

Preliminär version 1

Rapport

Småhusbyggande med lättelement

SBUF nr 12029



Projektledare: Torbjörn Rönnerberg RM-bygg Hedemora

Deltagare:

Henry Westerlund, idégivare, Skärholmen

PeO Axelsson, utredare, Nyland

Michael Staffas, hustillverkare Besta, Sollentuna

Folke Björk, KTH, Stockholm

Juni 2011

Projektet har delfinansierats av



Sammanfattning

Aktuellt projekt har undersökt möjligheterna att uppfylla krav på hög energieffektivitet (hög täthet, låga värmegenomgångsvärden), goda ljudegenskaper, bra arbetsmiljö och god ekonomi vid byggande med och användning av lättelelement bestående av lättbalkar/reglar och sprutad träfiberisolering. Grundtanken är att varje element/block ska kunna hanteras manuellt av två personer. Det förslagna systemet bygger på att syllar placeras på kantbalkar eller golvbjälklag och att pelare med huvudbärbalkar monteras innan väggelement sätt på plats. Med pelare i byggnadens hörn och vid behov mellan dessa, till exempel på långvägg, reses och stagas. Huvudbärbalkar monteras mellan pelarna. De är förberedda med styrtappar så att de kan läggas på plats och sedan skruvas. Elementen är tänkta att tillverkas industriellt med god precision och transporteras skyddat till byggplatsen. Systemet är särskilt lämpat där möjlighet att använda kran eller kranbil är begränsat.

Hel vägg med pelare, huvudbalk och väggsektioner har testats utifrån täthet, värmegenomgång och ljud. Täthet åstadkoms genom att tätskikt (vindpapp) läggs omlott och limmas. God isoleringsförmåga åstadkoms genom begränsning av köldbryggor och sprutning av träfiberisolering i elementen samt skum i skarvar mellan elementen i samband med montering.

En kalkyl visar att det går att bygga detta hus så att tillfredsställande ekonomiska villkor kan uppnås för såväl husägaren, tillverkaren av byggelement samt byggaren.

Avsikten är att nu bygga denna byggnad i fullskala enligt i projektet vunna kunskaper och erfarenheter och därvid testa tillverknings teknik, byggteknik och arbetsmiljösituationen samt stämna av den ekonomiska kalkylen.

Innehåll

1 Inledning	3
1.1 Bakgrund.....	3
1.2 Syfte	3
1.3 Metoder	3
2 Beskrivning av undersökt byggsystem	4
2.1 Val av material	4
2.2 Modell	6
3 Resultat	9
3.1 Ritningsarbete.....	9
3.2 Täthetsprovning	12
3.3 Test av värmegenomgång	16
3.4 Täthetsprovning av väggelement.....	Fel! Bokmärket är inte definierat.
3.4. Akustiktester Ljudtest	18
3.4.2 Ljudtest av Besta väggelement	19
4 Diskussion.....	27
5 Källförteckning	27
Bilaga 1. Besta byggsystem.....	28
Bilaga 2. Kalkyl Lätthus 8x13 m	33
Bilaga 3. Resultat från akustikprovning	35

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Projektidén bygger på sammanfogning av lätta byggelement på ett nytt sätt som gör byggandet enkelt, säkert, effektivt, energisnålt och med förmodad bra kvalitet. Byggelementen, som består av träreglar och isolering med skivor på in och utsida, är tänkta att prefabriceras i industrimiljö och sedan transporteras i containrar till byggplatsen. Byggelementen läggs in i containern så att byggandet blir enkelt och rationellt. Elementen ligger kvar i containern tills de monteras. Lämpligtvis används väderskydd över byggplatsen så att elementen aldrig kan komma att utsättas för väta. Vid större antal småhus på samma plats kan fältverkstad vara lämpligt.

Ansökan till SBUF gjordes 2007. Grunden var en idé från snickare Henry Vesterlund kring ett lättbyggnadssystem för småhusbyggande. Systemet bygger på att pelare och huvudbalkar (ovan dörr/fönster) utgör stomme. I denna struktur monteras sedan väggblock. På detta sätt blir alla byggelement hanterbara för två personer. Köldbryggor minimeras genom att väggreglar och balkar i bjälklag etc består av lättbalkar (hård träfiberskiva (alt plywood) och träreglar. Projektet har studerat teknik, tillverkningsmetoder, kostnader samt testa tekniken vad avser täthet, isolering, akustik, miljö.

Projektet har haft en arbetsgrupp och referensgrupp bestående av projektledare Torbjörn Rönberg, med erfarenhet från högkvalitativ småskalig byggproduktion, med säte i Hedemora men stor andel av byggandet i Stockholmsregionen. Michael Staffas med erfarenhet från uppbyggnad av byggsystemet BESTA som bygger på block av cellplast och plywoodskivor. Folke Björk forskningsingenjör på KTH, avd för byggteknik. Arbetsgruppen består av Henry Vesterlund, snickare och idégivare, samt PeO Axelsson, teknisk doktor och expert på arbetsmiljöfrågor i byggbranschen.

1.2 Syfte

Syftet med detta projekt är att undersöka om de ovan beskrivna idéerna på uppbyggnad och sammanfogning av byggelement uppfyller gällande och förväntade byggnadstekniska krav och att testa metoden utifrån energiförbrukning, hållfasthet, akustik, arbetsmiljö, kvalitet, miljö med mera. Forskare från KTH och LTU medverkar i utvärdering och analys.

1.3 Metoder

Bygga modell

En modell i skala 1:10 byggs för att på ett pedagogiskt sätt beskriva iden. De enskilda elementen byggs var och en i fullskala för att utvärdera hantering, sammanfogning mm.

Manuella ritningar och CAD-ritningar

Byggsystemet ritas upp på traditionella ritningar men kompletteras med CAD-ritningar (Solidworks) för att studera detaljer och för att kunna beskriva helheten.

Test av täthet

Täthetstester utförs för att se hur täthet kan klaras i hela element och framför allt i skarvar. Testmetod är s.k. Blowerdoor där övertryck skapas på insidan och totala luftgenomströmningen mäts och observationer på läckage registreras.

Beräkning av värmegenomgångstal

Traditionell beräkning av värmegenomgångstal utifrån egenskaper på ingående byggmaterial och uppbyggnad. I detta ingår även beräkning av köldbryggornas påverkan.

Test av värmegenomgång

Beräkningarna kompletteras med en test där Blowerdoor används för att skapa övertryck på insida i kombination med uppvärmning och att värmekamera används för att registrera värmegenomföring och värmeläckage genom konstruktionen.

Akustiktester

Byggnadskonstruktioner med lätta byggmaterial har sämre ljudegenskaper. Därför förs en studie av ljuddämpningen av en väggkonstruktion. Ljudtesten sker på Luleå Tekniska Universitet.

Produktionsanalys

Denna utförs av sakkunniga på fabriksproduktion och på byggplatsmontering och ska bl.a. skapa underlag för kostnadskalkyl.

2 Beskrivning av undersökt byggsystem

2.1 Val av material

Grundläggande vid val av material har varit att konstruktionen ska vara lätt och lätt att hantera. Materialen skall ge så lite miljöbelastning som möjligt. De ska i sitt system ge goda möjligheter till låg energiförbrukning, god täthet, bra ljudisolering och ge möjlighet till konkurrenskraftiga priser på den totala boendekostnaden.

Bärande byggnadsdelar

Lättbalkar i bärande balkar och som huvudsaklig lastbärare i väggar används. Den består av träreglar men mellanliggande liv av skivmaterial. Från början diskuterades hård träfiberskiva från Masonite, K-board (8 mm), men senare har andra alternativ diskuterats. I diskussionen har förutom hård träfiberskiva även plywood (9 mm) förekommit. Viktskillnaden mellan dessa material är liten. Dimensionsförändringar pga. uttorkning av hård träfiberskiva eller plywood är liten. För träreglar t ex i en lättbalk är dimensionsförändringar tvärs fiberriktningen betydande, ca 10 %. Masonite i Rundvik har nyligt startat upp en ny lina för tillverkning av Masonite-balken med stor

automationsgrad. Konkurrenten från norska Hunton I-bleke är betydande. Priserna kommer troligen att pressas nedåt.

Lättbalkar används dock framförallt för att minska förekomsten av köldbryggor och öka andelen isolering i bjälklag och väggar.

Isolering

Diskussionerna om isoleringsmaterial har varit omfattande. I projektet användes från början mineralull som då var tänkt att skäras till i olika skikt lagda i olika riktningar för att minska risken för springor. Efterhand ökade intresset för lösisolering som sprutas in i väggelementen. Isolering i form skivor i väggar ger en ökad risk för att det blir glipor mellan skivor men framförallt mot regler. Då aktuella lättväggar inte har genomgående regler utan regler av lättbalkstyp ökar komplexiteten och riskerna för glipor mellan regler och isolering ökar. Av dessa anledningar ökade intresset för lösisolering. Tidigare har det varit svårt att förhindra sättningar i isoleringsmaterialet när man sprutar isolering i väggar. Materialen skiljer sig lite åt och vissa har större möjlighet att skapa sammanhållande enheter än andra. Alla lösisoleringstyper fungera bra på vindsbjälklag då en komprimering (nedsjunkning) inte har någon nämnvärd betydelse. I väggar är dock en komprimering som leder till glipor i överkant mellan isolering och regel ett allvarligt problem. Träfiber (pappersmassa som fluffas och behandlas) som sprutas in med reglerat tryck ger ett block som inte komprimeras med tiden. Träfiberisolering består av fibrer med små hullingar som binder samman materialet. Träfiberisoleringen är behandlad mot brandrisk och mögelangrepp. Träfiberisolering klarar dessutom av att innehålla viss fukt utan att då få försämrade isoleringsförmåga eller ta skada. Den torkar ur när fukttilförseln avstannar. Det är planerat att alla block ska förses med isolering i form av insprutad träfiber före leverans.

Byggsystemet BESTA, som deltagit i projektet och används som jämförelseexempel, har som huvudsaklig isolering cellplast och i inre skiktet mineralull. Cellplasten ligger mellan plywoodskivor. Cellplastblocken ansluter mot varandra och genom en viss överdimensionering kommer cellplastblocken att ansluta väl mot varandra. Cellplast tar inte till sig fukt då den består av täta celler. Den ger dock inte möjlighet för ev fukt att vandra i konstruktionen.

Vindtätet

För det yttre vindtäta skiktet har valts Asfaboard som ger ett visst skydd och stabilitet för blockens isolering samtidigt som de erbjuder bra vindtätet. Alternativ skulle kunna vara förhyningspapp/vindpapp eller utvändigt gips. Båda dessa upplevs som mindre lämpliga för transport av blocken.

