

Så bygger vi økonomiske, økologiske og støjsvage boliger.

Text: Klas Hagberg

Byggeriet af flerfamilieboliger og etagebyggeri har virkelig taget fart. Parallelt med den stigende interesse udvikles produktionsmetoder og byggesystemer hele tiden. Når det gælder etagebyggeri i træ, har der især været udfordringer inden for byggeteknisk brandsikring samt gode lyd- og akustikløsninger. I denne tekst af Klas Hagberg præsenteres akustikmålinger, der er udført på det lette byggesystem, som blandt andet er anvendt i to aktuelle byggeprojekter.

Byggematerialeleverandøren Masonite Beams har sammen med byggeentreprenøren Grönbo videreudviklet Masonites fleksible byggesystem, MFB, til et endnu mere produktionsvenligt byggesystem, som også sikrer boliger med lave lydniveauer. Det tekniske byggesystem er blevet kombineret med Grönbos produktionsproces og anvendt i to interessante byggeprojekter.

Det første, Lusthusbacken i Piteå, blev nomineret til Årets Bygge 2019, blandt andet på grund af et gedigent miljøarbejde, der gennemsyrede hele projektet, og som skabte et særligt godt indeklima samt de unikke lydegenskaber, der blev opnået i bygningerne.

Det andet byggeprojekt er Karlgården i Skellefteå, hvor der blev foretaget omfattende akustikmålinger under projektet. Mere om dette senere i teksten.

Det er glædeligt i dag at se opførelsen af flerfamiliehuse med de gode egenskaber, som var tanken med MFB-systemet fra begyndelsen, da det blev udviklet for snart 20 år siden. Et teknisk smart træbyggesystem, som er let og stift og opfylder meget høje krav til lydisolering.

Samarbejdet mellem materialeleverandøren og entreprenøren har medført, at MFB-systemet har kunnet videreudvikles yderligere og samtidig er blevet endnu mere produktionsvenligt. Og ikke mindst har den høje ambition om at kunne opfylde lydklasse A i henhold til SS 25267 næsten kunnet realiseres også i højere bygninger – senest i femetagersprojektet Karlgård i Skellefteå.

Nedenfor præsenteres resultaterne fra lydmålingerne samt forklaringen på, hvorfor det ”kun næsten er opfyldt”.

Et tilbageblik

Målet, da udviklingen startede i begyndelsen af 2000'erne, var at skabe et let byggesystem, som skulle muliggøre fleksible planløsninger med meget høj lydisolering. Med dette in mente blev det besluttet, at systemet skulle kunne bygges med etageadskillelser, der spænder 10 m, og samtidig opfylde den højeste lydklasse, lydklasse A i henhold til den svenske standard SS 25267.

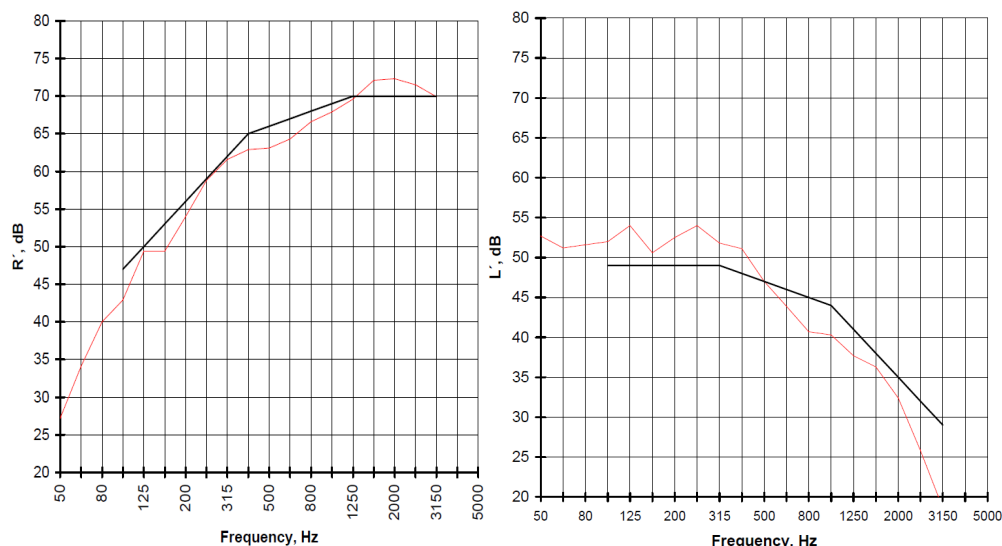
Det var ambitiøst for et unikt let byggesystem, og derfor var der behov for et testmiljø. Men hvordan skaber man sådan et? Efter overvejelser om etageadskillelsens udformning og fastgørelse til de bærende vægge blev testmiljøet til sidst et forsøgsbyggeri i fuld skala med en etageadskillelse med netop 10 m spændvidde.

