



INNOVATIONSPROJEKT AKADEMISKA HUS

AWL, Träbyggnad med god akustik Rapport

Innovationsledare

Per Hilmersson, Integra Engineering AB

BESTÄLLARE

Akademiska hus



DOKUMENTNAMN
Innovationsprojekt
UPPDRAG
Träbyggnad med god akustik
UPPDRAGSNUMMER

11631401
BESTÄLLARE
Akademiska hus

DOKUMENTNUMMER
Rapport del 1
INNOVATIONSLEDARE
Per Hilmersson
DATUM
20190415

SIDA
2 (14)

Innehåll

1	Sammanfattning	3
2	Bakgrund	4
3	Projektbeskrivning	5
4	Mätningar Ulls hus	6
5	Mätningar i Rise´s ljudlaboratorium	7
5.1	Allmänt	7
5.2	Provprogram	7
5.3	Utvärdering	7
6	Underlag för val av bjälklagslösning för AWL	10
7	Fuktvandring i KLT bjälklag vid flytspackling	10
8	Utvärdering alternativa övergolvskonstruktioner	12



1 Sammanfattning

Målsättningen med innovationsarbetet är att hitta en kostnadseffektiv, produktionsvänlig lösning med lågt CO2 avtryck som klarar ställda ljudkrav. En viktig del är sedan att grundligt dokumentera lösning gällande material, produktionsuppföljning och ljudegenskaper för att sprida lösningar till bygg- och fastighetsbranscherna.

Arbetet startade med en förstudie hösten 2016 där uppdraget definierades och resulterade i en projektplan.

Med i detta arbete var medarbetare från Akademiska hus, Rise, ÅF, White och Byggdialog.

En del av förstudien var att göra mätningar i Ulls hus, på Ulltuna i Uppsala, som är ett hus med massivträstomme och liknande överkonstruktioner som är tänkta för AWL. Se kapitel 4 och bilaga 2.

Ett stort antal mätningar för olika varianter av övergolv/undertakslösningar har sedan mätts i Rise's akustiklaboratorium i Borås. Mätningar gjordes på ett 230 mm tjockt KLT-bjälklag, 230-7ss-TL, från KLH, under våren och hösten 2017, se bilaga 1.

Kalkylkostnader (Byggdialog) och CO2 avtrycken (White) har tagits fram för flera intressanta lösningar. Nedan redovisas ett urval av resultaten från ljudmätningar och kalkyl/CO2 beräkningar:

Resultat från provning i Rise ljudlab vertikal mätning				Luftljudsisolering		Stegljudsnivå		Kostnad	CO2	CO2
Typlösning se bilaga 3	Bjkl	Övergolv	Undertak	Rw	Lw	Rw	Lw	Kr/m2 exkl KLT	kg/m2	Kg/m2 inkl lagring
1a	230 KLT			Rw	42	Lw	82	0	14	-151
				Rw(C50-3150)	41	Lw(C50-2500)	76			
2	230 KLT	25 minboard, 3*13 golvgips		Rw	53	Lw	58	450	32	-133
				Rw(C50-3150)	51	Lw(C50-2500)	61			
3a	230 KLT	25 minboard, 3*13 golvgips	13 gips på dubbelregel	Rw	56	Lw	58	920	54	-111
				Rw(C50-3150)	52	Lw(C50-2500)	64			
7	230 KLT	25 minboard, 30 flytspackel		Rw	52	Lw	64	320	30	-135
				Rw(C50-3150)	50	Lw(C50-2500)	63			
8	230 KLT	25 minboard, 60 flytspackel		Rw	53	Lw	66	440	42	-123
				Rw(C50-3150)	52	Lw(C50-2500)	63			
6	230 KLT	25 minboard, 30 flytspackel	2*13 gips på dubbelregel	Rw	61	Lw	55	890	56	-109
				Rw(C50-3150)	57	Lw(C50-2500)	60			
10a	230 KLT	35 träfiberskiva, 35 flytspackel		Rw	53	Lw	70	400	28	-137
				Rw(C50-3150)	51	Lw(C50-2500)	65			
11a	230 KLT	Regeluppbyggnad med sylomer 22+13 spån+gips		Rw	56	Lw	53	530	25	-188
				Rw(C50-3150)	54	Lw(C50-2500)	55			
13a	230 KLT	25 stepisol, 30 flytspackel		Rw	53	Lw	63	400		
				Rw(C50-3150)	51	Lw(C50-2500)	63			
14a	230 KLT		nedpendlat 2*13 gips med 70 minull	Rw	65	Lw	54	600	33	-132
				Rw(C50-3150)	61	Lw(C50-2500)	58			

Som jämförelse kan nämnas att ett 200 håldäcksbjälklag med 30 flytspackel motsvarar ca 50 Kg CO2/m2. Tar man hänsyn till lagring (karbonatisering) blir avtrycket ca 45 Kg/m2.

Vald huvudlösning för AWL blev en medelväg mellan 7 och 8, 25 minboard och 50 påspackling.



Späcklösning valdes före lösning med skivmaterial mht tidsaspekter, späckling går mycket fortare att utföra. Kravet för kontor ljudklass B är luftljudsisolering R_w 52 dB och stegljudsnivå L_w 64 dB och för ljudklass C, R_w 48 dB, L_w 68 dB. Målsättningen för AWL är ljudklass B.