Fuktspärr/fuktbroms

Val av fuktskadeförhindrande åtgärd beror på flera faktorer. Om man väljer en fuktspärr i närheten av innerytan minskas risken för fuktvandring utåt i konstruktionen som i sin tur kan innebära av fuktfylld luft kondenserar inne i väggkonstruktionen med risk att väggmaterial tar skada. Om mineralisolering då används kommer denna att behålla fukten i isoleringen och mögel kommer med stor sannolikhet att bildas. Om trämaterial t ex

träfiber används som isolering finns möjlighet till fuktvandring i konstruktionen och ev. fukt kan vandra ut ur konstruktionen mot utsidan av väggen då denna är torr som vid t ex torra och varma perioder och uteluften har stor förmåga att ta till sig fukt. I detta fall är det inte lika viktigt att använda fuktspärr. Det kan tom vara ett hinder för att naturlig fukt eller fukt som vandrat in i väggen kan tränga ut ur konstruktionen. Fuktvandring inifrån och utåt är störst på vinterhalvåret då den varma inomhusluften kan innehålla mycket fukt, vill vandra utåt i konstruktionen mot den kalla uteluften som inte har samma förmåga att innehålla fukt. Under andra förhållanden då fukttinnehållet är större i uteluften än i inneluften kan fuktig luft vandra inåt och vid nedkylning kondensera i väggen. Denna fukt bör inte ges möjlighet att skada konstruktionen och ett isoleringsmaterial som klarar av att vara fuktigt under kortare perioder och sedan kunna torka ut är att föredra. Kombinationen fuktbroms och träfiber har stora förutsättningar att klara alla de förhållanden som en vägg kan utsättas för utan att ta skada och få minskad isoleringsförmåga. I aktuellt system har valts träfiberisolering och fuktbroms i form av förhydningspapp eller motsvarande. Denna förhydningspapp utgör samtidigt ett tätskikt som är mycket betydande för att åstadkomma en vägg där värme inte strömmar ut ur väggen. Det är mycket viktigt att lägga stor omsorg att detta skikt sammansluts i alla skarvar, mellan block och mellan vägg och bjälklag. Det får heller inte brytas av genomföringar eller installationer utan att man tätar ordentligt runt dessa. Av denna anledning placeras fuktbromsen ca 45-70 mm innanför inre väggytan så att eldosor, eldragningar och andra installationer läggs innanför fuktbromsen/tätskiktet.

2.2 Modell

För att testa modell har fullskalemodeller av syll, pelare, huvudbalk och väggelement byggts upp. Även en modell i skala 1:5 har byggts för att ha med sig och visa på möten med olika intressenter.



Figur 1. Yttre golvbalkar, syll, pelarfästen och golvblock på plats



Figur 2. Hörnpelare och mellanpelare monterade



Figur 3. Huvudbärbalkar monterade mellan pelare



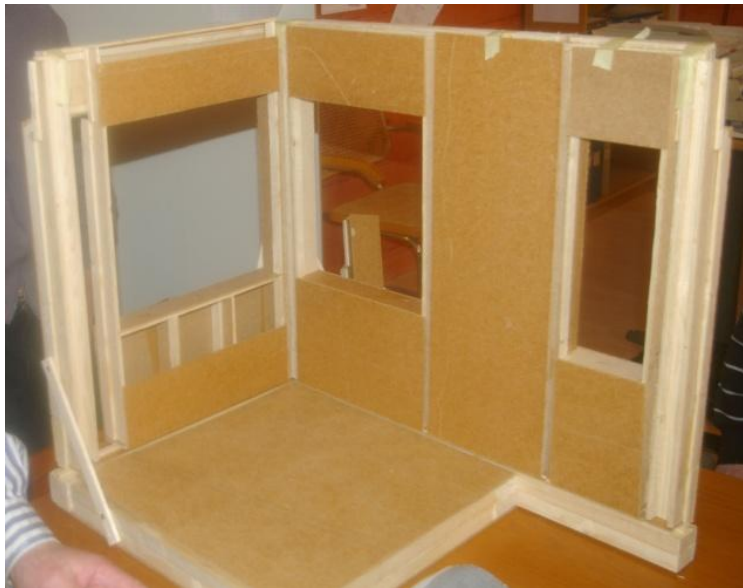
Figur 4a och b. Väggblock med fönsteröppning monteras



Figur 5. Väggblock monteras



Figur 6. Sista väggblocket i detta fack monteras



Figur 7. Väggblock i intilliggande fack monterat



Figur 8. Väggelement sprutat med träfiber.

3 Resultat

3.1 Tekniska överväganden

Teknikdiskussioner har förts med Byggteknik på KTH, Folke Björk, som även är med i projektets referensgrupp. De frågor som behandlats särskilt är

- täthet i block/element
- täthet mellan block/element
- val av isolering och ångspärr/ångbroms
- teknik för att klara installationer utan att bryta täthet

Diskussioner om uppbyggnad av elementen utifrån akustik har förts med Luleå tekniska universitet.

Frågor kring ett hållbart och klimatriktigt byggande har förts med Ekologiskt byggande på Mittuniversitetet i Östersund.

Ett behov av att få en uppfattning om kostnaderna för att åstadkomma en byggnad med aktuell metod innebar att stort jobb har lagts ner på diskussion och beräkning kring hur block/element skall utformas och tillverkas samt hur montering på byggplats skall se ut. Dvs kalkylen visar inte att det skulle bli dyrare att bygga på detta sätt än lösvirke eller storblock.

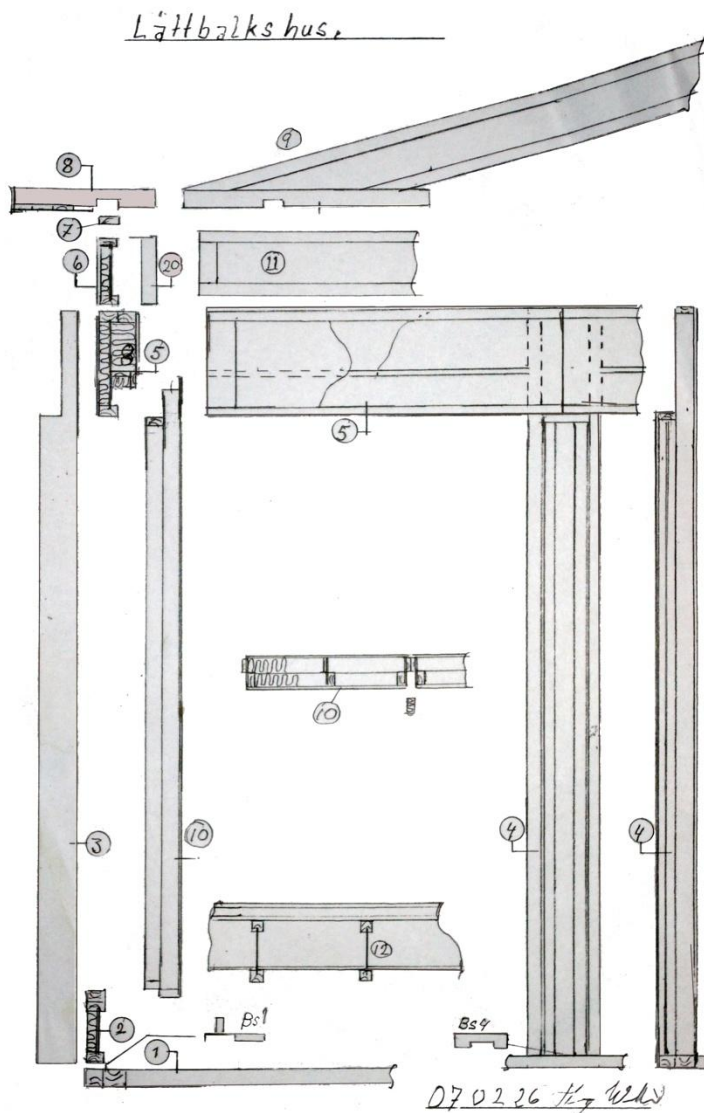
Den isoleringstyp som verkar intressant är träfiber. I väggblock, huvudbalkar och pelare sprutas detta in vid tillverkning av blocken. Isolering i bjälklag sprutas på plats.

Tätning mellan block/element kan vara

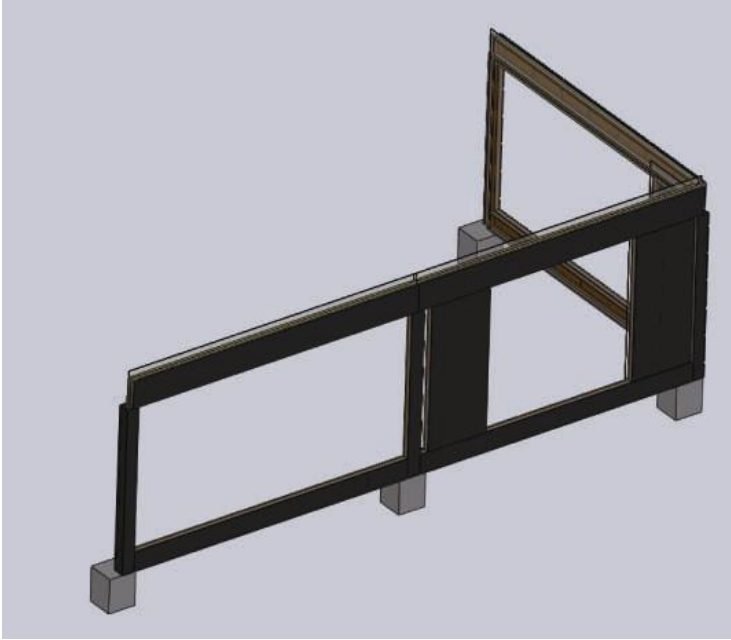
- tätningsemsor av pappersmassa som sväller vid fukttilförsel
- remsor av formad isolering av träfiber
- skum i kombination med isoleringsremsor

3.2 Ritningsarbete

Tillvägagångssättet har varit att idégivaren Henry Westerlund har ritat upp alla detaljer och element på traditionell pappersritning. Sedan har alla detaljer och element ritats i CAD som gjort det möjligt till studier av sammanfogning mm samt kunnat studera kompletta delar av byggnad.