Forsøgsbyggeriet blev opført på Masonites fabriksområde i Rundvik, stort set på samme sted, hvor producenten i dag har sit nuværende hovedkontor.

Der blev gennemført fuldskalaforsøg i forsøgsbyggeriet ved flere lejligheder, og mellem målingerne blev der foretaget ændringer for at nå målet om at opfylde lydklasse A. Resultatet blev til sidst en bygning med en etageadskillelsesvægt på ca. 100 kg/m², som opfylder meget høje krav til lydisolering – lydklasse A i henhold til SS 25267.

$$\square \quad D_{nT,w,50} = 63 \text{ dB (krav } \geq 60 \text{ dB)}$$

$$\square \quad L'_{nT,w,50} = 48 \text{ dB (krav } \leq 48 \text{ dB)}$$



Figur 1. Lydmålinger af etageadskillelsens lydisolering i et toetagers forsøgsbyggeri, da det var ”færdigudviklet”, det vil sige efter ændringer for at kunne opfylde lydklasse A, 2008.

Efterfølgende er der udviklet flere alternative MFB-systemer til lavere lydklasser (klasse B og BBR) med betydeligt enklere udformninger af etageadskillelser og knudepunkter, og flere konkrete projekter er nu blevet opført med MFB. I samtlige tilfælde er der gennemført opfølgende lydmålinger for objektivt at dokumentere resultaterne.

Nogle projekter, der er værd at nævne, er:

- ☐ Nacka, Barnhemsvägen 2007, 4 våningar – ljudklass B
- ☐ Kode (utanför Göteborg), platsbyggt 2011, 2 våningar – BBR
- ☐ Nordmaling, äldreboende, elementbygge i 2 våningar 2012 – BBR
- ☐ Kaverös, Göteborg, påbyggnad på P-hus 2008 (4 vån som högst) – Ljudklass B
- ☐ Piteå, Lusthusbacken (2 våningar), 2017 – Ljudklass A (bjälklag); BBR/ Ljudklass B (väggar)

Og senest har Grönbo AB opført de første huse i projektet Karlgård i Skellefteå, som er på fem etager. Samtidig er opførelsen af et syvetagers hus i Stockholm i gang.

Karlgård

Karlgård består af fem punkthuse på hver fem etager, og projektet har haft høje ambitioner, når det gælder kravene til lydisolering. Ambitionen har været at nå lydklasse A, præcis som i forsøgsbyggeriet, men nu altså i et reelt projekt med flere etager. Dette er opnået for de fleste bygningsdele.

Acouwood har fungeret som rådgiver for Masonite Beams og gennemførte også lydtests i den første bygning ved to lejligheder i 2019. Den første målerunde blev gennemført på et tidligt tidspunkt i april 2019 for at sikre, at der ikke var begået fejl i udførelsen. De tidlige målinger gjorde det muligt om nødvendigt at iværksætte korrigerende tiltag inden færdiggørelsen.

Den anden måling blev gennemført i forbindelse med færdiggørelsen af den første bygning i midten af juni 2019 for endeligt at verificere udførelsen.



Figur 2 – Karlgård, Skellefteå – fem punkthuse på hver fem etager.

Resultaterne blev "lige ved og næsten" lydklasse A for hele bygningen. Der er imidlertid to forhold, som skaber lydtransmission via tilstødende konstruktioner (hvilket også kunne forudses), og som skal vurderes særskilt med hensyn til flere tekniske aspekter og naturligvis omkostninger. Det drejer sig om:

