### ...MÖTER MARKNADENS KRAV:

— Möjliggör vädskyddad byggnation  
 — Kortar totala projekttiden  
 — Ger stora miljöfördelar  
 — Skapar stor frihet åt arkitekten  
 — Erbjuder öppna planlösningar  
 — Tillåter enklare grundläggning  
 — Ger god totalekonomi  
 — Garanterar goda brandegenskaper



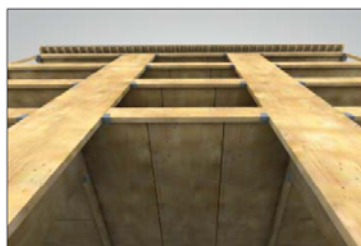
**VÄDERSKYDDAD BYGGNATION.** När mellanbjälklag monteras är taket redan på plats. Det garanterar torrt bygge.



**MINSKAD TOTAL PROJEKTTID.** Hela systemet är uppbyggt med standardkomponenter och konstruerat för att göra montaget enkelt, det ger kort leveranstid och snabbt montage.



**MILJÖFÖRDELAR.** Systemets stomme och bjälklag består av enbart trä. Det innebär fördelar ur miljösynpunkt.



**GODA BRANDEGENSKAPER.** Limträ i alla bärande konstruktioner garanterar hållfasthetsfördelar i händelse av brand.

#### För mer information, kontakta:

Johan Ahlén  
 Projekt & Utvecklingschef  
 0506 481 89  
 e-post: johan.ahlen@moelven.se

**MOELVEN®**



## **Synpunkter tillhandahållet ifrån Lars Atterfors, VD, Moelven ByggModul AB**

Jag arbetar med byggmoduler och svarar utifrån vårt perspektiv som nordens största producent av träbaserade byggmoduler. Högre hus står för mellan 20-30% av vår omsättning.

I stora drag får jag gratulera till en bra översikt och relevanta bedömningar.

För att vara lite konstruktiv kan jag anmärka lite på är att den tar så stor tyngd i platsbyggt trä (främst i intern intervjudel). Visserligen är träet mest exponerat där och där måste vi byggare definitivt bli bättre. Jag skulle ändå slå ett slag för ett fördjupat intervjuavsnitt med de av era medarbetare som har erfarenhet av att bygga med volymelement i trä. Dessa produceras helt väderskyddat i fabrik och är 95% färdiga när de anländer inplastade.

I dagsläget är bortemot 80% av småhusen byggda som prefab och övriga består till stora delar av komponenter som monteras. Platsbygget är mycket litet.

När vi sen ser på högre trähus så är jag övertygad om att det industriella byggandet kommer att fortsätta ta en allt större del av kakan (där det är lämpligt).

## **Synpunkter tillhandahållet ifrån Matilda Höök, Projektledare, Masonite Beams AB**

Jag har försökt fånga upp några av de delar som fokuseras i rapporten och ”svarat” på dessa i form av beskrivningen av vårt system, för det är ju inte alls omöjligt att lösa de problem som lyfts i er rapport.

### **MFB – Masonite Flexibla Byggsystem**

#### **Byggsystemet**

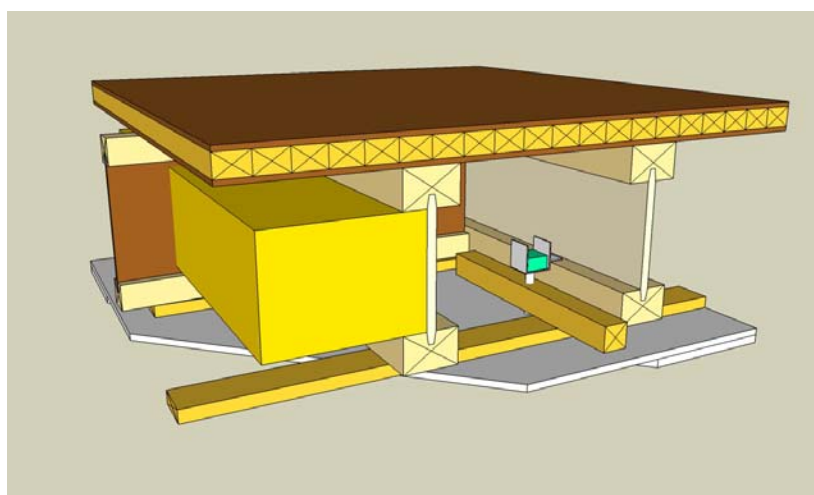
Masonite Flexibla Byggsystem (MFB) är ett byggsystem utvecklat av Masonite Beams AB. Byggsystemet är anpassat för industriell produktion av träbaserade element och volymer med hög färdigställandegrad. Byggsystemet möjliggör ett rationellt byggande av bostäder (från villor till flervåningshus, Figur 1) med stor frihet i arkitektonisk utformning.