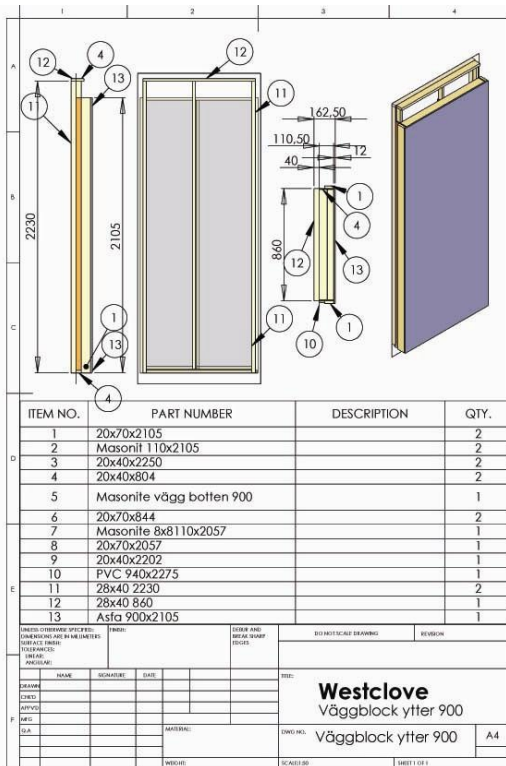
Figur 9. Manuell ritning som beskriver de olika byggelementen



Figur 10. CAD-ritning på sammansatta delar, grundbalkar, syll, pelare, huvudbärbalk och två väggelement



Figur 11. Flera CAD-ritade byggdelar sammanfogade



Figur 12. Tillverkningsritning på väggelement

Fler CAD-ritningar redovisas i bilaga.

3.3 Täthetsprovning

Bakgrund

Test av täthet utfördes på en uppbyggd vägg bestående av syll. Två pelare, huvudbärbalk och tre väggelement utan fönster. Tätning mellan väggblock och pelare samt mellan väggblock genomfördes genom att träfiberisolering sprutades in uppifrån.

Täthetstest

Syll, pelare, huvudbärbalk samt väggblock sätts samman och tätas enligt föreslagen metod. På insidan av konstruktionen (väggen) monteras en låda (500 mm djup) bestående av plywoodskivor uppstyvad med regler (45x95). Plast monteras inne i lådan och mot väggelementen så att lådan och anslutningar är helt täta. God täthet kan åstadkommas genom att limma mellan plast och träreglar etc samt spika fast med list. I bakstycket monteras in karmen till en dörr t.ex. 70x200 (mindre desto bättre). I denna karm monteras sedan en Blower door i vilken en fläkt kan monteras. I lådan monteras sedan en manometer så att trycket i lådan kan registreras. Inluften färgades sedan med en färgpatron.



Figur. Övertryck skapades med Blower door i tätt utrymme på väggelementets insida



Figur Blower door monterad i dörröppning i det täta utrymmet.

Registrering av resultat

Genom att fotografera /filma och registrera såg vi hur konstruktionen klarade sig och var ev. läckage finns. Under testens gång utfördes förändringar för att testa lämpliga täthetsåtgärder.



Figur. Montering av huvudbärbalk

Mätning luftflöde genom vägg

Bakgrund

Mätningarna utfördes för att utröna var läckage av luft (värme) kunde ske i väggkonstruktionen. Mätningarna utfördes i Termoträs lokaler i Järbo 2010 10 06 samt 2010 10 28. För att åstadkomma övertryck och för mätning av läckage användes en sk Blower door med kringutrustning. Beskrives nedan.

Deltagare var Henry Vesterlund, Krister (kolla), Christer Hägglund f.d KTH, Torbjörn Rönberg, Reidar Berglund Termoträ, PeO Axelsson

Tillvägagångssätt

Montering av vägg, tätningsdiskussioner,
Bygga låda (luftutjämningskammare) på väggens insida.
Placerar plastfolie direkt mellan låda och vägg.
Tätar låda med Silvertejp.

Resultat

Lådans läckage

Placerar Blower door i lådans dörröppning. Vi hade tejpats skarvarna mellan skivorna med silvertejp. Denna tätning, som i förra mätningen visade sig mycket säker då OSB-skivorna i sig är täta, gör att vi med stor säkerhet kan säga att otätheter härrör till lådan och otätheter kring fläkten etc.

Ställer in så att tryckskillnaden mellan inne i lådan och utanför är 50 pascal.

Genomströmningen i fläkten med 7 stängda hål (1 öppet) är vad tryckskillnaden i pascal betyder. Mätaren anger 55 pascal som i tabellen ger värdet ? kubikfot/minut, som motsvarar liter/sek. Detta är alltså vad själva lådan läcker.

Väggens läckage

Nu tas tejpem mellan OSB-skivorna bort.

Fläkten startas och tryckskillnaden 50 pascal ställs in. Genomströmningen vid 7 stängda öppningar motsvarar nu 60-65 pascal. I tabell ger detta värdet 85 kubikfot/minut vilket i sin tur motsvarar $(85 \times 0,472)$ 40,12 liter/sek. Detta är alltså vad väggen och lådan tillsammans läcker. Väggen läcker alltså $40,12 - 2,4 = 37,7$ Liter/sek

Väggens yta är $2,45 \times 2,9 \text{ m} = 7,1 \text{ m}^2$

Detta ger mängden genomströmmande luft till $37,7/7,1 = 5,2$ liter/m² o sek

Kör man fläkten baklänges ger genomströmningen tryckskillnaden 75 istället för 25 vilket motsvarar Vilket i sin tur ger totalt 75,52 liter/sekund inläckning. Tyvärr har vi inte värdet för lådans inläckning vilket kan vara en stor del av detta då tejpem mycket väl kan släppa vid baksug.

Diskussion

Skarvarna mellan OSB-skivorna tejpades nu och en ny trycksättning gav värdet 5 pascal, dvs endast lådans läckning. Väggen läcker inte alls då OSB-skivorna tätas. Det vore naturligtvis OK att täta dessa OSB-skivor med tejp i praktiken då de ska kläs med gips, men alla genomföringar kommer att perforera detta skikt med stort läckage som följd. Det inre skiktet kan förbättras genom att dukarna lägges omlott och "dubbelfalsas".



Figur Montering pelare till hörnsyll

3.3 Test av värmegenomgång

Bakgrund

Mätningarna utfördes för att utröna var väggkonstruktionen har sina svagheter vad beträffar ev värmeläckage och köldbryggor. Mätningarna utfördes i Termoträs lokaler i Järbo 2010 10 28. För att åstadkomma övertryck och för mätning av läckage användes en sk Blower door med kringutrustning. För att åstadkomma värme på väggen insida användes kupévärmare. För att registrera temperaturskillnader i ytterytan användes en värmekamera. Beskrives nedan.

Deltagare 2010 10 28 var Henry Vesterlund, Krister (kolla), Reidar Berglund Termoträ, PeO Axelsson

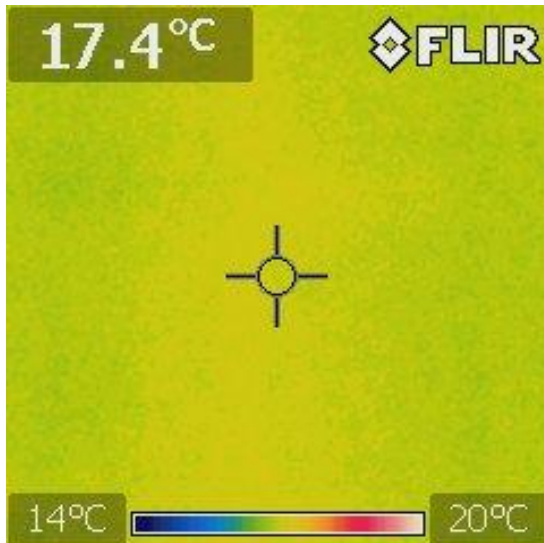
Tillvägagångssätt

Väggen från testen 20 10 06 förändrades genom att en trekantig täcklist monterades utifrån i vertikala skarvar.

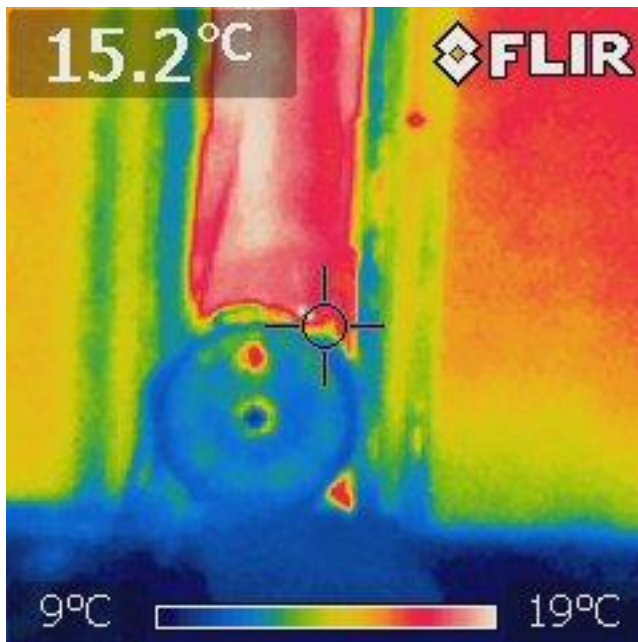
Blower door monterades som vid förra testen. Kupévärmare användes för att höja temperaturen i lådan (insida vägg) till ca 30 grader. Denna temperatur får stå på ca 2 timmar så att kontinuerlig genomströmning uppnås. Fläkten till Blower door sätts igång och tryckskillnaden ställdes in på 50 pascal. Tillvägagångssättet diskuterades med Folke

Björk som menade att eventuella läckage och köldbryggor kommer att avslöjas med detta förfarande.

Resultat registreras i luftgenomströmning per kvadratmeter och med fotografering med värmekamera, FLIR i7.



Figur . Bild tagen med värmekamera Flir i7 på väggen utsida efter att insidan utsatts för övertryck och 30 graders temperatur under 2 timmar.



Figur . Bild tagen med värmekamera Flir i7 mot Blower door. Här ses tydlig skillnad på inluftens temperatur vid fläkten och värmeläckage genom Blower door duken.

3.4. Akustiktester Ljudtest

Principerna för föreslagen byggt teknik och ingående material visades upp och bedömdes ur ljuddämpningssynpunkt av akustikexperter på Luleå Tekniska Universitet (LTU).

Två skivmaterial med mellanrum som fylls med material kan ljudmässigt uppfattas som en styv skiva beroende på vilket material som mellanrummet fylls med.