Mätningar kommer sedan att utföras i färdig byggnad, där även flankegenskaper kan mätas. Vi kommer förutom huvudlösningen även göra provtytor med alternativa lösningar som även dessa kommer mätas gällande ljugenskaper, se kapitel 8.

2 Bakgrund

Visionen med Akademiska hus nya byggnad, AWL (A Working Lab), som tillhör Johanneberg Science Park, JSP, är att det skall vara ett hus med dels innovativa lösningar i byggskedet men även fungera som en innovationsarena i bruksskedet.

Med anledning av detta, tillsammans med den allmänna andan att innovationer är något strävansvärt, har Akademiska hus gjort en storsatsning på innovation i denna byggnad. Ett av innovationsområden som valdes ut var detta, Träbyggnad med god akustik, som beskrivs närmare i denna rapport.

Undertecknad, som redan var inne i projektet som uppdragsansvarig konstruktör, blev utsedd att leda innovationsuppdraget.

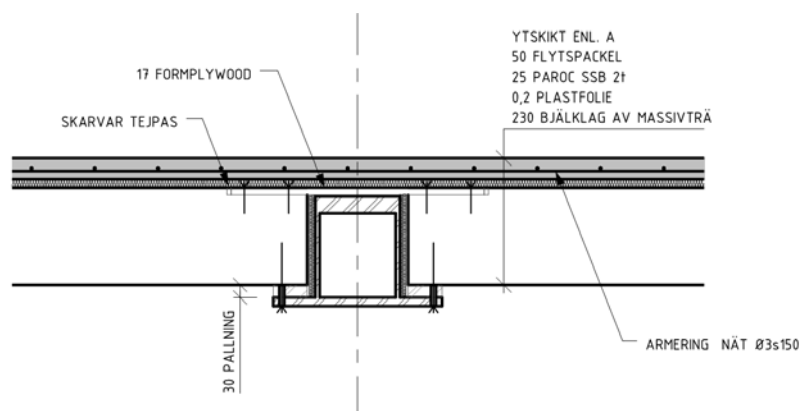
Tanken med byggnaden har varit en huvudstomme trä men där övriga byggnadsmaterial som stål och betong kan användas där de har en fördel. Därför har stabiliserande trapphus i betong och hattbalkar av stål valts. Byggnaden blir därför lik en för Sverige idag traditionell effektiv stål/betongstomme för kontor där vi bytt ut bjälklag från håldäck till KLT och pelare från stål till limträ.

Som byggnadskonstruktör har jag sedan tid tillbaka, när massivträbyggandet kommit på mode, efterfrågat receptlösningar för att klara normernas ljudkrav. För betonghus finns det ju vedertagna lösningar att uppfylla ljudkrav så att man slipper "uppfinna hjulet" vid varje uppdrag.

Jag tycker att det saknats bra sammanställningar och råd till lösningar och var därför intresserad att försöka hjälpa till att främja och standardisera lösningar för massivträbyggandet. En annan ingång har varit strävan efter kostnadseffektiva, produktionsvänliga med låg konstruktionshöjd och lösningar där man har med sig tanken på lågt CO2 avtryck.

Efter att detta innovationsuppdrag startade har ju KLT handboken kommit ut med en del föreslagna standardlösningar men jag tror att vårt arbete ytterligare kommer tillföra kunskap till byggbranschens ambition att bygga mer i förnyelsebara material för att begränsa CO2 avtrycket.





Detalj från bjälklagslösningen för AWL.

3 Projektbeskrivning

Akademiska hus har som ambition att öka innovationshöjden i sina nybyggnadsprojekt och har då valt ut byggnaden, AWL på Johannebergs science park som testprojekt. Detta passar ju bra eftersom hela byggnaden är tänkt att vara en testarena för innovativa företag i teknikparken.

Flera innovationsområden har valts ut och ett antal projekt är under genomförande.



Två av innovationsprojekten Trästomme och god akustik och Mätning av CO2 avtryck behandlar stommen för AWL byggnaden.



Stommar med KL-träbjälklag kräver, jämfört med betongbjälklag, att någon form av komplettering görs antingen som övergolv eller undertak, eller både och, för att klara normenliga ljudkrav. Tyngden i betongkonstruktionen gör att steg och luftljud isoleras bort på ett enklare sätt för denna konstruktion.

Undertecknad utsågs till innovationsledare för Trästomme och god akustik och arbetet startade upp med en förstudie under hösten 2016. I förstudien gjordes en omvärldsanalys och ljudmätningar i Ulls hus utfördes.

Ulls hus är en kontorsbyggnad av massivträ på Ulltuna i Uppsala, byggd 2010 av Akademiska hus. Byggnaden har bjälklag av massivträ med påbyggnad av skivmaterial respektive påspackling, lika de vi tänkt använda till AWL. På detta ligger även ett ytskikt med parkett. Det som inte helt framgår av relationshandlingar är vilken typ av ljudisolerande skiva som använts eller hur övergolvet i detalj ser ut. Mer information om dessa ljudmätningar finns i kapitel 4.

Projektet definierades och en projektplan upprättades. I denna fanns tre nivåer med olika ambitionsnivå och valet föll på nivå 2. Denna innebar mätningar för ett antal lösningar i Rise ljudlaboratorium, utvärdering och val av lösning till AWL, mätningar i färdig byggnad för normallösning och ett antal alternativlösningar och spridning av resultaten.

