

Kostnadsjämförelse mellan betong och korslimmat träsystem

Joel Jönsson Bremberg
Julia Magnusson



LUNDS
UNIVERSITET

Copyright ©Joel Jönsson Bremberg och Julia Magnusson, 2022

Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Byggproduktion, Lunds tekniska högskola, Lund

ISRN LUTVDG/TVBP-22/5663-SE
Lunds tekniska högskola
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Byggproduktion
Box 118
SE-221 00 LUND

Lund University
Lund 2022

Abstract

Title	Cost Comparison Between Concrete and Cross Laminated Timber System
Author	Joel Jönsson Bremberg & Julia Magnusson
Supervisor	Stefan Olander, <i>Senior lecturer</i> , Department of Building and Environmental Technology, Division of Construction Management, Faculty of Engineering, LTH Erik Ahlsten, <i>Production manager</i> , JM AB, Region South
Examinator	Anne Landin, <i>Professor</i> , Department of Building and Environmental Technology, Division of Construction Management, Faculty of Engineering, LTH
Problem	<p>The main problem that the master's thesis addresses is if apartment buildings in cross laminated timber is a cost-efficient building method. The research questions that will be solved are as follows:</p> <ul style="list-style-type: none">• In which ways does the building method of CLT-framework differ from concrete frames?• In which ways does the time perspective differ between CLT and concrete?• Which are the greatest costs in the production of apartment buildings made of CLT compared to concrete?
Purpose	<p>The purpose of this master's thesis is to identify costs, time perspective and other differences between the building methods for apartment building made of CLT and concrete frameworks. This master's thesis also aims to increase the general knowledge of apartment buildings made of CLT-frameworks costs and to investigate if CLT-frameworks can be a cost-efficient building method.</p>
Method	<p>This master's thesis consists of a qualitative study. The three methods used in this master's thesis is literature, case and interview study. The literature study clarifies available information on the subject. The case study compares cost calculations of CLT and concrete apartment buildings. The</p>

interview study investigates the building industry's knowledge and experience of CLT-projects. The results from the studies have been analysed and discussed to answer the problem.

Conclusion

The conclusion of the master thesis is that concrete apartment buildings is more cost-efficient if the lowest price per square meter is requested. If the lowest climate impacts are requested CLT-frameworks can be the most cost-efficient building method. The CLT-method has the potential to develop into a more cost-efficient building method than concrete, based on price. However more research and experience is required on CLT apartment buildings.

The differences in building methods are how the functional requirements are fulfilled, how much framework completion is required and how much transport of the frameworks is needed. The difference in time is mainly that the CLT-construction can be constructed quickly, however the frame completion is more complex. The greatest costs for both alternatives are the framework, the overhead costs, and the installations. The largest difference in cost is framework completion which is twice as larger for the CLT apartment building as it is for concrete.

Other conclusions from this master's thesis are about design, work environment and material management. There are difficulties in converting a project from concrete to CLT without losing the benefits of the CLT-method and it requires major design and planning. The work environment is better in CLT-projects because the material is easier to handle. Finally, the CLT-method require more material management because of its more sensitive qualifications.

Keywords

CLT, concrete, framework material, building costs, time perspective, building method, cost efficiencies

Sammanfattning

Titel	Kostnadsjämförelse mellan betong och korslimmat träsystem
Författare	Joel Jönsson Bremberg & Julia Magnusson
Handledare	Stefan Olander, <i>Docent</i> , Institutionen för bygg- och miljöteknologi, Avdelningen för Byggproduktion, Lunds Tekniska Högskola. Erik Ahlsten, <i>Arbetschef</i> , JM AB, Region Syd.
Examinator	Anne Landin, <i>Professor</i> , Institutionen för bygg- och miljöteknologi, Avdelningen för Byggproduktion, Lunds Tekniska Högskola.
Problemformuleringar	Den huvudsakliga problemformuleringen som studien har som avsikt att besvara är ifall KL-trä är en kostnadseffektiv byggmetod. Frågeställningarna för att besvara problemet är enligt följande: <ul style="list-style-type: none">• På vilka sätt skiljer sig byggmetoderna för KL-trä och betongstommar?• Hur skiljer sig tidsaspekterna i KL-trä och betong under produktionen?• Vilka är de största kostnadsbärarna i produktionsprocessen för flerbostadshus i KL-trä jämfört med betong?
Syfte	Syftet med studien är att identifiera kostnader, tidsaspekter och skillnader mellan byggnadsmetoderna för flerbostadshus i betong- eller KL-träsystem. Studien syftar även till att utveckla kunskaperna kring flerbostadshus i KL-träs kostnader och att utreda ifall KL-trä kan bli en kostnadseffektiv byggmetod.
Metod	Examensarbetet utgör en kvalitativ studie. De tre metoderna som används i examensarbetet är litteratur-, fall- och intervjustudie. Litteraturstudien kartlägger befintliga fakta inom området. Fallstudien jämför kostnads-kalkyler över flerbostadshus i betong- och KL-trä. Intervjustudien utreder byggbranschens kunskaper och erfarenheter av KL-

träprojekt. Resultatet från studierna har analyserats och diskuterats för att besvara problemformuleringen.

Slutsats

Slutsatsen av studien är att flerbostadshus i betong är mer kostnadseffektiva ifall det lägsta priset per kvadratmeter efterfrågas. Ifall lägsta klimatavtryck efterfrågas kan KL-trästommar vara det mest kostnadseffektiva. KL-trämetoden har potential att utvecklas till en mer kostnadseffektiv metod än betong baserat på pris. Dock krävs det mer forskning och erfarenheter av flerbostadshus i KL-trä.

Skillnaderna mellan byggnadsmetoderna är hur funktionskraven uppfylls, hur mycket stomkomplettering som behövs och mängden transporter. De största skillnaderna i tid är att KL-trästommen har snabbare stomresningstid, men stomkompletteringen är mer omfattande. De största kostnaderna för båda alternativen är stommen, omkostnaderna och installationer. Den största skillnaden i kostnad mellan alternativen är stomkompletteringen där kompletteringen för flerbostadshus i KL-trä kostar dubbelt så mycket som för betong.

Andra slutsatser från studien handlar om projektering, arbetsmiljö och materialhantering. Det finns svårigheter att konvertera ett betongprojekt till KL-trä utan att gå miste om KL-trämetodens fördelar och det kräver omfattande projektering och planering. Arbetsmiljön är bättre för KL-trä eftersom materialet är mer lätthanterat. Slutligen kräver KL-trämetoden mer omfattande materialhantering på grund av materialets egenskaper.

Nyckelord

KL-trä, betong, stommaterial, byggkostnader, tidsperspektiv, byggnadsmetoder, kostnadseffektivitet

Förord

Under vårterminen 2022 genomfördes detta examensarbete som avslutande del av civilingenjörsutbildningen i väg- och vattenbyggnad på Lunds Tekniska Högskola. Examensarbetet har utförts vid institutionen Bygg- och Miljöteknologi, avdelningen för Byggproduktion och omfattar 30 högskolepoäng.

Vårt examensarbete har varit mycket berikande och har försett oss med en stor nyfikenhet för framtiden i branschen. Vi är mycket tacksamma för det stöd och den vägledning vi fått av vår handledare Stefan Olander vid avdelningen för Byggproduktion på LTH.

Vi vill även rikta ett tack till vårt fallföretag, JM AB, som har varit till stor hjälp under vårt arbete. Vi vill tillägna ett extra stort tack till Erik Ahlsten för stort visat intresse och engagemang för vårt ämne. Vi vill även tacka Anna Wallengren och Saman Carlstedt för all hjälp under fallstudien.

Intervjuerna i examensarbetet var mycket intressant att ta del av och därför vill vi tacka alla våra respondenter för att de ställt upp under våra intervjuer och delat med sig av sina kunskaper till oss.

Detta examensarbete ramar in våra fem år på LTH och därför vill vi slutligen ta chansen att tacka alla som förgyllt våra fem år av studier. Vi vill tacka grupprum 1 för alla tidiga morgnar och V-sektionen för alla roliga upptåg. Det blev två civilingenjörer av oss med.

Lund den 20 maj 2022

Joel Jönsson Bremberg & Julia Magnusson

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Kostnadseffektiva byggmetoder	1
1.1.1	Traditionell betongstomme	1
1.1.2	Trä som stommaterial	2
1.2	Syfte och målsättning	3
1.3	Problemformulering	3
1.4	Avgränsningar	3
2	Metod	5
2.1	Forskningsmetoder	5
2.2	Litteraturstudie	5
2.3	Fallstudie	6
2.3.1	Fallföretaget	7
2.4	Intervjustudie	8
2.5	Validitet och reliabilitet	8
2.6	Genomförandet av studien	10
3	Litteraturstudie	12
3.1	Träbyggnadsmetoder	12
3.1.1	Korslimmat trä	13
3.1.2	Prefabricerade korslimmade träelement	13
3.1.3	Fukt i korslimmat trä	14
3.1.4	Brand i korslimmat trä	15
3.1.5	Akustik i korslimmat trä	16
3.1.6	Korslimmat träs klimatpåverkan	17
3.1.7	Ekonomiska aspekter med korslimmat trä	18
3.2	Betongbyggnadsmetoder	19
3.2.1	Platsgjuten betong	19
3.2.2	Prefabricerad betong	20
3.2.3	Halvprefabricerad betong	20
3.2.4	Fukt i betong	20
3.2.5	Brand i betong	21
3.2.6	Akustik i betong	21
3.2.7	Betongs klimatpåverkan	22
3.2.8	Ekonomiska aspekter för betong	22
3.3	Kostnadsaspekter	23
3.3.1	Byggkostnader	24
3.3.2	Kostnadsutveckling	26
3.3.3	Kostnadseffektivitet	27
4	Fallstudie – Lamellen, Portkvarteren	28
4.1	Projektet Lamellen	28

4.2	Förutsättningar för fallstudien	29
4.3	Intervjuer med fallföretaget	29
4.3.1	Projektering	30
4.3.2	Kalkylering	31
4.4	Observationer från projekteringsmöte	32
4.4.1	Bakgrund	32
4.4.2	Konstruktionslösningar	33
4.4.3	Funktionskrav	35
4.5	Dokument från fallet	36
4.5.1	Areaförutsättningar	36
4.5.2	Totalkostnad och hantverkartimmar	37
4.5.3	Byggdelar	37
4.5.4	Kostnadsfördelning	39
5	Intervjustudie	40
5.1	Intervjustudiens genomförande	40
5.2	Presentation av respondenterna	40
5.3	Resultat av intervjustudie	41
5.3.1	Projektering	42
5.3.2	Produktion	44
5.3.3	Tidsaspekten	45
5.3.4	Kostnader	46
5.3.5	Utvecklingspotential	47
6	Analys och diskussion	48
6.1	Byggmetoderna	48
6.1.1	Planering och projektering	48
6.1.2	Funktionskraven	50
6.2	Tidsaspekter	51
6.2.1	Leveranshantering	52
6.2.2	Produktionstiden	52
6.3	Kostnader	53
6.3.1	Stomme och stomkomplettering	54
6.3.2	Tak, fasad och husunderbyggnad	55
6.3.3	Kostnadsfördelning av byggdelar	55
6.4	Mervärde	57
6.5	Kostnadseffektivitet	57
7	Slutsats	59
7.1	Svar på problemformuleringen	59
7.2	Framtida forskning	60
8	Litteraturförteckning	62
9	Bilagor	69
9.1	Bilaga 1 – Intervjufrågor, Intervjustudie	69
9.2	Bilaga 2 – Datum för intervjuer	70

1 Inledning

I det inledande kapitlet presenteras bakgrund, syfte och mål med studien. Avsnittet innehåller även problemformuleringen och gjorda avgränsningar.

1.1 Kostnadseffektiva byggmetoder

Det finns ett behov av att bygga nya bostäder i Sverige (Boverket, 2022a). Det innebär att det behövs produceras flerbostadshus till en rimlig kostnad för att fylla efterfrågan. Till följd av det ökade behovet för nyproduktion av flerbostadshus kommer byggkostnaden vara viktig. Byggkostnaderna i Sverige har länge haft en uppåtstigande trend där det blir dyrare för varje år att producera bostäder (Statistikmyndigheten, 2021b). En jämförelse mellan byggprisindex och konsumentprisindex visar en trend där det blir dyrare att producera medan konsumenternas möjlighet att betala har varit relativt oförändrad sedan år 2000 enligt SCB. Regeringen försökte, år 1996, implementera och uppmuntra byggbranschen till utveckling inom byggmetoder och byggprodukter genom tillsättandet av en byggkostnadsdelegation (Sveriges Riksdag, 1996). Ett av uppdragen som delegationen omfattade var att beakta kostnadsaspekten vid nya byggtekniker och metoder för att minska produktionskostnaderna. År 2021 införde Sveriges riksdag ett krav på redovisning av klimatdeklaration för byggnationer (Boverket, 2021c). Klimatdeklarationen innebär, enligt Boverket, att byggherren ska rapportera vilken klimatpåverkan den nya byggnaden har (Boverket, 2021a). Därmed uppmanas byggbranschen att minska sin klimatpåverkan och utveckla nya byggmetoder.

1.1.1 Traditionell betongstomme

Flerbostadshus med betongstomme har varit den vanligaste metoden att bygga med i Sverige, enligt undersökningar gjorda år 2017 av SCB (Statistikmyndigheten, 2018). Betong har flera fördelar som byggnadsmaterial, vilket har gjort materialet till det dominerande stommaterialet. Till exempel är det hållfast, har lång livslängd och är underhållsfritt (Svensk betong, 2022e). Cirka 30 miljarder ton betong används årligen för att bygga bostäder, broar och vägar (RISE, 2022). De största nackdelarna med betong är den kalkbaserade cementen som vid tillverkningen släpper

ut stora mängder koldioxid, som är skadliga för klimatet. Enbart cementproduktionen står för cirka 6% av världens koldioxidutsläpp (RISE, 2022). Byggbranschen är därför i behov av att utveckla sina materialval och byggmetoder för att skapa ett mer hållbart bostadsbyggande. Under 2021 uppstod en osäkerhet kring cementtillgången i Sverige, då det långsiktiga tillståndet kring kalkbrytningen i Slite upphörde (NCC, 2022). Det beslutades av regeringen att ge ett tidsbegränsat tillstånd till december 2022 (Miljödepartimentet & Näringslivsdepartimentet, 2021). Cirka 75% av cementtillverkningen i Sverige sker i Slite, vilket innebär att begränsningar i kalkbrytningen påverkar tillgången på cement och kan bli en bristvara framöver (Cementa, 2022b).