Cellplast innebär att skivmaterialet bildar en skiva, dvs. mycket dålig ljuddämpning/ljudreducering. Cellplasten leder ljudet bra.

Stål/stenull ger en effektiv dämpning av ljudet då ljud i mellanrummet absorberas effektivt.

Om hålrum med styva släta ytor bildas och mellanrummet inte fylls med något uppstår lätt resonans. T ex lockpanel utanför en GNU-skiva (gips).

Tunga material har större dämpningsförmåga. Betongskivor, väggar etc. har mycket god ljuddämpning. Däremot kan betongväggen leda direktljud t ex ljud från borr- och bilningsarbete direkt i betongen.

Man skall försöka undvika att byggmaterial har egensvängning inom frekvensintervallet 50-5000. Detta kan innebära att ljuddämpning försämras. Man kan genom att bryta ljudkontaktytor reducera ljudläckage. Genom att separera hårda material och lägga in absorberande material i hålrum kan ljudöverföring minskas.

Analys av tekniks lösningar görs utifrån materialval, tjocklek, densitet, täthet.

Det kommer dock att krävas ett fullskalförsök. Då byggs väggblocken in i en ram med yttermått 3000 x 3600 mm. Inom denna ram bör de viktiga komponenterna finnas.

- Väggblock
- Huvudbärbalk
- Pelare
- Vertikal skarv mellan pelare/väggblock, väggblock/väggblock
- Horisontell skarv mellan huvudbärbalk och väggelement

Spontant upplever Bror och Fredrik byggsystemet som intressant men menade att för Norrländska förhållanden var väggtjockleken för liten.

Även ett annat byggsystem, ett passivhussystem BESTA med cellplast mellan två plywoodskikt kommer att testas. För att dessa skall fungera bra ljudmässigt måste de kompletteras med mineralullsskikt.

God ljudkomfort inomhus är en av en byggnads många kvaliteter. Traditionellt byggande av små byggnader med träreglar och mineralull som isolering har en

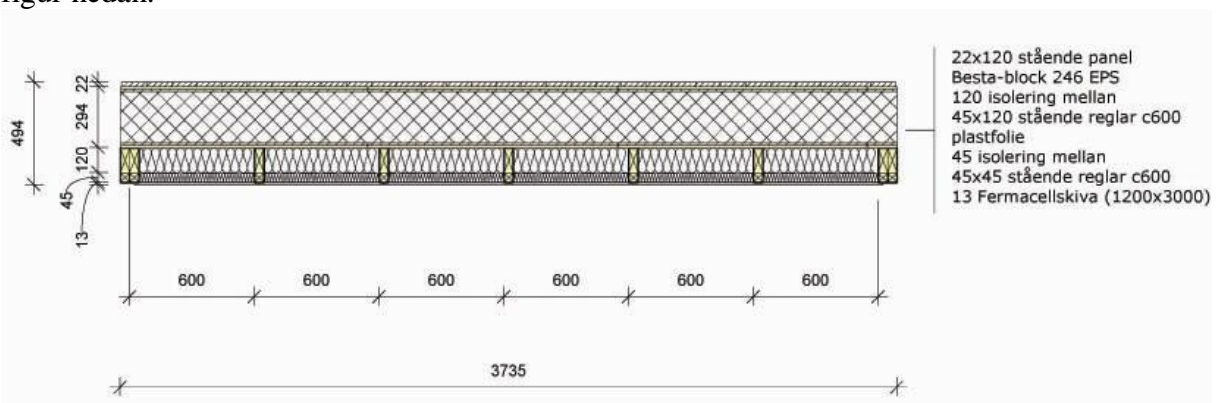
ljudisoleringsförmåga som är relativt känd även om den inte alltid är tillfyllest för aktuella förhållanden. En av lättbyggnadsteknikens nackdelar är begränsad ljudisoleringsförmåga. Då det är därför av stort värde att ha en viss koll på att aktuella konstruktioner inte leder till alltför kraftigt försämrade ljudförhållanden. Därför har vi i projektet låtit utföra tester av ljudreduktionen i den i projektet utvecklade lättbyggnadstekniken samt för den i referensgruppen deltagande företaget BESTA utvecklade lättbyggnadsteknik med huvudkomponent i väggen bestående av cellplastisolering mellan plywoodskivor. Det finns idag inga krav på ljudreduktion i

ytterväggar på småhus med kraven på behaglig inomhusmiljö ökar ständigt och i takt med förtätningar i storstäder etc kommer krav på ljudreduktion i ytterväggar att bli av intresse för brukare och ett säljargument för husfabrikanter. En idealisk väggkonstruktion för att ge hög ljudreduktion består av relativt tunga och styva inner och ytterskikt med tomrum eller isolering emellan som absorberar ljud. Lättbyggnadstekniken avviker från denna idealiska konstruktion för att erhålla bra värmeisoleringssegenskaper och lätthanterliga element. Det är dock viktigt att man så långt som möjligt försöker ge konstruktionen bra ljudreduktionsegenskaper.

Det är endast Luleå Tekniska universitet bland högskolorna i Sverige som har en akustikavdelning. Ljudtest har utförts i deras laboratorium. Testen som utförts bygger på en ISO-standard med beteckningen ISO- . Den går grov ut på att en modell av väggen med måtten 3 m x 3,5 m läggs ner i en ram i ett håll i ett betongbjälklag varefter ljud med frekvenserna 50 – 5000 Hz startas på ovensidan och mätning av ljudet på undersidan mäts. Väggelementen byggs upp som en komplett vägg med ytterbeklädnad och innerbeklädnad och alla skikt och stomme mm där emellan. Erhållna värden läggs in i ett diagram och jämförs med en referenskurva. Ljudreduktionstalet erhålls av referenskurvans läge vid 500 Hz efter injustering mot erhållna mätvärden. Som jämförelse kan nämnas att lägenhetsskiljande väggar skall ha ett minsta ljudreduktionsvärde på 52 dB (lägsta klassen). Provingarna utfördes av Bror Tingvall.

3.4.2 Ljudtest av Besta väggelement

Besta väggkonstruktion är uppbyggt av klotsar bestående av cellplastblock med plywoodskivor på var sida. I en komplett väggkonstruktion monteras t ex träpanel på utsidan och två skikt av mineralull mellan träreglar på insidan. Mellan dessa monteras plastfolie. På insidan monteras Fermacell (glasfiberarmerad, cementbunden skiva). Se figur nedan.



Figur Tvärsnitt av BESTA väggkonstruktion.

Resultat

Ljudtesten av ovan redovisade konstruktion gav ljudreduktionstalet 51 dB. Dvs nästan i nivå med lägenhetsskiljande vägg av lägsta klassen. Det var framför allt i frekvenserna mellan 200 – 1000 Hz där reduktionen var under referenskurvan. Frågan var då om det fanns åtgärder av enklare karaktär som skulle kunna öka ljudreduktionstalet. Bror

Tingvall, med stor erfarenhet och kunnande kring aktuella frågor kunde se en väsentlig svaghet i konstruktionen som var möjlig att förändra. Det var att de stående reglarna i isoleringsskikten på väggens insida låg mot varandra. Det torde gå att markant öka ljudreduktionen genom att dessa placerades så att de inte vidrörde varandra. Väggen byggdes därför om och de stående väggreglarna försköts 300 mm. I övrigt var konstruktionen samma som tidigare. Ljudreduktionstalet ökade nu till 55 dB. En åtgärd som inte på något sätt försämrade väggen egenskaper i övrigt gav alltså en betydande förbättring av ljudreduktionen.
(Jämför med andra traditionella väggkonstruktioner)

Mätningar har utförts på sandwichvägg från Bestahus i två utföranden;
Test 1 – med regelverket för innerväggen kopplat till ytterväggsreglarna
Test 2 – regelverket för innerväggen separerad från ytterväggsreglarna. Anslutning av innerväggsglarna är utförd i ytterramen.

Mätresultat

Ljudisolering - $R'w$ -värdet för de två mätningarna är följande;

$R'w$ -värde (100-3150Hz); med C-korrektion, ISO 717-1

TEST 1 $R_{w(50-5000;C_{tr})}$ **51 (- 2; - 11) dB**

TEST 2 $R_{w(50-5000;C_{tr})}$ **54 (- 1;- 8) dB**

Resultaten av ljudisoleringen (Reduktionstalet) vid olika frekvenserna visas i diagram (bilaga)