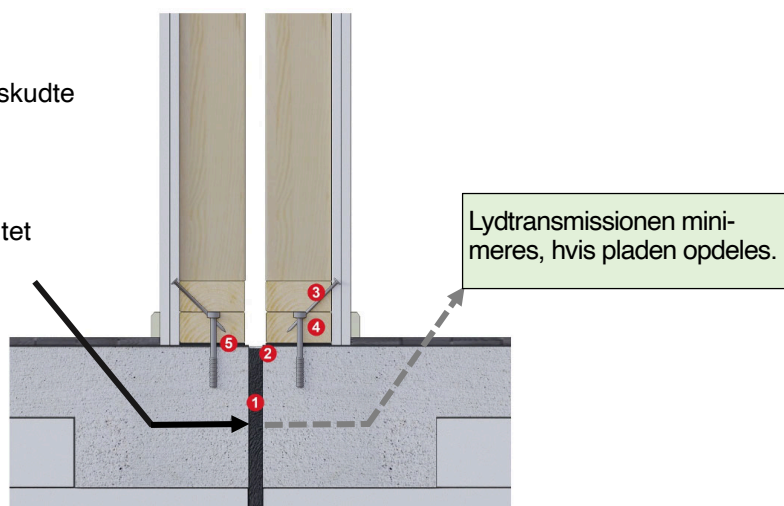
1. Udformningen af bundpladen (ikke specifikt for "lette konstruktioner").
2. Tilslutninger til bærende og stabiliserende vægge samt håndtering af flanketransmission (mere udtalt i lette byggesystemer).

Hvad angår bundpladen, kan den opdeles, som vist i figur 3, for at sikre, at der ikke transmitteres lyd mellem lejligheder. Udførelsen kan dog være både følsom og kompliceret.

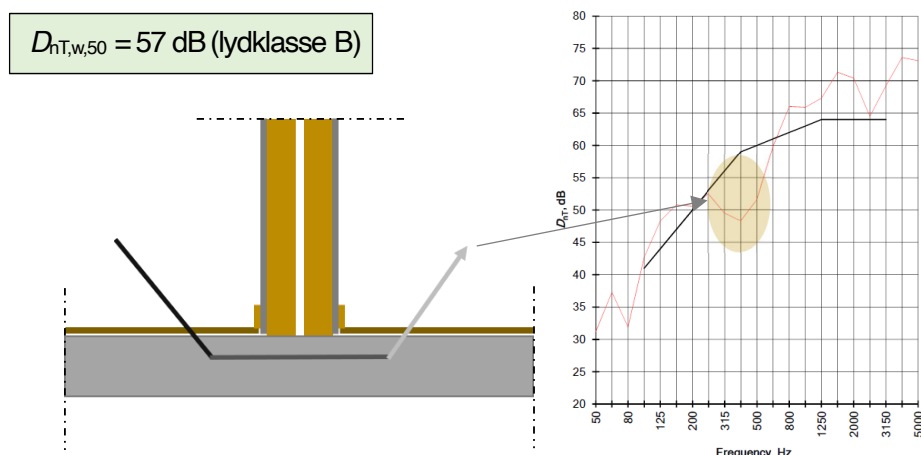
Pladen kan også udføres kontinuerligt, med eller uden forsænkninger (varierende tykkelse). Af flere forskellige årsager blev der i Karlgård valgt en kontinuerlig bundplade, som er 200 mm ensartet i tykkelsen, og med almindeligt svømmende parketgulv i de lejligheder, der grænser op til hinanden.

Med en 200 mm kontinuerlig plade opfylder man lydklasse B for luftlydisolering, men ikke med sikkerhed lydklasse A. Resultaterne fra disse målinger er vist i figur 4.

1. 10+10 dilatationsplade med forskudte samlinger.
2. Fugemasse
3. Trådsøm
4. Styrelægte fastgjort i fundamentet
5. Syllgummi



Figur 3 – sikker løsning til at minimere lydtransmission horisontalt gennem bundpladen mellem lejligheder.



Figur 4 – 200 mm tyk bundplade med svømmende parketgulv skaber lydtransmission, især omkring en bestemt frekvens (ca. 400 Hz), det vi kalder parketresonans.

For bærende og stabiliserende vægge findes der færre realistiske eller rimelige alternativer. Flere vægge bliver bærende og stabiliserende i høje bygninger. Der er ikke nogen reel mulighed for med enkle midler helt at frakoble vægdelene fra hinanden mellem etagerne (lejlighedsskel og bærende ydervægge). Dette betyder, at den endelige lydisolering mellem to lejligheder begrænses af de tilstødende konstruktioner.

Det er en afvejning mellem udlejningsareal, statiske forudsætninger, udførelse samt den forventede endelige lydisolering, der afgør, hvilke valg man træffer. I Karlgård var målene hele tiden højt sat, men samtidig blev der naturligvis foretaget afvejninger med hensyn til lyd, bygbarhed og økonomi.

Resultaterne fra de afsluttende målinger præsenteres nedenfor.

Resultat for luftlydisolering

I alt blev der foretaget 6 forskellige målinger af luftlydisoleringen i det første hus i Karlgård (inklusive den ovennævnte måling på stueetagen). Lejlighedsskel og facadevægge er kontinuerlige i lodret retning for at kunne bære den belastning, der opstår, når antallet af etager øges. Etageadskillelsen ophænges derefter i lejlighedsskellet med et vibrationsdæmpet ophæng.