1.1.2 Trä som stommaterial

Trä är ett av de äldsta byggmaterialen och det vanligaste för produktion av småhus (Svenskt trä, 2022a). Efter flera stora bränder i svenska städer under sent 1800-tal förbjöds det att bygga trähus i mer än två våningar (Brandskyddsföreningen, 2020). År 1994 trädde en ny lag i kraft som innebar att det återigen blev möjligt att bygga flerbostadshus i trä (Boverket, 2020a). Lagen innebar att Boverket införde byggregler som baserades på funktionskrav.

Då fler bostäder behövs produceras på ett hållbart och resurseffektivt sätt, är trä som byggnadsmaterial en stark kandidat för att minska klimatavtrycket för byggbranschen (Svenskt trä, 2022b). Trä har som fördel att det är ett starkt byggmaterial och samtidigt väger lite i förhållande till sin bärformåga (Ramboll, 2022). Trä bildas på ett naturligt sätt i det ekologiska kretsloppet och binder koldioxid från luften i processen när träden växer, vilket gör trä till ett förnybart byggmaterial. Med ny teknik och innovationer har problem som brandrisk, fukt- och akustikproblem blivit alltmer hanterbara i träbyggnad (Svenskt trä, 2022b). Byggtekniken har också utvecklats och gjort det möjligt att bygga trähus i fler våningar med korslimmat trä, även kallat KL-trä, vilket gjort det lättare att välja trä som konstruktionsmaterial byggtkniskt. Med tanke på osäkerheter kring kalkbrytningen och cementtillverkningen i Slite krävs att byggbranschen utreder vilka stommaterial som skulle kunna användas ifall cementtillgången minskar (NCC, 2022). Här skulle KL-trä kunna bli alltmer aktuellt för flerbostadshus.

Idag finns ett antal flerbostadshus i KL-trä, men inställningen i branschen gör fortfarande visst motstånd till utvecklingen (Johansson & Pettersson, 2019). Det beror på kunskapsbrist om industriellt träbyggande (Näringslivsdepartimentet, 2018), vilket regering år 2018 införde en ny strategi för att öka kompetens inom. Med tanke på de ökade byggkostnaderna, införandet av klimatdeklarationer och behovet av fler bostäder bör byggbranschen öka sin kunskap inom de ekonomiska aspekterna för byggandet av flerbostadshus i KL-trä. Därför behövs det utredas om flerbostadshus i KL-trä kan vara en kostnadseffektiv byggmetod.

1.2 Syfte och målsättning

Studiens syfte är att förse byggbranschen med en kartläggning av kostnaderna, tidsaspekten och skillnaderna i byggmetoden för att producera flerbostadshus med KL-trästomme i förhållande till betongstomme. Studien skall även bidra med större kunskaper kring hur KL-trämetoden kan vara en kostnadseffektiv metod som kan bidra till att minska byggkostnaderna för flerbostadshus i Sverige.

Målsättningen är att identifiera var kostnadsbärarna under produktionen finns för byggmetoderna inom betong och KL-trä för att kunna jämföra skillnaderna. Ytterligare ett mål är att med hjälp av studien kunna identifiera hur tidsaspekten och metoderna skiljer sig i produktionsskedet för betong- och KL-träbyggnad av flerbostadshus.

1.3 Problemformulering

Det primära problemet som studien ska utreda är om KL-trämetoden är ett kostnadseffektivt sätt att producera flerbostadshus. De frågeställningar som studien har för avsikt att besvara är följande:

- På vilka sätt skiljer sig byggmetoderna för KL-trä och halvprefabricerade betongstommar?
- Hur skiljer sig tidsaspekterna i KL-trä och halvprefabricerad betong under produktionen?
- Vilka är de största kostnadsbärarna i produktionsprocessen för flerbostadshus i KL-trä jämfört med halvprefabricerad betong?

1.4 Avgränsningar

För att kunna besvara problemformuleringen kommer studien avgränsas. Studien kommer studera flerbostadshus, vilket definieras av att minst tre bostadslägenheter finns tillgängliga och att våningsantalet är större än två våningar. Flerbostadshuset kommer vara belägna i södra och mellersta Sverige och ta hänsyn till svenska byggmetoder. Det beror på att KL-trä är mer etablerat i norra Sverige, i södra och mellersta Sverige är kunskaperna och erfarenheterna mer begränsade. Även fallstudien som ingår i studien har koppling till ett fallföretag som är aktiva i södra och mellersta Sverige och för att kunna jämföra resultatet från fallstudien med övriga resultat av studien gjordes begränsningar till dessa delar av Sverige.

Det är de ekonomiska aspekterna som studien främst kommer analysera. Analysen kommer utgå ifrån kostnadsbärare, tid och byggmetod samt funktionskrav. Det

beror på att dessa är mest intressanta utifrån frågeställningarna. Det relevanta skedet för studien omfattar produktionsskedet och de byggkostnader som uppstår under produktionstiden, eftersom byggkostnaderna haft en uppåtstigande trend. När det kommer till analyser kring träbyggnad kommer KL-trä utgöra metoden som används. Då studien nämner betong kommer det, om inte annat anges, syfta till halvprefabricerade betongmetoder med skalväggar och plattbärlag.

Fallstudien som genomförts studerar enbart ett specifikt projekt där ett flerbostadshus i KL-trä eller betong ska produceras. Resultatet från fallstudien kommer därför vara projektspecifikt och på grund av tidsbegränsningar och tillgänglighet kommer inte fler projekt studeras.

KL-trä och betongs klimatpåverkan kommer inte ha ett huvudsakligt fokus i studien men kommer vara ett komplement till kostnadsjämförelsen. Studien kommer heller inte fokusera på skillnader i dimensioner och hållfasthet för KL-trä och betong.

2 Metod

I följande kapitel presenteras studiens forskningsmetoder litteratur-, fall- och intervjustudie. Avsnittet redogör för tillvägagångssätt, datainsamling och arbetsgång för att uppnå studiens syfte, samt argumenterar kring vald metod. Kapitlet kommer även utvärdera trovärdigheten av studien.

2.1 Forskningsmetoder

De vanligaste forskningsmetoderna är kvantitativ- och kvalitativforskning (Olsson & Sörensen, 2013). En kvantitativ metod används för att besvara frågeställningar med hjälp av siffror och statistik (Backman, 2016). Metodens syfte är att med numeriska observationer ge raka svar. En studie som använder sig av en kvalitativ metod har som syfte att studera beskrivande aspekter (Olsson & Sörensen, 2013). En kvalitativ metod innebär att det som studeras saknar en definitiv sanning och därför kan analyseras ur olika uppfattningar av verkligheten.

Studien önskar besvara frågor kring byggmetoder, tider och kostnader, vilka alla är beskrivande aspekter som beror av flera faktorer. Det gör det svårt att hitta ett entydigt svar som ofta återfinns i de kvantitativa forskningsmetoderna. Då uppfattningen kring tid, kostnad och byggmetod kan variera beroende på erfarenheter, kunskap och förutsättningar är den kvalitativa metoden det lämpligaste valet för att besvara studiens problemformulering. Vanliga metoder för att genomföra kvalitativa studier är litteraturgranskning samt fall- och intervjustudie (Patel & Davidson, 2015), vilka används i denna studie.

2.2 Litteraturstudie

Litteraturstudie görs för att utreda befintligt skriftligt material inom det område som skall besvaras i en studie (Patel & Davidson, 2015). Det kan vara tryckt material som vetenskapliga tidskrifter, offentliga undersökningar eller böcker. Studien görs för att undvika att utreda redan existerande kunskaper inom området. Syftet med en litteraturstudie är således att sammanställa all den redan befintliga fakta inom ett givet område (Backman, 2016). Litteraturgranskning i studien genomförs för att redogöra skriftliga fakta som finns kring byggmetoder, kostnader och funktionskrav. Litteraturstudien kommer analyseras och jämföras med det som kommer fram

i fall- och intervjustudien. Detta för att kunna hitta skillnader och likheter mellan resultaten från de olika studierna och på så sätt kunna dra slutsatser.

Litteraturstudien använts till inledning, metodval och teoriavsnitt. Inledningsvis genomförs en litteraturstudie kring bakgrunden till studien. I avsnitt 1 *Inledning* presenteras information kring byggkostnader och vilka byggmetoder som vanligtvis använts tidigare. Vidare, i avsnitt 2 *Metod* utförs en litteraturstudie kring de olika forskningsmetoder som använts i studien. I avsnittet klargörs teorier bakom de vetenskapliga metoderna litteratur-, fall- och intervjustudie samt forskning kring validitet och reliabilitet. I avsnitt 3 *Litteraturstudie* utreds den kunskap som redan finns inom området. Kapitlet innehåller byggmetoder för att bygga i KL-trä respektive i halvprefabricerad betong med avseende på fukt, brand, akustik, klimatpåverkan och ekonomi. Avsnittet behandlar även information och fakta kring kostnader för byggprojekt, hur kostnadsutvecklingen sett ut och vad som påverkar beslutsprocessen.

2.3 Fallstudie

En fallstudie görs för att studera ett specifikt fall eller fenomen i sin realistiska miljö (Backman, 2016). Det är en forskningsmetod som kan definieras på olika sätt. Enligt Merriam (2010) är en fallstudie ”*en undersökning av en specifik företeelse*” och kan vara till fördel när kunskapen i området behöver vidgas. Fallstudie kan även definieras som en metod som används för att studera befintliga fenomen som en industris eller kommuns ekonomi (Yin, 2011). Forskningsmetoden är användbar då komplexa parametrar skall studeras som till exempel utvärderar eller beskriver specifika fall. Problemformuleringen som studien önskar besvara är som tidigare nämnts ett komplext problem då parametrarna byggmetod, kostnad och tid beror av många faktorer. Genom att studera ett specifikt fall kommer det visa hur de olika faktorerna påverkar parametrarna i det valda fallet. Fallstudien ger studien ett konkret exempel som underlag, vilket ger en bättre bild av företeelsen än om fenomenet studerats utifrån generella eller allmänna antaganden.

Fallstudien genomförs för att studera skillnader i kostnaderna för KL-trä och halvprefabricerad betong utifrån ett och samma projekt. Det för att kunna göra en så rättvis jämförelse av stomalternativen som möjligt då projektförutsättningarna är desamma. Fallstudien omfattar intervjuer, observationer och dokumentinsamling. För en genomgång kring intervjustudie hänvisas till avsnitt 2.4 *Intervjustudie*. En observationsstudie kan göras för att granska och studera fallet i sin realistiska miljö i samma stund som händelsen inträffar (Olsson & Sörensen, 2013). Observationen kan vara strukturerad eller ostrukturerad, där en strukturerad observation följer ett observationsschema medan en ostrukturerad observation har ett mer utforskande syfte (Patel & Davidson, 2015). Observatörerna bör oavsett struktur vara väl förbereda och kan anses vara deltagande eller icke deltagande i det som observeras.

Det finns tre frågor som observatörerna alltid måste tänka på innan observationen genomförs enligt Patel och Davidson (2015):

- Vad ska observeras?
- Hur ska observatörerna registrera observationerna?
- Hur ska observatörerna förhålla sig till det som observeras?

En dokumentstudie är en vanligt förekommande datainsamlingsmetod i en fallstudie (Patel & Davidson, 2015). Den primära funktionen av en dokumentstudie är att information från dokumenten skall användas som stöd för att styrka andra källor. En dokumentstudie görs genom att granska skriftliga källor under datainsamlingen för att säkerställa relevant information till att besvara frågeställningen (Yin, 2011). Information från dokument kan vara användbar för att genomföra fallstudien, men deras trovärdighet måste alltid utvärderas före de används i studien (Patel & Davidson, 2015). Dokument kan ha reviderats i flera led från originalkällan och det är därför viktigt att ta ställning till dess validitet.

Datainsamlingen från intervjuer, observationer och dokument används till att förstå fallföretagets process och resultat av kalkylering av ett, för fallföretaget, nytt stomsystem. Resultatet från datainsamlingen är sammanställt i avsnitt 4 *Fallstudie – Lamellen, Portkvarteren*. Informationen från intervjuerna fokuserar på två områden, projektering samt kalkylering, och har sammanställts under avsnitt 4.3 *Intervjuer med fallföretaget*. Observationsstudien omfattar ett projekteringsmöte för det aktuella projektet hos fallföretaget och redovisas i avsnitt 4.4 *Observationer från projekteringsmöte*. Dokumenten som används till fallstudien bidrar med en jämförelse av kostnader för betong- och KL-trästomme för samma byggnad. Resultatet redovisas i avsnitt 4.5 *Dokument från fallet*.

2.3.1 Fallföretaget

Fallföretaget som har deltagit i studien är JM AB. De arbetar med nyproduktion av bostäder och är bland de ledande i Norden på projektutveckling. Fallet som studien studerar omfattar ett projekt som ska byggas med halvprefabricerad betongalternativt KL-trästomme. Fallföretaget har sedan tidigare begränsade erfarenheter av KL-trämetoder och ifall projektet byggs i KL-trästomme skulle det bli det första KL-trä projektet för regionen. Syftet med fallet var att undersöka hur kostnads-kalkylerna skiljer sig om projektet genomförs i betong- jämfört med KL-trästomme. Fallföretaget har genomfört kostnads-kalkyler för att se om investeringen är lönsam att genomföra med KL-trästomme. Allt material som tillhandahållits från fallföretaget har granskats av biträdande handledare på fallföretaget, för att säkerställa att informationen används korrekt.