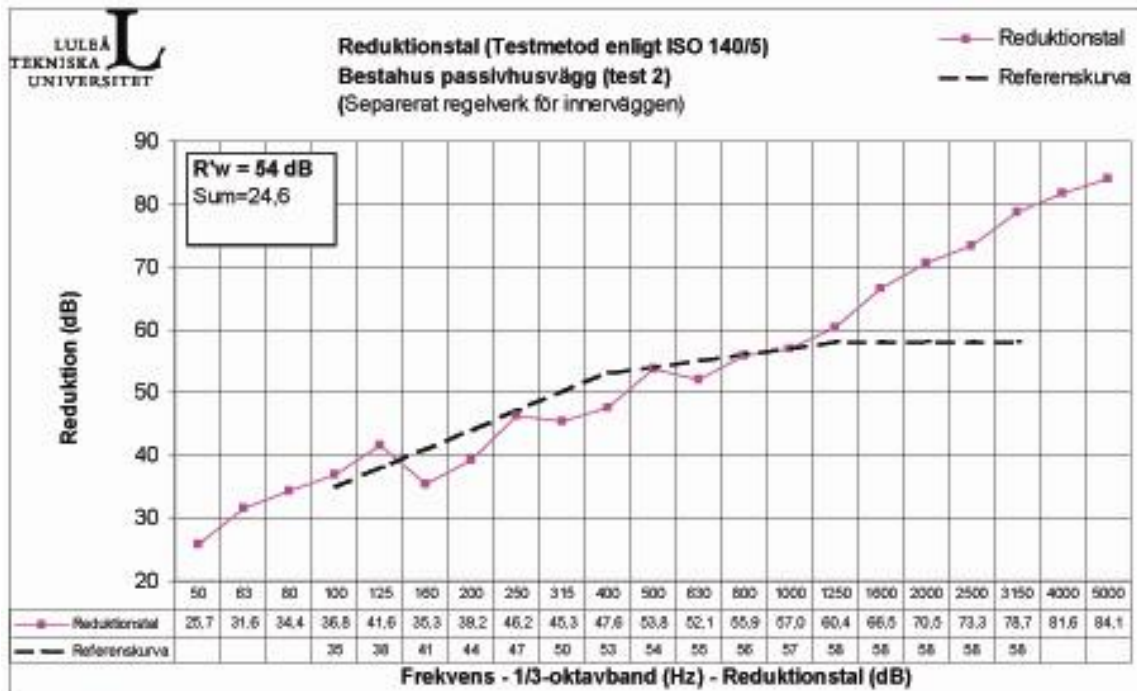
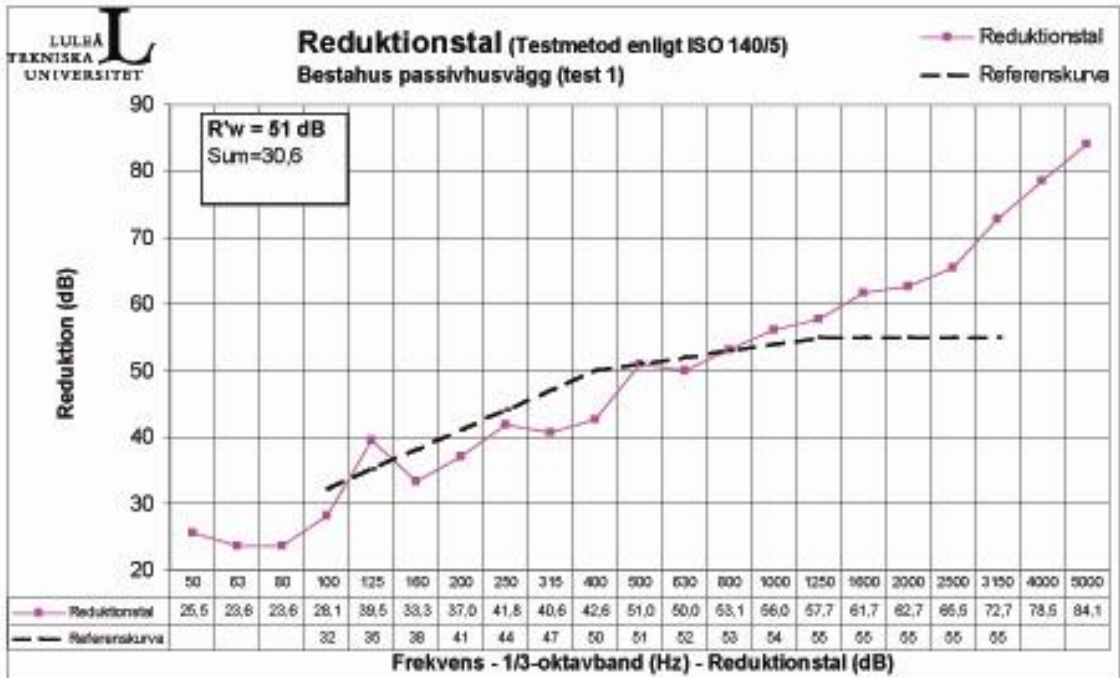
inom frekvensområdet 50 – 5000 Hz. Beräkningarna av det vägda reduktionstalet, $R'w$, avser frekvensområdet enligt standarden 100 – 3150 Hz. C-korrektion för inomhusbuller resp. stadstrafikbuller anges med utökat frekvensområde (50-5000 Hz).

Mätmetoder

Mätningarna har utförts enligt standarden SS-EN ISO 140/5 samt EN ISO 717-1.

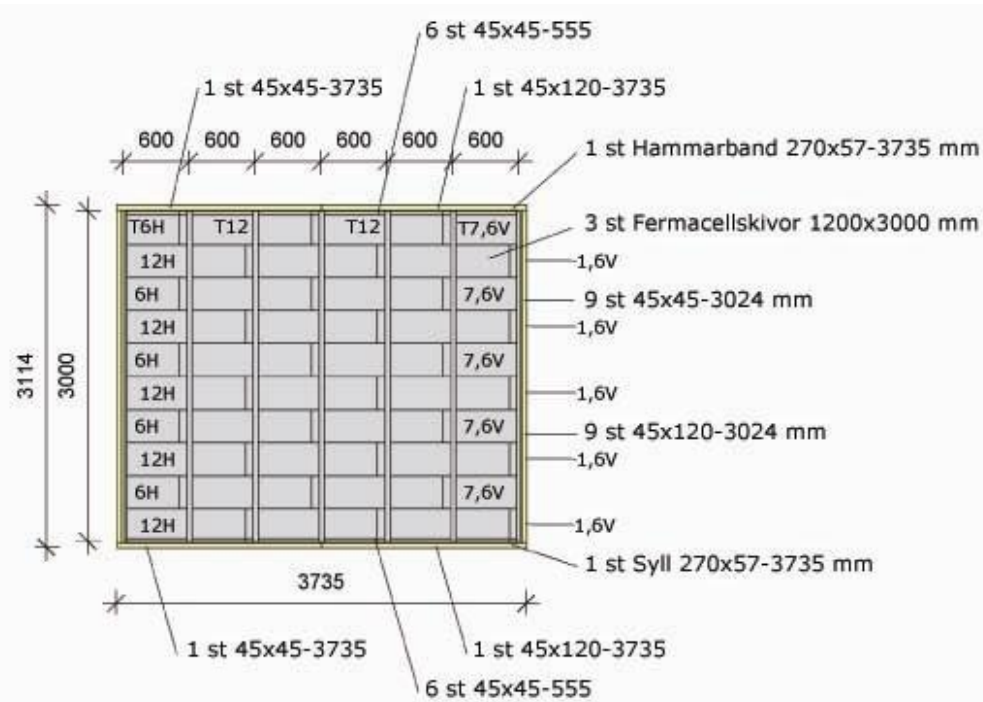
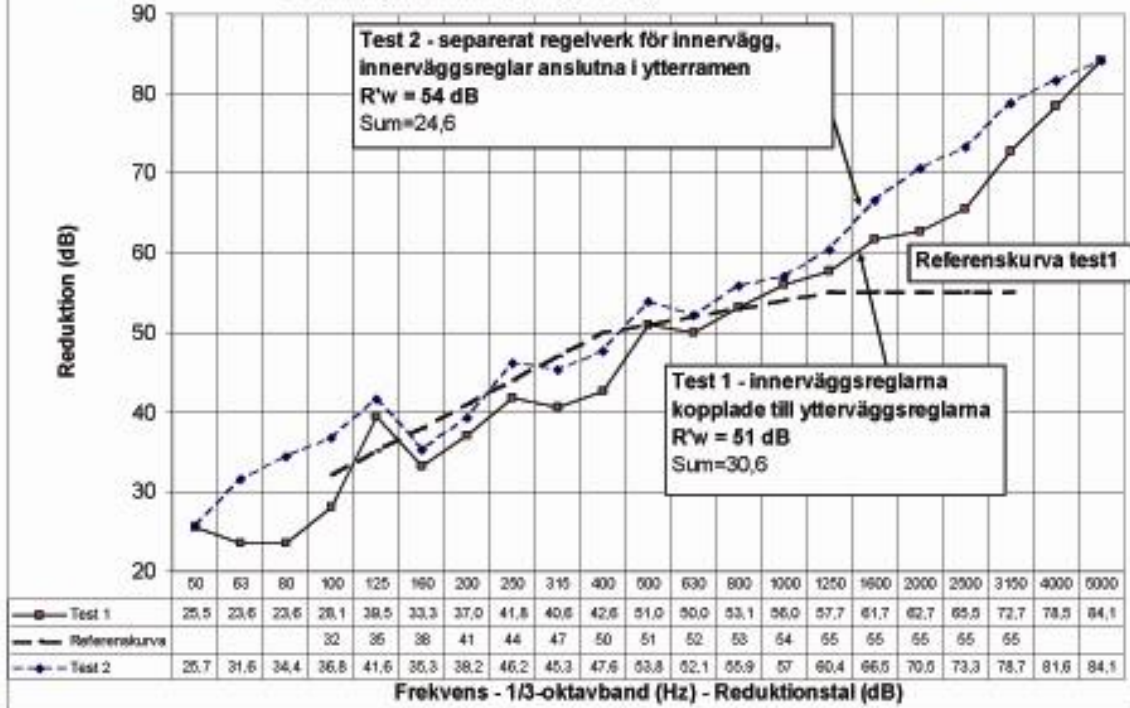
Metoden lämpar sig för mätningar av bland annat av fasaders ljudisolering.

Metoden bygger på att det infallande ljudet från en högtalare är 45 grader emot testväggen i sändarrummet.



Reduktionstal (Testmetod enligt ISO 140/5) Bestahus passivhusvägg - (test 1, 2)

- Test 1
- Referenskurva
- Test 2





Ljudtest 2



Figur Tätning mellan väggblock med hjälp av fogsium och träfiberisoleringsremsa



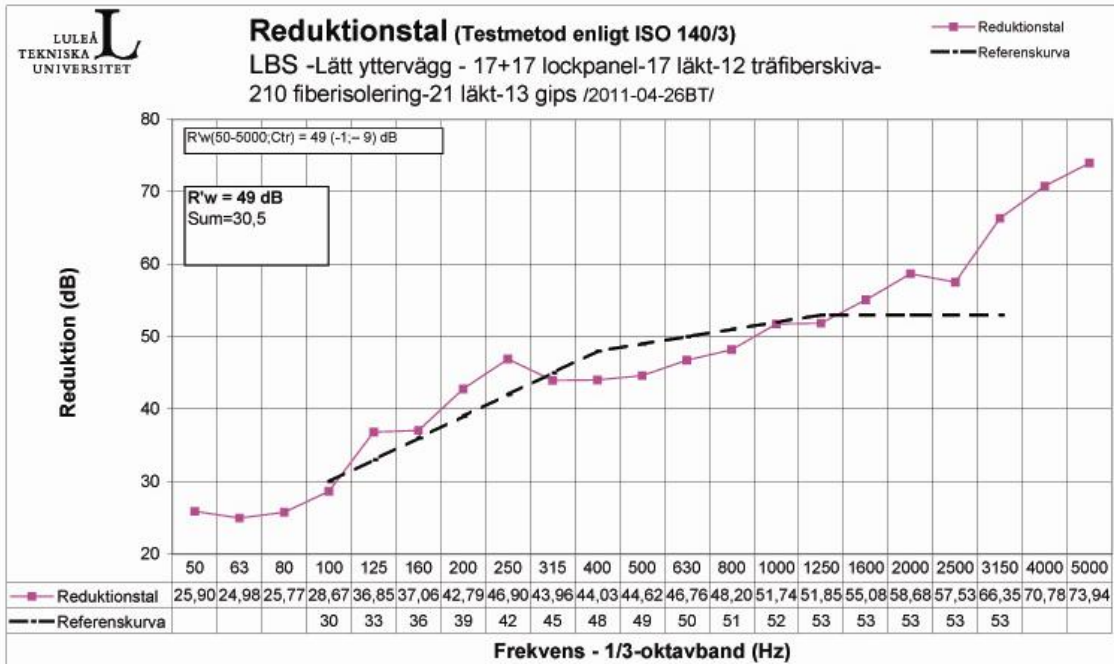
v



Figur Använt fogskum



Figur Tätning i skarvar mellan väggblock och mellan väggblock och pelare med skum.



