

Optimering av ljudförhållanden i flervåningshus med trästomme

Jakob Lindvall

Examensarbete för Ingenjör (YH)-examen

Utbildningen för byggnads- och samhällsteknik

Vasa 2025

EXAMENSARBETE

Författare: Jakob Lindvall

Utbildning och ort: Ingenjör (YH) Byggnads- och samhällsteknik, Vasa

Inriktning: Konstruktionsplanering

Handledare: Petter Forth

Titel: Optimering av ljudförhållanden i flervåningshus med trästomme

Datum: 15.04.2025 Sidantal: 31

Bilagor: 5

Abstrakt

Detta examensarbete är en litteraturstudie i akustiken hos träbyggnader. Flervåningshus i trä blir allt vanligare runt om Europa, vilket leder till att det krävs mer kunskap om hur man uppnår en bra akustik och boendemiljö i dessa byggnader. Flerbostadshus ställer höga krav på ljudförhållande och boendemiljö vilket leder till att det krävs noggrann planering då flerbostadshus byggs i trä.

Syftet med arbetet är i huvudsak en litteraturstudie om akustiken hos träbyggnader då ljud är ett större problem i träbyggnader än vad det är i tyngre byggnadssystem såsom betong och stål. På grund av att trä är ett relativt lätt material krävs skilda lösningar för träbyggnader för att förhindra ljudet från att sprida sig i byggnaden. Målet med detta examensarbete är att påvisa att träbyggnader kan användas även vid höga krav på byggnadsakustiken.

Arbetet har utförts som en planeringsuppgift där målet var att planera en byggnad som klarar de högsta ljudkraven vi har i Finland. Byggnaden planerades som ett flervåningshus med trästomme som är utförd med situationsplan, planlösning, konstruktionsbeskrivningar, detaljritningar och sektion ritade i Autocad. Kostnadsberäkning och dimensionering av konstruktionerna beaktas inte i arbetet då målet med planeringen är att uppnå så höga ljudisoleringsvärden som möjligt.

Inom arbetet ingår även en akustikmätning i en gymnasieskola i Malax som är byggd med en stomme i CLT. Resultaten från mätningen påvisar att man kan uppnå ljudisoleringskraven för utbildningslokaler med relativt enkla träkonstruktioner.

Resultatet av arbetet är en teoretisk byggnad i trä som påvisar att träkonstruktioner kan klara av de högsta ljudkraven i Finland. Flera av byggnadens konstruktioner överskrider även kraven med god marginal. Byggnadens anslutningar mellan konstruktionerna förhindrar effektivt ljudet från att sprida sig genom byggnaden som flanktransmissioner.

Språk: svenska

Nyckelord: Akustik, Ljudisolering, Träbyggnader

BACHELOR'S THESIS

Author: Jakob Lindvall

Degree Programme: Bachelor of Engineering, Civil and Construction Engineering, Vaasa

Specialisation: Structural Design

Supervisor: Petter Forth

Title: Optimization of Acoustic Performance in Multi-Story Timber Buildings

Date 15.04.2025 Number of pages 31

Appendices 5

Abstract

This thesis is a literature study on the acoustics of wooden buildings.

Multi-story wooden buildings are becoming increasingly common across Europe, which creates a growing need for knowledge on how to achieve good acoustics and a comfortable living environment in these structures. Apartment buildings place high demands on sound conditions and quality of life, which in turn requires careful planning when they are built using wood.

The main purpose of this work is to conduct a literature review on the acoustics of wooden buildings, as sound tends to pose a greater challenge in wooden constructions compared to heavier building systems such as concrete and steel. Since wood is a relatively lightweight material, different solutions are needed to prevent sound from spreading through the building. The goal of this thesis is to demonstrate that wooden buildings can meet even the highest acoustic requirements.

The project has been carried out as a design task, where the objective was to plan a building that meets the strictest acoustic standards currently in place in Finland. The building was designed as a multi-story wooden structure, with site plan, floor plan, construction descriptions, detail drawings, and sections all created in AutoCAD. Cost estimation and structural dimensioning are not included in the scope of this work, as the focus of the planning is to achieve the highest possible sound insulation values.

The work also includes an acoustic measurement in a high school in Malax, which has a CLT (Cross-Laminated Timber) frame. The results from the measurement show that the acoustic requirements for educational facilities can be achieved using relatively simple wooden constructions.

The outcome of the thesis is a theoretical wooden building that demonstrates how timber structures can meet Finland's highest acoustic standards. Several of the building's construction details even exceed the requirements by a significant margin. The building's connections between structural elements effectively prevent sound from spreading through the structure as flanking transmissions.

Language: Swedish

Key words: acoustics, sound insulation, Timber buildings

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Syfte.....	1
1.2	Forskningsfråga.....	1
1.3	Metoder och avgränsningar.....	1
2	Akustik.....	2
2.1	Vad är ljud?.....	2
2.2	Ljudnivåskillnad.....	3
2.3	Ekvivalentljudnivå.....	4
2.4	Efterklangstid.....	4
2.5	Bakgrundsbuller.....	5
2.6	Flanktransmissioner.....	5
2.7	Koincidens.....	6
3	Ljudisolering.....	6
3.1	Luftljudsisolering.....	7
3.2	Stegljudsisolering.....	7
3.3	Isoleringsmaterial.....	8
3.4	Skivor.....	8
3.5	Val av golvbeläggningar.....	8
4	Ljudklasser.....	9
5	Träbyggnaders ljudegenskaper.....	11
5.1	Massiva träkonstruktioner.....	12
5.2	Regelstommar.....	12
5.3	Enkel- och dubbelväggar.....	12
6	Akustikmätningar.....	13
7	Byggnadsplanering.....	15
8	Konstruktioner.....	18
8.1	Ytterväggar.....	19
8.1.1	Val av konstruktion.....	19
8.1.2	Inklädnad.....	20
8.2	Bjälklag.....	22
8.3	Undertak.....	23
8.4	Lägenhetsavskiljandeväggar.....	24
8.5	Lätta väggar.....	25
8.6	Anslutningar.....	27
9	Resultat.....	29
10	Diskussion.....	30
11	källor.....	32

Bilagor

Bilaga 1: situationsplan

Bilaga 2: konstruktionsbeskrivningar

Bilaga 3: Detaljritningar

Bilaga 4: Sektion

Bilaga 5: mätresultat

1 Inledning

Det blir allt vanligare att högre och större byggnader byggs med stommar i trä. Detta leder till att fler lösningar för bärighet och boendemiljö behöver utvecklas. Ett av de främst förekommande problemen i träbyggnader är att ljud sprider sig i byggnaden mellan bostäder. Detta bör undvikas och problemet bör lösas med noggrann planering och utförande. Detta arbete tar upp hur man löser dessa problem och uppnår en så bra akustik som möjligt i träbyggnader.

1.1 Syfte

Detta arbete är menat som en litteraturstudie i akustik i träbyggnader och hur man uppnår de högsta ljudkraven som ställs i Finland. Arbetet tar upp viktiga aspekter gällande vad som påverkar akustiken i träbyggnader och exempel på lösningar som kan tillämpas för att få en så bra akustikmiljö som möjligt i träbyggnader.

1.2 Forskningsfråga

Frågeställningen för detta arbete är ifall träkonstruktioner kan användas i byggnader där det ställs höga krav på ljudprestanda. I detta fall är gränsen att byggnaden skall klara kraven för ljudklassen A1 i SFS-5907:2022 för flerbostadshus, vilket är de utrymmen där de högsta kraven ställs.

Följdfrågan blir då hur man uppnår kraven. Vad är nackdelarna med att använda trä i byggnader med höga akustikkrav? Blir konstruktionerna komplicerade eller kan enkla konstruktioner användas.

1.3 Metoder och avgränsningar

Arbetets praktiska del har utförts som en tillämpning av teoridelen genom planering av en exempelbyggnad. Byggnaden planerades med träkonstruktioner som har så höga påvisade ljudreduktionsvärden som möjligt. Minimikravet var att konstruktionerna klarar de högsta ljudkraven för bostadshus i Finland. Byggnadens ritningar är utförda i Autocad och består av situationsplan, planlösningar, konstruktionsbeskrivningar och detaljritningar över väsentliga anslutningar.

I arbetet ingick även en akustikmätning som har utförts i en gymnasieskola i Petalax som är byggd i CLT. Bruel&kjaer 4296 har använts som ljudkälla. Mätinstrumentet som använts är en Bruel&kjaer 4189.

Arbetets huvudfokus är akustiken i träbyggnader och konstruktionslösningar som påvisats klara de högsta ljudkraven i Finland. Andra material som betong och stål beaktas ifall de samverkar med träkonstruktionerna för att uppnå en bättre akustik i byggnaden. Aspekter gällande planering av byggnader tas upp grundligt då arbetets huvudfokus är akustiken. Däremot har Kostnader och dimensionering valts bort för att lägga mer fokus på akustikfrågor.

AI har använts hjälpmiddel för att leta upp källor, förtydliga texter och som hjälp med formuleringar. AI har varit ett bra verktyg för att diskutera och ställa frågor till för att få fram de källor och formuleringar som söks.

2 Akustik

I detta kapitel förklaras en del akustikbegrepp och ljudets fysikaliska egenskaper som ofta förekommer i litteratur gällande byggnadsakustik. Ordet akustik kommer från grekiskan och kan förklaras som vetenskapen om ljud, både hur det skapas och hur man upplever det (Allakustik, u.å.c).

2.1 Vad är ljud?

Ljud kan förklaras som tryckvariationer som sker i luften. Dessa tryckvariationer kan uppfattas med hörseln då de når trumhinnan (Ljunggren, 2011, s. 11). Ljudet färdas som ljudvågor som skapar vibrationer i luften. Vilken ton som man uppfattar ljudet som beror på hur många svängningar ljudvågorna utför varje sekund. Ljudvågorna fungerar i princip som sinusvågor. De ljud som uppfattas med hög eller ljus ton har en hög frekvens vilket betyder att ljudvågorna utför snabba svängningar och ljudvågorna är korta. Lågfrekventa ljud har däremot långsamma svängningar och har en lång våglängd. Antalet svängningar per sekund kallas frekvens och benämns i enheten Hertz (Hz). En människa kan vanligtvis uppfatta frekvenser mellan 20 Hz upp till 16 000 Hz. Unga individer kan uppfatta frekvenser upp till 20 000Hz, men förmågan att höra högre frekvenser försämras med åldern. (Rasa,

2009). Ljutfrekvenserna har stor betydelse då man planerar byggnader. Högfrekventa ljud är oftast lättare att motverka än lågfrekventa ljud. I träbyggnader är lågfrekventa ljud svårare att motverka då trä är ett relativt lätt material i jämförelse med byggnader i betong och stål. (Svenskt trä, 2008)

Ljudets volym kan förklaras med hur hög amplitud som ljudvågen har. Ljudnivån uttrycks i decibel (allakustik, u.å.d). Ljudnivån ökar enligt en logaritmisk skala. Detta betyder att ljudnivån inte dubblas då två ljudkällor har samma ljudnivå. Ljudnivån ökar endast med ungefär 3 dB. Ifall skillnaden i ljudnivå mellan två ljudkällor överstiger 10 dB, blir ljudnivån detsamma som den ljudkällan med högre ljudnivå. Det ljud med lägre ljudnivå har ingen inverkan på den totala ljudnivån. (Lindberg, 2025)

2.2 Ljudnivåskillnad

Ljudnivåskillnaden förklarar skillnaden i ljudtrycksnivå mellan två rum. Då ett ljud alstras bör ljudnivån bli lägre då det tar sig till ett annat rum. Hur stor skillnaden blir beror på hur konstruktionerna och anslutningarna är uppbyggda.

Då ljudvågorna träffar en yta så överförs en del av ljudets energi in i konstruktionen. Ljudvågorna skapar då vibrationer i konstruktionen och sätter den i svängning. Då konstruktionen vibrerar beter den sig likt en högtalare som ger ifrån sig ljud via vibrationerna från ljudtransmissionerna. På detta sätt förs ljudet till rummet på andra sidan konstruktionen (Om ljudisolering, 2018). Den ljudnivån som kan uppfattas i rummet intill är lägre än ljudet i rummet där ljudkällan finns. Denna skillnad är resultatet av att ljudets energi reflekteras av väggytan eller absorberas av materialen i konstruktionen. En del av energin försvinner även som värme på grund av friktion mellan konstruktionsdelarna som är i svängning (Ljunggren, 2011, s. 42).

Ljudnivåskillnad betecknas som ljudreduktionsstal R. Ljudnivåskillnaden kan beräknas med flera olika metoder och formler beroende på situation och konstruktionstyp. Beräkningarna för trähus blir ofta långa och tar lång tid då man bör beakta rumsplacering, storlek och var bärande väggar är placerade för att beräkna en realistisk ljudreduktion. För att uppnå realistiska beräkningar bör beräkningsprogram användas för att förenkla processen. (Ljunggren, 2011, s. 37).