I ljudlabbet finns bara möjlighet till vertikala mätningar utan hänsyn till flanktransmissioner och liknande. Värdena ger en fingervisning om vad som kan klaras under optimalt utförande men ofta är detaljlösningar som ger flanktransmissioner och andra kortslutningar av ljudisoleringen avgörande för slutresultatet. Att mäta flanker eller horisontellt hade krävt att man byggt upp en mockup av stommen. Detta ingick i den större nivån av innovationsprojektet som valdes bort.

Vi kommer däremot att göra mätningar i färdig byggnad för att stämna av utförandet och flankeffekterna.

I denna rapport behandlas mätningar och val av huvudlösning för AWL.

4 Mätningar Ulls hus

Mätningar i Ulls hus utfördes i december 2016. Mätningar gjordes dels vertikalt genom bjälklag och dels horisontellt vid rumsskiljande väggar både för luftljudisolering och för stegljudsnivåer.

Vertikalt påverkas ljudegenskaperna framförallt av genomgående konstruktioner som limträpelare och horisontellt i huvudsak av hur delning av övergolvskonstruktionen gjorts vid väggen.



Flertalet av de mätta tvärsnitten klarar vertikala krav för steg och luftljud ljudklass B kontor.
Se vidare Rapport, utförd av ÅF, i bilaga 3.

5 Mätningar i Rise's ljudlaboratorium

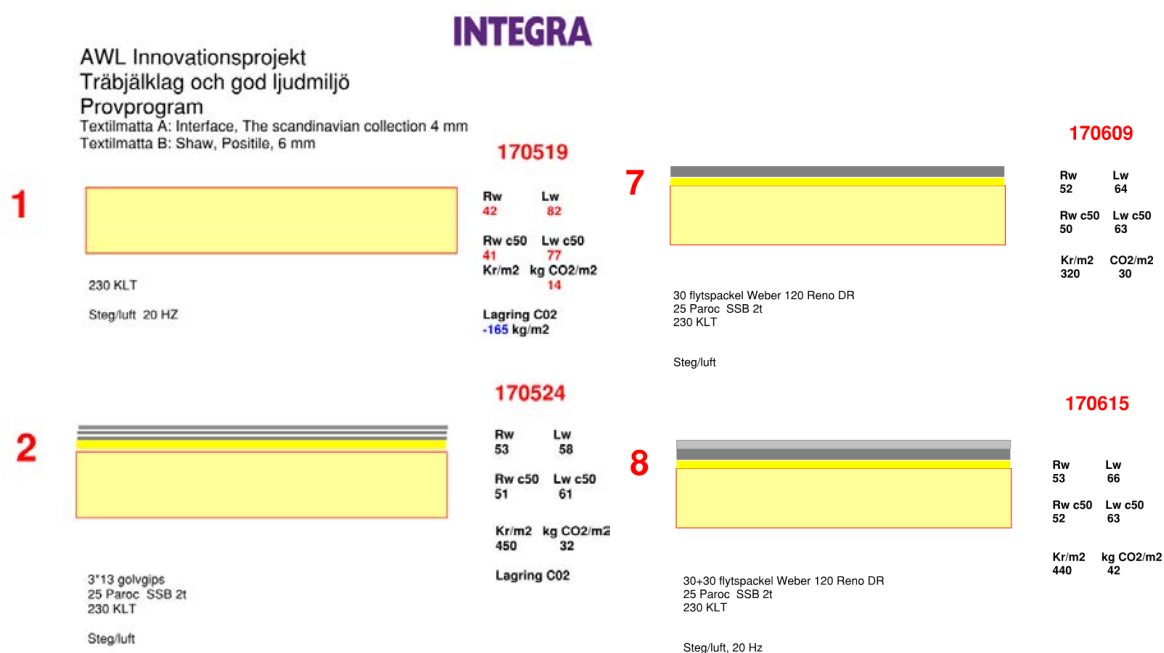
5.1 Allmänt

Mätningar startade i maj 2017 efter ett mätprogram som efterhand utökades med nya över- och underbyggnader för att skapa en databank som dels ger direkta resultat och dessutom skall kunna användas till kalibrering av beräkningsprogram och liknande.
Stegljudsmätningar gjordes även med två olika textilmattor.
Mätningar för frekvenser ner till 20 Hz har också gjorts för ett antal konstruktioner eftersom dessa data i stort saknats för lättare bjälklag.

5.2 Provprogram

De olika konstruktioner som mätts upp framgår av sammanställning i bilaga 1.

Här nedan redovisas några av de lösningar som var aktuella för AWL:



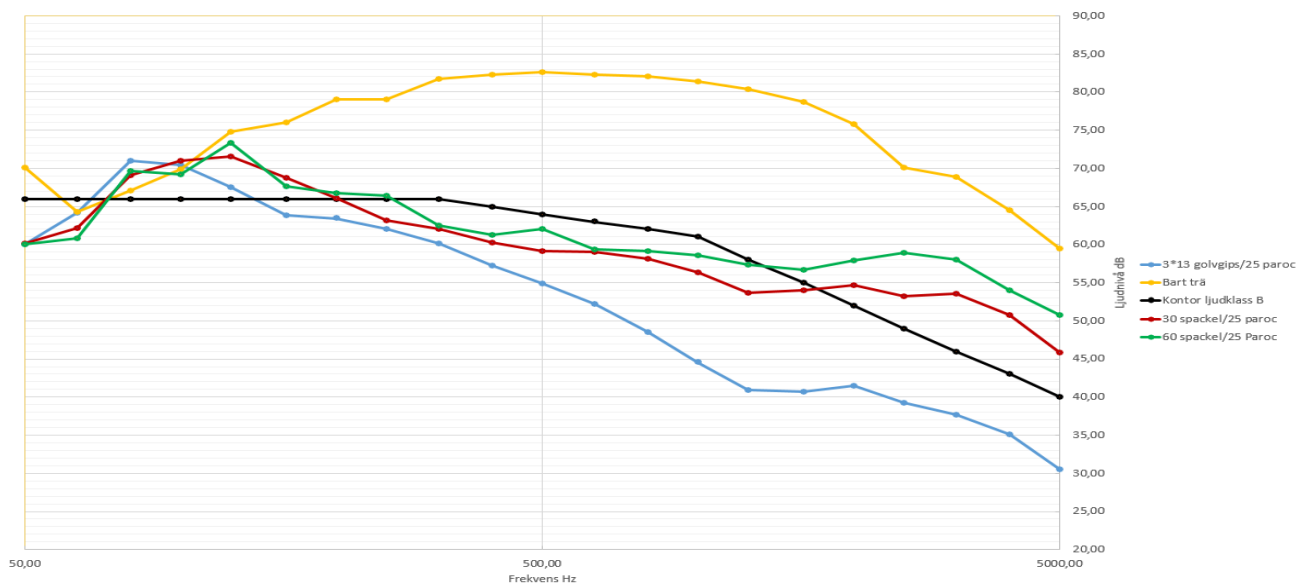
5.3 Utvärdering

Totalt gjordes mätningar på 14 olika konstruktioner under tiden 170519–180220. Många av lösningarna gjordes för att även ha möjlighet att klara kraven för bostäder som har väsentligt hårdare krav än kontorsbyggnader. Man mäter egenskaper för luftljudsisolering och stegljudsnivå för vilka normerade ljudkrav finns.



I BBR krävs att bostäder klarar ljudkrav ner till 50Hz, för kontor och övriga byggnader räcker det att utvärdera ner till 100 Hz.

Nedan visas ett diagram där utvärdering av stegljudsparameter kan ske. En normkurva placeras in och sedan kalibreras denna genom att man summerar avvikelser uppåt i varje tersband till max 32 dB med aktuell konstruktion. Avläsning av normkurvans skärning med 500 Hz linjen ger aktuellt ljudvärde för konstruktionen. Det avlästa värdet ger L_w värdet som finns angivet vid respektive konstruktion.



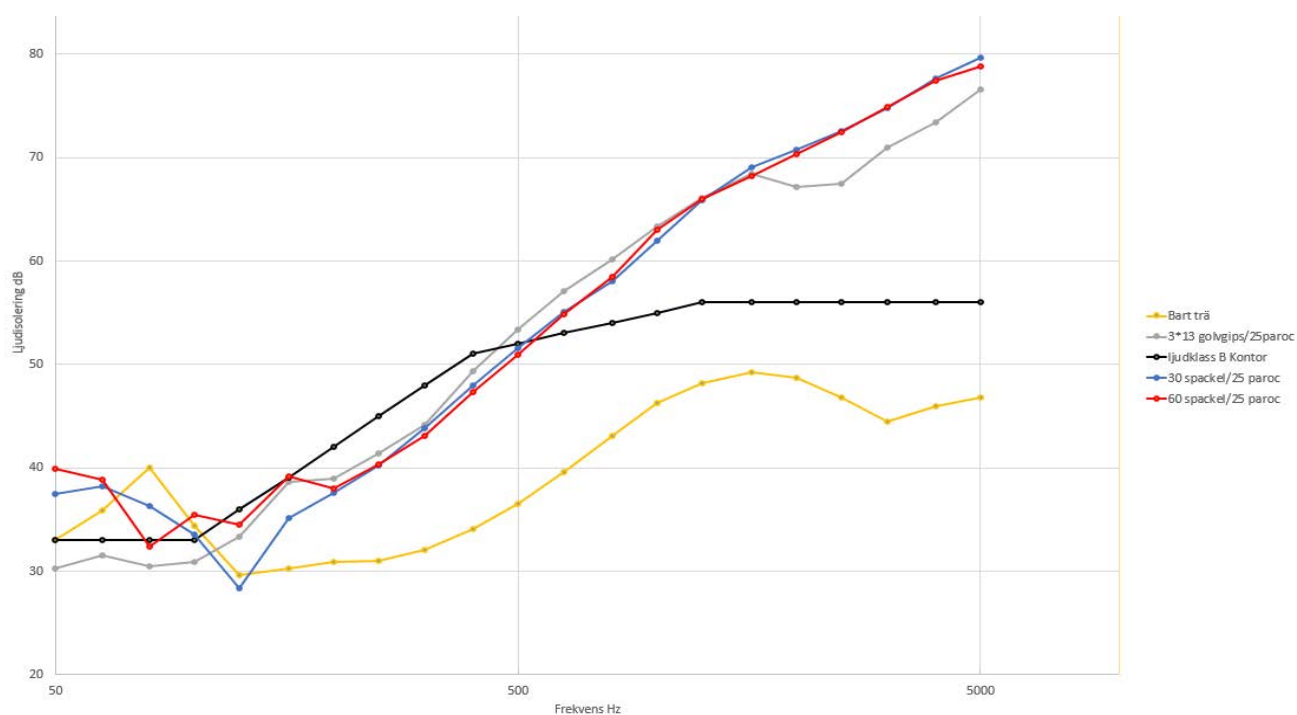
Vid stegljudsmätning använder man en hammarapparat och mäter ljudnivån under bjälklaget, se nedan.