I projektet blev der diskuteret forskellige løsninger for også at sikre lydklasse A for luftlydisoleringen, men i sidste ende blev der indgået et mindre kompromis for ikke at iværksætte urimeligt omkostningstunge tiltag for nogle få dB, som ikke ville give en tilsvarende merværdi.

Der er lagt vægt på at sikre trinlydniveauet, lydklasse A og som minimum lydklasse B for luftlydisolering. Med dette opnås en ganske velafbalanceret afvejning mellem de forskellige krav, når man diskuterer lydisolering i lette bygninger.

Måling	$D_{nT,w}$	$C_{50-3150}$
	[dB]	
Sov – sov (vert)	61	-3
Sov – sov (vert)	62	-3
V-rum – v-rum (vert)	64	-4
V-rum – v-rum (horisontelt)	60	-3
V-rum – v-rum (horisontelt)	65	-6
V-rum – v-rum (horisontelt)	60	-2
Middelværdi ($D_{nT,w} + C_{50-3150}$)	58 (Lydklasse B)	

Resultat for trinlydisolering

I alt blev der foretaget fire forskellige vertikale målinger ved den anden målerunde, da bygningerne var færdiggjorte.

Resultaterne fra trinlydmålingerne viser, at trinlydniveauet ligger hele 5 dB under grænseværdien for lydklasse A. Det er usædvanligt lave niveauer. Der blev også foretaget målinger helt ned til 20 Hz (den nedre grænse for, hvad mennesket kan høre), og de resultater, der blev evalueret, er angivet i den blå kolonne.

Det er vanskeligt at drage vidtgående konklusioner ud fra dette, hvorfor tilpasningstermen $C_{I,AkuLite,20-2500}$ fra forskningsprojektet "AkuLite" (som blev afsluttet i 2013) kun medtages som information, og vi afstår fra at kommentere yderligere på dette i denne artikel. Senere forskning har vist, at den sandsynligvis er en smule misvisende.

Måling	$L'_{nT,w}$	$C_{I,50-2500}$	$C_{I,AkuLite,20-2500}$
	[dB]		
Sov – sov (vert)	41	2	25
Sov – sov (vert)	40	4	24
V-rum – v-rum (vert)	35	5	26
V-rum – v-rum (vert)	45	1	9
Middelværdi ($L'_{nT,w} + C_{I,50-2500}$)	43 (Lydklasse A)		

Afslutningsvis

Med dette vellykkede projekt i ryggen kan man konstatere, at det er fuldt muligt at bygge meget støjsvage træhuse med lette byggekomponenter, som samtidig er ressourcebesparende og sikrer et helt unikt indeklima.

Det vigtigste er, at man er omhyggelig med udførelsen og samarbejder tæt på tværs af de forskellige faggrupper – og ikke mindst, at bygherren har viden og ambitioner ud over det sædvanlige. Det føles godt at kunne fremhæve et meget vellykket projekt baseret på letbyggemetoder, fordi det er vigtigt at vise gode eksempler med hensyn til akustik (lydisolering), som ligger lidt ud over det sædvanlige.

For at lykkes er der nogle grundprincipper, som altid skal tages i betragtning, når man bygger "let":

1. Regn med etageadskillelser, der er 500 mm tykke.
 - a. Gør ikke disse "unødigt komplicerede". Tænk i stedet på de indgående produkter, hvilke frekvenser der er forstyrrende, og hvordan disse bedst håndteres med forskellige produktvalg.
2. Vær omhyggelig med knudepunkterne – dette er en meget vigtig del af systemet.
3. Accepter en vis flanketransmission. Hvis luftlydisoleringen ikke opfylder lydklasse A, er det faktisk helt i orden!

Nu er et projekt i syv etager med det samme system i gang. Her får vi endnu en udfordring, nemlig bærende vægge inde i lejlighederne, som stiller endnu større krav til udformningen for at minimere flanketransmissionen – eller snarere for at håndtere flanketransmissionen omhyggeligt og intelligent.

Træbyggeriet er kun lige begyndt. Der kommer mere fremover, og der er naturligvis udfordringer, jo mere vi spænder buen. Men der findes løsninger til alle byggesystemer og til mange anvendelser. Med Karlgård har Grønbo / Masonite Beams vist, at det er muligt at bygge kommercielt levedygtige flerfamiliehuse, som er meget, meget støjsvage.

Klas Hagberg, PhD
VDAcouwood