2.3 Ekvivalentljudnivå

I en del mätningar krävs det att man mäter den ekvivalenta ljudnivån $L_{eq,T}$. den ekvivalenta ljudnivån ger ett medeltal i ljudnivån över en längre tidsperiod. Tiden bestäms efter behovet för den specifika mätningen (Lindberg, 2025). Den ekvivalenta ljudnivån kan tillämpas vid bullermätningar i bostadshus och på arbetsplatser (Allakustik, u.å.d)

2.4 Efterklangstid

När en ljudkälla tystnar så tystnar inte ljudet omedelbart. Detta kallas efterklang och uppstår då ljudvågorna reflekteras av ytorna i ett rum. reflektionerna leder till att ljudvågorna inte når trumhinnan samtidigt utan en del fördröjs. Därför blir efterklangstiden oftast längre i stora utrymmen då en del av ljudvågorna behöver färdas längre innan de når trumhinnan. Efterklangen påverkas även av utformningen och materialet på ytan som reflekterar ljudet. Hårda och plana ytor bidrar till en längre efterklangstid, medan mjuka och ojämna ytor absorberar en större del av ljudvågorna. (Rasa, u.å)

Vanliga åtgärder för att minska efterklangstiden är att montera akustikskivor som är gjorda av absorberande material eller som är utformade så att ljudet inte reflekteras tillbaka ut i rummet. Dessa monteras sällan i bostadshus men används ofta i offentliga utrymmen (Akustik, Rasa). Efterklangstiden minskar även då utrymmet möbleras då möbler absorberar en del av ljudvågorna. Stora och tomma rum har allmänt en väldigt lång efterklangstid jämfört med små möblerade utrymmen (undertaksportalen, u.å)

Efterklangstiden förklaras ofta som hur länge det tar innan ljudnivån sjunker med 60 dB. Vid mätningar beaktar man däremot hur länge det tar för ljudnivån att sjunka med 20 dB. (s.13, Ljunggren, 2017) Vid lång efterklangstid kan det vara svårt att urskilja ljud och uppfatta tal, taluppfattningen förvärras ju längre från ljudkällan du står (Akustik, Rasa). Även alltför kort efterklangstid kan påverka taluppfattningen negativt i byggnaden (Efterklangstid, undertaksportalen). Hur efterklangen upplevs är inte enbart hur lång den är. Hur ljudet sprids i rummet när det reflekteras från ytorna kan också ändra ljudbilden (PE teknik & arkitektur, u.å)

2.5 Bakgrundsbuller

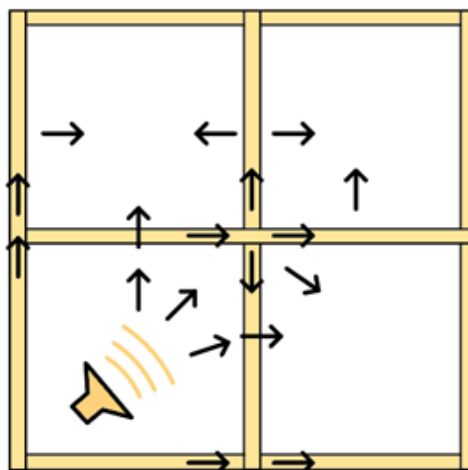
Buller är de ljud som är oönskade av människan. Ljud som uppfattas som buller är störande och kan påverka koncentrationsförmågan och möjligheten att vila i ett utrymme. Detta betyder att sovrum och arbetsutrymmen har större krav på bullernivåer. (Lindberg, 2025).

Bakgrundsbuller i byggnader härstammar ofta från ventilationssystemet eller andra installationer i byggnaden som kan alstra ljud. Ifall ett rum har en låg grundljudnivå uppfattas buller tydligare, vilket leder till att buller blir allt viktigare att motverka i byggnader med bra ljudisolering. Ifall installationer i byggnaden orsakar buller bör de placeras så att de inte hörs i bostäder eller andra utrymmen med höga ljudkrav. (Ljunggren, 2011, s.24,27). Buller kan även uppstå av lång efterklangstid då ljuden blir högre och varar längre (undertaksportalen, u.å).

Även trafik kan orsaka buller i byggnader om byggnaden är placerad intill en trafikerad väg. Detta bör beaktas vid planering. Fordon orsakar störande ljud och det är viktigt att förhindra bullret från att ta sig in i bostaden. Vid byggnader nära en trafikerad väg bör man välja ytterväggar och fönster med bra ljudreduktion för att minska trafikbullret. (Ljunggren, 2011, s. 27-28).

2.6 Flanktransmissioner

Ljudet från ett rum leds inte enbart till rummen intill. Då ljudvågorna transmittas till en konstruktion kan vibrationerna ledas vidare till anslutande konstruktioner och sprida ljudet till andra utrymmen i byggnaden. Ljudet kan även ledas till ett rum diagonalt från rummet där ljudkällan finns. Detta kallas flanktransmissioner. Ljudet kan ledas genom



konstruktionerna som illustrerat i Figur 1 där pilarna visar exempel på hur ljudet sprider sig. (Svenskt trä, 2017)

Flanktransmissioner leder till att ljudnivåskillnaden mellan rummen blir låga, även om konstruktionerna själva har bra ljudreduktionsvärden. Eftersom att trä är ett relativt lätt material är flanktransmissionerna svårare att åtgärda i byggnader av trä än vad de är i

betongbyggnader. I betongbyggnader är flanktransmissionerna mindre problematiska att motverka då konstruktionerna är tyngre. (Svenskt trä, 2017)

Bärande konstruktioner är problematiska att åtgärda när det gäller flanktransmissioner, då man lättast förhindrar det via att separera konstruktionsdelarna från varandra så att de inte har en mekanisk förbindelse. Det vill säga att i trähus vill man undvika att montera konstruktionerna trä mot trä. Oftast monteras de med ett mjukare material mellan konstruktionerna. Detta kan vara utmanande i konstruktioner som ska bära stora krafter. (KI-trähandboken, s. 74,77)

2.7 Koincidens

Koincidens är ett fenomen där ljudreduktionen vid en specifik frekvens reduceras betydligt. Koincidens infaller då en konstruktionsdel har en så kallad egenfrekvens. Detta är vibrationer som oftast uppstår främst i bärande konstruktioner. Koincidens infaller då luftljud med samma frekvens som konstruktionens egenfrekvens transmitteras, då samverkar de båda frekvenserna och minskar luftljudsreduceringen i konstruktionen drastiskt för den frekvensen. (Ljunggren, 2011, s. 42-43).

Koincidensen har en gränshfrekvens där den påverkar ljudreduktionen som mest. Gränshfrekvensen är den lägsta frekvensen där koincidens kan infalla och även där det har störst påverkan på ljudreduktionen. Koincidens kan även infalla vid frekvenser nära gränshfrekvensen men dess påverkan på ljudisoleringen är betydligt mindre. Vid dimensionering av byggnadsdelar strävar man efter en så hög gränshfrekvens som möjligt för att koincidens inte ska infalla vid låga frekvenser som redan är svåra att förhindra. Gränshfrekvensen påverkas av konstruktionens material och tjocklek. (Ljunggren, 2011, s. 42-43).

3 Ljudisolering

På samma sätt som alla material har olika termiska egenskaper, så skiljer sig olika material med deras akustiska egenskaper. De flesta isoleringsmaterial har goda

Ljudisoleringssegenskaper, men de är ej jämlika. Isoleringsförmågan beror på ljudvågornas frekvens och materialens absorptionsförmåga. (Allakustik, u.å.a).

3.1 Luftljudsisolering

Luftljud kan förklaras som de ljud som färdas i luften. Vanligen i en bostad alstras luftljud från bland annat tal, ljud från tv, musik och ljud från hushållsmaskiner. Dessa ljud bör förhindras från att ledas till andra rum och bostäder så effektivt som möjligt för att förbättra boendemiljön i byggnaden. (Ljunggren, 2011, s. 14)

Luftljudsisoleringen bör beaktas i både väggar och i bjälklag i byggnaden. I standarder och förordningar beaktas luftljudsisoleringen som ljudnivåskillnaden mellan rummen. Ljudnivåskillnaden för luftljud har oftast benämningen $D_{nT,w}$ men kan kallas även för R_w i många sammanhang (Ljunggren, 2011, s. 19)

3.2 Stegljudsisolering

Stegljudsisoleringen förhindrar ljud från fotsteg, stolskrap och andra kortvarande slag i bjälklaget. Stegljud är en vanlig brist i flerbostadshus, speciellt i hus med trästomme i mellanbjälklaget. Stegljud är även en utmaning i de flesta betongbyggnader. (BKR, 2023).

Vid planering mot stegljud utgår man från stegljudsnivå i stället för ljudnivåskillnad då mätningarna för stegljud utförs med standardiserade stegljudsmaskiner. Stegljudsnivån är ljudnivån som uppstår i rummet under bjälklaget då stegljudsmaskinen slår mot golvet. Vid val av konstruktion bör man eftersträva en så låg stegljudsnivå som möjligt. (Kl-trähandboken, 8.1).

Stegljudsnivån betecknas ofta som $L'_{nT,w} + C_{l,50-2500}$. där $C_{l,50-2500}$ är en anpassningsterm för avvägning av frekvensbandet mellan 50hz och 2500hz. Avvägningen leder till att lågfrekventa ljud påverkar resultatet för stegljud mer än vad de gör i luftljudsmätningar. För att avväga ett mätresultat för stegljud krävs en referenskurva. Utifrån referenskurvan höjs eller sänks mätresultatets egen kurva inom frekvensbandet. (Ljunggren, 2011, s.20–21).

3.3 Isoleringsmaterial

För ljudreducering spelar valet av isoleringsmaterial en betydande roll. De flesta isoleringsmaterialen har en bra ljudabsorptionsförmåga, men det finns undantag. Även om isoleringsmaterialen kan minska ljudgenomgången så kan de ej förhindra transmissionen genom trästommarna i reglade konstruktioner. I likhet med värme tar ljudet den lättaste vägen genom en konstruktion. Reglarna i en vägg är lättare för ljudet att ta sig igenom än isoleringsmaterialet. (Svenskt trä, 2003).

Glasullen är ett av de bättre alternativen då det kommer till ljudisolering. Den har hög lufttäthet vilket ger ett bra strömningsmotstånd. För att uppnå en jämförbar ljudisolering med stenull krävs det att isoleringen har dubbelt så hög densitet som motsvarande glasullskiva för att uppnå samma resultat. Isoleringar av cellplast rekommenderas ej om man vill uppnå en bra ljudisolering. Cellplast består av slutna celler och kan försämra ljudisoleringen ifall man inte avskiljer isoleringen från konstruktionerna. (Isover, 2018)

3.4 Skivor

På samma vis som med isolering, kan val av skivor förändra en väggs ljudisolerande egenskaper. Genom att montera ett dubbelskikt av gipsskivor kan ljudnivåskillnaden öka med 3dB jämfört med samma vägg med en enkel gipsskiva (Isover, 2018). Till stor del beror det på att väggens vikt ökar.

Fibergipsskivor har visat goda resultat för ljudisolering då dessa skivor är tyngre och hårdare än vanliga gipsskivor och kan således uppnå bra resultat även med ett enkelskikt. Fibergips är ett bra alternativ ifall man inte vill minska utrymmet i byggnaden genom att lägga dubbla skivor och ändå förbättra ljudisoleringen. (Fermacell, u.å).

3.5 Val av golvbeläggningar

Valet av golvmaterial kan ha en viss betydelse på ljudreduceringen för ett bjälklag. Golvmaterialen i sig förbättrar inte isoleringen mot luftljud och kan till och med i vissa fall ge en minimal försämring av luftljudsreduktionen. Golvet kan däremot ge en förbättring i stegljudsnivåerna. För att golvet ska påverka stegljudsreduceringen krävs det att golvet monteras flytande. Det vill säga att golvet ej är mekaniskt anslutet till bjälklaget, utan att

man har ett fjädrande skikt som dämpar golvet. Flytande golv kan ge en förbättring på några decibel i stegljudsnivå beroende på golvmaterial och bjälklagets uppbyggnad. I vissa fall ger ett flytande golv en omärkbar skillnad i ljudreduktion, men detta händer ytterst sällan. (Ljunggren, 2011, s. 66-67)

Ifall man gjuter en platta av betong på ett träbjälklag bör även detta utformas som flytande för att minimera ljudtransmissioner från stegljud att sprida sig till väggar och bjälklag. Pågjutningar av betong används i många golvbjälklag som används i byggnader med höga ljudkrav för att minska stegljudsnivåerna i byggnaden. (Holzforschung Austria, 2021, kap, 7.6.2.2,)

4 Ljudklasser

I Finland har vi tre olika ljudklasser som bestämmer gränsvärden för steg-och-luftljudsreducering. Dessa klasser hittas i standarden SFS-5907:2022. Minimikravet för en byggnad går att hitta i Miljöministeriets förordning om ljudmiljön i byggnader. De värden som ges av miljöministeriet motsvarar klass A2 för flerbostadshus i SFS-5907:2022.

Ljudklasserna bestäms i ett tidigt skede av planeringen då det är viktigt att veta vilka gränsvärden man bör följa. Den högsta ljudklassen är A1 som har de högsta kraven på ljudisolering. Klass A2 är en vanlig klass i bostadsbyggnad och motsvarar förordningarnas gränsvärden. A3 är den lägsta klassen och har lägre gränsvärden än vad miljöministeriet rekommenderar.

Minimikravet som ställs i detta arbete är att konstruktionerna för exempelhuset klarar gränsvärdena för ljudklass A1. Målet är att hitta konstruktionstyper som har så höga påvisade ljudisoleringvärden som möjligt.

Tabell 1 Tabell över gränsvärden för luftljudsreduktion i flerbostadshus (SFS EN 5907:2022)

Tila	Luokka A1	Luokka A2	Luokka A3
	$D_{nT,w}$	$D_{nT,w}$	$D_{nT,w}$
Asuntojen välillä ja asunnon ja sitä ympäröivien tilojen välillä yleensä ¹	60	55	53
Asuntoon kuuluvan WC-, kylpyhuone- ja löylyhuonetilan ja toisen asunnon vastaavan tilan välillä	60	55	53
Uloskäytävästä asuinhuoneeseen, kun välissä on ovi	42	39	36
Vähintään yhden asunnon asuinhuoneen ja asunnon muiden tilojen välillä ²	44	-	-
Vähintään yhden asunnon huoneen ja asunnon muiden tilojen välillä, kun välissä on ovi	34	-	-
Asuinrakennuksessa sijaitsevan talosaunan ja asunnon asuinhuoneen välillä	60	55	53
Asuinrakennuksen pesutuvan ja asunnon asuinhuoneen välillä ³	60	55	53
Sisäänvedetyn parvekkeen ja toisen asunnon asuinhuoneen välillä ⁴	60	55	53
Viherhuoneen tai kattoterassin ja toisen asunnon asuinhuoneen välillä	60	55	53

¹ Jos asunto kytkeytyy rakenteellisesti tiloihin, joissa syntyy voimakasta, erityisen häiritsevää tai pienitaajuisia ääntä, riittävän ääneneristykseen toteutumiseen on kiinnitettävä suunnittelussa ja toteutuksessa erityistä huomiota. Ohjeita tähän on annettu [luvussa 5.9](#) Äänekkäät tilat. Suunnittelussa on otettava huomioon myös asumisterveysasetuksessa annetut melun toimenpiderajat asuinhuoneiden sisämelutasolle.