Figur 1: Från villa till flervåningshus

I byggsystemet ingår standardiserade bjälklags- och väggelement samt anslutningar och knutpunkter. Bjälklagen produceras industriellt i form av kassetter och element. Bjälklagen i ett träbyggnadssystem är kritiska komponenter som vid stora spännvidder såväl måste klara problem med svikt och vibrationer, stegljud och flanktransmission, samt uppnå god hållfasthet och styvhet. Väggar produceras också de industriellt i fabrik i form av element och kassetter. Väggarna måste speciellt klara de stora horisontallaster som uppkommer vid byggande av högre hus, samtidigt som de garanteras mot upplyftning och är anpassade efter de nya energidirektiven.

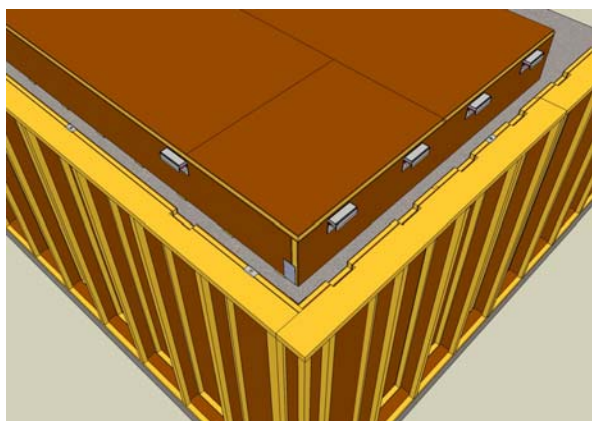
För att klara större spännvidder och laster, har Masonite Beams AB utvecklat ett samverkansselement för väggar och bjälklag som också erhållit patent. Samverkansselementet finns i ett flertal modeller avsedda för olika laster, ljudkrav och spännvidder och ingår som en del i MFB, Figur 2.



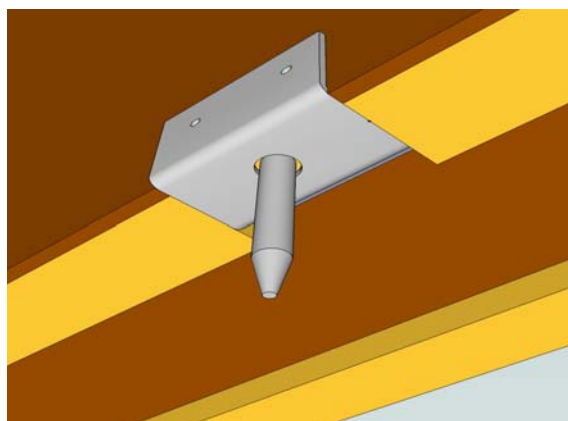
Figur 2: MFB samverkansbjälklag

Med Masonite Flexibla Byggsystem är det möjligt att producera bjälklag med spännvidder upp till 10 meter, med en tjockled från 250 mm. Väggar är möjliga att producera upp till 3,5 meters höjd, med längder upp till 7 meter och tjocklekar mellan 300 till 600 mm.

Anslutningar och kopplingspunkter mellan tak, väggar och bjälklag är kritiska för att bygga upp ett komplett byggsystem. Motstridiga krav ställs på anslutningar då det för hög samverkan mellan komponenter i ett byggsystem krävs stor hållfasthet och styvhet, medan det omvända gäller för att minimera flanktransmissionen. I MFB kopplas tak-, bjälklags och väggkonstruktioner samman på ett innovativt och rationellt sätt med s.k. styrdubb och bjälklagshängare, Figur 3. Dessa innovativa anslutningar tillsammans med installationer som integreras i systemet medför en hög färdigställandegrad på fabrik och kräver ett minimum av arbete på byggarbetsplatsen. Enbart montering av de olika konstruktionsdelarna i det kompletta byggsystemet behöver utföras på byggarbetsplatsen.