Vid mätning av luftljudsisolering mäter man skillnaden i ljudnivå mellan den bullrande sidan och andra sidan av skiljekonstruktionen, se nedan.



Utvärdering av ljudparametrar för luftljudsisolering sker på samma sätt som för stegljud med en kalibreringskurva och avläsning vid 500Hz, se nedan. Avläsningen ger R_w värde för konstruktionen.



I Bilaga 4A och 4B redovisas alla data från ljudmätningarna som gjorts i ljudlabbet.

I Bilaga 2 sammanfattas alla ljuddata inklusive kostnader och CO2 avtryck för uppmätta konstruktioner.

6 Underlag för val av bjälklagslösning för AWL

Efter att mätningar gjorts utvärderades konstruktionerna med skivmaterial respektive påspackling.

Det som värderades förutom ljudegenskaper var tider, kostnader och CO2 avtryck.

Avgörande för vald lösning med 25 Paroc ljudboard med 50 mm flytspackel var tidsåtgång för färdigställande.

Flytspackellösning av ett bjälklag tar ca 2 veckor och är dessutom billigare än skivlösningen.

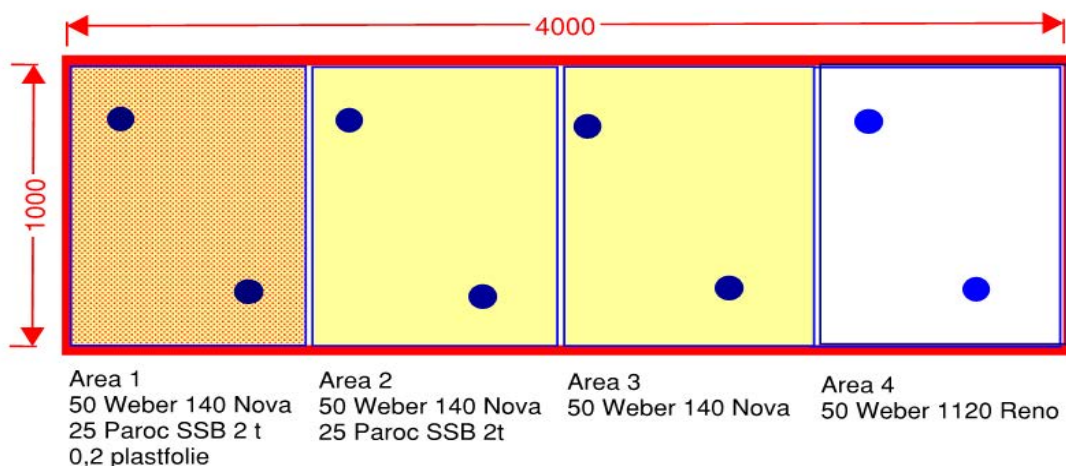
Antalet arbetstimmar för skivlösningen per plan bedömdes till ca 1000 timmar, och det skulle försena tiden för inflyttning jämfört med spackellösningen.

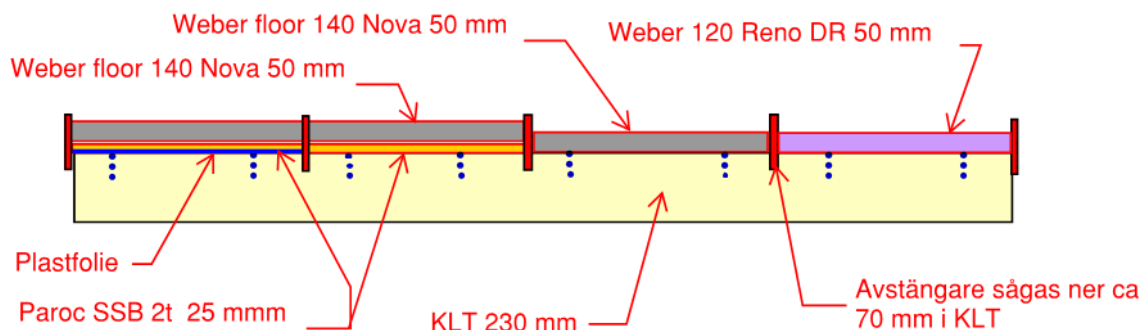
CO2 avtrycket skulle bli något mindre med skivlösning men skillnaden är liten så hänsyn till transporter mm kan påverka resultatet vid en fullständig CO2 analys.

7 Fuktvandring i KLT bjälklag vid flytspackling

Som en liten utvikning från akustikprojektet har vi gjort en kontroll av fuktkvoten i KLT-bjälklaget efter flytspackling. Vi har gjort försöket hos Rise i Borås.