2.4 Intervjustudie

En annan vanligt förekommande metod som används vid studier är intervjuer (Patel & Davidson, 2015). Eftersom en kvalitativstudie berör parametrar som beskriver och utvärderar är intervjuer en lämplig metod för informationssökning. Metoden kan användas på olika sätt, med en mycket fast enkätstruktur eller med en mer samtalsliknande diskussion (Merriam, 2010). Att använda en mycket strukturerad metod innebär att frågorna och dess ordningsföljd är förutbestämt och metoden är användbar när kvantiteten av svaren är av stor vikt. En öppen diskussion har inga förbestämda frågor utan används i första hand som underlag för att samla kunskap och lärdom, för att i senare skeden kunna formulera frågor till kommande intervjuer (Merriam, 2010). Den vanligaste metoden utgörs av ett mellanting av de nämnda metoderna, den delvis strukturerade intervjun. Denna metod utgår från en viss frågeställning, men där flexibilitet nyttjas för att utveckla en förståelse för respondentens uppfattning inom området. Efter att intervjuer genomförts sammanställs och uttolkas resultatet. För att hitta mönster i resultatet används ofta kodning och kategorisering för att skapa ordning och överblick över materialet (Alvesson, 2011).

Den delvis strukturerade intervjumetoden är den som använts i studien eftersom den ansetts bäst lämpad för problemformuleringen. Syftet med intervjustudien var att ge examenarbetet en bred och allmän uppfattning kring vad branschen har för erfarenheter och kunskaper i området. Den delvis strukturerade intervjumetoden innebär att alla respondenter har ställts inför samma frågor, men fått möjlighet att uttrycka sig fritt gällande sina erfarenheter inom området.

Intervjustudien används som kompletterade material till fallstudien för att kunna utvärdera hur andra aktörer än fallföretaget ser på KL-trä och vilka erfarenheter de besitter. Intervjuer har även genomförts med fallföretaget i fallstudien. Även dessa har genomfört med delvis strukturerad intervjumetod, men där frågorna varit anpassade för olika ämnesområden. Urval av respondenter görs för att täcka upp de huvudsakliga områdena byggmetod, kostnad och tid. Det innebär att studien omfattar respondenter med yrken och erfarenheter av konstruktion, produktion och funktionskrav. Respondenterna i fallstudien kommer från fallföretaget och respondenterna i intervjustudien kommer från olika produktionsföretag samt med olika akademiska bakgrunder. Intervjuerna från fallföretaget redovisas i *4.3 Intervjuer med fallföretaget*. Resultatet från övrig intervjustudie presenteras i avsnitt *5 Intervjustudie*.

2.5 Validitet och reliabilitet

En svårighet som kan uppstå vid kvalitativ forskning är problemen kring studiens validitet och reliabilitet (Olsson & Sörensen, 2013). Validitet handlar om att mäta

det som studien avser att besvara. Validiteten ska klargöra hur väl forskningen överensstämmer med verkligheten samt hur väl forskningsresultatet kan användas utanför den genomförda studien (Merriam, 2010).

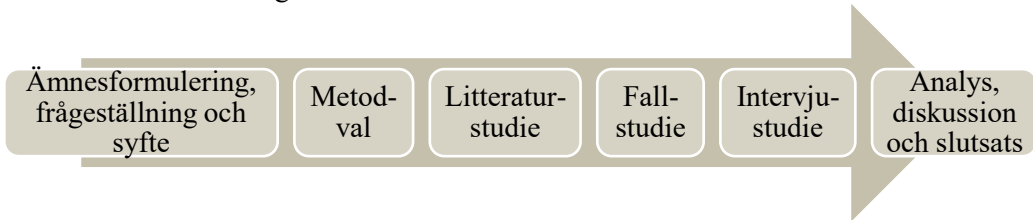
I litteraturstudien har akademiska böcker och trovärdiga källor kopplade till problemformuleringen använts för att säkerställa innehållets riktighet och relevans. I de fall där material kommit från branschorganisationer som möjligtvis har en agenda, har extra tillförsikt vidtagits för att inte återge organisationens åsikt utan enbart fokusera på fakta. Vissa källor med samma författare eller upphovsman har förekommit flera gånger, det beror på att de oftast varit grundkällan i andra artiklar och tidskrifter. För att undvika omskrivningar har grundkällan ansetts som den mest trovärdiga. Fallföretaget är ett av Sveriges största byggföretag vilket tyder på en kunnig och seriös aktör. Resultat från fallstudier avviker i vissa avseende från annan vetenskaplig forskning (Merriam, 2010). Till exempel har kunskaper från fallstudier en tendens att stämma överens med den egna erfarenheten eller uppfattningen från forskaren. Resultatet från fallstudien i denna studie kan ha påverkats av författarna och fallföretaget i form av erfarenheter och uppfattning. För att det inte skall påverka det slutgiltiga resultatet av studien har fallstudien kompletterats med intervjustudien. Validiteten kan säkerställas i studien eftersom intervjustudien genomförts med flera olika aktörer från byggbranschen. Respondenterna i intervjustudien har kommit från olika företag, besuttit olika erfarenheter och haft olika professioner. Det ger en bred förståelse och sanningsenlig bild av hur branschen ställer sig kring problemformuleringen som studien ska utvärdera. Efter varje intervju, med externa aktörer och fallföretaget, har respondenterna godkänt sammanställningen som författarna gjort. På så sätt säkerställs att författarna uppfattat respondentens svar korrekt. Validiteten har även säkerställts genom noggrann kontroll av data utifrån frågeställningarna så att rätt fakta undersöks.

Reliabilitet innebär att samma resultat skall gå att uppnå om samma tillvägagångssätt utförs av en annan forskare (Yin, 2011). Resultat som till stor del överensstämmer med varandra indikerar på en hög reliabilitet (Olsson & Sörensen, 2013). Vid intervjuer och observationer kan bedömningsfel uppstå som följd av intervjuernas eller observatörernas förmåga att tolka svaren (Patel & Davidson, 2015).

För att säkerställa reliabiliteten har metoderna som använts i studien noggrant beskrivits för att motivera val och genomförande. Dokument, källor och respondenter har noggrant beskrivits och redovisats i studien för att stärka genomförandets förutsättningar. Genomförda intervjuer och observationer kan vara påverkade av författarnas uppfattning och tolkning. Fallföretaget är ett väletablerat och trovärdigt företag, vilket säkerställer reliabiliteten av fallstudien. Då resultatet från intervjuerna i hög grad stämt överens med varandra kan reliabiliteten säkerställas för intervjustudien. Genom att studien har omfattat fall-, intervju- och litteraturstudie kan reliabiliteten säkerställas eftersom slutsatser för problemformuleringen kan genomföras utifrån flera olika typer av studier.

2.6 Genomförandet av studien

Studien inleddes med att identifiera ett ämne och formulera en problemformulering. När problemformulering och ämne var bestämt påbörjades arbetet med att framställa en tidplan över genomförandet av studien. I samband med tidplanen skapades även en arbetsgång över studiens genomförande, se *Figur 1*. Tidsplanen och arbetsgången användes som stöd och mall för att tydliggöra hur arbetet var strukturerat och vad som skulle genomföras i studien.



Figur 1 - Arbetsgång, Studiens arbetsaktiviteter från början till slut.

När planeringsfasen var genomförd påbörjades arbetet kring val av metod för att på bästa sätt besvara problemformuleringen. Metoden som valdes var en kvalitativ studie. Som akademisk grund genomfördes en litteraturstudie över befintlig kunskap inom området. Källor som används till litteraturstudien har varit böcker, webbplatser, företagsrapporter, statistik och tidskrifter. Informationssökningen genomfördes i första hand genom att söka på nyckelord i databaserna LUBsearch, samt Google Scholar för att hitta relevanta källor till studien. Annan litteratur söktes i fysisk form på Lunds universitets olika bibliotek.

Efter litteraturstudiens genomförande utfördes datainsamling till fallstudien. Fallstudiens utförande har inneburit intervjuer med fallföretaget, observationer från projekteringsmöte samt dokumentgranskning av kalkyler. Två intervjuer genomfördes på fallföretaget med kunniga respondenter inom projektering och kalkylering. Intervjuerna utfördes med öppna frågor av diskuterande form och med flera respondenter samtidigt. För att sammanställa resultatet genomfördes kategorisering och kodning av svaren utefter underrubriker. Observationerna genomfördes på projekteringsmöte där författarna deltog genom att observera och ställa frågor. Observationerna antecknades under mötet och sammanställdes därefter med hjälp av kodning och kategorisering till en sammanställning av projekteringsmötet. Dokumentgranskningen innebar analys och jämförelse av nyckeltal för KL-trä- och betongalternativet. Skillnaderna i nyckeltal beräknades för att kunna diskutera och dra slutsatser kring kostnaderna för alternativen. För att identifiera de största kostnadsbärarna för KL-trä respektive betong gjordes även en jämförelse för alternativens byggdelsfördelning. Med hjälp av datainsamlingen har fallet analyserats utifrån studiens problemformulering.

För att komplettera fallstudien med kunskaper från andra aktörer med större erfarenheter av KL-träprojekt genomfördes en intervjustudie. Intervjuer hölls med aktörer med goda kunskaper inom projektering, produktion, kostnader och tid för KL-trä- och betongprojekt. Detta för att få en bredare bild av branschens kunskaper och brister samt för att komplettera studiens information från litteratur- och fallstudie. Respondenterna valdes genom att söka efter tidigare genomförda KL-träprojekt i södra och mellersta Sverige. Målsättningen var att finna cirka 5–10 respondenter från olika projekt och organisationer, samt med olika spetskompetenser. Därefter kontaktades personer, via mejl, som tillhörde relevanta projekt eller besatt annan relevant kunskap inom området. Respondenternas svar i intervjuerna behandlades anonymt i studien för att främja en öppen diskussion och för att inte påverka läsaren utifrån yrkesroll eller vilket företag respondenten knyts till. Intervjuerna genomfördes till största del på distans via Microsoft Teams, medan vissa genomfördes via telefon eller som fysiskt möte. Intervjufrågorna var desamma för alla respondenter och utformades utifrån studiens problemformulering. Frågorna var utformade så att respondenterna, oavsett spetskompetens, skulle kunna besvara dem utifrån sina kunskaper. Det bidrog till att samma fråga kunde få olika svar beroende på respondenternas olika synvinklar. Efter respektive intervju sammanställdes svaren, för att sedan kontrolleras och godkännas av respondenten. Innehållet i intervjuerna kategoriserades och kodades för att kunna tolka resultatet från intervjuerna. Därefter presenterades resultatet i underkategorier utifrån studiens problemformulering.

Resultatet från litteratur-, fall- och intervjustudie analyserades och diskuterades mot varandra, utifrån insamlad teori från respektive studie. Utifrån analysen och diskussionen drogs en slutsats för studiens frågeställningar och övergripande problemformulering. Avslutningsvis presenterades relevant vidare forskning inom ämnet.

3 Litteraturstudie

I följande kapitel kommer relevant teoretisk information för studien redovisas. Områden som berörs är byggnadsmetoder, funktionskrav, klimatpåverkan och ekonomiska aspekter för KL-trä respektive halvprefabricerad betong samt allmän information kring kostnadsaspekter. Det kommer utgöra den befintliga fakta som finns inom området och vara till grund för studie, diskussion och slutsats.

3.1 Träbyggnadsmetoder

Historiskt har trä varit ett vanligt byggnadsmaterial för att bygga hus (Isaksson, Mårtensson, & Thelandersson, 2016). En av de vanligaste metoderna var att bygga med träregelstomme, vilket innebar att mellanbjälklaget konstruerades av golvbjälkar och de bärande väggarna med vertikala väggreglar (Standberg, 2021). Bjälkarna bestod av massivt konstruktionsvirke och bjälklaget kompletterades med isolering av mineralull. Möjligheten att placera installationer i denna typ av bjälklag var begränsat till följd av golvbjälkarnas dragnings och utformning. Trä är ett brännbart material och har inbränningshastighet på cirka 40mm per timme (Isaksson, Mårtensson, & Thelandersson, 2016). För att förbättra klassificeringen för brand krävdes större dimensioner på golvbjälkarna och isolering av brandmotståndskraftig stenull. Ljudisoleringen för denna typ av stomme var begränsad (Standberg, 2021). För att förbättra kraven för akustik kompletterades väggreglar och bjälklag med dubbla lager golvgips alternativt med gjutet ljudisolerande lager betong på golvet (Strandberg, 2015). Bjälklagets undersida kunde även förses med akustikprofiler, där luftfickor hindrade ljudet från att transporteras vidare (Allakustik, 2022a). En träregelstomme bestod dessutom av innerväggar av väggreglar, gipskivor och isolerades med stenull för att uppfylla brandkraven (Standberg, 2021). Byggnaden stabiliserades med hjälp av vindstag, vindfackverk eller skivverkan.

När förutsättningarna för flerbostadshus i trä förändrades, i samband med införandet av funktionskraven i början av 1990-talet, började träbyggnadsteknikerna utvecklas och KL-träutvecklingen tog fart (Solding & Westemar, 2021). Det karaktäristiska för modernt träbyggande är den stora andelen industriellt prefabricerade element av KL-trä samt den korta byggtiden, vilket skiljer sig från traditionell platsgjuten betong (Bergkvist & Fröbel, 2020).

3.1.1 Korslimmat trä

Hvylat virke som i flera skikt limmats ihop korsvis och fingerskarvats till lameller, kallas korslimmat trä och förkortas KL-trä (Setra, 2022). Eftersom KL-trä består av många sammanfogade komponenter i skick, jämnas variationer och skillnader ut (Borgström & Fröbel, 2017). Det lämnar ett material som har bättre hållfasthet samt mindre temperatur- och fuktrörelser än enskilda träkomponenter. KL-träskivor från Sverige består oftast av furu eller gran och lamellen måste vara uppbyggt av minst tre skikt (Södra, 2022). Innan tillverkning av KL-trälameller sorteras virket utefter hållfasthetklass. För att optimera en KL-träskiva skall virke med hög hållfasthet placeras där påkänningarna är som störst, alltså i huvudbärriktningen samt i yt-skikten (Borgström & Fröbel, 2017). Val av lim beror på lamellernas fuktkvot och vad slutprodukten skall användas till. Härdningstiden för limmet varierar beroende på temperatur, fuktkvot i kringliggande miljö samt vilken sorts lim som används (Borgström & Fröbel, 2017). Den slutgiltiga hållfastheten för den färdiga KL-träskivan beror på fuktkvoten, tvärsnittet samt vinkeln mellan spänningen och fiberriktningen. KL-träskivas hållfasthet kan också bero på tillverkaren, eftersom den beror av företagsstandarder (Södra, 2022). KL-trä används huvudsakligen som bärande delar i stommen och kan utformas både för bjälklag och vertikala bärverk (Standberg, 2021).