² Tarkoituksena on varmistaa esimerkiksi vuorotyöntekijälle mahdollisuus lepoon ja nukkumiseen tai etätyöntekijälle työrauhaan ja keskustelujen käymiseen.

³ Suunnittelussa on otettava huomioon myös asumisterveysasetuksen sisämelutason toimenpiderajat asuinhuoneissa. Pesutuvan laitteista aiheutuva ääni voi olla pienitaajuisia, mikä voi edellyttää esitettyä parempaa ääneneristystasoa.

⁴ Rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyys rajoittaa saavutettavaa ääneneristävyttä etenkin silloin, kun toisen asunnon asuinhuoneen ikkuna on sisäänvedetyn parvekkeen läheisyydessä. Tavoiteltava ääneneristävyys edellyttää myös tilojen suunnitteluun liittyviä ratkaisuja.

I Tabell 1 redovisas gränsvärden för luftljudsreduktion i olika typer av utrymmen. För luftljud krävs ingen avvägning för låga frekvenser, utan hela frekvensbandet beaktas i mätningar. Detta gör det lättare att uppnå gränsvärdena för luftljud då lågfrekventa ljud inte påverkar värdet i samma grad som i stegljudsmätningar. Ur Tabell 1 fås gränsvärdet för luftljud som bör eftersträvas då konstruktionerna bestäms. I exempelhuset bör konstruktionerna uppnå en luftljudsreducering på minst 60 dB. det vill säga att ljudnivån vid mätningar ska minska med 60 dB mellan rummen.

Tabell 2 Tabell över gränsvärden för stegljudsnivå i flerbostadsbyggnader. (SFS EN 5907:2022)

Tila	Luokka A1 $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$	Luokka A2 $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$	Luokka A3 $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$
Asuntojen välillä ¹	48	53	58
Toista asuntoa palvelevasta uloskäytävästä asuinhuoneeseen	58	63	63
Asunnon tiloista vähintään yhteen asuinhuoneeseen asunnon sisällä ²	63	-	-
Asuinrakennuksessa sijaitsevan talosaunan ja asunnon asuinhuoneen välillä	48	53	58
Asuinrakennuksen pesutuvan ja asunnon asuinhuoneen välillä	48	53	58
Sisäänvedetyn parvekkeen tai terrassin ja alapuolella sijaitsevan toisen huoneiston asuinhuoneeseen	53	53	58
<p>¹ Askelääneneristävyydelle asetettu vaatimus ei koske mitausta satunnaisesti käytettävistä huolto- ja varastotiloista, autosuojista tai vastaavista tiloista eikä mitausta asuntoon kuuluvista WC-, kylpyhuone- ja löylyhuonetiloihin. Näistä tiloista asuntoon mahdollisesti aiheutuva haitta otetaan huomioon suunnittelussa ja rakentamisessa niin, että asunnossa saavutetaan edelleen hyvä ääniympäristö. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi seuraavia ratkaisuja:</p> <ul style="list-style-type: none"> - kun WC-, kylpyhuone- tai löylytilat sijaitsevat eri kerroksissa samalla kohdalla, askeläänet tai LVIS-kalusteiden aiheuttamat runkoäänet näistä tiloista alempaan tai ylempään huoneistoon eivät yleensä aiheuta häiriötä. Taloteknisen järjestelmän tulee kuitenkin täyttää ääniympäristöasetuksen keski- ja enimmäisäänitasovaatimukset. - kun WC-, kylpyhuone- tai löylytila sijaitsee alemman kerroksen asuinhuoneen päällä, varmistetaan, että askeläänistä tai LVIS-kalusteiden aiheuttamista runkoäänistä ei synny haittaa alemman kerroksen huoneistoon. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi tekemällä WC-, kylpyhuone- tai löylytilan alla sijaitsevaan toisen huoneiston asuinhuoneeseen ääntä eristävä, joustavasti ripustettu alakattorakenne. <p>² Tarkoituksena on varmistaa esimerkiksi vuorotyöntekijälle mahdollisuus lepoon ja nukkumiseen tai etätyöntekijälle työrauhaan.</p>			

Även kraven för stegljudsnivån hittas i SFS EN 5907:2022. Ur Tabell 2 erhålls kraven för stegljudsnivån i de olika klasserna. För stegljud ställs krav på att mätvärdena är avvägda efter en referenskurva i frekvensbandet 50hz-2500 Hz. Detta leder till att låga frekvenser har en betydlig inverkan på konstruktionernas mätvärden.

Gränsvärdet för stegljudsnivån i bostadsutrymmen för klassen A1 i bostadsutrymmen är 48 dB. detta är det gränsvärde som kommer följas då bjälklaget för exempelhuset bestäms i kapitel 8.2.

5 Träbyggnaders ljudegenskaper

Trä har historiskt sett använts som konstruktionsmaterial i mindre byggnader så som egnahemshus, radhus och små flerbostadshus. I dagens läge används trä i större byggnader i större utsträckning. Det är till stor del de ökande miljökraven som är en av de största anledningarna till att trä har ökat i popularitet, då trä orsakar relativt låga utsläpp i jämförelse med betong och stål. Trä lagrar koldioxid från luften vilket minskar byggnadens koldioxidavtryck. Ett flervåningshus med fyra våningar kan lagra ungefär 150 ton koldioxid under sin livstid. (Svenskt trä, u.å).

5.1 Massiva träkonstruktioner

Massiva träkonstruktioner har traditionellt byggts med stockar som byggnadens bärande stomme (Massivträhus, ekobyggportalen). I dagens läge byggs ofta stockhusen med limträstockar vilka lätt kan tillverkas i fabriker. Större och högre hus i trä byggs oftast av större massiva träkonstruktioner med CLT-element. CLT-elementen liknar traditionella betongelement. Lågfrekventa ljud är ett frekvent problem även i CLT byggnader, då de även likt andra träkonstruktioner anses likt ett lätt byggsystem. (KL-trähandboken, 8.5)

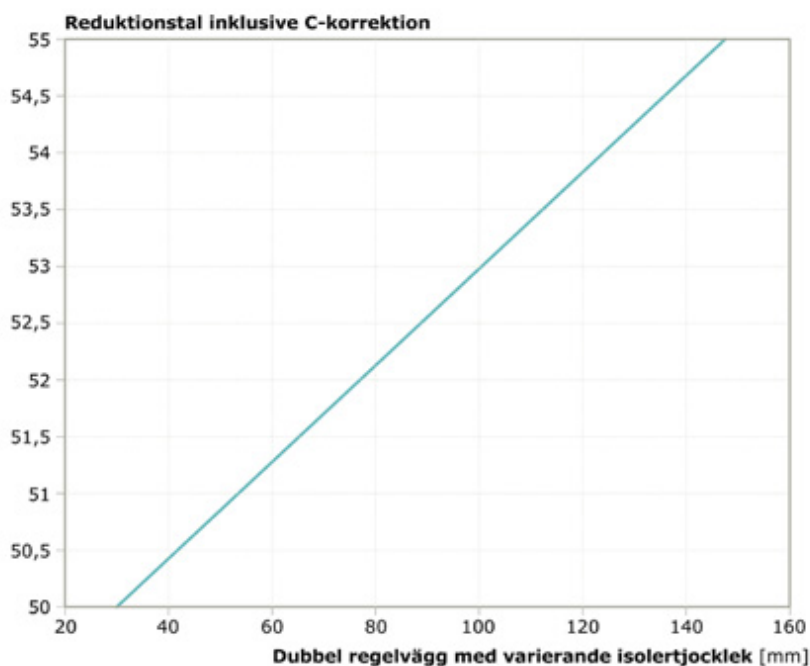
5.2 Regelstommar

Konstruktioner med regelstommar eller bjälkar är en av de vanligast förekommande träkonstruktionerna. Man kan uppnå en relativt bra ljudreduktion med dessa konstruktioner. Jämfört med CLT-konstruktioner är de däremot relativt lätta, vilket leder till att de isolerar sämre mot lågfrekventa ljud. Det mesta av ljudet leds genom träreglarna, vilket leder till att isoleringsmaterial har en betydligt mindre påverkan i regelstommar än i CLT-konstruktioner. Det lättaste sättet för att öka ljudisoleringen i dessa konstruktioner är genom att montera tyngre skivor eller genom att bygga väggarna likt dubbelväggar. dubbelväggarna förklaras i kapitel 5.3. (Svenskt trä, 2003)

5.3 Enkel- och dubbelväggar

Väggar går att dela upp i två olika kategorier, enkelväggar och dubbelväggar. Indelningen beror på ifall väggen är uppbyggd med en eller två stommar. Den främst förekommande varianten av väggar är enkelväggen. Enkelväggar består av en ensam stomme som avskiljer olika utrymmen. Ett exempel på enkelväggar är regelväggar med en gipsskiva på vardera sida. Även en ensam CLT-skiva tillhör kategorin enkelväggar. (Ljunggren, 2011, s. 43-45).

Dubbelväggarna är oftast uppbyggda med två separerade stommar med en spalt som avskiljer dem. Spalten brukar oftast vara fylld med isoleringsmaterial, men kan lämnas öppen. (Ljunggren, 2011, s. 45). Konkreta exempel på enkel och dubbelväggar hittas i kapitel 8 där olika konstruktionstyper redovisas.

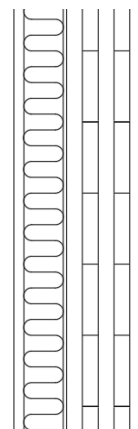


Figur 2. Isolertjockleken påverkan på ljudreduktion i dubbelkonstruktioner (Svenskt trä, 2003)

I dubbelväggar med regelstomme bidrar isoleringsmaterialet till ljudreduceringen jämfört med isoleringsmaterialets påverkan i enkelväggar. Figur 2 påvisar att förbättringen i reduktionstal är linjärt då man ökar isoleringstjockleken. Detta påvisar att reglade dubbelväggar kan användas även vid höga ljudkrav. (Svenskt trä, 2003)

6 Akustikmätningar

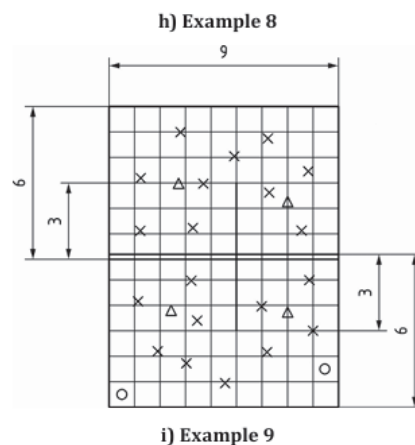
I detta arbete utfördes en akustikmätning i en gymnasieskola i Petalax som är byggd i CLT. Mätningarna utfördes mellan två klassrum som skiljs åt av en vägg med en stomme i CLT. Det utfördes enbart luftljudsmätningar då stegljuden är oväsentliga för arbetet eftersom golvet under väggen är en markliggande betongplatta och byggnaden är byggd i ett plan. Mätningarna utförs enligt standarden SFS-EN ISO 16283–1:2014, där mätmetoderna redovisas med vägledning för utförande beroende på rumsstorlekar och rummets positionering i relation till varandra



Figur 3 Tvärsnitt av klassrumsväggen

Väggen som mäts är uppbyggd enligt väggen i Figur 3. Väggens uppbyggnad består av en 100 mm CLT-skiva som stomme. Intill CLT-skivan står en 48x48mm regelstomme som är avskild från CLT-skivan med en 4mm luftspalt för att förhindra direkt transmission mellan stommarna. Utrymmet mellan reglarna är fylld med 40mm tjock träfiberisolering. Beklädnaden av väggen består av en extra hård gipsskiva.

Mätningarna utfördes med fem mätpunkter i varje rum då rummens areal är under 50 m². Reduceringen av mätpunkter redovisas i tabell C.1 i SFS-EN ISO 16283–1:2014. Mätpunkterna bör placeras någorlunda slumpvist. I standarden finns flera olika typfall som kan användas som vägledning för placering av mätpunkterna. I Figur 4 syns typfallet som används under mätningarna. Kryssen i bilden kan



Figur 4 Mätpunkter i typfall (SFS)

användas som vägledning för vart mätpunkterna kan placeras. Högtalaren som används som ljudkälla byter position mellan två olika punkter placerade enligt de två runda markeringarna i Figur 4. Anledningen till att mätningarna utförs med flera mätpunkter är för att få ett noggrannare resultat då ljudnivån kan variera mellan olika punkter i rummet.

Först mäts ljudnivån i sändarrummet där ljudet mäts från de fem mätpunkterna som bestäms ur Figur 4. Sedan mäts ljudnivån på samma vis i mottagarrummet med fem mätpunkter. Sedan förflyttas högtalaren till den sekundära positionen. Därefter utförs mätningar igen på samma sätt.

Bakgrundsljudnivån mäts utan en extern ljudkälla då det är ljuden som finns i byggnaden som mäts. Dessa mätningar görs med samma mätpunkter som används vid mätningarna av ljudnivåskillnaden, men enbart i mottagarrummet. Eftersom byggnaden är tom vid mättillfället är det enbart ventilationen som utgör bakgrundsljudet i byggnaden. Vid de tider då byggnaden är i bruk bör bakgrundsnivån vara lite högre på grund av aktivitet i byggnaden.

Efterklangstiden mäts enbart i mottagarrummet med högtalaren i samma rum. I denna mätning placeras högtalaren i mitten av rummet och avmätningen utförs med enbart två mätpunkter. Ifall rummet vore större kunde flera mätpunkter användas men i detta fall är två punkter tillräckligt för att få ett resultat.