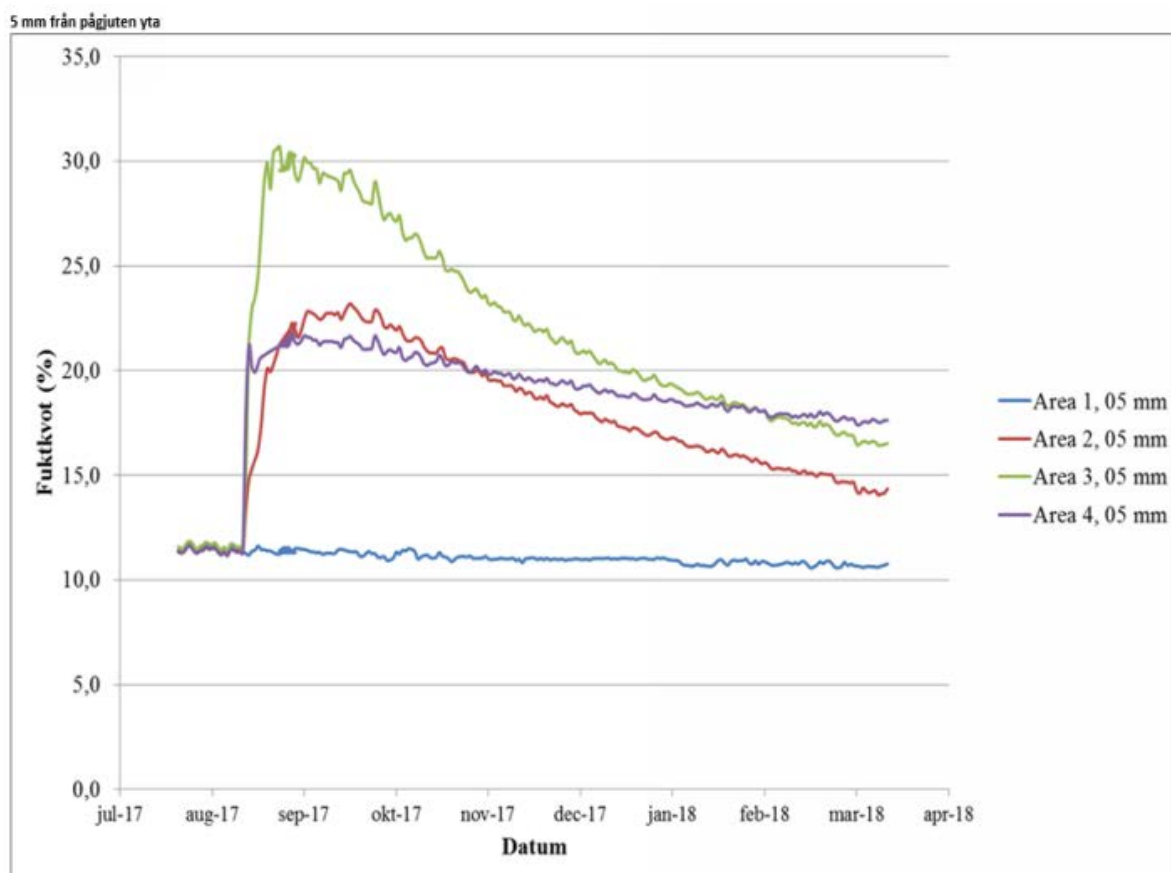
Provet är uppbyggt enligt figuren nedan med fyra olika varianter av övergolv, normalflytspackel på minboard med och utan plastfolie, normal och fuktsnålt spackel direkt på KLT ytan.





- Fuktsensorer, två/provyta på tre nivåer
1; alldeles på KL träytan
2; mitt i översta lamellen
2; mitt i andra lamellen

Mätningen startade i augusti 2017 i samband med pågjutningen och provet avslutades i mars 2018. Fuktkprofilerna i KLT bjälklaget 5mm under ytan enligt nedan, komplett rapport med redovisning av de djupare fuktmätningarna finns i bilaga 5.