KL-trä är ett användbart byggnadsmaterial eftersom prefabriceringen kan ge många positiva fördelar (Borgström & Fröbel, 2017). Den industriella tillverkningen bidrar till stora möjligheter för produktens form och geometri samt underlättar hanteringen på arbetsplatsen. Stora dimensioner möjliggörs då virket kan fingerskarvas till långa brädor innan de tillverkas till skivor som senare kan efterarbetas med fräsmaskin till önskad form (Setra, 2022). Den industriella produktionen förebygger och förhindrar fuktproblem eftersom KL-träelementen tillverkas i en kontrollerad miljö (Borgström & Fröbel, 2017). Materialet har dessutom låg egenvikt i förhållande till sin höga bärförmåga, vilket är fördelaktigt för transporter och montage samt förenklar grundläggningsarbetet (Ramboll, 2022).

3.1.2 Prefabricerade korslimmade träelement

Träbyggnadssystem med industriellt fabricerade KL-träelement förekommer alltmer som träkonstruktioner (Solding & Westemar, 2021). I huvudsak finns tre sorters bjälklag av KL-trä, platt-, kassett- och samverkansbjälklag (Strandberg, 2015). Den vanligaste av dessa är plattbjälklaget, vilket lämpar sig för spännvidder av mindre dimensioner än de två sistnämnda. Bjälklaget består av KL-träplattor som bär upp och fördelar last till underliggande konstruktion. Dess förmåga att uppfylla brand- och akustikkraV behöver emellertid kompletteras med över- eller underliggande åtgärder (Borgström & Fröbel, 2017). Mer kring brand- respektive akustikproblem redovisas i avsnitt 3.1.4 *Brand i korslimmat trä* samt avsnitt 3.1.5

Akustik i korslimmat trä. Kasset- eller hålbjälklag består även de av KL-träplattor, men har dessutom fästa livbalkar i över- eller undersidan (Svenskt trä, 2009). På så sätt kan bjälklaget bära större laster samt klara längre spännvidder. Det innebär dessutom att det skapas hålrum i bjälklaget som kan användas till att dra installationer eller åtgärder för att uppfylla akustik- och brandkrav. Den sista sortens bjälklag är samverkansbjälklag där KL-träplattor kompletteras med pågjuten betong (Standberg, 2021). På så sätt kan egenskaperna från de båda byggnadsmaterialen optimera konstruktionen. Det möjliggör en högre tryckhållfasthet för byggnaden samt en bättre dämpning av ljud (Borgström & Fröbel, 2017).

De vertikala bärverken har som huvuduppgift att fördela krafterna till underliggande konstruktion och kan även de vara uppbyggda av massiva KL-träskivor (Borgström & Fröbel, 2017). De bärande KL-träskivorna kompletteras med isole-ring samt akustik- och brandåtgärder, som placeras på innerväggens utsida (Standberg, 2021). För att undvika diverse fuktproblem krävs åtgärder för att fukt-säkra byggnaden, detta nämns mer i avsnitt *3.1.3 Fukt i korslimmat trä*. I ytterväggar placeras en vindskiva innanför fasaden för att hindra fukt från utemiljön att ta sig in. För att hindra fukt inifrån byggnaden att ta sig ut i konstruktionen placeras vanligtvis en ångspärr på insidan av KL-träkonstruktionen (Borgström & Fröbel, 2017).

En annan typ av prefabricerade KL-träelement är modul eller volymbyggnationer (Derome, 2022). Det innebär att moduler levereras från fabrik med färdigställda ytskikt och vitvaror. Modulbyggnationer innebär snabba montagetider, väder-skyddad produktion och stor flexibilitet av utformningen.

3.1.3 Fukt i korslimmat trä

Trä är ett hygroskopiskt material vilket innebär att det har förmågan att ta upp och avge vatten till kringliggande miljö (Arfvidsson, Harderup, & Samuelson, 2017). Materialet försöker ständigt ligga i jämnvikt med den omgivande miljön, vilket innebär att trä kommer absorbera fukt när omgivningen har hög relativfuktighet och på samma sätt kommer det torka ut när det råder låg relativ fuktighet. En byggnad utsätts för fukt på många sätt under dess livslängd (Folkhälsomyndigheten, 2022). Den relativa fuktigheten påverkas av människors olika levnadsvanor, av väderförhållanden och av läckage från installationer. Under produktionen utsätts byggnaden för byggfukt vilket måste torka ut innan fuktkänsliga material kan byggas in i konstruktionen (Arfvidsson, Harderup, & Samuelson, 2017). Träts hygroskopiska egenskaper bidrar till att träbyggnader ger ett jämnare inomhusklimat, samtidigt kan materialets fuktinnehåll orsaka problem (Strandberg, 2015).

Vid hög relativfuktighet kommer trämaterial att ha en hög fuktkvot vilket vid rätt förhållande kan orsaka problem med påväxt (Folkhälsomyndigheten, 2022). För att

mögelpåväxt eller rötsvampar ska kunna växa behövs fyra kriterier uppfyllas, syretillgång, näring, rätt temperatur samt vatten (Arfvidsson, Harderup, & Samuelson, 2017). Mögel har ingen större påverkan på hållfastheten i materialet, det utgör å andra sidan en hälsorisk för människan. Rötsvampar påverkar verkets byggnads-element och bryter ner hållfastheten i materialet (Bergkvist & Fröbel, 2020). Fuktkvoten påverkar volymen hos trä (Arfvidsson, Harderup, & Samuelson, 2017). Vid höga fuktkvoter kommer materialet svälla vinkelrätt mot fiberriktningen, vilket kan skapa tryckspänningar och påverka kringliggande konstruktioner (Burström, 2007). Materialet kan även krympa vid uttorkning vilket kan leda till att sprickor uppstår. Fuktrörelser sker långsamt vid större dimensioner och därför kan KL-trätekniken minska rörelserna (Borgström & Fröbel, 2017). När bräddor används i flera lager kommer de inre skikten skyddas av de yttre. Eftersom fuktrörelserna går långsamt påverkats inte de inrelagren i samma uträkning och de kan därför förhindra fuktrörelser i de yttre skikten (Borgström & Fröbel, 2017).

3.1.4 Brand i korslimmat trä

Vid brand i byggnader finns det olika krav beroende på vilken aktivitet som verkar i lokalen och hur stor byggnaden är (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2022). Materialet som finns i byggnaden har också betydelse för vilka krav och tekniska lösningar som måste uppfyllas. Materialen i byggnaden klassas i sju grupper enligt Europastandard (Strandberg, 2015). Grupperna är A1, A2, B, C, D, E samt F, och de kategoriseras utifrån hur brandbeständiga materialen är. Trä är ett brännbart material, därför krävs åtgärder för att göra träbyggnader brandbeständiga (Isaksson, Mårtensson, & Thelandersson, 2016).

För att en KL-träbyggnad inte ska kollapsa vid en brand används olika tekniker som brandceller, brandskyddsbehandling av byggdelar eller sprinklersystem (Borgström & Fröbel, 2017). En brandcell har som funktion att isolera branden till ett specifikt område i byggnaden och hindrar branden från att spridas till intilliggande ytor tills utrymning hunnit ske (Strandberg, 2015). KL-trä brinner långsamt och under förbränningen sker förkolning av ytskiktet, vilket skyddar träet innanför (Bergkvist & Fröbel, 2020). Brandegenskaperna är därför bättre för KL-trä jämfört med andra trästommar. För att stoppa branden från att sprida sig måste anslutningar och detaljer beaktas (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2022). Brandstopp används för att hindrar branden att spridas i dolda utrymmen som i installationer. Brandfogmassa, brandskydds tejp och brandskyddsförslutare skyddar mot brand i vägg- och bjälklagsanslutningar (Borgström & Fröbel, 2017). Ytterligare en åtgärd för att minska spridningen av en brand är med hjälp av sprinklersystem. Automatiserade vattensprinkler upptäcker branden och kan fördröja brandförloppet och till viss del även bidra till släckningsarbetet (Brandskyddsföreningen, 2022).

3.1.5 Akustik i korslimmat trä

Det finns krav för akustik i byggnader, vilket är en viktig del för att få en väl fungerande byggnad (Boverket, 2022b). Många brukare värderar en god akustik högt, därför byggs många bostäder med bättre ljudkvalitet än vad Boverket kräver (Strandberg, 2015). I kapitel 7 i Boverkets byggregler (BBR) finns de akustikkraV som ställs på en bostad. En byggnads akustikkvalité bestäms av buller som kan påverka byggnaden samt hur väl ljudisolerad byggnaden är (Standberg, 2021). Bullret kan komma utifrån eller inifrån byggnaden. Buller utifrån kan vara ljud ifrån trafik och buller, inifrån kan det vara ljud från grannar och installationer. Akustikproblem är svårt att upptäcka innan brukarna flyttat in och är mer kostsamt att åtgärda i bruksskedet (Borgström & Fröbel, 2017). Därför krävs det att akustikproblem granskas tidigt i projekteringen. Ljud kan alstras på två olika sätt i en byggnad, genom luftljud och stomljud (Standberg, 2021). Luftljud alstras direkt i luften och stomljud överförs i byggnadens konstruktion. Ljuden kan också överföras som direktljud eller flankljud (Svenskt trä, 2021). Exempel på direktljud är ljud som går rakt genom en vägg och flankljud är ljud som överförs via anslutningen mellan vägg och bjälklag. Det är därför viktigt att inte bara ljudisolera vid vägg, golv och tak utan även vid anslutningarna (Standberg, 2021).

För att uppnå akustikkraVerna är det viktigt att välja rätt byggmaterial och att monteringen genomförs korrekt (Borgström & Fröbel, 2017). För att klara av akustikkraVerna kan gipsskivor, undertak och övergolv användas som komplement till KL-träbjälklaget. Gipsskivor har ljudabsorberande egenskaper och kan monteras i ett eller två lager för att dämpa oönskat ljud (Allakustik, 2022b). Undertak kan bidra till ljudisolering då det minskar vibrationerna som orsakar oljud. Det kan även användas till att dölja installationer som el, ventilation, vatten- och sanitetsledningar (Standberg, 2021). Det finns olika sorters undertak som kan användas för att uppnå akustikkraVerna. Den vanligaste metoden för bostäder är ett tyngre, fast och ej öppningsbart undertak (Borgström & Fröbel, 2017). Denna metod ljudisolerar något sämre än ett fribärande undertak, därför kompletteras dessa oftast av gipsskivor. Undertaken kan byggas på plats eller komma som prefabricerade element. Övergolv kan också användas för att klara akustikkraVerna och fungerar som en extra ljudbarriär till bjälklaget (Martinsons, 2019). Uppbygganden av övergolvet utgörs av en regelkonstruktion med gipsskivor eller gjuten betong. Det uppbyggda övergolvet blir något högre än det pågjutna och ger konstruktionen ett tjockare bjälklag. Betonggjutningen blir tyngre, vilket betyder att större bärlast av konstruktionen krävs. Valet av övergolv är projektspecifikt och beror av den aktuella byggnaden och akustikkraVet (Borgström & Fröbel, 2017).

3.1.6 Korslimmat träsystem klimatpåverkan

Sveriges riksdag införde år 2017 ett ramverk för hur Sverige skulle arbeta med klimatfrågan (Naturvårdsverket, 2022). Ramverket innefattade klimatlagar, mål och politikiska råd. Det långsiktiga målet för Sverige beslutades att till år 2045 inte ge några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären och därefter generera negativa utsläpp. Under byggprocessen står materialet för cirka 90% av klimatpåverkan medan cirka 65% av materialets klimatpåverkan utgörs av den bärande stommen (Standberg, 2021). Valet av stomme har därför inte bara stor betydelse för beständigheten utan även för byggnadens totala klimatavtryck (Erlandsson, Malmqvist, Francart, & Kellner, 2018).

I en artikel från forskning.se finns en intervju med arkitekten och adjungerade professorn Jan Larsson där han menar att det är klimatmål och -krav som har gjort att trä blivit ett mer attraktivt byggmaterial (Höynä, 2019). Medvetenheten och intresset för klimatfrågor har vuxit och det har blivit en självklarhet i byggprocessen att sträva efter hållbara byggnader. Att bygga flerbostadshus i KL-trä har flera klimatfördelar som att trä är ett förnybart byggmaterial och lagrar koldioxid (Ramboll, 2022). Det huvudsakliga klimatavtrycket som KL-träbyggnader avger kommer från produktionsskedet (Erlandsson et al. 2018). I ett projekt av ett fyra våningshus med olika byggmetoder har en livscykelanalys gjorts av Svenskt Trä (Borgström & Fröbel, 2017). Analysen har granskat sex olika byggmetoder och dess utsläpp av växthusgaser i atmosfären. Utsläppen har räknats som koldioxidekvivalenter för produktionsfasen av byggnaden. Resultatet av analysen visar att om byggnaden hade byggts med betongstomme släpps mer koldioxidekvivalenter ut under produktionsfasen än om den hade byggts med KL-trä. Skillnaden var cirka 100 kg CO₂-ekv./m² mellan betongstomme och KL-trästomme. KL-trästomme släppte ut cirka 150 CO₂-ekv./m² och betong 250 CO₂-ekv./m².

En livscykelanalys av ett annat projekt har gjorts för fem olika lösningar där två av dem var för träbyggnad (Erlandsson et al. 2018). De tre delarna för betong redovisas i 3.2.7. *Betongs klimatpåverkan*. I analysen granskades lösningarnas klimatpåverkan under en 50 årsperiod. Samma area och storlek på byggnaden granskades för alla fem lösningar. Resultatet från analysen av byggskedet för träalternativen visas i *Tabell 1*.

Tabell 1 - Livscykelanalys för byggskedet av olika trästomalternativ, mätt i kilo koldioxidekvivalenter per kvadratmeter uppvärmdarea.

Byggsystem	Kg CO ₂ -ekv. /m ² A _{temp} i byggskedet
Volymelement i trä Byggskedet	223
Massiv stomme i KL-trä Byggskedet	223

Sveriges skogsbruk arbetar utifrån principen att driva ett hållbart skogsbruk (Borgström & Fröbel, 2017). Enligt Borgström och Fröbel i KL-trähandboken definieras hållbart skogsbruk.