Figur Resultat av ljudtest på lättelemtvägg

Kommentar. Med tanke på den tunnare väggkonstruktionen i förhållande till BESTA så är ljudreduceringstalet rimligt och väntat. BESTA har förutom en tjockare konstruktion även en tyngre skiva på insidan och två lagen med stenull mellan reglar som inte ligger mot varandra.

3.5 Ekonomisk analys

Bakgrund

En genomgång av kostnader för att ta fram de ingående elementen samt att montera samman och färdigställa en byggnad har gjort i Exell. (Se bilaga 2). Bedömning av totalkostnaden har gjort för en enplansvilla av storleken 100 kvm. Bedömning av kostnader för material och bearbetning har gjorts med hjälp av sakkunniga på produktion. Bedömning av kostnader för montering och färdigställande har gjort med hjälp av byggföretag som medverkat i projektet. Jämförelse har gjort med motsvarande byggnad tillverkad med storblock och monterad med kranbil. I båda fallen inklusive monterad standardgrund, el, vvs, mattläggning, invändig målning, tapetsering, spis, kyl och frys och diskmaskin samt mindre veranda.

Resultat

Totalkostnaden för en villa byggd med det nya systemet är något dyrare än en villa byggd enligt storblocksmetoden (Älvsbyhus). Totalkostnad före påslag beräknas till 940 000:- med påslag för administration, marknadsföring och vinst beräknas försäljningspriset bli ca 1 315 000:-. Ett Älvsbyhus kostade 25 juni 2011 1 077 000:-.

4 Diskussion

Det är av stort värde att nya byggsystem utvecklas och att nya aspekter på byggandet testas. I detta projekt har det en byggnads grundläggande funktioner som värmeisolering och täthet varit prioriterade men möjligheten att hantera byggelement på två personer är och bygga utan kran har varit det speciella med systemet. Dessutom har studier av ljudisolering och miljöfrågor lyfts fram. En kostnadsjämförelse har gjorts för att systemet inte onödigt ska leda till ökade bygg- och boendekostnader. Projektet har hela tiden haft grundtankarna kvar i att systemet ska ge möjlighet för två personer att utan lyftkranar montera en byggnad med prefabricerade byggelement. Flera förändringar har dock skett på detaljnivå för att förbättra täthet, värmeisolering och hantering och montering av elementen. Detta innebär att tester som genomförts i praktiken har skett på lite olika system. Det går dock trots detta att dra vissa slutsatser av testerna som är värdefulla för en slutgiltig bedömning av det utvecklade systemet.

Systemet beräknas inte bli billigare än befintliga system men ger möjlighet till egnahemsbyggande och byggande på platser där användning kranbil eller liknade inte är möjligt. Med lättelemt med liten andel tunga material kan ökad isoleringsförmåga genom bl.a. liten andel köldbryggor uppnås. Lätta element ger normalt dålig ljudisoleringsförmåga. Dock har åtgärder vidtagits för att så långt som möjligt minska den försämrade ljudisoleringsförmågan.

Det har inte framkommit resultat som allvarligt omkullkastar systemet. Det som kanske är dess svaga sida är kostnader för produktion och byggande som ligger lite över de idag billigaste systemen med byggande av prefabricerade helväggssystem. Det vore värdefullt att testa byggande av mindre byggnad med detta system. Här kan tillverkning av element, montering och totalkostnader studeras på ett bättre sätt.

5 Källförteckning (ej komplett)

Akustik
Miljö
Isolering
Blower door

Bilaga 1. Besta byggsystem

Besta-block allmänt



Blocken är tillverkade av EPS-cellplast och plywood.
Den isolerade cellplasten finns i två tjocklekar:
246 mm EPS och 146 mm EPS.

Besta-block 246 EPS:

U-värde, $U_p = 0,11 \text{ W/m}^2\text{°C}$ med 246 mm EPS och
70 mm min.ull mellan invändiga reglar.

Väggjocklek (exkl fasadmaterial) = 390 mm

(Uppbyggnad från insidan: 13 mm gipsskiva, 12 mm plywood/OSB-skiva, 70 mm reglar
och min.ull,

295 mm Besta-block 246 EPS)

Besta-block 146 EPS:

U-värde, $U_p = 0,16 \text{ W/m}^2\text{°C}$ med 146 mm EPS och 70 mm min.ull mellan invändiga
reglar. Väggjocklek (exkl fasadmaterial) = 290 mm

(Uppbyggnad från insidan: 13 mm gipsskiva, 12 mm plywood/OSB-skiva, 70 mm reglar
och min.ull, 195 mm Besta-block 146 EPS)

Valet av isolertjocklek beror på vilken typ av byggnad som skall byggas och vilket U-värde som krävs av väggkonstruktionen. Ju mer isolering i grunden, väggarna och taket, desto lägre energiförbrukning för att värma (eller kyla) byggnaden. Miljövänligt och ekonomiskt under hela byggnadens livslängd!

Fördelen med Besta-block är att byggtekniken är densamma oavsett vilken isolertjocklek man väljer. Det går alltså i stort sett lika fort att bygga en yttervägg med mycket bra isolering, t ex till ett passivhus, som det går att bygga en vägg med något sämre isolering.

Besta - Bygg hus lite enklare

- Lätta byggelement i sandwichkonstruktion - utan köldbrygga.

- Ger en välisolerad och bärande yttervägg för byggnader upp till maximalt två plan.
- Enkelt montage i förband enligt lättlästa monteringsritningar - ger kort byggtid.
- Ingen sågning = inget spill, vilket ger en ren och trivsamt arbetsplats.
- Invändigt stående reglar bildar installationszon för enkel eldragning och extra isolering.
- Mellanbjälklag (vid byggnader i 2-plan) monteras på insidan av de invändigt stående reglarna. Därmed blir bjälklagsanslutningen helt utan köldbryggor.
- Utsida yttervägg kompletteras med valfri fasadbeklädnad, t ex panel eller puts.

Besta-block teknisk information

- Inget Besta-block är längre än 1200 mm (undantag: Balkblock är längre)
Inget Besta-block är högre än 300 mm.
- Besta-blocken monteras alltid enligt monteringsritningen. Samtliga block har en beteckning, skrivet både på Besta-blocket och på monteringsritningen. Beteckningen anger vilken typ av block det är samt vilken längd respektive höjd som blocket har.

Ex. typ: H=ytterhörnblock, IH=innerhörnblock, B=balkblock

Ex. längd och höjd: 9-255, längd = 9 dm, höjd = 255 mm

Undantag:

- Standardlängden 1200 mm anges aldrig på block eller ritning
- Normalhöjden 300 mm anges aldrig på block eller ritning

- Cellplasten på Besta-blockens kortändar är utformad som not och spont. Sponten (den utstickande cellplasten) ska alltid vara vänd åt vänster när man monterar blocken, förutsatt att man står inne på grunden.

Besta-blocken har alltså en vänster sida och en höger sida.

Vänster sida, "V" = spont. Höger sida, "H" = not.



Standardblock

Är den vanligaste typen av block i en stomme.
Längd = 1200 mm, Höjd = 300 mm.

Besta-block 246 EPS: Total bredd = 295 mm, vikt ca 7 kg.

Besta-block 146 EPS: Total bredd = 195 mm, vikt ca 5,5 kg.



Hörnblock

Levereras till ytterhörn, innerhörn eller burspråk som färdiga vinkelblock (ex 90° eller 45°). Börja varje nytt skift (varv) med hörnblocken för att fixera och loda upp hörnen.

Beteckningen på blocken hänvisar till monteritningen, t ex:

H 9/6 = ytterhörn 900 x 600 mm.

Övriga hörnblock: IH = innerhörn, VH = vinkelhörn (0-180°).



Normalblock och Passblock

Normalblock har not och spont men är kortare än 1200 mm eller lägre än 300 mm, t ex:
12-200: Längd = 1200 mm, Höjd = 200 mm.

Passblock har antingen not eller spont och den andra sidan är plankapad. Den kapade sidan monteras mot fönster- och dörröppningar, t ex:
6V: Längd = 600 mm, V = vänster sida intakt, höger sida plankapad ("spont" kvar, "not" bortkapad).



Balkblock

Monteras över fönster- och dörröppningar för att ta belastningen från taket. Tillverkas enligt samma princip som övriga block, utan köldbrygga, dock med dubbel plywood av högre kvalitet på in- och utsidan, t ex:

B24 = balk med längden 2400 mm



Takblock

Monteras i det översta skiftet. Hammarbandet läggs ner mellan de uppåtpekande listerna och skruvas fast. På hammarbandet fästes spikplåtsvinklar som sedan takstolarna förankras i. Takblock finns som Standardblock, Hörnblock, Normalblock och Balkblock, t ex:

TH6/9 = takytterhörn 600 x 900 mm.



Montagetillbehör Besta-block

Förutom monteringsritningen behövs bl a:

- 3,9 x 30 mm gipsskruv för trä (eller 35 mm gipsspik).
- skruvdragare med rätt "bits" till skruven.
- hammare för att slå lite på underliggande block (om blocket fastnar något på de undre blockens skarvar).
- tråkloss för att lägga tvärs över blocket och slå med hammaren (om blocket inte "går ner" riktigt).