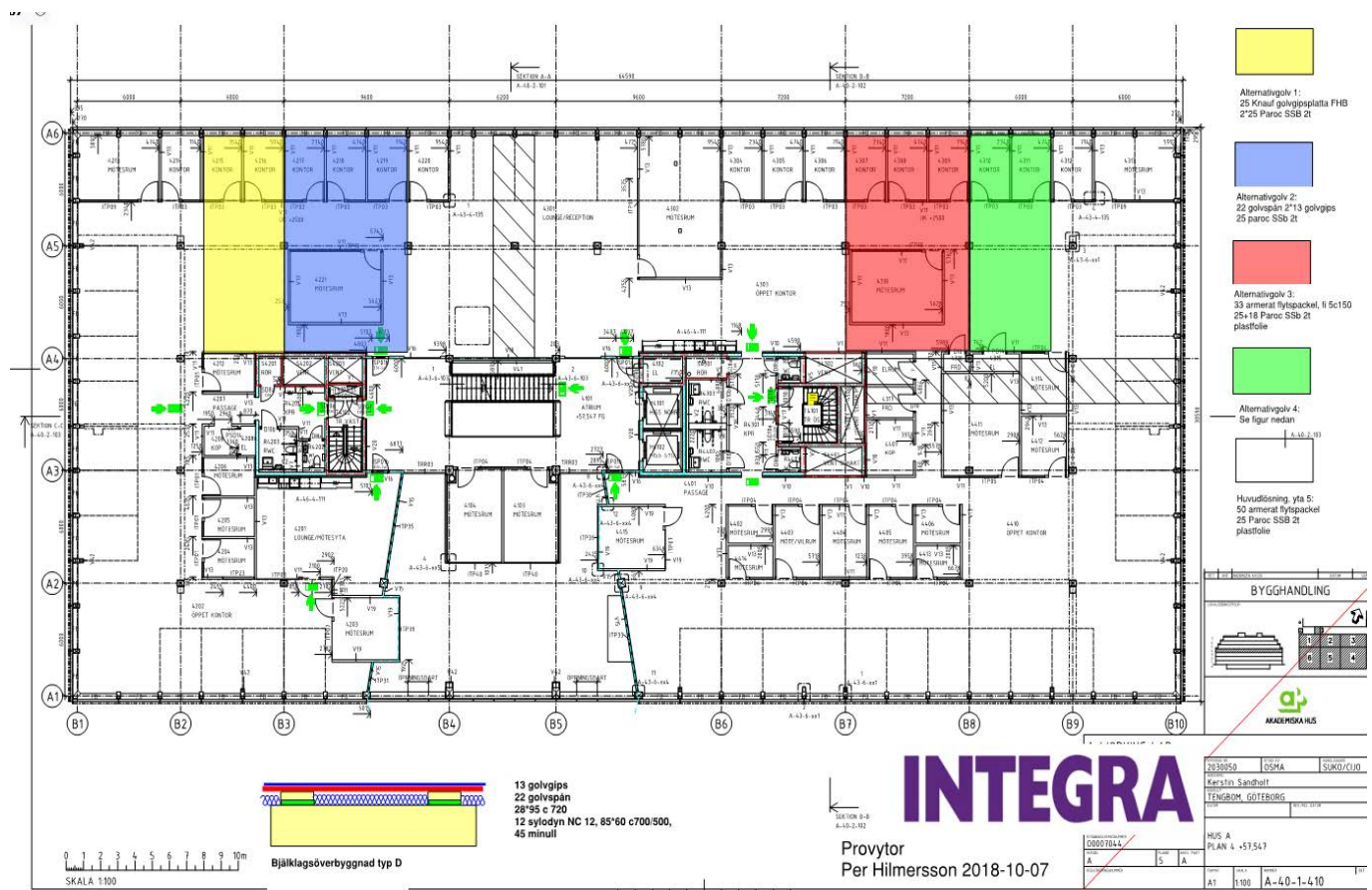


En intressant notering är att yta 4 med det vattensnåla spacklet torkar ut långsammare än det normala flytspacklet, antagligen beroende på att detta skikt blir mycket tätare.

8 Alternativa övergolvskonstruktioner

En del av innovationsprojektet är att förutom den generella lösning av ljudöverbyggnad på KLT bjälklaget att även gör provytor med alternativa överbyggnader.

Provytorna kommer att utföras på plan 4 och skall följas upp med mätningar i färdig byggnad. kommer utföra enligt planen nedan.



I november gjordes mätningar på råa ytor och i övrigt tom byggnad utan avskiljande väggar.

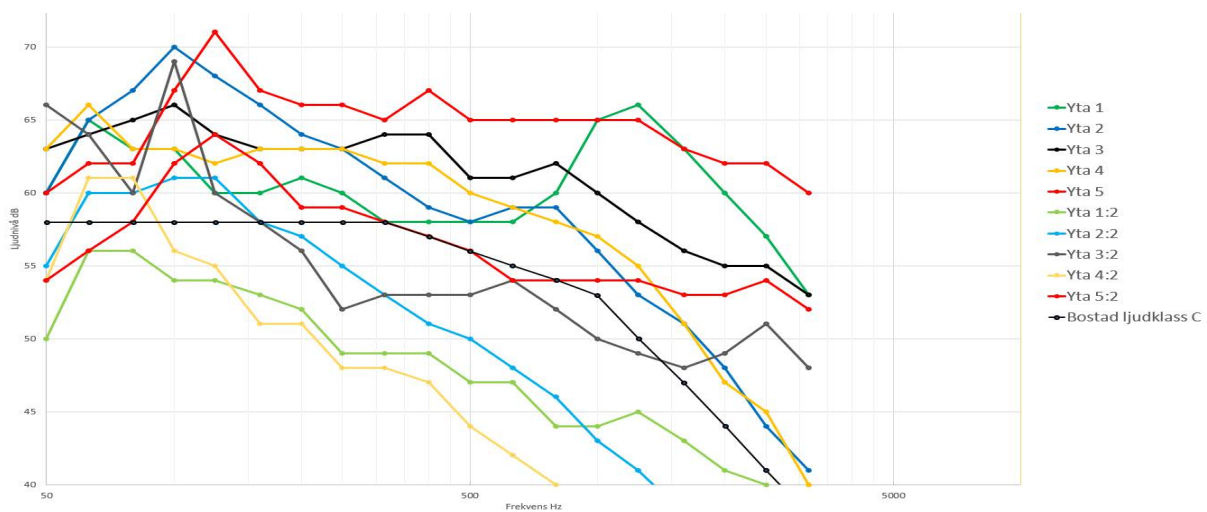


Bilder från bygget, övre provyta, nedre normallösning.

I tabellen nedan redovisas kalkyler över tidsåtgång, kostnader och CO₂ avtryck/m² tillsammans med resultaten från den första ljudmätningen för normallösning och de olika provvyterna.