”Hållbart skogsbruk betyder att uttaget ur skogen inte överskrider tillväxten, råmaterialet förnyas kontinuerligt och virket kan återföras till kretsloppet utan att det uppstår växthusgaser som påverkar klimatet negativt.”

Det medför att skogen ständigt förnyas och produktion av KL-trä inte kommer minska mängden skog över tid. Träd växer och får sin näring naturligt av solenergin och koldioxid genom fotosyntesen (Borgström & Fröbel, 2017).

3.1.7 Ekonomiska aspekter med korslimmat trä

Att bygga i KL-träelement har framför allt tre fördelar (Svenskt trä, 2022c). De tre kostnadsfördelarna är:

- Färre transporter
- Kortare byggtid
- Mindre risk för oväntade kostnader

Färre transporter möjliggörs då KL-träväggar är prefabricerad och har lägre densitet än betongelement (Kristensen & Grotenfelt, 2020). Fler stomelement kan då lastas på transporten vilket i sin tur leder till färre transporter. KL-träelementen är redo att monteras när de kommer till byggarbetsplatsen, därför kan montaget påbörjas direkt (Ramboll, 2022). Det leder till att pengar kan sparas då omkostnader som beror av tid kan minskas (Kristensen & Grotenfelt, 2020). Några exempel på omkostnader som beror av tid är kostnad för etablering, byggkranar och arbetstider. I en intervju som Andersson har gjort med Serrano, professor i byggnadsmekanik på Lunds Tekniska Högskola, hävdar Serrano att det är en kostnadseffektiv byggmetod att bygga i KL-trä (Andersson, 2020). Detta för att KL-trä kommer prefabricerat i stora byggdelar och i vissa fall som hela rum. Dessa element kan sedan direkt monteras på byggarbetsplatsen. Speciellt fördelaktigt är KL-trä ifall bostäderna är standardiserad, har samma mått och sträcker sig upp till 5 våningar menar Serrano. Vid ett industriellt byggande av KL-träbyggnader kan risker minimeras då elementen byggs i fabrik och montaget görs snabbt (Svenskt trä, 2022c).

För att lyckas ekonomiskt med en KL-träbyggnad ligger ett stort ansvar på entreprenören (Kristensen & Grotenfelt, 2020). Kunskaper inom projektering, hantering och produktion av KL-trästomme är väsentligt för att producera på ett effektivt sätt. Branschen kan fortfarande utvecklas genom att ta del av praxis från andra länder samt utveckla kunskapen i branschen för flerbostadshus i KL-trä (Kristensen &

Grotenfelt, 2020). De stora kostnadsnackdelarna med KL-trä är den bristfälliga förmågan att isolera mot ljud och vibrationer i byggnaden samt kraven på extra brandskydd (Svenskt trä, 2016). Ytterligare en nackdel ur kostnadssynpunkt är att KL-trä ofta har ett högre produktionspris per kvadratmeter än betong (Gyllin, 2016). I vissa fall kan ökade kostnader för KL-trä bero på att projekteringsprocesser saknar kunskaper inom KL-trä och dessutom är anpassade för betong (Martinsons, 2022).

3.2 Betongbyggnadsmetoder

Betong är det vanligaste stommaterialet i världen och har över tid utvecklats till en standardiserad byggmetod (RISE, 2022). Betongmetodernas främsta fördelar är dess beständighet, långa livslängd och marginella drift- och underhållsbehov (Svensk Betong, 2022b). En stomme med betong kan byggas på huvudsakligen tre olika sätt. Betongstomme kan gjutas på byggarbetsplatsen eller gjutas i fabrik och levereras som färdiga element till arbetsplatsen (Standberg, 2021). Det tredje alternativet är en kombination av platsgjuteri och prefabricering. Betong består främst av tre komponenter, cement, vatten och ballast (Byggnadsmaterial LTH, 2021). Vid tillverkningen av cement släpps stora mängder koldioxid ut som bidrar till klimatförändringar. Betongen är i sitt första stadium flytande och hårdnar när cementhydratiserat med vatten (KTH, 2021). Det gör att betongen är lättformad i det tidiga stadiet. Betong har hög tryckhållfasthet men låg draghållfasthet (Isaksson, Mårtensson, & Thelander, 2016). För att lösa problemet med draghållfastheten kombineras betongen med armering som har högre draghållfasthet (KTH, 2021).

3.2.1 Platsgjuten betong

Den vanligaste byggmetoden för att bygga flerbostadshus med betong är platsgjuten betong (Svensk Betong, 2022d). Betong gjuts i trä- eller stålformar ute på byggarbetsplatsen. Eftersom betongen gjuts i form genererar det få skarvar i konstruktionen, vilket leder till färre köldbryggor. Det medför ett behagligt inneklimat för brukarna och gör det till en energieffektiv byggnad (Svensk Betong, 2022d). Metoden är en repetitiv process där samma gjutning görs för varje våningsplan, vilket således gör det till en industriell byggmetod. Platsgjuten betong skapar möjligheter att göra flexibla byggnader som är estetisk tilltalande till närmiljön.

Platsgjutet bjälklag kan vara stabiliserat på flera olika sätt (Strandberg, 2015). Stabiliseringen kan göras med tvåsidigt upplag där bjälklaget bär i ena huvudriktningen. Det kan även stabiliseras med tre- eller fyra upplag där bjälklaget bärs upp av ytterväggar och innerväggar samt att det kan vara stabiliserat med punktupplag som pelarsystem. Ett platsgjutet bjälklag gjuts med en form ute på byggarbetsplatsen där byggnadsdelen ska placeras (Svensk betong, 2022h). Armering

och installationer placeras ut i bjälklaget innan gjutningen, dessa gjuts senare in i bjälklaget för att öka betongens hållfasthet och för att dölja installationerna.

3.2.2 Prefabricerad betong

Prefabricering av betongelement är vanligt förekommande vid betongstommar (Byggelement, 2022a). Håldäck är en av de vanligaste förekommande prefabricerade bjälklagen. Vad som utmärker håldäck är att bjälklaget har längsgående hål som är till för att spara material, minska vikten och skapa plats för installationer (Strandberg, 2015). Det är ett kostnadseffektivt bjälklag då håldäcket är materialbesparande utan att påverka bärförmågan (Byggelement, 2022b). Håldäcken skapar ett flexibelt våningsplan då den vilar på fasadpelare eller balkar och således behövs inga bärande innerväggar. Håldäck kan användas till flera konstruktioner som kontor, bostäder och kommersiella lokaler (Standberg, 2021).

3.2.3 Halvprefabricerad betong

Plattbärlag är en kombination mellan prefabricerade och platsgjuten betong som kallas halvprefabricerad betong (Strandberg, 2015). Plattbärlagselementen utgör en 40–50 mm tjock armerad platta som gjuts i fabrik. Därefter fraktas plattbärlaget till byggarbetsplatsen där betong gjuts med plattbärlaget som form. Innan gjutning placeras installationerna och ytterligare armering ut på plattbärlaget, på samma sätt som för platsgjuten betong (Byggelement, 2022c). En fördel med plattbärlag är att armeringsstegen redan är ingjutna, vilket gör att mycket tid kan sparas ute på bygget (Strandberg, 2015). Skalväggar är vanligt förekommande tillsammans med plattbärlag (Byggelement, 2022d). Det är uppbyggda sandwich-element med två 40–50 mm tjocka betongskivor med armering mellan sig. På byggarbetsplatsen gjuts betong mellan skivorna för att göra väggen solid och för att få de egenskaperna som är önskade. Halvprefabricerad betong med plattbärlag och skalväggar bildar tillsammans ett flexibelt system som kombinerar platsgjuten betong och prefabricerad betong (Standberg, 2021). Denna typ av halvprefabricerad betong med plattbärlag i kombination med skalväggar är den typ av betong som avses i fortsättningen av studien.

3.2.4 Fukt i betong

Betong tar inte skada från fukt och den behåller sina egenskaper oavsett hur mycket fukt som den blir exponerad för (Svensk Betong, 2022c). Problem som kan uppstå med fuktig betong är att mer fukt känsliga material kan ta skada om fukten överförs till det mer fukt känsliga materialet (Boverket, 2021b). Vatten är en av huvudkomponenterna i betong där en del av vattnet är kemisk bundet över hela betongens

livslängd (Byggnadsmaterial LTH, 2021). En del av vattnet kommer inte bindas kemiskt, denna fukt heter byggfukt. Det är viktigt att byggfukten får torka ut innan fukt känsligt material monteras in. Uttorkningstiden beror av flera faktorer som cementtyp, väder och betongens tjocklek (Svensk betong, 2022f). Uttorkningen kan variera mellan tre månader och ett år. Byggfukt från betong som inte torkar ut tillräckligt är ett av de vanligaste problemen i betongbyggnader (Boverket, 2018). Byggfukt kan transporteras med hjälp av diffusion och konvektion (Strandberg, 2015). Diffusion är luftrörelse på grund av utjämning mellan ånghalt i olika delar av byggnaden. Diffusion kan ske under uttorkning av betong och leda till att fukt transporteras från betongen till mer fukt känsliga material. Under brukstiden av byggnaden kan det ske diffusion mellan ute och inneklimatet, det är en följd då det råder obalans mellan ånghalten (Arfvidsson, Harderup, & Samuelson, 2017). Det kan leda till att fukt tränger sig ut i konstruktionen. Konvektion sker genom luftrörelser som skapas av temperaturskillnader. Konvektion kan transportera stora mängder fukt i jämförelse med diffusion. Vad som sker är att fukten avdunstar och transporteras till ett annat ställe där det kondenserar. Vid betongkonstruktioner är det då viktigt att isolera väl så att fukten inte kondenserar inne i byggnaden vid köldbryggor i konstruktioner. Vilket kan leda till att fukt känsligt material utsätts för fukt (Arfvidsson, Harderup, & Samuelson, 2017).

3.2.5 Brand i betong

Betong brandklassas enligt Europastandard som A1 och är därför obrännbart (Standberg, 2021). Vid brand brinner inte betongen och kan heller inte smälta eller bli partiklar som sprider vidare branden (Svensk Betong, 2022i). Betong avger heller inte rök eller giftiga gaser. Betong är ett poröst material med hög värme-lagringsförmåga vilket gör att temperaturen i betongen ökar långsamt. Först vid 450 grader börjar den armerade betongens hållfasthet försämrats (Svensk Betong, 2022i). Betongen klarar därför höga temperaturer utan att bli oförändlig. Armeringen i betongen påverkas mest vid en brand och är den mest kritiska faktorn för draghållfastheten hos betongbjälklag (Svensk Betong, 2022a). Efter en brand behövs en bedömning göras för att säkerställa att den armerade betongens hållfasthet inte påverkats. Oftast är det enbart det yttersta skiktet som utsätts för höga temperaturer medan kärnan varit relativt oberörd (Svensk Betong, 2022i).

3.2.6 Akustik i betong

Bjälklag med betong ger en god akustik i byggnaden då det har ett förhållande mellan styvhet och massa som ger en bra ljudmiljö (Betongföreningen, 2013b). Det beror på att betong är en tung och styv konstruktion, vilket medför att ljudvågor har svårt för att spridas i materialet. En konstruktion med betongväggar ger också en

fördelningseffekt av bullret som leder bort ljudet från skiljeväggen, vilket är fördelaktigt för att ha en låg bullernivå i byggnaden (Svensk Betong, 2020).

3.2.7 Betongs klimatpåverkan

Betongens största påverkan på miljön är cementtillverkningen från kalksten (Byggnadsmaterial LTH, 2021). Cirka 6% av det globala koldioxidutsläppet kommer ifrån cementindustrin (RISE, 2022). Då miljömedvetenhet och klimatfrågor blivit alltmer aktuella har betongindustrin tvingats utforska nya metoder och sätt att framställa betong för att utveckla ett klimatförbättrat alternativ (Cementa, 2022a). Under produktionen av cement värms kalksten och lera upp till höga temperaturer som leder till att koldioxid släpps ut. Framställningen av cement är även energikrävande. Potential för att sänka betongens klimatpåverkan finns genom att delvis ersätta cementen med andra material som slagg, flygaska, kalcinerad lera och andra tillsatsmedel (Byggnadsmaterial LTH, 2021). Betongindustrins målsättning är att på fem år minska utsläppen kraftigt genom att halvera cementtillverkningens utsläpp och på längre sikt skall den bli helt klimatneutral ur ett livscykelperspektiv (Svensk betong, 2022g).

Livscykelanalysen av Erlandsson et al. (2018) som gjorts för träalternativ, som redovisades i avsnitt 3.1.6 *Korslimmat träs klimatpåverkan*, har även gjorts för tre betongalternativ. Analysens resultat för stomalternativen i betong redovisas i *Tabell 2*.

Tabell 2 - Livscykelanalys för byggskedet av olika betongstomalternativ, mätt i kilo koldioxid-ekvivalenter per kvadratmeter uppvärmdarea.

Byggsystem	Kg CO ₂ -ekv. /m ² A _{temp} i byggskedet
Platsgjuten betongstomme med kvarsittande form	331
Platsgjuten betongstomme med lätta utfackningsväggar Byggskede	290
Prefabricerad betongstomme med håldäcksbjälklag Byggskedet	272

3.2.8 Ekonomiska aspekter för betong

Betong har länge varit det vanligaste stommaterialet på grund av de fördelar som finns med att bygga i betong (Svensk betong, 2022e). De viktigaste kostnadsfördelarna med betong är:

- Komplet material
- Hög prefabriceringsgrad
- Långvarig kompetens

Betong är ett robust och tåligt material eftersom den har en lång livslängd och god hållfasthet (Starka, 2022). Betong har en stor fördel eftersom materialet i sig själv uppnår krav för brand, fukt och akustik (Svensk betong, 2022e). Därför behöver betong inte kompletteras med kostsamma åtgärder för att uppnå funktionskraven. Betongbyggnad är en väl använd byggmetod som kan räknas som en industriell metod att bygga hus med (Svensk betong, 2022e). Elementen kan prefabriceras i fabrik i hög grad och levereras som färdiga block med armering och installationer (Standberg, 2021). Hög prefabriceringsgrad leder till snabbare produktion där tidsvinster kan göras (Nybetong, 2022). Det kan även leda till minde personalbehov och ge den bästa totalekonomin. Betongbyggnadsmetoden är väletablerad och väl utforskad eftersom forskning, utveckling och standardisering av materialet genomförts (Betongföreningen, 2013a). Det har gjort att den är en kostnadseffektiv byggmetod då kostnadsfördelaren har utvecklats under lång tid.