Figur 3a: Bjälklagshängare



Figur 3b: Styrdubb för vägginfästning

Även om MFB är ett träbyggsystem är det ett öppet system som fungerar i kombinationer med stål och betong. Masonite Beams AB tror på ”rätt material på rätt plats” och förespråkar samverkan mellan olika material för att göra träbyggandet så effektivt som möjligt. Detta innebär att det är möjligt att kombinera trästommen med till exempel stål och betong där dessa material har en högre utnyttjandegrad än trä. Enligt Masonites filosofi är detta nyckeln till ett kostnads- och konstruktionsoptimerat byggande av flervåningshus i trä. Ett exempel på utvecklingen inom detta område är en studie där beräkningsmodeller testas för att använda trapphus av betong i hus med trästomme.

### **MFB – ett öppet system för industrialiserat byggande**

För att uppnå ett effektivt byggande och hög kvalitet med industriellt producerade byggkomponenter krävs en smidig och kontrollerad byggprocess med nära samverkan mellan olika aktörer. Masonite Beams AB samarbetar med utvalda elementtillverkare, projektörer, arkitekter, ljudkonsulter och väderskyddsleverantör för att uppnå en ständigt fortgående utveckling av en återkommande process. Genom att samarbeta med tillverkare och aktörer som har kunskap om byggsystemet minskar de osäkerheter som finns i relationer mellan de olika aktörerna och den specifika teknik som används. Med en reducerad osäkerhet och ökad kontroll ökar också effektiviteten och kvaliteten i slutprodukten.

Masonite Beams AB har tagit fram en handbok för MFB där standardiserade tekniklösningar, anslutningar, toleranser etc. redovisas. I ett utvecklingsprojekt mellan Masonite Beams och samarbetsparterna, som delfinansieras av VINNOVA och EU Strukturfonder Mål 2, pågår även ett arbete med att utveckla en processmanual. Manualen redovisar hur lättbyggsystemet produceras på det mest optimala sättet vad gäller tillverkning, logistik, montage, kvalitetssäkring etc., allt för att minska osäkerheten i systemet.

Byggsystemet är ett öppet system varvid systemet kan användas av såväl småhustillverkare, element- och volymtillverkare samt entreprenörer som önskar köpa ett komplett och prefabricerat stomsystem. De teknik- och processlösningar som redovisas i handbok och manual kan även direkt användas av en entreprenör som själv önskar producera stommen till ett hus.

### Ljudkrav och MFB

Ljudutbredningen i stomsystem påverkar boendekvaliteten och det blir allt viktigare att ha kontroll över stommens funktion med hänsyn till ljud i det moderna bostadsbyggandet, inte minst när det gäller byggsystem i trä. Masonite Beams AB har därför lagt mycket kraft vid såväl teoretisk analys som praktiska prov där bland annat ett provhus har använts för omfattande ljudtekniska provningar och analyser. Ett flertal analyser och har även utförts för ett antal uppförda byggobjekt.

Resultatet har blivit ett stomsystem med ljudisolerande egenskaper som är anmärkningsvärt goda, men som också kan anpassas efter de behov som finns på marknaden (exempelvis bostadsbyggnader i olika ljudklasser eller övriga byggnader). Byggsystemets förmåga att minimera ljudutbredningen och därmed säkerställa en slutprodukt med dokumenterat god ljudisolering är egenskaper som prioriterats högt hos Masonite Beams AB. Ljudtester från tre uppförda projekt visar systemets goda ljudegenskaper relativt de svenska ljudkraven, Tabell 1. Samtliga mätningar visar ljudklass B eller bättre.