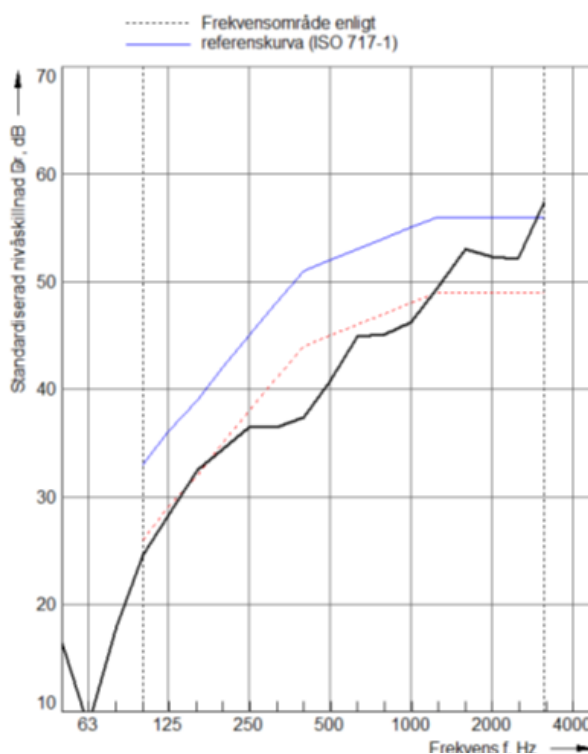
Resultatet av mätningen visar att väggen uppnår luftljudsreduktionen $D_{nT,w} = 45$ (-1, -5) dB vilken klarar kraven för undervisningssalar där kravet för

ljudklass B1 och C1 är 44dB. Ur kurvan i Figur 5 syns det hur de lågfrekventa ljuden har

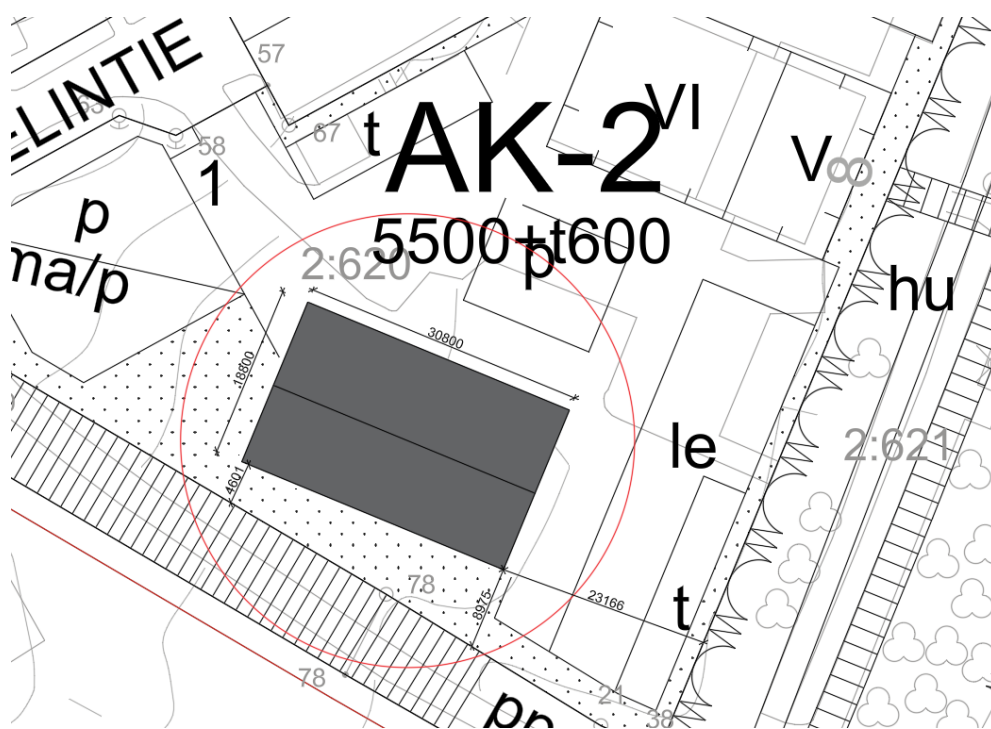
betydligt lägre ljudreduktion än mellan och högfrekventa ljud. Runt 63 Hz syns det en tydlig dal i kurvan som går ner till 0 dB. Detta skulle kunna vara koincidens som inträffar, troligen är det inte fallet, utan det mest troliga är att det handlar om ett mättningsfel. En annan teori är att utrustningen har svårt att mäta dessa frekvenser.

7 Byggnadsplanering

En del av detta arbete går ut på att planera en flerbostadsbyggnad i trä. Målet är att husets byggnadsdelar har så bra ljudisolering som möjligt. Anslutningarna mellan konstruktioner bör även effektivt förhindra flanktransmissionerna från att leda ljudet runt om i byggnaden. Kravet är att klarar de högsta ljudkraven som ställs i Finland. I detta kapitel förklaras några tankegångar kring planering och rumsplaceringar som påverkar ljudförhållanden i byggnader.

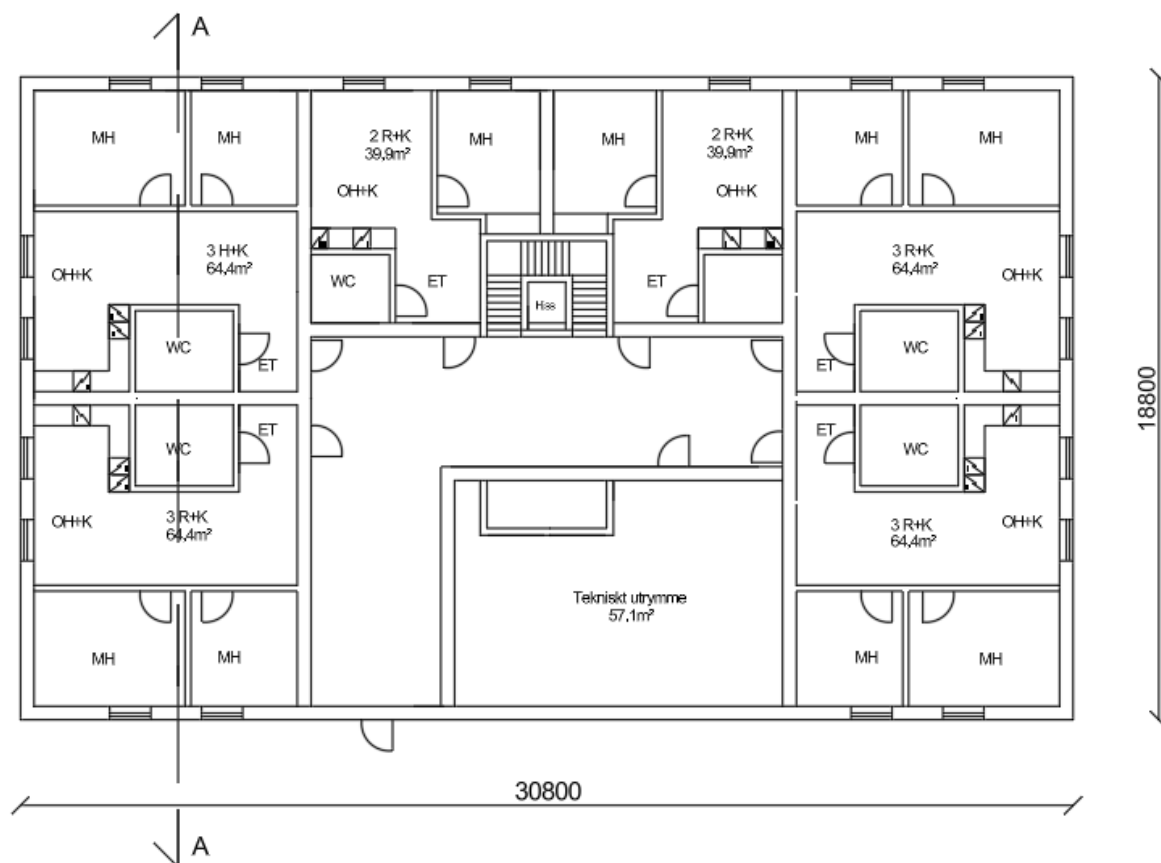


Figur 5 resultatkurva för luftljudsreduktionen från mätningen



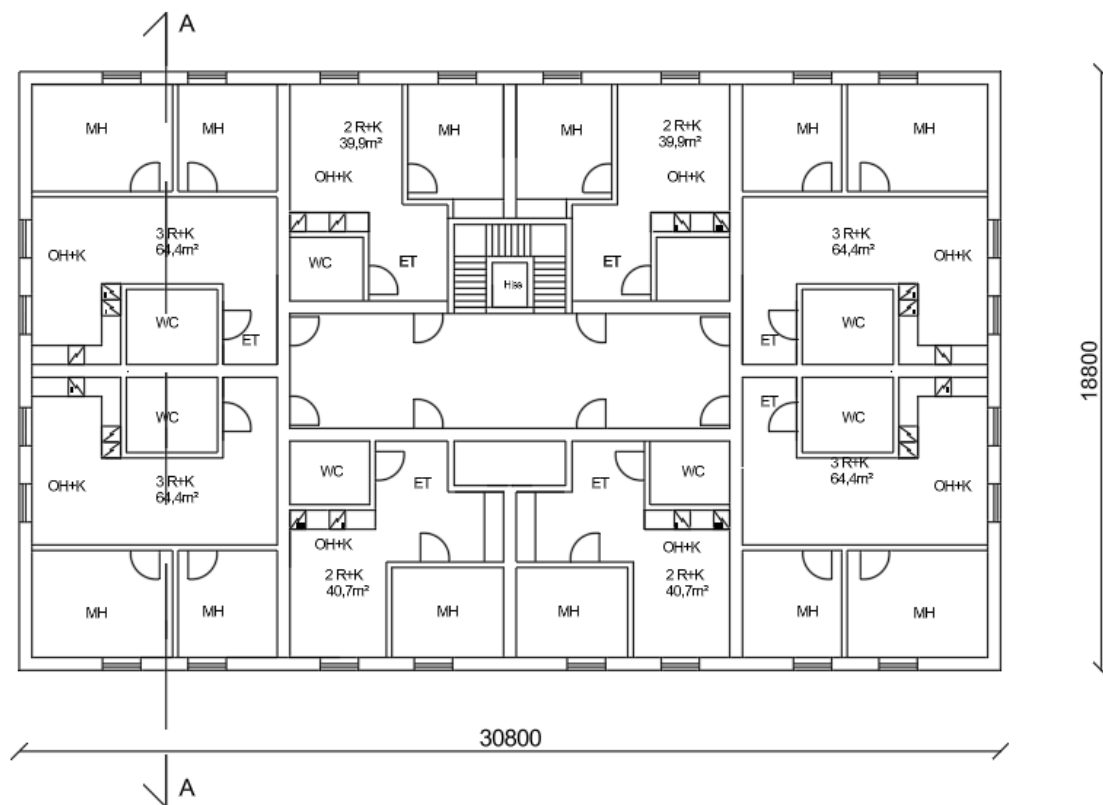
Figur 6 Situationsplan för exempelbyggnaden

Tomten som byggnaden är planerad på är belägen i Smedsby i Korsholm. Tomten som valts är 226a som ingår Smedsby's detaljplan. Placeringen på tomten är gynnsam då det inte är någon trafikerad väg intill huset. Byggnadens placering på tomten utförs enligt Figur 6. Avståndet till tomtgränsen är över fyra meter som är kravet i kvarterets detaljplan. Husets byggnadsarea är 2160 m² som är uppdelat på fyra plan placerade ovan mark. Ingen källare är planerad i byggnaden då det ej är väsentligt för arbetet. Den outnyttjade byggnads arean på tomten är 2840 m², vilket lämnar utrymme för en till byggnad och parkeringsgaraget som finns planerade i detaljplanen.



Figur 7 Entréplanets planlösning i exempelhuset

Byggnadens första plan som utförs enligt Figur 7 består av fyra trerumslägenheter och två enrumslägenheter. De tekniska utrymmena är placerade på första plan för att förhindra ljud och vibrationer från ventilationsaggregat eller annan husteknik att färdas genom bjälklagen i byggnaden som stomljud. Sovrum *MH* är placerade så att de inte ligger intill kök *K* och badrum *WC*. Detta för att minimera ljud från avlopp och andra oönskade ljud från att ta sig in i sovrummen (Ljunggren, 2011, s. 24).



Figur 8 planlösning för våning 2-4 i exempelhuset

Andra, tredje och fjärde plan är planerade enligt planlösningen i Figur 8. Då det inte finns något tekniskt utrymme, entré eller allmän balkong i de våningarna så finns det utrymme för två tvårumslägenheter till per våning, i övrigt är planlösningen i plan två till fyra identisk med första våningens planlösning.

8 Konstruktioner

I detta kapitel redovisas de lösningar som används i exempelbyggnaden. Även alternativa lösningar som klarar kraven fast med lägre påvisade värden redovisas, eftersom de kan vara enklare eller mer kostnadseffektiva än de valda konstruktionerna. Kravet för byggnaden är att den ska uppfylla ljudklass A1 och då behövs konstruktioner som påvisats klara av de givna kraven.

8.1 Ytterväggar

Ytterväggar har en betydande funktion för att förhindra ljud utifrån bostaden. Ytterväggar ställer även krav på värmeisolering där kravet är $u = 0,17$. I detta kapitel bestäms ytterväggskonstruktionen för exempelbyggnaden, men även förbättringar för befintliga konstruktioner. Fönster är även väsentliga för ljudisoleringen i ytterväggar. Däremot ingår de inte i detta arbete.

8.1.1 Val av konstruktion

	Yttervägg typ 2 22 utvändig panelbräda 27 × 97 fanerträ, c600 200 tung isolering Ångbroms 120 KL-träskiva 15 brandgipsskiva	384	$D'_w = 52$	EI90 / 0,15
--	--	-----	-------------	-------------

Figur 9. Ytterväggskonstruktion med bärande stomme av CLT som används i arbetet (KL-trähandboken)

För ytterväggarna i byggnaden väljs konstruktionen i Figur 9 då det ges ett fast värde för ljudreduktionen. Flera andra ytterväggskonstruktioner ger ljudreduktioner i spann. Exempel på detta kan vara $D_w = 48-56$ dB. Oftast utan en klar förklaring över vad som orsakar skillnaderna i ljudreduktion i spannet. Denna konstruktion är en typisk ytterväggslösning i träbyggnader av CLT. Då ytterväggarna måste uppfylla u -värdes kraven och fungera fukttekniskt leder det till att alternativen är få och variationerna mellan alternativen är små. Denna konstruktion har ett u -värde på 0,15 vilket klarar gränsvärdet på 0,17. Väggens brandklass är EI90, vilket klarar brand kraven för de flesta byggnader. Ljudreduceringen är 52 dB, då ytterväggar inte avgränsar bostäder gäller inte kraven i Tabell 1 utan kraven ställs ofta som ekvivalent ljudnivå i bostaden.