3.3 Kostnadsaspekter

Den ekonomiska aspekten spelar en central roll i byggprojekt (Boverket, 2020b). I det tidiga skedet fokuseras och präglas byggprocessen av sökning efter det bästa alternativet när det kommer till tid, kostnad och teknisk utformning (Hansson, Olander, Landin, Aulin, & Persson, 2015). Kalkyler genomförs för att studera ett projekts kostnader och används som underlag för beslut. För att välja det bästa och mest rationella beslutet krävs att beslutsfattaren går igenom följande delar innan beslutet tas (Andersson, 2001):

- Definiera problemet och klargör målsättningen
- Identifiera alla tänkbara handlingsalternativ
- Fastställ konsekvenserna av dessa handlingsalternativ
- Värdera konsekvenserna relativt målsättningen
- Välj det alternativ som ger högst måluppfyllelse

För att kunna värdera dessa parametrar krävs att det tidigt under utrednings- och programskede utförs en förkalkyl som används till bedömningen av investeringens lönsamhet (Andersson, 2001). Förkalkylen ska spegla verkligheten och har som syfte att ge en uppfattning om ingående kostnader. Mer utförliga och detaljerade kalkyler genomförs efter att beslut tagits kring att investeringen skall genomföras (Hansson et al. 2015). Det totala priset för ett byggprojekt beräknas i en produktionskalkyl och görs inför produktionsstart (Andersson, 2001). De ingående posterna i dessa kalkyler kräver större noggrannhet och bör vara så nära de verkliga kostnaderna som möjligt. Med en produktionskalkyl är det viktigt att precisera kalkylobjektet, därefter bör information identifieras, analyseras och struktureras. En produktionskalkyl skall vara detaljerad och omfatta alla aktiviteter från att

marken är införskaffad till att projektet står redo att tas i bruk (Hansson et al. 2015). De övergripande posterna som ingår i en produktionskalkyl är byggkostnad, byggherrekostnad, markkostnad och moms (Byggföretagen, 2022).

I en kalkyl kan det förekomma fel eller avvikelser från sanningen (Hansson et al. 2015). Kostnadsökningar eller oväntade händelser kan påverka projektets ekonomi under projektets gång. För att förebygga det läggs en osäkerhet in i kalkylen eller anlitas en byggtreprenör som tar över riskkostnaderna i kalkylen. Osäkerheter i kalkylen kan, enligt Hansson et al. (2015), vara följande:

- Att kalkylmetoden har osäkerheter, tex på grund av generaliserade beräkningsmetoder.
- Fel på mängddata då brist på noggrannhet eller räknefel begåtts vid mätning.
- Kostnadsdata har osäkerhet för materialpriser, timlöner, arbetsåtgång och materialspill.
- Osäkerhet med ritningar och detaljer som kan medföra ofullständiga beskrivningar över byggdelarna.

En undersökning genomförd av SCB och beställd av tidskriften *Betong*, visar att produktionskostnaderna för flerbostadshus med KL-trästomme var billigare än i betongstomme (Nejman, 2019). Undersökningen baserades på siffror som byggherrar rapporterat in till SCB och gäller för byggprojekt genomförda mellan år 2013–2017. Priset varierar var i landet projekten ägt rum, högst produktionskostnader redovisades från storstäderna medan de lägsta redovisades från Sydsverige. Undersökningen visade även skillnader i materialpris sedan datainsamlingen. Prisskillnaderna mellan stommateralen KL-trä och betong har blivit mindre sedan år 2013 menar SCB. Mer information kring kostnadsutveckling i kommande avsnitt 3.3.2 *Kostnadsutveckling*. Det är svårt att jämföra produktionskostnader för olika projekt då utformning och metoder är projektspecifika (Gustafsson, Eriksson, Engström, Wik, & Serrano, 2012). Är projektet anpassat och utformat för en viss stomme kan kostnaderna per kvadratmeter optimeras. I artikeln från tidskriften *Betong* har experter fått uttala sig kring jämförelser mellan stommateriellen. Det handlar inte enbart om kostnad för stommen utan det framgår även att val av metoder, system och tekniska lösningar har stor betydelse för kostnaden per kvadratmeter (Nejman, 2019).

3.3.1 Byggkostnader

Varje projekt är unikt och därför måste även kostnadsstyrningen för varje projekt vara det (Hansson et al. 2015). Det är byggkostnaden som utgör den största posten i produktionskostnaden. Enligt en undersökning som Byggföretagen beställt från SCB utgör byggkostnaden cirka 50% av produktionskostnaden (Byggföretagen,

2022). Även siffror från Boverket vittnar om höga byggkostnader. I Boverkets studie har projekt från olika delar av landet studerats, vilket visar att byggkostnaden kan uppgå till 60–70% av produktionskostnaden (Boverket, 2009). I undersökningen från SCB framgår det att byggmaterialet utgör den största posten inom byggkostnaden (Byggföretagen, 2022). För att studera olika tekniska lösningar och beräkna byggkostnaden används en byggdelskalkyl (Hansson et al., 2015). I byggdelskalkylen ingår direkta materialkostnader, direkta lönekostnader, direkta underentreprenörskostnader samt arbetsplatsomkostnader. Kalkylen resulterar i byggprojektets tillverkningskostnad.

Eftersom materialet utgör den större delen av byggkostnaden har val av stommaterial samt materialflöden betydelse för slutkostnaden (Byggföretagen, 2022). Vilket stommaterial som ska användas i ett projekt utses utifrån en helhetsbedömning av krav, kostnad och kvalitet (Standberg, 2021). I första hand beaktas minimikraven, då dessa styrker att materialvalet håller de grundläggande krav på funktioner som sätts för att byggnaden ska upprätthålla godkänd hållfast och beständighet (Burström, 2007). Efter att minimikraven har beaktats görs en bedömning utifrån materialets kvalitet och kostnad. Denna bedömning är projektspecifik och kan påverkas av många olika faktorer innan ett beslut fattas. Valet av stomme påverkar inte bara materialkostnaden i sig utan det påverkar även byggmetoden och hur materialet hanteras och förädlas (Gustafsson et al. 2012). De traditionella byggmetoderna som används idag är till viss del ineffektiva på grund av tid- och materialspill.

En hantverkarens arbetstid kan delas in i tre delar, direkt värdeskapande tid, förberedelser och rent slöseri (Josephson & Saukkoriipi, 2005). Tiden som är direkt värdeskapande innefattar det som skapar värde för produktionen och slutprodukten. Förberedelser omfattar den tid hantverkaren använder för att påbörja ett moment, till exempel hämta material eller maskiner. Den tredje och sista tiden är det rena slöseriet, vilket menas med den tid som inte bidrar till något värdeskapande. Hit hör väntan, avbrott och omarbete (Josephson & Saukkoriipi, 2005). Den tid som en hantverkare lägger på det sistnämnda, rena slöseriet, utgör en arbetskostnad som inte skapar värde för produktionen. Onödigt arbete påverkar inte bara kostnaderna för arbetskraften, byggtider påverkar även arbetsplatsomkostnaderna som kostnader för bodar, verktyg, maskiner, ställningskostnader och avgifter för mark (Hansson et al. 2015). Det är därför väsentligt att optimera byggtiden för att kunna påverka projektets totala byggkostnad.

Materialsplet är ytterligare ett problem med traditionella byggmetoder. Åtgångstalet eller materialsplet varierar utifrån vad det är för byggdel det gäller, men brukar utgöra cirka 2–10% (Hansson et al. 2015). Enligt studien som Josephson och Saukkoriipi gjorde över slöseri i byggprojekt utgör kostnaderna för materialsplet cirka 4–12% av materialkostnaden (Josephson & Saukkoriipi, 2005). Eftersom materialkostnaden är en stor del av byggkostnaden påverkar dessa siffror även den totala slutkostnaden.

Byggnadssystem av hel eller halvprefabricerade element blir alltmer vanligt förekommande i byggprojekt (Standberg, 2021). Prefabricerade element innebär oftast lägre kostnader än konventionellt platsbyggeri och bidrar även till en mer tids effektiv process (Prefabsystem, 2015). De lägre kostnaderna hänförs till att kostnaderna för ett prefabricerat system till stor del är klarlagda redan innan produktionen startar, samtidigt som det minskar riskerna för de oförutsedda kostnaderna som ett platsbyggeri riskerar att medföra. Prefabricering påverkar även bemaningsgraden vilket även bidrar till lägre kostnader (Nybetong, 2022). Att prefabricerade element är mer tideffektiva beror på att andra delmoment kan genomföras parallellt samt att själva monteringsstiden av elementen förkortas (Prefabsystem, 2015). Prefabricerade element bidrar till mindre materialspill eftersom elementen kommer färdigbearbetade och förädlade direkt till arbetsplatsen.

3.3.2 Kostnadsutveckling

Kostnader inom byggbranschen har ökat över åren, där byggprisindex för flerbostadshus har ökat medan konsumentprisindex legat relativt oförändrat (Statistikmyndigheten, 2021a). Kostnadsutveckling för produktionskostnader har under det senaste året ökat med 7,5% i Sverige från november år 2020 till november år 2021. Byggprisindex innefattar bygg- och byggherrekostnader. Byggkostnaden steg med 9,4% och byggherrekostnaderna minskade med 0,6% (Statistikmyndigheten, 2021a). För att få fram byggprisindex görs en sammanlagning så att de olika procentskillnaderna viktas samman och blir en total procentökning eller procentminskning. Inom byggkostnaden är det främst materialkostnaden som har ökat kraftigt under det senaste året (Statistikmyndigheten, 2021a). Byggmaterialkostnaden har ökat 17,3% från år 2020 till år 2021. Den största ökningen för material var på trävaror och armeringsstål som ökade 76,1% respektive 64,0%. Orsaken till denna prisökning är råvarubrist och att den globala efterfrågan har ökat (Statistikmyndigheten, 2021a).

En bristfällande konkurrens inom byggvarorbranschen har också gjort att prisökningen stigit under de senaste åren (Konkurrensverket, 2021). I en rapport av Konkurrensverket konstaterades det att marknader som innefattar byggvaror till bostäder saknar en effektiv konkurrens. Utöver en bristfällande konkurrens finns det andra faktorer som påverkar prisökningen menar Konkurrensverket (2021). En av orsakerna till de ökade priserna har varit covid-19 pandemin som har ställt samhället inför nya utmaningar under åren 2020 och 2021. Vid utbrotten förespände den tunga industrin att pandemin skulle medföra långa driftstopp som skulle leda till minskad efterfrågan. Det gjorde att materialtillverkarna för byggbranschen minskade sin produktion och redan bokade leveranser avbokades. Utfallet blev dock tvärtom, efterfrågan och byggtakten bibehölls under pandemin (Konkurrensverket, 2021). Byggmaterialens logistikkedjor och tillverkning blev då drabbade eftersom utbudet minskade medan efterfrågan kvarstod. Det gjorde att

priser på trävaror och stål ökade kraftigt under perioden (Konkurrensverket, 2021). Andra större världshändelser kan också påverka priset på byggmaterial.

Övriga faktorer som har påverkat kostnadsökningen är låg produktivitet, låg målgruppsvariation och volatil byggtakt (Konkurrensverket, 2021). En låg produktivitet är en fråga som byggbranschen länge arbetat med, trots det hänger inte byggbranschen med annan industris utveckling. Vissa menar att det beror på att arbetet utförs på projektnivå och låg överföring av kunskap förs vidare till nästa projekt (Ilar, Jimenez, & Stehn, 2020). Att arbetena är projektspecifika gör även det svårt att skapa ett standardiserat sätt att bygga eller skapa struktur för materialinköp och planering av material. Låg målgruppsvariation syftar på att de bostäder som byggs oftast bara tillgodoser den grupp med hög betalningsförmåga (Crona, 2018). Det finns en stor efterfrågan på bostäder i samhället men de lönsammaste projekten är de där högre priser kan sättas. Det leder till att materialet kan kosta mer då betalningsviljan är stor från kunderna. Volatil byggtakt innebär att byggbranschen är en konjunktorkänslig bransch (Konkurrensverket, 2021). Det betyder att byggtakten varierar över tid. Volatiliteten gör att materialpriserna ökar när det är hög byggtakt eftersom det finns hög efterfrågan och minskar när det är låg byggtakt, då det är låg efterfrågan.

3.3.3 Kostnadseffektivitet

Effektivitet är ett mått på prestationsförmågan för en verksamhet, effektiviteten är relationen mellan insatserna och resultatet i verksamheten (Uppslagsverket, 2022). Effektivitet är en viktig del i en verksamhet då det visar förmågan att utnyttja resurser på ett så fördelaktigt sätt som möjligt. Resurser som kan tillsättas i ett system är arbete, realkapital och material. Nyckelordet kostnadseffektivitet används i flera branscher, där ibland byggbranschen. En tydlig definition av vad kostnadseffektivitet innebär saknas i litteraturen för byggbranschen. Inom hälsoekonomi definieras kostnadseffektivitet som ett mått på hur mycket resurser som krävs för att nå ett visst mål (Folkhälsomyndigheten, 2020). Till exempel om det finns ett rimligt samband mellan kostnaden för en behandling och dess hälsoeffekt. En behandling eller metod kan i sig inte vara kostnadseffektiv, det krävs att en behandling ställs i relation till en jämförande behandling för att kunna avgöra om den är kostnadseffektiv. Som exempel kan en nyare metod vara mer effektiv men kostar mer än den gamla. En ekonomisk analys behövs då för att utreda om de ökade kostnaderna för den nyare metoden kan motiveras med en ökad hälsoeffekt (Folkhälsomyndigheten, 2020). På samma sätt behöver inte den lägsta investeringskostnaden i byggbranschen vara den enskilt avgörande faktorn (Andersson, 2001).

4 Fallstudie – Lamellen, Portkvarteren

Följande avsnitt handlar om fallstudien och dess genomförande. Inledningsvis ges en introduktion av fallstudiens projekt och förutsättningar. Sedan följer intervjuer som genomförts med representanter på fallföretaget samt observationsstudie av projekteringsmöte. Avslutningsvis redovisas resultat från dokumentstudien.