Bilaga 2. Kalkyl Lätthus 8x13 m

Sammanställning

Totalkostnad exkl moms och påslag

Delpost		Totalkost
Platta på mark		20000 kr
Prefabblock enligt flik		126924 kr
Installationsarbete enligt flik		315000 kr
Övrigt material enligt flik		91175 kr
Montering enligt flik		376138 kr
Transport		10000 kr
	Totalt före påslag	939237 kr

Påslag		
Administrativa kostnader	20 %	187847 kr
Marknadsföring/försäljning	10 %	93924 kr
Påslag vinstmarginal	10 %	93924 kr
	Totalt efter påslag	1314931 kr

Prefab-element

Materialpris kr/enhet

Trä färdigkapat > 2	3000 kr/m ³
Plywood 9 mm	50 kr/m ²
Plywood 16 mm	80 kr/m ²
Asfaboard	20 kr/m ²
Underlagspapp tak	10 kr/m ²
Isolering matr l o arb	cellulosaisolering
Vägg, 48kg/m ³ fabrik	700 kr/m ³
Vind, fält	450 kr/m ³
Golv, fält	650 kr/m ³
Isoleringsremsor	25 kr/m
Hård board	15 kr/m ²
Masonitlättbalk	
hi 350 9 m 10 st	70 kr/m

h 220 9m x 25 st	48 kr/m
Ångbroms etc	10 kr/m ²
Vinkeljärn	kr/st
Skruv	1 kr/st
Spik	1 kr/st
Timlön	350 kr
Lokal	600 kr/kvm/år

Sammanställning - för hus typ 8x13 m

Block	Tillv.kost/block	antal block	Tot kost block/material
SYLL 1	142,25	6	854 kr
SYLL 2	69,48	2	139 kr
SYLL HÖRNPEL	28,09	4	112 kr
SYLL MELLANPEL	26,60	6	160 kr
HÖRNPELARE	284,02	4	1 136 kr
MELLANPELARE	257,20	6	1 543 kr
HUVUDBÄRBALK plywood L:4750	433,35	6	2 600 kr
HUVUDBÄRBALK plywood L:1890	233,19	2	466 kr
TAKSTOL	1286,96	12	15 443 kr
INBRÄDN+PAPP TAK	151,06	71	10 725 kr
TAKBEKLÄDNAD			
VÄGGBLOCK B:900	465,98	34	15 843 kr
VÄGGBLOCK B:600	386,68	4	1 547 kr
YTTERDÖRRSBLOCK	5000,00	2	10 000 kr
FÖNSTER 800	2500,00	3	7 500 kr
FÖNSTER 1100	3200,00	7	22 400 kr
INNERVÄGGSBLOCK dörr	186,70	6	1 120 kr
INNERVÄGGSBLOCK 1200	487,09	25	12 177 kr
INNERVÄGGSBLOCK 300	165,73	10	1 657 kr
INNERDÖRRAR	2000,00	6	12 000 kr
FASADBEKLÄDNAD			0 kr
TILLVERKNINGSOMKOSTN		1	9 500 kr
FÖRETAGSKOSTN ALLM		1	0 kr
			0 kr
Totalt			126 924 kr