Ytterväggarna kan även lösas med en uppreglad konstruktion enligt Figur 10. Nackdelarna med dessa konstruktioner är att ljudet kan transmittas längs med reglarna i stommen. (Svenskt trä, 2003). Ett annat problem kan vara bärigheten vid högre byggnader där lasterna blir betydligt större. Denna konstruktion har en ljudreducering på 53dB, vilket är lite bättre än konstruktionen i Figur 9. Skillnaden på 1dB är egentligen ganska obetydlig.




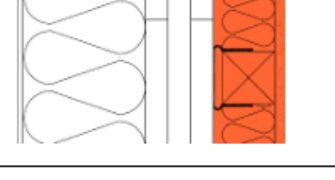
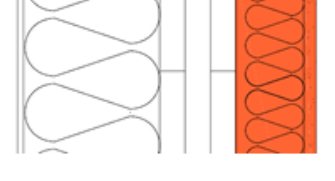
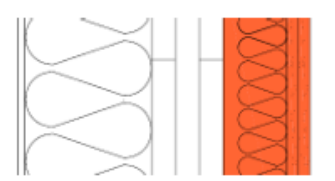


Figur 10 Ytterväggskonstruktion med regelstomme som alternativ konstruktion (Isover)

8.1.2 Inklädnad

Hur inklädnaden av ytterväggens insida utförs har stor betydelse för väggens ljudreduktion. Gipsskivan eller panelen kan antingen monteras direkt mot ytterväggens stomme men kan även utföras med en egen uppreglad stomme för att uppnå en bättre ljudreducering. I (figur 13) ges exempel på olika lösningar där uppskattade förbättringar i ljudreducering redovisas för olika lösningar på inklädnadens utförande. Av de redovisade alternativen i (figur 13) ger en fristående stomme bäst resultat, detta då ljudtransmissionerna från ytterväggen ej kan ledas mekaniskt in i inklädnadens stomme (Holzforschung Austria, 2021, kap, 7.1.2.3.).

Tabell 3. Tabell över förbättringar av ljudreducering enligt utförande av inklädnad (Holzforschung Austria, 2021)

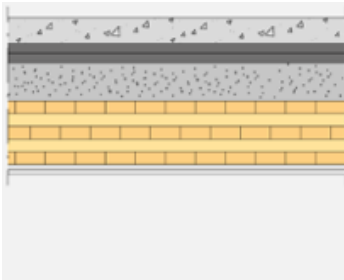
	Construction of internal cladding	Improvement
	one-layer cladding with 12.5 mm gypsum plasterboards	0 - 1 dB
	double-layer cladding with 12.5 mm gypsum plasterboards	1 - 2 dB
	facing shell insulated with mineral wool, mounted directly on the raw wall and clad with 1 x 12.5 mm gypsum plasterboard	< 6 dB
	facing shell insulated with mineral wool, mounted with battens on resilient clips and clad with 1 x 12.5 mm gypsum plasterboard	< 15 dB
	facing shell insulated with mineral wool, completely decoupled ¹⁾ : with 85 mm cavity with cavity attenuation \geq 50 mm mineral wool between CW profile and clad with 1 x 12.5 mm gypsum plasterboard	< 22 dB
	facing shell insulated with mineral wool, completely decoupled ¹⁾ : with 85 mm cavity with cavity attenuation \geq 50 mm mineral wool between CW profile and clad with 2 x 12.5 mm gypsum plasterboard	< 23 dB

I exempelhuset väljs en fristående inklädnad för att förbättra ytterväggens ljudreduktion. Detta leder till att hela ytterväggskonstruktionens ljudreduktion ökar till ett uppskattat värde på högst 74 dB enligt Tabell 3. Dessa inklädnader kan även tillämpas på mellanväggar och lägenhetsskiljandeväggar.

8.2 Bjälklag

För bjälklag bör både stegljudsnivå och luftljudsisolering beaktas då man bestämmer konstruktionstyp. Oftast prioriteras konstruktionens stegljudsnivå, eftersom det är svårare att motverka stegljuden än luftljud. Både stegljudsnivån och luftljudreduceringen bör däremot uppfylla kraven för den bestämda ljudklassen för byggnaden.

Det finns få bjälklag i trä som har mätresultat som påvisar att de klarar de högsta ljudkraven gällande stegljudsnivå. Då resultaten från stegljudsmätningar avvägs för lågfrekventa ljud blir det är svårt att uppnå en godkänd stegljudsnivå med träbjälklag i klass A1. Då bjälklag av både trä och betong används är det möjligt att uppnå stegljudskraven fastän trä används som bärande konstruktion.

	490	480	40 (+4)	75 (-7)
 Bjälklag typ 4 80 betong 30 stegljudsmatta, dynamisk styvhet $\leq 12 \text{ MN/m}^3$ 30 stegljudsmatta, dynamisk styvhet $\leq 12 \text{ MN/m}^3$ 120 tvättad singel 200 KL-träplatta 2 x 15 brandgipsskiva, densitet $\geq 1050 \text{ kg/m}^3$	Bostäder ljudklass ²⁾		A	A
	Kontor ljudklass ³⁾		A	A

Figur 1. Bjälklag i CLT som används i arbetet (KI-trähandboken)

För mellanbjälklagen i byggnaden väljs konstruktionen i Figur 11. Denna konstruktion uppfyller ljudklassen A1 för både stegljud och luftljud. Värdena inom parentes är anpassningstermen för avvägda ljudnivån mot lågfrekventa ljud. Detta betyder att den stegljudsnivå som bör jämföras med kraven i SFS EN 5907:2022 blir 44 dB, vilket är lägre än kravet på 48 dB. Luftljudsreduktionen är 75 dB då man inte behöver anpassa för låga frekvenser vid luftljud. Detta är betydligt högre än kravet på 60 dB.

Den bärande stommen i bjälklaget är en 200 mm tjock CLT-skiva. Ovanpå CLT-skivan fylls ett 120 mm lager tvättat finkornigt grus. Över gruset läggs stegljudsmattor och sedan gjuts en 80 mm tjock betongplatta på stegljudsmattan. Gipsskivorna undertill kommer ej att användas i exempelhuset då ett nedsänkt undertak monteras under bjälklaget. Detta betyder att de givna värdena i Figur 11 är lite högre än det verkliga resultatet. Undertaket förbättrar däremot ljudisoleringen så den bör ändå klara ljudklassen A1.

En alternativ lösning är bjälklaget i Figur 12 från Aprobo ab. Denna konstruktion klarar av högsta ljudkraven med en ljudnivåskillnad på 66 dB och en stegljudsnivå på 48 dB. Vanligtvis når inte bjälklag med balkar ljudklass A1, men genom att separera bjälklaget med två balkar med isolering mellan sker inte en lika stor ljudtransmission genom bjälkarna som i ett vanligt träbjälklag med balkstommar. (Aprobo, u,å).



Figur 12 Bjälklag med trästomme som klarar ljudklass A1 som alternativ konstruktion (Aprobo)

8.3 Undertak

Undertak är en nedhängande konstruktion under bjälklag och takstolar som förbättrar ljudisoleringen. undertaken kan utföras på tre olika sätt sammankopplade, nedpendlade eller fribärande. (Ljunggren, 2011, s 61-65).



Figur 13 Exempel på fribärande undertak

Fribärande undertak ger oftast störst förbättring i ljudgenomgång då de är monterade fast mot väggarna som i Figur 13. Fribärande undertak har inte någon anslutning till bjälklaget. Vid laboriemätningar har fribärande undertak uppnått en förbättring av ljudnivåskillnad på 27 dB, däremot är mätningarna utförda med bästa möjliga förutsättningar och minimal flanktransmission. Nedpendlande undertak fungerar på samma vis som de fribärande undertaken. Skillnaden är att de har fjädrande upphängningar i bjälklaget som kan ge en vis ljudövergång till undertaket. Sammankopplade undertak är

monterade direkt mot bjälklaget. Dessa utförs ofta med träreglar som skruvas fast under bjälklaget med isolering mellan reglarna. Man bör undvika att montera undertaket så att ljudtransmissioner från väggar flankerar till undertaket. De nedpendlande undertaken uppnår nästan samma ljudreduktion som de fribärande, men en del ljud kan transmittas genom dess upphängningar. (Ljunggren, 2011, s. 61-65).

Undertaken underlättar även för el-, vatten och ventilations installationer i byggnaden (KL-trähandboken, 5.5). Då CLT-bjälklag används kan detta vara en stor fördel. Då det inte går att montera installationerna inuti konstruktionen.

Under bjälklagen i exempelhuset monteras ett fribärande undertak, vilket är det effektivaste alternativet. Det är egentligen inte nödvändigt för att minska ljudtransmissionerna från bjälklaget då det redan klarar av ljudklass A1, men det används då arbetets mål är att uppnå så höga värden som möjligt.

8.4 Lägenhetsavskiljandeväggar

Avskiljande väggar utförs gärna som dubbelväggar. Enkelväggar är oftast inte tillräckliga för att uppnå ljudreduceringskraven mellan bostäder (Svenskt trä, 2003). Både då det gäller ljud, och brandteknik kan enkelväggar av trä ha svårt att uppfylla kraven för lägenhetsskiljande väggar.

Skiljevägg 1 (tjocklek 390 mm)

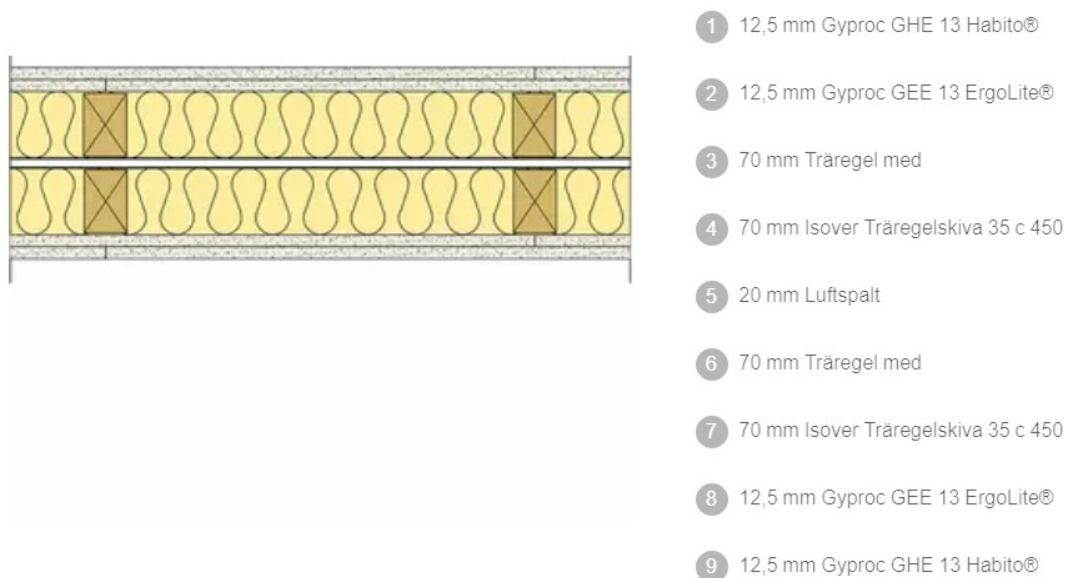


12,5 mm	gipsskiva
12,5 mm	gipsskiva
50 mm	fristående beklädnad med hålrum fyllt med 50 mm mineralull
100 mm	CLT by Stora Enso
40 mm	mineralull
100 mm	CLT by Stora Enso
50 mm	fristående beklädnad med hålrum fyllt med 50 mm mineralull
12,5 mm	gipsskiva
12,5 mm	gipsskiva

$D_{nT,w} (C; C_{tr})$: 67 (-1;-4) dB
 $C_{50-3150} = -9$ dB

Figur 14. Dubbelväggskonstruktion i CLT med fristående inklädnad och isolerad spalt som används i arbetet. (Stora enso)

För exempelhuset väljs konstruktionen i Figur 14 då den har ett högt ljudreduktionsvärde och är relativt enkel. Detta är en dubbelväggskonstruktion i CLT som avskiljs med en spalt av 40 mm mineralull. På vardera sida av väggen står fristående isolerade inklädnader med dubbla gipsskivor monterade. Med denna konstruktion kan en ljudnivåskillnad på 67dB uppnås, vilket är betydligt högre än kravet på 60 dB för luftljud i flerbostadshus i ljudklass A1.