Tabell 1: Ljudmätningar utförda för MFB bjälklag

| Projekt / ID nr   |                   | Sverige (ISO 717 <sup>1)</sup> och SS 25267),<br><b>ljudklass B</b> |                                      |                                |
|-------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
|                   |                   | $L'_{n,w}$<br>(≤52 dB)                                              | $L'_{n,w}+C_{1,50-2500}$<br>(≤52 dB) | $R'_w+C_{50-3150}$<br>(≥57 dB) |
| Provhus i Rundvik | <sup>1</sup> .1 * | 56                                                                  | 52                                   | -                              |
|                   | <sup>1</sup> .2   | 45                                                                  | 46                                   | -                              |
|                   | <sup>1</sup> .3   | 44                                                                  | 47                                   | -                              |
|                   | <sup>1</sup> .4   | 43                                                                  | 45                                   | -                              |
|                   | <sup>1</sup> .5   | 41                                                                  | 43                                   | -                              |

|          |                   |    |    |    |
|----------|-------------------|----|----|----|
|          | <sup>1</sup> .6   | 39 | 44 | -  |
|          | <sup>2</sup> .1 * | 61 | 56 | -  |
|          | <sup>2</sup> .2   | 48 | 49 | -  |
|          | <sup>2</sup> .4   | 47 | 48 | -  |
|          | IN08              | -  | -  | 62 |
| Sicklaön | 01                | 46 | 49 | -  |
|          | 02                | 48 | 50 | -  |
|          | 04                | 52 | 52 | -  |
| Kaverös  | 01 *              | 54 | 52 | -  |
|          | 02 *              | 56 | 53 | -  |

<sup>1)</sup> Stegljud  $V_{\max}=31 \text{ m}^3$ , Luftljud  $V/S \leq 3,1$ , alltså är  $L'_{n,w}$  därmed oftast detsamma som  $L'_{nT,w}$ .

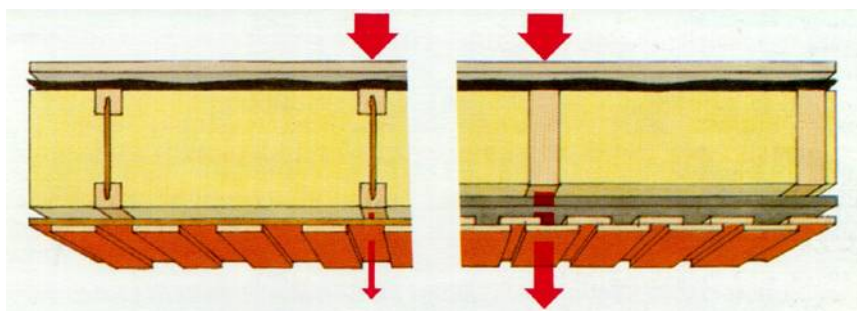
\* (gulmarkerat i tabellen) Uppmätt på råbjälklag utan golvbeläggning. Med golvbeläggning förbättras värdet (Hagberg och Persson, 2008).

Masonite är också medvetna om den svaghet som finns i nuvarande utvärderingsmetoder för ljudisolering och har därför utvärderat systemet mot andra ännu inte standardiserade utvärderingar (Hagberg och Persson, 2008) för att så långt möjligt säkerställa ljudisoleringen i låga frekvenser, som alltid styr hur ljudisoleringen slutligen upplevs i en träbyggnad.. Det är Masonite Beams övertygelse att detta är av högsta vikt för att lättbyggnadssystem skall kunna vara konkurrenskraftiga gentemot mer traditionella system i framtiden.

### Miljö och energiaspekter

De produkter som framställs av Masonite för användning i Masonite Flexibla Byggsystem håller högsta miljöklass. Masonites lättbalk och den masoniteboard som används i systemet tillverkas utan tillsatser av lim varvid uppmätta emissioner blir mycket låga. Dessutom tillämpas ett långt gående råvaruutnyttjande där hyggesavfall från avverkning står för merparten i konstruktionen. Detta förstärker den redan goda miljöaspekten för såväl board som lättregel.

Lättregelns energieffektiva funktion i yttervägg har ytterligare belysts då BBR tydligt sätter energiförbrukningen i ett allt större fokus. Eftersom regeln medför mycket små köldbryggor, Figur 4, sänks förbrukningen av energi i en stomkonstruktion av trä med hela 5-10% enbart genom att använda lättregel istället för traditionell massivregel. Detta sammantaget gör MFB-systemet mycket lämpligt ur såväl miljö- som energisynpunkt.



Figur 4: Reducerad köldbrygga med lättregel i väggelement

## Referenser

Hagberg, K. och Persson, T. (2008). MFB – Wooden building system with high sound insulation. In proceedings of Inter-noise 2008. 26-29 October, Shanghai, China.