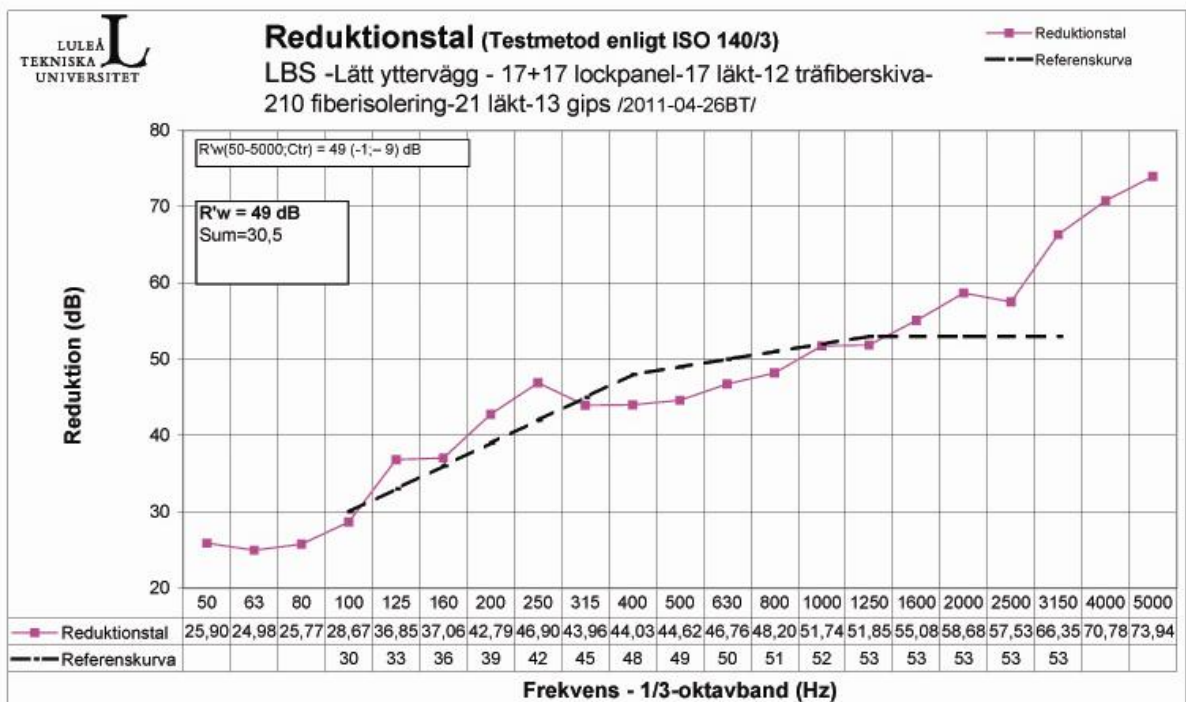
Älvsbyhus

4 rok 101,5 kvm boendeyta 995000 kr

Bilaga 3. Resultat från akustikprovning

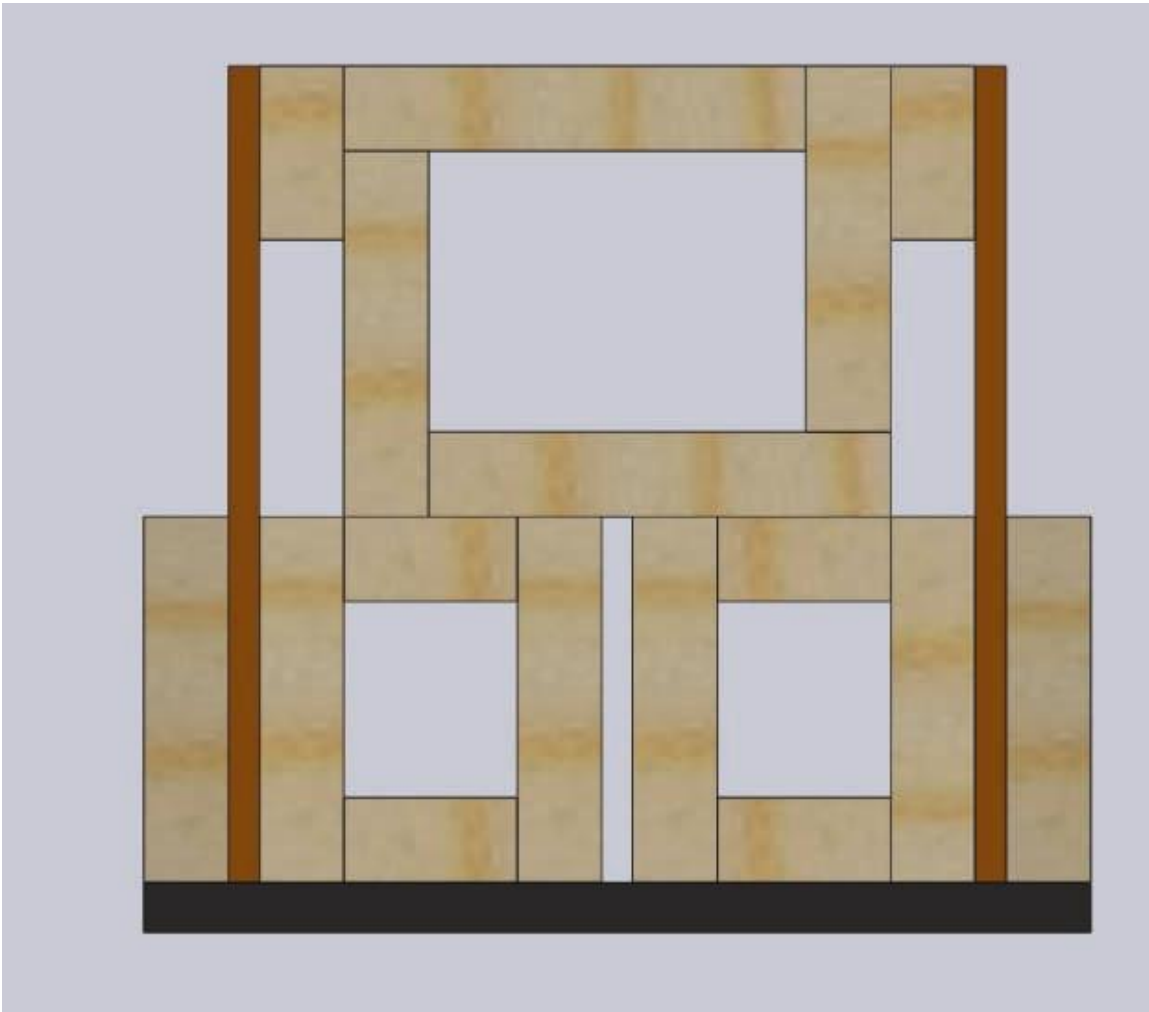


Figur B3. 1 Väggelement har placerats i hålet i bjälklaget

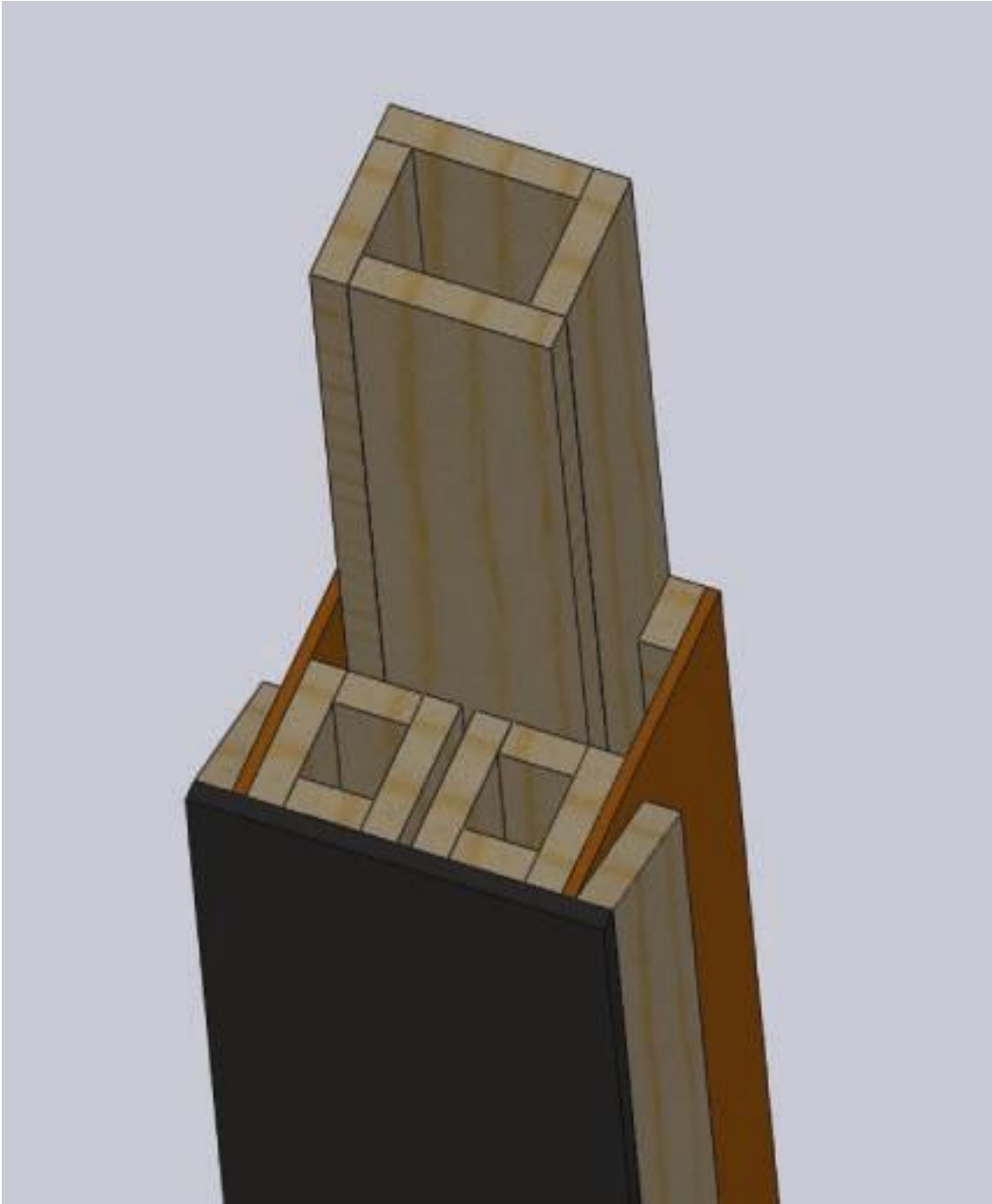


Figur B3. 2. Resultat av ljudtest

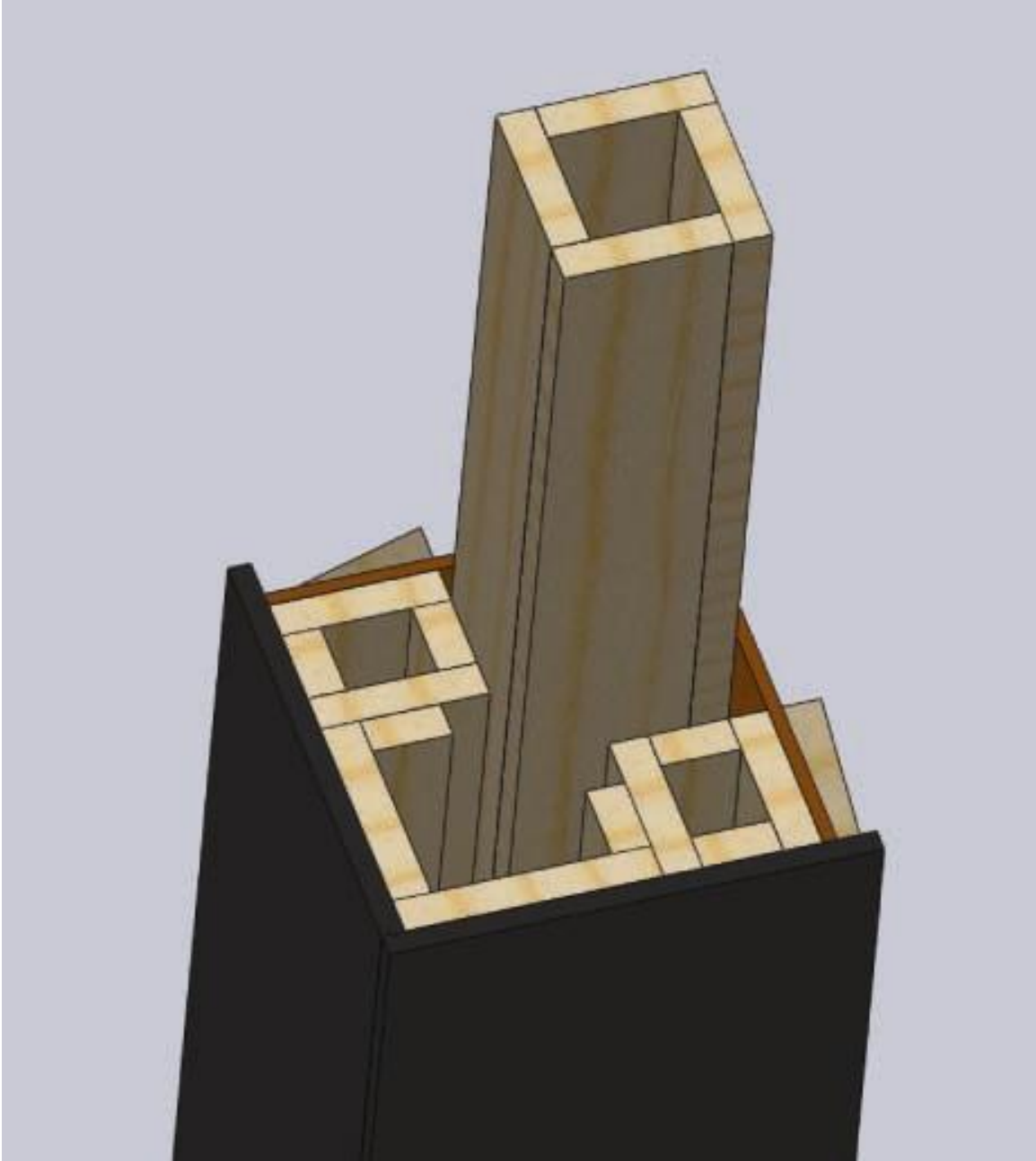
Bilaga 4. CAD-ritningar (ej komplett)



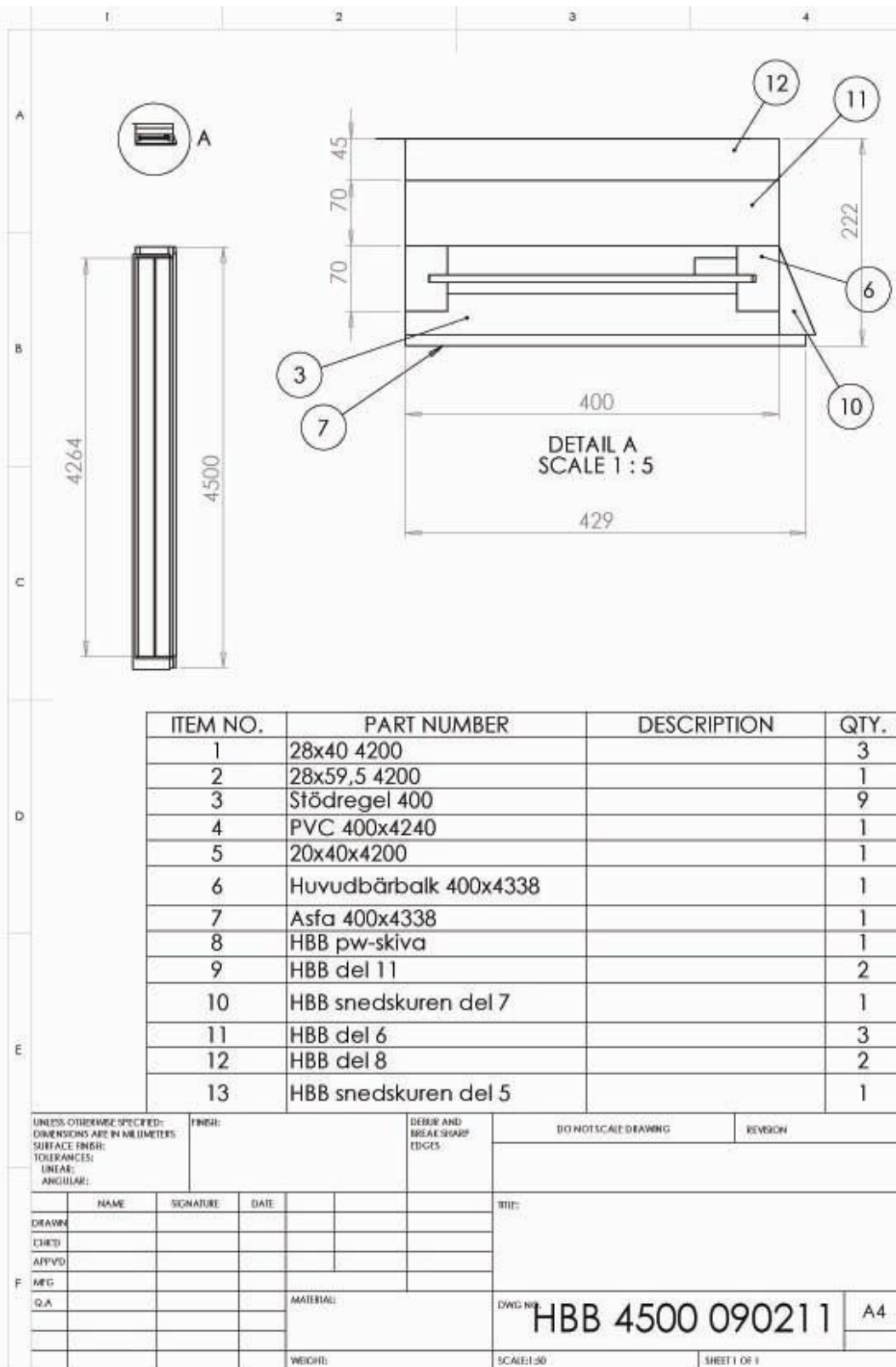
Figur B4. 1 Tvärsnitt av mellanpelare. Håligheter sprutade med träfiberisolering.



Figur B4. 2 3D-vy av mellanpelarens topp



Figur B4 3. 3D-vy av hörnpelarens topp.



Figur B4. 4. Del av tillverkningsritning av huvudbärbalk