Figur 15. lägenhetsavskiljande vägg med träreglar och luftspalt som alternativ konstruktion

(Saint gobain)

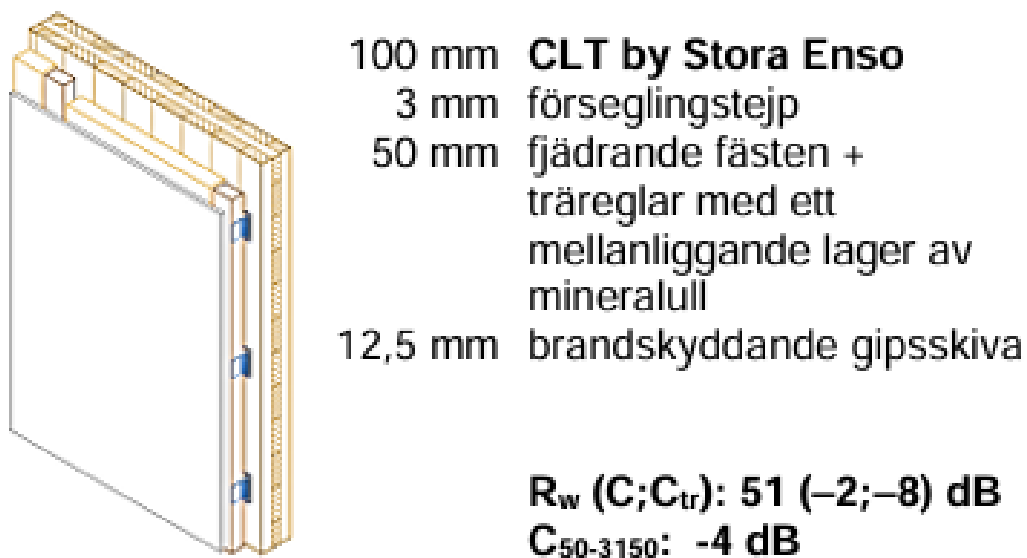
Alternativt kan de avskiljandeväggarna utföras som väggen i Figur 15. Tillverkaren ger en ljudreduktion på 68 dB vilket är högre än väggen i Figur 14, men det givna värdet för denna konstruktion är en beräknad ljudreduktion vilket minskar trovärdigheten. Denna konstruktion är dessvärre inte bärande enligt tillverkaren. Detta utesluter denna konstruktion från att användas i exempelhuset då de flesta lägenhetsavskiljandeväggarna i byggnaden bör vara bärande.

8.5 Lätta väggar

Lätta väggar är de väggar som avgränsar de olika rummen inom bostaden. Dessa kan vid behov vara bärande, men oftast har de ingen bärande funktion. För mellanväggar finns det

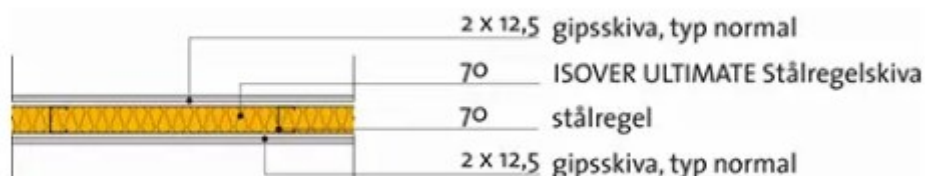
inga krav på ljudnivåskillnad mellan rum i standarder och förordningar. Detta betyder att de kan lämnas oisolerade ifall det ej ställs krav på ekvivalent ljudnivå i något av rummen.

Fjädrande fästen



Figur 16 mellanvägg i CLT med fjädrande inklädnad som används i arbetet (Stora enso)

För lätta innerväggar avgränsas konstruktionerna i detta arbete till enkelväggar. Dubbelväggar kan användas till mellanväggar men de är ofta bredare än enkelväggarna. Konstruktionen som bestäms i exempelhuset är väggen i Figur 16 då den har en bra ljudreduktion och är en relativt enkel konstruktion att utföra. Väggen stomme består av en CLT-skiva med en fjädrande inklädnad på väggens ena sida. På den andra sidan av väggen monteras en gipsskiva mot stommen för att öka väggens ljudreduktion.



Figur 17. innervägg med lättmetallstomme är ett bättre alternativ än träregelstommar (isover)

Ifall en mellanvägg med bra ljudnivåskillnad är önskvärd, men som inte är lika bred som väggen i Figur 16 är konstruktionen i Figur 17 ett bra alternativ. Väggens stomme är uppbyggd med lättmetallstommar som är utformade som u-profiler. Väggen åstadkommer med en ljudreduktion på 48 dB. Nackdelen med väggar med lättmetallstommar är att de inte kan uppföras som bärande väggar.

8.6 Anslutningar

Anslutningen mellan konstruktionsdelar är ytterst viktiga att de planeras och utförs korrekt för att uppnå bra ljudförhållande. Ifall anslutningarna utförs eller planeras fel finns en risk för att ljudet sprids via flanktransmissioner genom anslutningen.

Flanktransmissionerna kan förhindras genom att använda elastiska spärrar mellan bärande konstruktioner. Vanligaste elastiska spärren som används är sylomerlister som syns i Figur 18. Sylomerlister monteras oftast i anslutningen mellan bjälklag och väggelement. Dessa spärrar dämpar vibrationerna medan de kan överföra statiska krafter till underliggande konstruktion. För att dämpa ljudtransmissionerna bör listen vara så mjuk som möjligt. Detta begränsar vart man kan använda dessa spärrar då E-modulen bestämmer hur mjukt materialet är. Vid dimensionering bör detta beaktas, då en spärr med låg E-modul har sämre bärighet. Ifall listen blir allt för hård så minskar listens vibrationsdämpning betydligt. Detta problem uppstår oftast i väggar på de lägsta planen i högre flervåningshus där de största normalkrafterna uppstår. (Ljunggren, 2011, kap. 5.2.2).



Figur 18 Elastisk vibrationsdämpande remsa på ett väggelement (Svenskt trä, 2017)

Ifall en elastisk spärr ej uppnår en tillräcklig hållfasthet är icke elastiska spärrar ett bra alternativ. Ett exempel på en icke elastisk spärr är stårullagret i Figur 19. En icke elastisk anslutning dämpar vibrationerna mellan bärande CLT-element medan de kan bära stora normalkrafter. (KL-trähandboken, kap. 8.2). I exempelhuset används dessa spärrar enbart vid anslutningen mellan ytterväggarna och bjälklagen.



Figur 19 Stårullager som alternativ till elastiska spärrar (Svenskt trä, 2017)

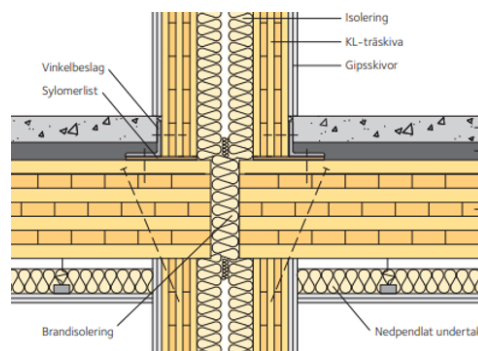
Det bör även vara möjligt att använda icke elastiska spärrar på andra bärande väggar i byggnaden.

För att ansluta träkonstruktioner till varandra används ofta vinkelbeslag. vinkelbeslagen skruvas eller spikas fast i de konstruktionsdelar som ansluts. Vanliga vinkelbeslag kan leda ljudet mellan konstruktionerna, även om ett fjädrande skikt avskiljer konstruktionerna. För att lösa detta finns det ljuddämpande vinkelbeslag. I Figur 20 ser man en modell av dämpade beslag som finns på marknaden. Dessa beslag ger en mekanisk infästning utan att ljudtransmissioner leds mellan konstruktionerna. Dämningen görs med dämpande mellanlägg som finns mellan konstruktionerna och vinkelbeslaget.



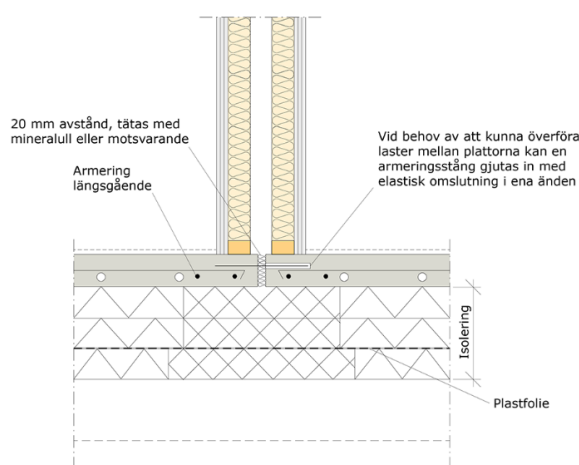
Figur 20 Ljuddämpande vinkelbeslag som förhindrar ljudtransmissioner (Strongtie)

Vid anslutning mellan lägenhetsskiljande väggar och bjälklag bör man om möjligt separera bjälklagen så att spalten i dubbelväggarna fortsätter kontinuerligt genom anslutningen som illustreras i Figur 21. Spalten är till för att ljudvågorna inte ska transmittas genom bjälklaget. (KL-trähandboken, kap. 5.6)



Figur 21 Bjälklagen bör avskiljas för att förhindra flanktransmissioner (5.6 KL-

Ifall golvet i byggnadens första plan är utförd med en markliggande platta kan betongplattorna separeras som i Figur 22 med en spalt av isoleringsmaterial som dämpar ljudtransmissionen genom betongen. Detta fungerar egentligen enbart vid dubbelväggar. Då även deras stommar är avskilda från varandra. Genom att ansluta plattorna med ett armeringsjärn kan man förhindra ljudvandring medan krafterna kan fördelas mellan plattorna. (Svenskt trä, 2003). I exempelhuset används inte denna lösning. I stället används teorin till detta för socklarna under de lägenhetsskiljande väggarna.



Figur 22 Betongplattor kan separeras för att minska ljudtransmission (Svenskt trä, 2003)

9 Resultat

Resultatet av arbetet är att träkonstruktioner är möjliga att använda i byggnader med stora ljudkrav. Nackdelen är däremot att konstruktionerna oftast blir väldigt tjocka i jämförelse med betongkonstruktioner. En del av konstruktionerna blir ganska komplicerade och kräver flera olika skikt med olika material. Det viktigaste för att optimera akustiken i träbyggnader är att jobba mot materialets svagheter som flanktransmissionerna och lågfrekventa ljud. Detta görs genom att tillägga massa och avskilja konstruktionerna med

fjädrande anslutningar. I en del fall som vid exempelvis stegljudsisolering kan det finnas ett behov av att använda andra material som betong för att uppnå kraven.

Skillnaden mellan luftljudreduktion i uppreglade stommar och stommar i CLT är betydlig i enkelväggar, men de skiljer sig mindre då man utför de som dubbelkonstruktioner. CLT isolerar bättre mot lågfrekventa ljud än vad de reglade väggarna gör och reglade stommar har svagheten att ljudet transmitterar genom trästommarna, vilket minimerar isoleringens inverkan i dessa konstruktioner.

Eftersom större träbyggnader blir allt vanligare kommer fler lösningar att dyka upp med tiden för att förbättra ljudförhållanden i byggnaderna och göra det billigare att bygga trähus med bra akustik. För att klara av detta krävs mer kunskap och forskning inom ämnet och vi är ännu tidigt i utvecklingen av större träbyggnader.

Resultatet från akustikmätningen påvisar att relativt enkla CLT-väggar klarar av kraven för undervisningsutrymmen. Den påvisar även att skillnaden på reduktionstal mellan höga och låga frekvenser är relativt stor hos träväggar.

Ett problem som jag stött på vid val av konstruktionstyper har varit att olika tillverkare kan ge olika ljudreduktioner för två identiska konstruktioner. Ibland kan skillnaden vara upp till 20 dB. Även med tillverkare som är inom samma koncern. Det kan möjligtvis vara isoleringsmaterialet som används av tillverkaren som gör skillnaden. Däremot är det för stor skillnad för att det ska låta rimligt.

10 Diskussion

Akustiken i träbyggnader kan vara komplicerad. I allmänhet är akustik svårt och det finns många aspekter som bör beaktas. Avgränsningen har varit knepig. Många av formlerna för att beräkna ljudreduktion för träkonstruktioner är svåra och många konstruktioner har egna formler beroende på utförande. Därför har jag valt att jämföra konstruktioner från olika tillverkare då de ger ljudreduktionstal från mätningar. De konstruktioner som använts i arbetet är de som bäst ljudreduktion utan att bli allt för komplicerade av de jag hittade. Bjälklagen var svåra att hitta konstruktioner som var enkla. De två

konstruktionerna jag har i mitt arbete är de som jag hittade som klarar kraven för ljudklassen A1. Det skulle ta väldigt lång tid att göra beräkningar för nya konstruktioner eller förbättra befintliga konstruktioner genom beräkning, speciellt då det skulle krävas att göras mätningar på konstruktionerna för att påvisa att beräkningarna stämmer.

Trähus kommer antagligen inte att stå för majoriteten av nybyggda höghus i Finland, men med ökande miljökrav kan man antagligen se en ökning av nybyggda flervåningshus i trä i framtiden. Trä har ändå sina tillämpningsområden då det är det bättre alternativet av material. Även om träets vikt är dess svaghet när det kommer till akustik, så kan det vara dess styrka i andra tillämpningar som exempel då man bygger ovanpå en befintlig byggnad eller i småhus där det används frekvent.