AWL		Jämförelse provvytor, tider, kostnader, CO ₂ och ljud						Oinrett		Med mellanväggar					
Johanneberg science park Innovation träbyggnad		Tjocklek överbyggnader 75 mm						Ln >100 Hz	Ln >50 Hz	R'w >100 Hz	R'w >50 Hz	LnT,w >100 Hz	LnT,w >50 Hz		
		Position/Golvbeläggning	tim/m ²	Mtrl. kr/m ²	kr/m ²	CO ₂ /m ²	Kg CO ₂ /m ²	CO ₂ lagr	stegljud K	stegljud B	luftljud K	luftljud B	stegljud K	stegljud B	
1		Baseras på 400 kr/timme													
		25 Knauf fibergips	0,25	401		2,28									
		25 Paroc Ssb 2t	0,10	75		4,36									
		25 Paroc Ssb 2t	0,10	75		4,36									
		Skarvspackling	0,05	10		0,2									
		Summa	0,50	561	761	11,2	11	0	66	59		44*	44*	49	49
2		22 golvspån	0,19	68		4,3		-23,3							
		13 golvgips	0,19	39		4,3									
		13 golvgips	0,19	39		4,3									
		25 Paroc Ssb 2t	0,10	75		4,4									
		Skarvspackling	0,05	10		0,2									
		Summa	0,72	231	517	17,5	18	-23	59	61		37*	36*	51	53
3		33 flytspackel	0,05	179		8,4									
		Armeringsnät 6c150	0,06	30		1,7									
		Fiberduk	0,02	10		0,3									
		25 Paroc Ssb 2t	0,10	75		3									
		17 Paroc Ssb 2t	0,10	60		4,4									
		Plastfolie	0,02	8		0,5									
		Summa	0,35	362	502	18,3	18	0	63	60		51	49	58	58
4		13 golvgips	0,19	39		4,2									
		22 golvspån	0,19	68		4,3		-23,3							
		28x95 c600	0,10	15		0,2		-3,3							
		12 sylomer c700/500	0,06	80		0,2									
		45 mineralull	0,06	15		2,7									
		Skarvspackling	0,05	10		0,2									
		Summa	0,65	227	487	11,8	12	-27	59	59		51	49	46	51
5		50 flytspackel	0,06	265		12,7									
		Armeringsnät 6c150	0,06	30		1,7									
		Fiberduk	0,02	10		0,3									
		25 Paroc Ssb 2t	0,10	75		4,4									
		Plastfolie	0,02	8		0,5									
		Summa	0,26	388	492	19,6	20	0	69	63		56	53	60	60

*ljudläckage genom öppning



Ytterligare mätningar kommer göras, våren 2019, efter att kontorsytorna är klar, Vi kommer även att göra mätningar på flankegenskaper där detta är möjligt.



Konstruktion	Bjkl	Övergolvs	Undertak	Kostnad exkl KLT		CO2 avtryck		CO2 inkl lagring	
				Kr/m2 exkl KLT	Summa (AWL) Kr	CO2/m2	Summa AWL Kg CO2	CO2 inkl lagring Kg CO2	
o	200 HDF	30 flytspackel		220		50	400000	45	360000
1a	230 KLT					14	112000	-151	-1208000
1b	230 KLT	Textilmatta A							
1c	230 KLT	Textilmatta B							
4a	230 KLT		13 gips på dubbelregel	470		22			
4b	230 KLT	Textilmatta A	13 gips på dubbelregel						
2	230 KLT	25 minboard, 3*13 golvgips		450	3600000	32	256000	-133	-1064000
	230 KLT	25 minboard, 22 golvspån, 13 golvgips		400	3200000	28	224000		
	230 KLT	25 minboard, 22 golvspån, 2*13 golvgips		500	4000000	32	256000	-156	-1248000
3a	230 KLT	25 minboard, 3*13 golvgips	13 gips på dubbelregel	920	7360000	54	432000		
3b	230 KLT	25 minboard, 3*13 golvgips+textilmatta A	13 gips på dubbelregel						
7	230 KLT	25 minboard, 30 flytspackel		320	2560000	30	240000	-135	-1080000
	230 KLT	25 minboard, 35 flytspackel		350	2800000	32	256000		
	230 KLT	25 minboard, 50 flytspackel		410	3280000	38	304000	-127	-1016000
8	230 KLT	25 minboard, 60 flytspackel		440	3520000	42	336000		
5	230 KLT	25 minboard, 30 flytspackel	13 gips på dubbelregel	790	6320000	52	416000		
6	230 KLT	25 minboard, 30 flytspackel	2*13 gips på dubbelregel	890	7120000				
9a	230 KLT	Installationsgolvs Tate med textil matta B		1000	8000000				
9b	230 KLT	Installationsgolvs Tate med sylomer+textilm B							
10a	230 KLT	35 träfiberskiva, 35 flytspackel		400	3200000	28	224000		
10b	230 KLT	35 träfiberskiva, 35 flytspackel+textilmatta B							
	230 KLT	35 träfiberskiva, 22 golvspån+13 golvgips		425	3400000	24	192000		
11a	230 KLT	Regeluppbyggnad med sylomer 22+13		530	4240000				
11b	230 KLT	Regeluppbyggnad med sylomer 22+13 textilmatta				25	200000	-188	-1504000
12	230 KLT	Regeluppbyggnad med sylomer 22+2*13		650	5200000				
13a	230 KLT	25 stepisol, 30 flytspackel		400	3200000				
13b	230 KLT	25 stepisol, 30 flytspackel, textilmatta B							
14a	230 KLT		nedpendlat 2*13 gips med 70 minull	600	4800000	33	264000		
14b	230 KLT	Textilmatta B	nedpendlat 2*13 gips med 70 minull						

Resultat från provning i Rise ljudlab vertikal mätning