4.1 Projektet Lamellen

Fallföretaget ska bygga ett nytt kvarter med flerbostadshus i nordöstra Lund, i området Brunnsög. Det nya kvarteret kommer kallas Portkvarteren och projektet som fallstudien berört kallas Lamellen, se *Figur 2*. Enligt programförslaget från arkitekten som har ritat projektet är Lamellen en byggnad med avlång, rektangulär utformning med sadeltak. I bottenplan finns plats för daglig offentlig verksamhet i ena delen av byggnaden medan resterande byggnad utgörs av bostäder. Byggnaden planeras ha takterrass och orangeri i gavelns takspets, för att skapa en aktiv byggnad under både dag- och kvällstid. Längs ena kortsidan planeras en vägg av klätterväxter som är karakteristiskt för Lund och som ska berika stadsrummet med grönska.



Figur 2 - Illustrationsbilder av projektet Lamellen, Portkvarteren.

I byggnadens nedre del skall fasaden bestå av ljust tegel, som högre upp övergår till cederträspån. Dessa två material ska ge byggnaden ett levande intryck. Detaljer i bottenplan utförs i cortenstål och liknande pulverlack ska rama in fönster och fasad på övriga våningar. Projektet har projekterats med KL-trästomme alternativt i betongstomme. Vid utformning med KL-trästomme blir det fem våningsplan, medan utformning med betongstomme ger sex våningsplan. Det beror på att KL-träbjälklaget är tjockare än betongbjälklaget, vilket gör att färre antalet våningar rymms inom de bestämda kraven för maximal nockhöjd i detaljplanen. Oavsett val av stomme har byggnaden en vindsvåning med fläktrum, lägenhetsförråd och takterrass.

4.2 Förutsättningar för fallstudien

Fallstudien som genomförts har som syfte att studera skillnaderna i kostnader för att genomföra projektet Lamellen med KL-trästomme alternativt i halvprefabricerad betongstomme med plattbärlag och skalväggar. Fallföretaget har goda erfarenheter inom betongbyggnad och har därav genomarbetade standarder för att genomföra kalkyler för betong. För KL-trämetoden har fallföretaget begränsade kunskaper vilket innebär att standarder och typhus saknas. Därför har arbetet med KL-trästommen krävt mer omfattande arbete och byggts upp från grunden. Kalkylen som fallföretaget gjort benämns som en programhandlingskalkyl, eftersom arbetet genomförs under programskedet. Den omfattar enbart byggkostnaderna och kan liknas vid en byggdelskalkyl. Detta eftersom fallföretaget enbart är intresserad att jämföra skillnaderna i kostnader mellan betong och KL-trä under produktionskedet.

För att närmre förstå fallföretaget och deras sätt att arbeta med fallet har intervjuer genomförts med syfte att samla in data till fallstudien. Intervjuerna har främst berört byggmetoder för stommar i KL-trä respektive betong, samt hur arbetet kring kalkyler sett ut. Fallstudiens datainsamling består dessutom av observationer och dokumentstudie. Observationerna kommer ifrån ett projekteringsmöte där författarna varit observatörer av arbetsgången. De dokument som varit grunden till datainsamlingen är A-ritningar för betongstomme samt KL-trästomme, offerter från KL-träleverantörer och montörer, presentationsmaterial från fallföretaget och kalkyler över KL-trä- respektive betongalternativet.

4.3 Intervjuer med fallföretaget

Två olika intervjuer har genomförts i fallstudien, en gällande projektering och en gällande kalkylering. Respondenterna från projektering var en arbetschef och en

platschef från ett aktuellt referensprojekt hos fallföretaget. De hade båda goda kunskaper inom betongbyggnad och hur projekteringen och produktion med betong genomförs. Arbetschefen hade tidigare erfarenheter av KL-träprojekt och dess utmaningar samt genomförande av KL-trälösningar. Intervjun kring fallföretagets kalkyleringsprocess har genomförts med samma arbetschef samt två kalkylingenjörer på fallföretaget. Kalkylingenjörerna hade lång erfarenhet av kalkyler för betongstommar, men begränsade kunskaper och standarder när det gäller KL-trästommar. I resultatet från intervjuerna har det inte lagts vikt i vem av respondenterna som uttalat vad, då de alla representerat fallföretaget.

4.3.1 Projektering

Den största skillnaden mellan KL-trä- och betongsystem, menar respondenterna, är skillnader i byggnadshöjd och boyta. KL-trästommar kräver större bjälklag eftersom installationer inte kan placeras i massivträbjälklaget, utan placeras i undertak alternativt i övergolvet. Dessa stomkompletteringar är skrymmande och påverkar bjälklagets tjocklek påstår respondenterna. Det leder i sin tur till högre bygghöjd, om samma antal våningsplan skall få plats. Vid en bestämd nockhöjd i detaljplanen kan det bidra till att byggnaden inte kan projekteras med lika många våningsplan som vid ett flerbostadshus i betong. Enligt respondenterna innebär det att byggnaden erhåller mindre boyta. Respondenterna säger att även de bärande innerväggarna i en KL-trästomme är tjockare än vid en betongstomme. Detta eftersom åtgärder för brand, fukt och akustikkrav behöver kompletteras för att uppfylla funktionskraven. Ett flerbostadshus i KL-trä kommer således ha mindre boyta än ett flerbostadshus i betong ifall yttredimensionerna är desamma. Respondenterna understryker att skillnaden i boyta påverkar intäkterna för fallföretaget.

En annan skillnad mellan betong och KL-trästommar, som respondenterna nämner, är produktionstiden för stomresningen. Respondenterna påstår att KL-trästommar går betydligt snabbare att resa, en ny våning reses på några dagar. Det innebär utmaningar för logistik och planering menar respondenterna. Mycket material behöver lastas in på våningsplanen innan nästa våningsplan påbörjas, vilket kräver planering över leveranser och logistik. En fördel med snabbare stomresning är att antalet arbetsdagar kan minskas som enligt respondenterna kostar cirka 50 000 kr varje dag. En tidigare inflytt gör det även möjligt att tillgodose intäkterna från projektet tidigare, vilket innebär att företaget inte behöver ligga ute med pengar lika länge. Det sänker räntekostnaderna menar respondenterna.

I ett KL-träsystem måste grunden studeras extra noga enligt respondenterna. Utifrån fuktsynpunkt är det inte lämpligt att använda trä i grundläggningen, utan grundläggningen utförs oftast i betong. Grundens huvudsakliga uppgift är att bära upp byggnadens laster. En KL-trästomme kommer vara lättare än en betongstomme och därför kan grunden i en KL-trästomme vara av mindre dimensioner än vid en betongstomme påstår respondenterna. Vindlasten har också inverkan på grundens

storlek, vid en lättare stomme som KL-trä krävs mer förankring mot vindlasten i grunden.

Produktionen av flerbostadshus i KL-trä skiljer sig från de traditionella betongmetoderna på flera sätt menar respondenterna. En stor skillnad är hanteringen av väderpåverkan. För att ge KL-träsystemet de bästa förutsättningarna bör produktionen tidsmässigt anpassas till vinterhalvåret påstår respondenterna. Under vintern är vädret tørt och kallt vilket är två faktorer som minskar risken för mikrobiellpåväxt. Ett annat sätt att förebygga mikrobiellpåväxt vid KL-träproduktion, förklarar respondenterna, är användning av väderskydd. Respondenterna anser det inte nödvändigt att använda väderskydd, för att kunna producera fuktsäkert. Väderskydd kan ge en falsk trygghet då det enbart skyddar mot direkt nederbörd och inte annan fuktransport som till exempel kondens. Fördelar med väderskydd menar respondenterna är att det alltid är ljus på arbetsplatsen, vilket innebär att arbete kan ske dygnet runt. En nackdel med väderskydd är den extra kostnaden för projektet. En annan skillnad mellan betong- och KL-trästomme menar respondenterna är att hantverkare som arbetar med stomkomplettering och installationer i KL-träprojekt får en bättre arbetsmiljö. Många arbetsmoment underlättas som till exempel håltagning. Flerbostadshus med KL-trästomme anses dyrare än med stomme i betong, påstår respondenterna, vilket till viss del beror på riskpåslag och okunskap.

4.3.2 Kalkylering

Respondenterna redogjorde för vilka olika kalkyler som fallföretaget arbetar med under ett projekt. Den relevanta kalkylen för fallstudien var programhandlingskalkylen som genomförts i samband med framtagandet av programhandlingarna. De grundläggande parametrarna som behövs för att kunna genomföra en kalkyl över byggnaden med KL-trästomme menar respondenterna beror på KL-träleverantörens priser. Först när KL-träleverantören lämnat sin offert över materialkostnad samt arbetskostnad kan kalkylen för KL-trästommen genomföras. Respondenterna påpekar att det i tidigt skede kan vara svårt att bedöma priset för en KL-trästomme eftersom KL-träleverantörer inte alltid vill dela med sig av information gällande sina produkter och priser i för tid. Information gällande vad KL-träleverantörerna levererar är dessutom av vikt för kalkylen menar respondenterna. Till exempel kan det, beroende på vilken prefabriceringsgrad KL-träelementen levereras i, påverka arbetstimmarna som fallföretaget behöver tillsätta för ytterligare stomkomplettering. Respondenterna påpekar att fallföretaget har välarbetade standarder, mallar och prislistor över hur de ska kalkylera ett flerbostadshus med betongstomme. De kan därför med relativt enkla medel genomföra en skarp kalkyl för ett betonghus.

Kalkyler handlar bara om kostnaderna, menar respondenterna, och i det här fallet har målet enbart varit att jämföra kostnaderna mellan KL-trä- och betongstomme.

För betong uppskattar respondenterna att de största kostnaderna kommer vara stommen, taket, fasaderna och stomkompletteringen. Respondenterna tror att det även kommer vara dessa byggdelar som är av störst betydelse vid KL-trästommen. Det enklaste sättet att jämföra kalkylerna för KL-trä- respektive betongstomme hade varit att ta fram nyckeltal för respektive byggnad och jämföra dessa, menar respondenterna. De påstår dock att det inte finns något enkelt sätt att göra en sådan jämförelse eftersom byggmetoderna och teknikerna skiljer sig mycket från varandra. De största skillnaderna, menar respondenterna, beror på lösningar för brand, akustik och fukt, då kunskapsbrist och osäkerheter kring dessa poster förekommer för KL-trämetoden. Ett visst riskpåslag finns alltid med i kalkyler, men respondenterna påpekar att riskerna alltid bör vara väldefinierade. Om risken ska läggas på kalkylen ska det vara mycket stor sannolikhet att händelsen inträffar, annars kan inte riskpåslaget motiveras. Vid beslutsfattning har programhandlingskalkylen oftast en avgörande roll, menar respondenterna. Det finns dock projekt där andra faktorer som till exempel miljömål eller pilotprojekt är av större vikt och i dessa fall är inte enbart slutkostnaden avgörande.

4.4 Observationer från projekteringsmöte

Fallstudien omfattade observationer av fallet i sin realistiska miljö. Det som observerades var ett möte där fallföretaget diskuterade lösningar, leverantörer och kostnader, i syfte att kunna sätta ihop en kalkyl med KL-trästomme. Författarna registrerade observationerna genom protokollförande och var deltagande under observationerna. Under mötet där observationerna ägde rum har två kalkylingenjörer och en arbetschef från fallföretaget deltagit. Kalkylingenjörerna och arbetschefen är samma som deltagit i intervjuerna inom fallstudien. På mötet deltog även en projektchef från en KL-träentreprenad. Projektchefen hade tidigare erfarenheter som KL-träleverantör men arbetade numera som totalentreprenör av KL-trästommontage. Syftet med mötet var att bestämma lösningar för stomme, stomkomplettering och installationer, med projektchefens expertis som stöd. När alla lösningar var beslutade var det upp till projektchefen från KL-träentreprenaden att sätta ihop en offert över genomförandet av stomresningen. Offerten använde senare kalkylingenjörerna från fallföretaget för att göra en kalkyl. I följande avsnitt sammanfattas resultatet från observationerna.

4.4.1 Bakgrund

Fallföretaget har tagit emot en offert från en leverantör av KL-trästommar. Offerten innehåller stommateriell för ytterväggar, hjärtväggar, bärande innerväggar, väggar till hiss- och trappschakt, bjälklag, balkonger och tak. Håltagning för el-, vent- och rörinstallationer ingår i offerten. Vissa delar i offerten, till exempel taket, kommer

inte genomföras i KL-trä eftersom fallföretaget vill använda sig av andra lösningar. Därför kommer delar av offerterna förändras, även materialprisförändringar kan förekomma och påverka slutkostnaden för stommaterialet. Fallföretaget bygger sina bostäder med Svanen-märkning. Svanen-märkningen är i dagsläget ingen certifiering som KL-träleverantören besitter. KL-träleverantören antas kunna Svanenmärka sina produkter ifall det krävs av dem, men det kan bidra till merkostnader för fallföretaget då certifieringar kostar för KL-träleverantören att utföra.

I offerten från KL-träleverantören är KL-träplattornas dimensioner inte anpassade på ett sådant sätt att de sträcker sig över hela byggnadens bredd, vilket var en önskan i förfrågingen till offerten. Viktmässigt har storleken på KL-träplattorna ingen betydelse. Vid dimensioner som sträcker sig över hela byggnadens bredd kan färre lyft göras, vilket bidrar till ett snabbare montage. Problem som kan uppstå vid för stora dimensioner är å andra sidan att ljudtransmission över hjärtväggar kan uppstå vilket i så fall behöver åtgärdas. Materialet i offerterna är av inbyggnadskvalité vilket innebär att KL-träleverantören räknar med att ytor inte kommer vara synliga.

På fallföretaget finns flera olika viljor och intressen om projektet Lamellen skall byggas i betong- eller KL-trästomme. Detta eftersom det finns ett regionalt intresse att uppnå klimatmål, från projektledares sida ett intresse att leverera en bra slutprodukt samt att fallföretaget nationellt vill lära sig bygga med KL-trä. I det specifika fallet finns även ett intresse hos kommunen, då de har önskemål kring att träbyggnader uppförs i området.

Entreprenören som skall genomföra montaget av KL-trästommen är totalentreprenörer på stomme. Deras uppgift är att resa stommen, täta kring fönster och detaljer, skydda från nederbörd under byggtiden och färdigställa stommen till tät byggnad. Efter att taket är monterat och byggnaden är tät kan övriga stomkompletteringar inledas. De installationer som kan påbörjas redan under stomresningen kan ske parallellt med resningen tills taket monterats och tät byggnad uppnåtts. Produktionen uppskattas ta cirka en vecka per våning.