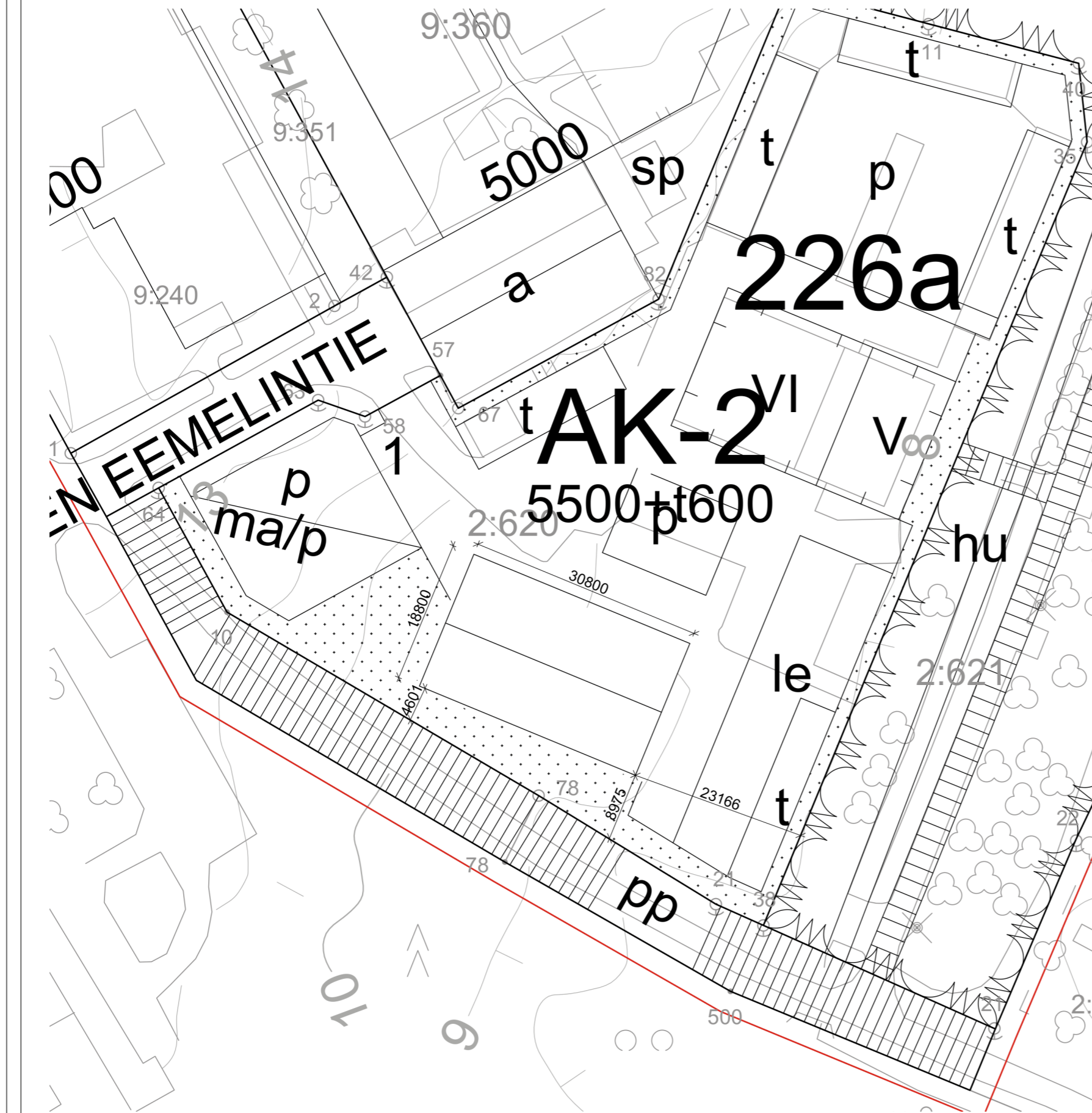
Det viktigaste som jag anser att jag kan ta från detta arbete är att för att uppnå bättre akustik i träbyggnader krävs det att lägga till massa i konstruktionerna och att undvika att montera konstruktionsdelar trä mot trä utan ett fjädrande skikt mellan dem. Man bör även fundera över vart ljudet kan ledas och var ljuden kan uppstå i byggnaden då man planerar nya byggnader. Mycket av det som jag lärt mig under detta arbete bör även gå att tillämpa i betonghus eller byggnader med stålstomme fastän ljudtransmissioner är mindre problematiska med tyngre byggnadssystem.

11 källor

- Allakustik. (u.å.a). *Ljuddämpande material för en trevlig ljudmiljö*. Hämtat från Allakustik. 18.3.2025: <https://www.allakustik.se/kunskapsbank/ljuddampande-material/>
- Allakustik. (u.å.b). *Vad innebär en ekvivalent ljudnivå?* Hämtat från Allakustik. 11.4.2025: <https://www.allakustik.se/kunskapsbank/ekvivalent-ljudniva/>
- Allakustik. (u.å.c). *Vad är akustik? Vi reder ut alla frågetecken.* Hämtat från Allakustik. 1.4.2025: <https://www.allakustik.se/kunskapsbank/vad-ar-akustik/>
- Allakustik. (u.å.d). *Vad är amplitud?* Hämtat från Allakustik. 12.3.2025: <https://www.allakustik.se/kunskapsbank/vad-ar-amplitud/>
- Aprobo ab. (u.d.). *Uppdatering av vår utveckling inom Decibel Concept*. Hämtat från Aprobo. 3.3.2025: <https://aprobo.com/wp-content/uploads/2023/09/Decibel-Concept-med-latta-trabjalklag-2023-09-04.pdf>
- BKR. (den 17 Augusti 2023). *Viktiga steg för dämpat stegljud*. Hämtat från Bygggeramiska rådet. 17.3.2025: <https://www.bkr.se/kunskapsbanken/teknik/viktiga-steg-for-dampat-stegljud>
- Fermacell. (u.d.). *Partitions; plasterboard, blockwork or fibre gypsum?* Hämtat från Fermacell. 18.3.2025: <https://www.fermacell.co.uk/en/dry-lining/partitions-plasterboard-blockwork-or-fibregypsum>
- Gyproc. (den 1 Februari 2023). *GYPROC TRÅBJÅLKLÄG*. Hämtat från Gyproc. 17.1.2025: <https://www.gyproc.se/documents/handbok/hb10-bjklag-tr.pdf>
- Holzforschung Austria. (Maj 2021). *Construction with cross-laminated timber in multi-storey buildings. Wien, Österrike*.
- Isover. (den 9 Juli 2018). *Ljudisolering - mot buller och störande ljud*. Hämtat från Isover. 19.3.2025: <https://www.isover.se/supporten-tipsar/ljudisolering-mot-buller-och-storande-ljud#1>
- Lindberg, L. (den 4 Mars 2025). *Om ljud och buller*. Hämtat från Folkhälsomyndigheten. 2.3.2025: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/pubreader/pdfview/60517?browserprint=1>
- Ljunggren, S. (2011). *Ljudisolering i trähus - en handbok för konstruktörer*. SP Sveriges tekniska forskningsinstitut.

- Miljöministeriets förordning om ljudmiljön i byggnader 796/2017. (2017). Hämtat från Miljöministeriet. 15.02.2025:
<https://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2017/20170796>
- PE teknik & arkitektur. (u.d.). *Ljudreflexer och dess olika varianter*. Hämtat från akustik.nu. 24.4.2025: <https://www.akustik.nu/akustikskolan/artiklar-om-akustik/ljudreflexer-och-dess-olika-varianter/>
- Rasa, J. (2009). *Vad är Ljud?* Hämtat från kuuloavain.fi. 25.1.2025:
<https://www.kuuloavain.fi/sv/info/horsel-och-horselnedsetting/vad-ar-ljud/>
- Rasa, J. (u.d.). *Akustik*. Hämtat från kuuloavain. 25.1.2025:
<https://www.kuuloavain.fi/sv/info/dagvard-och-skola/akustik/>
- Saint-Gobain. (u.d.). *KL-trä konstruktioner / BIM-objekt*. Hämtat från saint-gobain. 13.02.2025: <https://www.saint-gobain.se/kl-tra-konstruktioner>
- Storaenso. (Juni 2020). *Ljudegenskaper för CLT by Stora enso*. Hämtat från Storaenso.
- Suomen Standardisoimisliitto (SFS). (2022). *Acoustical design and (SFS 5907:2022)*. Helsingfors: SFS.
- Suomen standardisoimisliitto (SFS). (den 15 December 2017). *Acoustics. Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements. part 1: Airborne sound insulation (ISO 16283-1:2014/Amd 1:2017)*. Helsingfors: SFS.
- Svenskt trä. (den 1 September 2003). *Dimensionering för goda ljudförhållanden - väggar*. Hämtat från Träguiden. 10.2.2025: <https://www.traguiden.se/om-tra/byggfysik/ljud/ljud/dimensionering-for-goda-ljudforhallanden---vaggar/>
- Svenskt trä. (April 2008). *Akustik i träbyggnader*. Hämtat från Träguiden. 12.2.2025: <https://www.traguiden.se/globalassets/forskning/akustik/bygg-och-teknik/akustik-i-trabyggnader-bygg-o-teknik-4-08.pdf>
- Svenskt trä. (den 01 September 2017). *Innerväggar*. Hämtat från Träguiden. 24.2.2025: <https://www.traguiden.se/konstruktion/konstruktiv-utformning/stomkomplettering/ej-barande-vaggar/innervaggar/>
- Svenskt trä. (2017). *KL-trähandbok*. Stockholm.
- Svenskt trä. (u.d.). *Bygg klimatsmart*. Hämtat från Svenskt trä. 10.3.2025:
<https://www.svensktra.se/bygg-med-tra/byggande/varfor-tra/bygg-klimatsmart/>
- Tyréns. (u.d.). *Akustik i trä*. Hämtat från Tyréns. 10.03.2025:
<https://www.tyrens.se/aktuellt/trabyggnad/akustik-i-trae/>
- Undetaksportalen. (u.d.). *Efterklangstid*. Hämtat från Undertaksportalen. 29.4.2025:
<https://undertaksportalen.se/funktioner/akustik/efterklangstid/>

Situationsplan 1:400

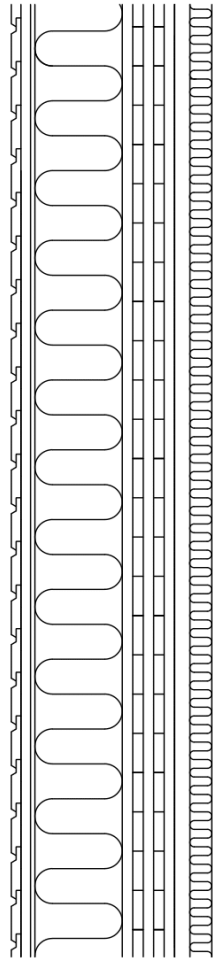


Tillgänglig byggnadsyta: 5000m2
 utnyttjad byggnads yta: 2160m2
 outnyttjad byggnadsyta 2840

Stadsdel Smedsby	Kvarter/lägenhet 226 A	Tomt nr. 226 A	Byggnadstillstånd nr
Åtgärd		Ritningstyp	Löp.nr
Byggbjektets namn och adress		Ritningens Innehåll	Skala
Examensarbete		Situationsplan	1:400
	Datum	Plan.område	Arbetsnummer
	Ritare Jakob Lindvall	Ritn.nr	Ändring
	Planerare		A

YTTERVÄGG 1:10

YV-1



- Gipsskiva 12,5mm
- Fristående stomme 50mm
- Isolering 50mm

$D_w \approx 23$ dB

- CLT 100mm
- Hård Isolering 200mm
- Vindskydd
- läkt 22x100mm
- Träpanel

$U=0.15$

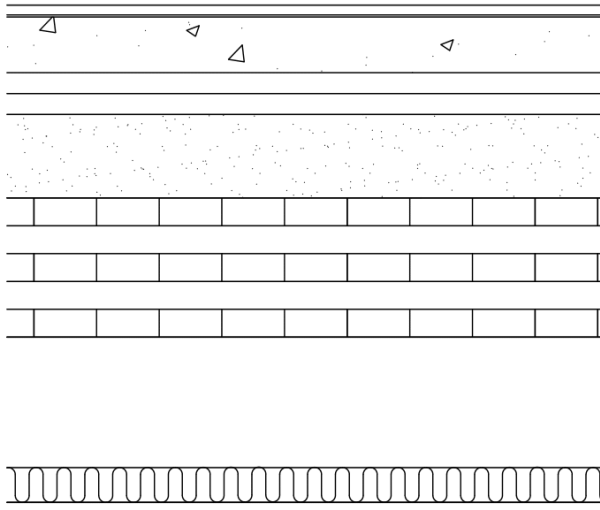
EI90

$D'_w=52$ dB

Stadsdel Smedsby	Kvarter/lägenhet	Tomt nr.	Byggnadstillstånd nr		
Åtgärd			Ritningstyp	Löp.nr	
Byggobjektets namn och adress Examensarbete			Ritningens Innehåll YTTERVÄGG	Skala 1:10	
	Datum	Plan.område	Arbetsnummer	Ritn.nr	Ändring
	Ritare Jakob Lindvall				A
	Planerare Jakob Lindvall				

BJÄLKLAG 1:10

MB-1



- Flytande laminatgolv
- Stegljudsmatta
- Betong 80mm
- Stegljudsmatta 2* 30mm
- Grusbädd 120mm
- CLT-platta 200mm

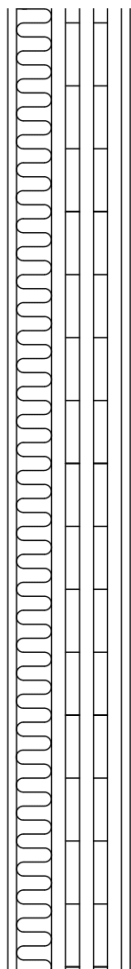
$D_w=75$ dB
 $L_w=40$ dB

- Självbärande undertak
- Isolering 50mm
- Gipsskiva 12,5mm

Stadsdel	Kvarter/lägenhet	Tomt nr.	Byggnadstillstånd nr		
Smedsby					
Åtgärd		Ritningstyp	Löp.nr		
Byggobjektets namn och adress		Ritningens Innehåll	Skala		
Examensarbete		BJÄLKLAG	1:10		
	Datum	Plan.område	Arbetsnummer	Ritn.nr	Ändring
	Ritare				A
	Jakob Lindvall				
	Planerare				
	Jakob Lindvall				

INNERVÄGG 1:10

IV-1

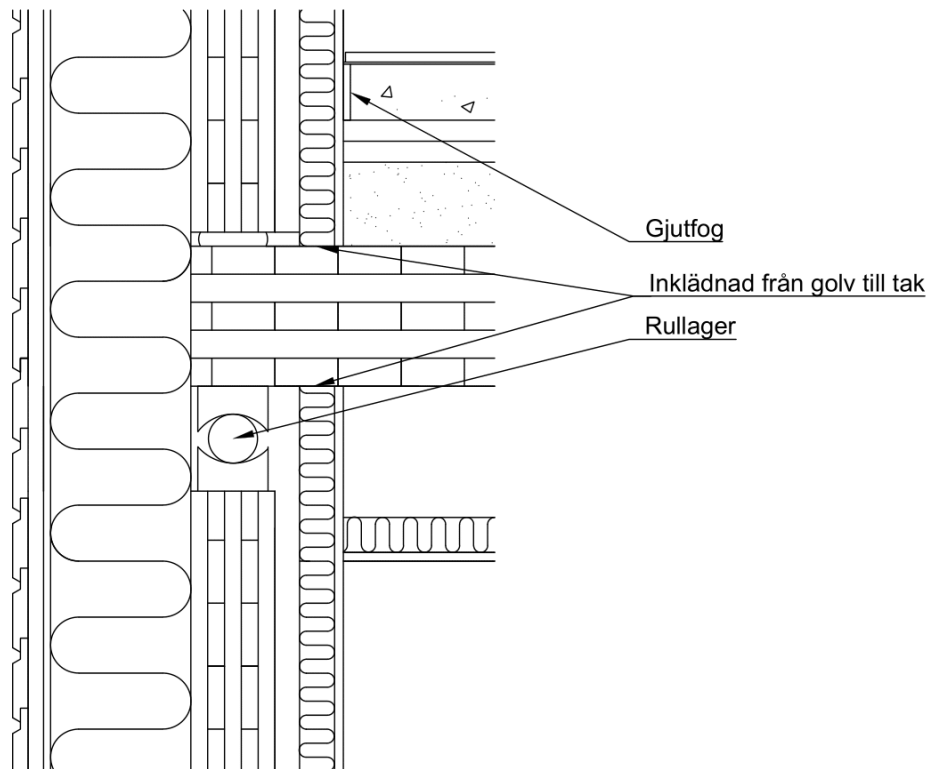


- Gipsskiva 12,5mm
- Stomme med avfjädrande fästen
- Isolering 50mm
- CLT 100mm
- Gipsskiva 12,5mm

$D_w=51$ dB

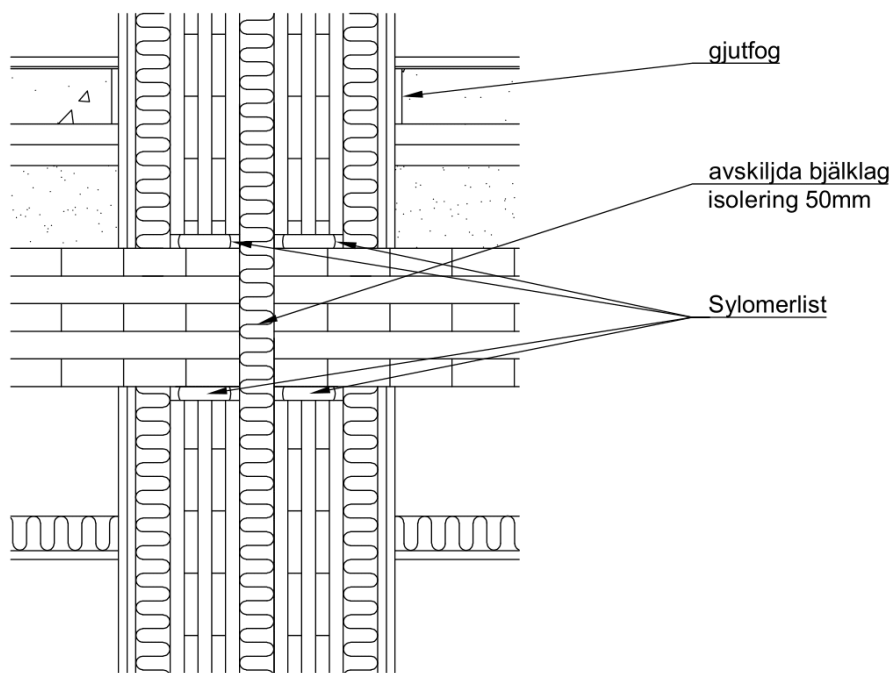
Stadsdel Smedsby	Kvarter/lägenhet	Tomt nr.	Byggnadstillstånd nr			
Åtgärd			Ritningstyp	Löp.nr		
Byggobjektets namn och adress Examensarbete			Ritningens Innehåll INNERVÄGG	Skala 1:10		
		Datum	Plan.område	Arbetsnummer	Ritn.nr	Ändring
		Ritare Jakob Lindvall				A
		Planerare Jakob Lindvall				

DETALJ A 1:10



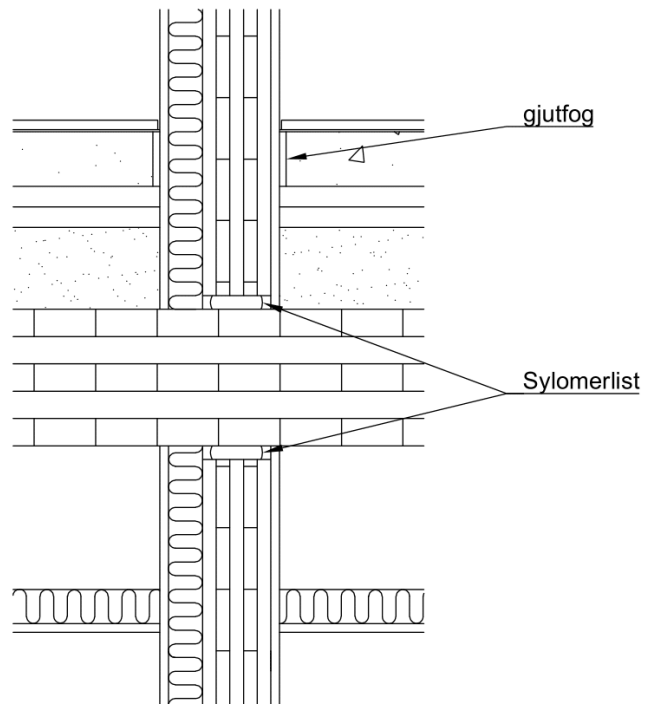
Stadsdel Smedsby	Kvarter/lägenhet	Tomt nr.	Byggnadstillstånd nr		
Åtgärd			Ritningstyp	Löp.nr	
Byggnadsobjektets namn och adress Examensarbete		Ritningens Innehåll detalj A		Skala 1:10	
	Datum	Plan.område	Arbetsnummer	Ritn.nr	Ändring
	Ritare Jakob Lindvall				A
	Planerare Jakob Lindvall				

DETALJ B 1:10



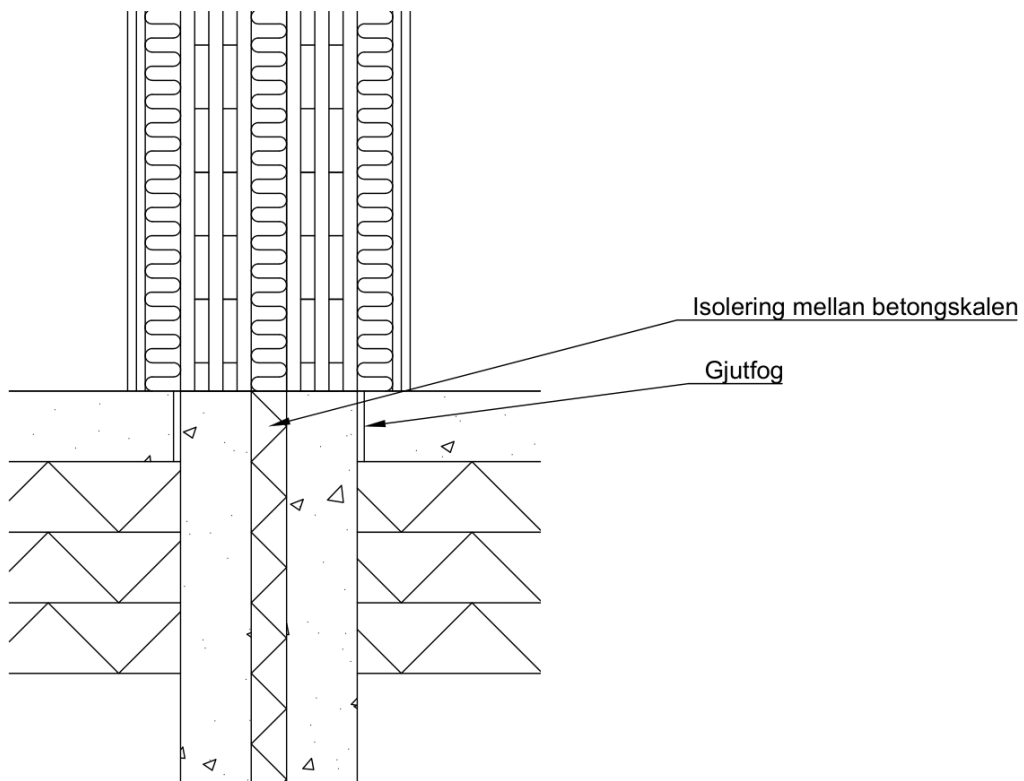
Stadsdel Smedsby	Kvarter/lägenhet	Tomt nr.	Byggnadstillstånd nr		
Åtgärd		Ritningstyp		Löp.nr	
Byggobjektets namn och adress Examensarbete		Ritningens Innehåll detalj B		Skala 1:10	
	Datum	Plan.område	Arbetsnummer	Ritn.nr	Ändring
	Ritare Jakob Lindvall				A
	Planerare Jakob Lindvall				

DETALJ C 1:10



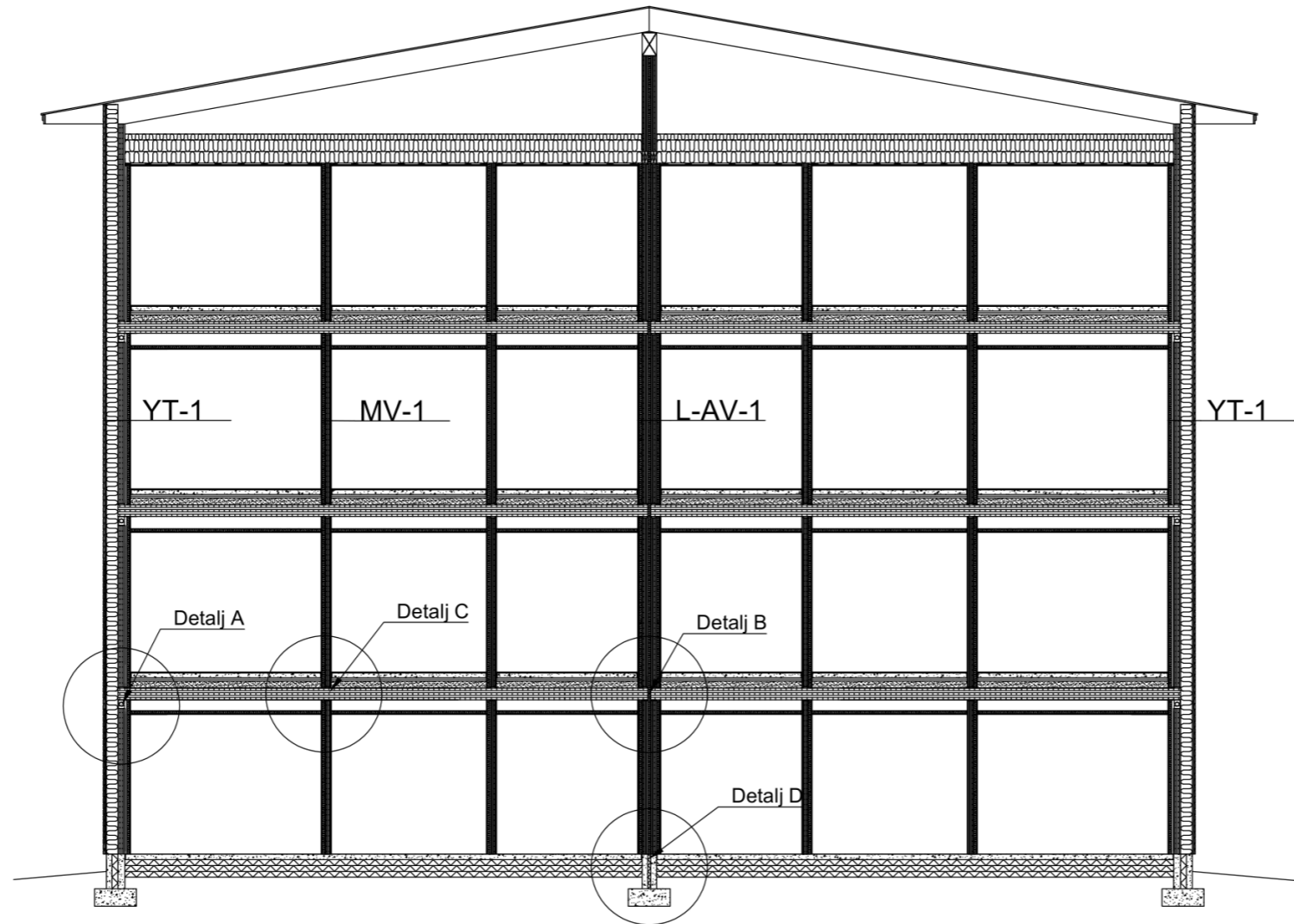
Stadsdel	Kvarter/lägenhet	Tomt nr.	Byggnadstillstånd nr			
Smedsby						
Åtgärd		Ritningstyp		Löp.nr		
Byggobjektets namn och adress			Ritningens Innehåll		Skala	
Examensarbete			detalj C		1:10	
		Datum	Plan.område	Arbetsnummer	Ritn.nr	Ändring
		Ritare				A
		Jakob Lindvall				
		Planerare				
		Jakob Lindvall				

DETALJ D 1:10



Stadsdel Smedsby	Kvarter/lägenhet	Tomt nr.	Byggnadstillstånd nr			
Atgård			Ritningstyp		Löp.nr	
Byggobjektets namn och adress Examensarbete			Ritningens Innehåll detalj D	Skala 1:10		
	Datum		Plan.område	Arbetsnummer	Ritn.nr	Ändring
	Ritare Jakob Lindvall					A
	Planerare Jakob Lindvall					

Sektion A-A 1:100



Stadsdel Smedsby	Kvarter/lägenhet	Tomt nr.	Byggnadstillstånd nr	
Atgård			Ritningstyp	Löp.nr
Byggnadsobjektets namn och adress			Ritningens innehåll	Skala
Examensarbete			Sektion	1:100
	Datum	Plan.område	Arbetsnummer	Ritn.nr
	Ritare Jakob Lindvall			Ändring
	Planerare Jakob Lindvall			A