4.4.2 Konstruktionslösningar

Grundläggningen för projektet Lamellen kommer genomföras i betong oavsett om byggnaden genomförs med KL-trä- eller betongstomme. Vid en KL-trästomme kommer betongplattan, som utgör grunden, var av mindre dimensioner än vid en betongstomme på grund av stommens egenvikt. En tunnare betongplatta kan ge vissa problem när det kommer till akustik. Tjocka betongplattor ebbat ut vibrationerna från ljud, vilket inte sker i lika stor utsträckning vid en tunnare platta. Vid en KL-trästomme krävs därför ljudtransmissionsisolering vid lägenhetsskiljande väggar för att klara akustikkraV. Plattan behöver dessutom kompletteras med sula vid de bärande väggarna, för att orka bära lasten från byggnaden.

Projektet Lamellen har en fasad av tegel på de nedre planen medan cederspånträ utgör fasaden för de övriga våningsplanen. Cederspånträ är en dyr fasad som kommer påverka projektet slutkostnad. Kostnaden för fasaden påverkar kalkylen lika mycket oavsett stomme i betong eller KL-trä. KL-träskivan som i offerten skall användas till bärande väggar har fem skikt. Det gör materialet lufttätt tack vare limmet mellan de olika skikten. Detaljer och skarvar måste tejpas noggrant för att de ska bli täta, annan typ av plastfolie i yttervägg är överflödigt. Ytterväggarna kommer ha två olika utformningar på vardera sida om KL-träplattan. På stommens insida tillkommer två lager gipsskivor. KL-träskivans utsida täcks med stenullsisolering, fuktduk, luftspalt samt fasad.

Hjärtväggarna kommer behöva vara av särskilda dimensioner för att klara brandmotståndet och bärrigheten under en viss tid. Även hjärtväggarna kommer ha två olika utformningar på vardera sida om KL-träplattan. Ena sidan kommer enbart bekläs med gipsskivor, för att täcka brännbar yta och på så sätt uppfylla brandkraven. Den andra sidan kommer bestå av ett isolerande skick som hindrar ljud att röra sig mellan lägenheterna. Utanpå isoleringen placeras två lager gips.

Innerväggarna i byggnaden kommer utföras med stålreglar oavsett om byggnaden produceras med KL-trä- eller betongstomme. Valet av innerväggsystem beror på vad fallföretaget har för ingående klimatmål i projektet, men bör inte skilja sig från val av stomme och därför heller inte påverka skillnaderna i kalkylerna.

Tjockleken på bjälklaget i offerten är 240mm. Bjälklagsplattornas tjocklek dimensioneras efter byggnadens längsta spännvidd och måste vara av samma dimension för hela bjälklaget. Det är inte enbart bjälklagsplattorna som kommer utgöra bjälklaget, det tillkommer även stomkompletteringar i form av övergolv och installationsskikt. Eftersom övergolv är skrymmande behöver det optimeras så att det kan åtgärda flera problem samtidigt. Det behöver utnyttjas till att dölja installationer samt lösa akustik- och brandkrav. Övergolvsystemet är utformat som ett uppreglat golv där gipsskivor, plywoodskivor samt ytskikt placeras i följd. Installationer kan placeras i det uppreglade golvet som sedan fylls med isolering. Alternativet till det uppreglade golvet hade varit att placera installationerna i taket, då hade ett undertak behövts monteras för att dölja installationerna. Golvsystemet använder sig av en vibreringskudde som ebbat ut vibrationer från bjälklaget så att akustikkraven uppnås. Gipsskivor monteras på KL-träbjälklagets undersida, som utgör taket, för att klara brandkraven. Systemet bygger upp cirka 200-300mm ovanpå bjälklaget.

Enligt A-ritningen skall det färdiga KL-träbjälklaget vara 500mm, vilket innebär att om det uppreglade golvet bygger på 200-300mm kommer dimensionerna inte stämma. Därför diskuterades möjligheten att minska bjälklagsplattornas tjocklek, vilket projektchefen från KL-träentreprenören uppskattade vara möjligt utifrån bjälklagets spännvidder.

Stommen vid hissen isoleras för att förhindra förekomst av akustikproblem vid lägenheterna runt hisschaktet. Hisschaktet av KL-trä kan monteras med uppräta

plattor, vilket leder till att hisschaktet snabbt bygger upp flera våningar. Trapporna i projektet ingår inte i offerten från KL-träleverantören. Det innebär att trapporna måste beställas och köpas in separat. Betongtrappor kan användas i en byggnad med KL-trästomme, men eftersom de olika materialen har olika densitet sätter de sig olika mycket. Därför beslutades det att använda sig av trappor i massivträ.

För projektet Lamellen diskuterades möjligheten att använda sig av KL-trä- alternativt betongbalkonger. Nackdel med att använda betongbalkonger i flervåningshus med KL-trästomme är samma som för trapporna, betongens densitet är mycket större i relation till stommens. Fördelen med betongbalkonger är att de kommer färdiga och kräver inga kompletteringar. KL-träbalkonger väger mindre än betongbalkonger, men är desto svårare att säkra för fukt, brand, köldbryggor och akustik. Omfattningen av åtgärder och kompletteringar för att säkra kraven gör att träandelen i balkongen blir minoritet. KL-träbalkonger behöver ett ytskikt för att fuktsäkra balkongskivan samt ett ytskikt som skyddar mot mekaniska skador, till exempel från utemöbler. Balkongens undersida behöver brandskyddas med brandskiva, alternativt brandmålas för att säkra brandkraven. För att uppfylla krav för akustik och köldbryggor isoleras balkongen vid väggen. Balkongerna hängs in med stag i stommen oavsett om det är en betong- eller KL-träbalkong.

I offerten från KL-träleverantören skall taket utföras med KL-träskivor. KL-träskivorna som ska utgöra taket är täckta med påsvetsad papp för att vara väderskyddade. Fallföretaget har egna standardlösningar på tak, vilka kommer användas oavsett om projektet byggs med KL-trä eller betongstomme. Därför kommer takkostnaderna förändras från offerten.

4.4.3 Funktionskrav

Att projektera en byggnad innebär att projektörerna måste förhålla sig till vissa funktionskrav gällande installationer, akustik och brand. Håltagningen för installationerna ingår i kostnaden för KL-trästommen. Håltagning i KL-trästomme är enklare att arbeta med om fel uppstår, därför uppskattas håltagningskostnaden för installationer bli lägre än vid en betongstomme. I övrigt bedöms installationskostnaden vara densamma för KL-trä och betongstomme.

Fallföretaget brukar producera lägenheter som uppfyller akustikkraft B, vilket är förhöjda krav. Akustikmässigt behövs inte gipsskivor i tak om uppreglade golv används. Gipsskivor kan å andra sidan behövas för brandrisken, eftersom tak alltid är ett problem ur brandsynpunkt då värme stiger uppåt. Brandkraven säger dessutom att det finns begränsningar i andel synligt trä i lägenheterna vilket innebär att trä täcks med gips. KL-trä brinner men det brinner långsamt, vilket innebär att byggnaden står emot att kollapsa under viss tid vid brand. Stommens dimensioner har stor betydelse gällande hur länge byggnaden kan stå stadigt vid en brand, desto större dimensioner desto längre tid kan byggnaden stå innan kollaps. Ett sätt att minska dessa dimensioner utan att försämra byggnadens motståndskraft vid brand

är genom att installera sprinklersystem. Uppskattning gjordes att sprinklersystem inte kommer vara nödvändigt. En tumregel utifrån erfarenhet säger att möjligheterna för ett sprinklersystem bör ses över ifall minst två av följande tre kriterier uppfylls:

1. För att kunna lämna brännbara ytor synliga.
2. För att påverka tiden för bärighetskraven innan kollaps vid brand.
3. För att använda en fasad gjord av brännbart material.

I det aktuella projektet behövdes enbart punkt tre beaktas, vilket syftar till fasaden. Ifall sprinklersystemet bör användas på grund av denna orsak bör det även beaktas i betongbyggnadens utformning då denna byggnad förväntas ha samma fasad.

4.5 Dokument från fallet

Fallstudiens dokumentstudie omfattar två kalkyler över projektet Lamellen som tillhandahållits av fallföretaget. Den första kalkylen är för betongstomme medan den andra är för KL-trästomme. Kalkylingenjörerna som deltagit i fallstudiens intervjustudie samt observationsstudie är samma som genomfört kalkylarbetet. De har även sammanställt kostnader och nyckeltal för samtliga byggdelar för de olika stommarna. Dessa nyckeltal har sedan jämförts i studiens och resultatet av kalkyljämförelserna redovisas i kommande avsnitt.

4.5.1 Areförutsättningar

De olika stomalternativen kommer generera i olika förutsättningar. Det beror på skillnaderna i stomtjocklekar samt fasta bygghöjder i detaljplanen. Det innebär att boarea, bruttoarea, antalet lägenheter samt andra areaparametrar kommer variera mellan alternativen. I *Tabell 3* redovisas skillnaden mellan areor för KL-trä och betongstomme.

Tabell 3 - Projektdata, areajämförelse mellan KL-trä och halvprefabricerad betong.

Projektdata	KL-Trä/Betong [%]
BOA (Boarea)	-13%
LOA (Lokalarea)	0%
BTA (Bruttoarea)	-13%
Antal bostäder	-18%
Fasadarea	-4%
Takarea	8%
BOA per bostad	6%
BYA (Byggnadsarea)	0%

KL-trästömmen innebär 13% mindre boarea än alternativet i betong, samma gäller för bruttoarean. Skillnaden beror på att KL-träalternativet har färre våningar än betong på grund av begränsningar för nockhöjd. Även antalet bostäder i KL-träalternativet kommer vara lägre än betong med 18% på grund av våningsantalet. Lokalarea och byggnadsarea är densamma för KL-trä- respektive betongstomme eftersom lokalen ligger i bottenplan samt att byggnaden till ytan har samma dimensioner. Fasadarean för KL-träalternativet kommer vara 4% mindre än för betong medan takarean kommer vara 8% mer än betongalternativet. Det beror på skillnaderna i våningsplan och taklutning.

4.5.2 Totalkostnad och hantverkartimmar

Stomalternativen har olika totalkostnader och hantverkartimmar. För att jämföra totalkostnader och hantverkartimmarna har nyckeltal för skillnaden mellan alternativen beräknats. I *Tabell 4* redovisas skillnaden för KL-trä och betong.

Tabell 4 - Projektdata, jämförelse mellan KL-trä och halvprefabricerad betong med avseende på totala kostnader och hantverkartimmar.

Projektdata	Total	per BTA	per BOA+LOA	per LGH
Kostnader	-2%	13%	12%	20%
HV-Timmar	-6%	8%	8%	15%

Den totala kostnaden för KL-träalternativet är 2% lägre än betongstommen. Genom att använda bruttoarea, boarea + lokalarea samt per lägenhet som enheter kan kostnaderna jämföras i förhållande till den färdiga produkten, då areorna skiljer sig. Det framgår att KL-träalternativet är dyrare med 13%, 12% respektive 20% vid jämförelse av nyckeltal som beror av de specifika areorna. Det samma gäller för hantverkartimmarna för KL-träalternativet. De totala hantverkartimmarna är 6% färre för KL-trästömmen medan nyckeltalen visar att KL-träalternativet kräver 8%, 8% respektive 15% fler hantverkartimmar.

4.5.3 Byggdelar

Jämförelse kring stommarnas olika byggdelskostnader genomfördes för att understryka vilka byggdelar som särskiljer sig och vilka som utgör de största kostnadsbärarna. Tio olika byggdelar är definierade i kalkylen. Stomalternativens byggdelskostnader jämförs med relevanta areor för respektive byggdel, dessa areor beslutades i samråd med fallföretaget. Valet av relevant area grundas i att kunna göra så likvärdiga jämförelser som möjligt av de olika stommaterialen med hänsyn till dess olika areaförutsättningar.

Övrigt omfattar fraktkostnader, infästningsmaterial och byggnadsarbeten för installationer. Byggdelen jämförs utifrån kr/bruttoarea.

Mark omfattar markarbeten samt stödmurar och jämförs med kr/byggnadsarea.

Husunderbyggnad omfattar grundkonstruktioner samt platta på mark. Även denna byggdel jämförs med kr/byggnadsarea.

Stomme omfattar väggar, bjälklag och alla resterande bärande delar i konstruktionen, även trappor och hisschakt ingår. Stommen jämförs i kr/bruttoarea.

Yttertak omfattar takstomme och övrigt material för att färdigställa taket samt luckor för inspektion. Taket jämförs med kr/bruttoarea.

Fasad omfattar beklädnad, fasadkomplettering samt fönster och dörrar. Fasaden jämförs med kr/bruttoarea.

Stomkomplettering omfattar innerväggar, innetak samt dörrar och övrig komplettering. För KL-trästommen ingår även kostnader för övergolv. Stomkompletteringen mäts i kr/boarea+lokalarea.

Invändiga ytskikt omfattar färdiga ytskikt för golv och väggar, vitvaror samt övrig rumskomplettering. Byggdelen jämförs i kr/boarea+lokalarea.

Installationer omfattar material och arbeten för värme, luft, el och hiss. Installationerna jämförs i kr/boarea+lokalarea.

Omkostnader omfattar arbetsplatsomkostnader, påslag för hantverkartimmar, tjänstemannakostnader samt extra tillägsarbeten. Omkostnaderna jämförs i kr/bruttoarea.

Tabell 5 - Jämförelse kring stommarnas olika byggdelskostnader, relationen mellan KL-trä och halvprefabricerad betong.

Byggdel	KL-Trä/Betong [%]
Övrigt (per BTA)	6%
Mark (per BYA)	11%
Husunderbyggnad (per BYA)	-21%
Stomme (per BTA)	23%
Yttertak (per BTA)	35%
Fasader (per BTA)	29%
Stomkomplettering, rumsbildning (per BOA+LOA)	105%
Invändiga ytskikt, rumskomplettering (per BOA+LOA)	-5%
Installationer (per BOA+LOA)	-4%
Omkostnader (per BTA)	-4%

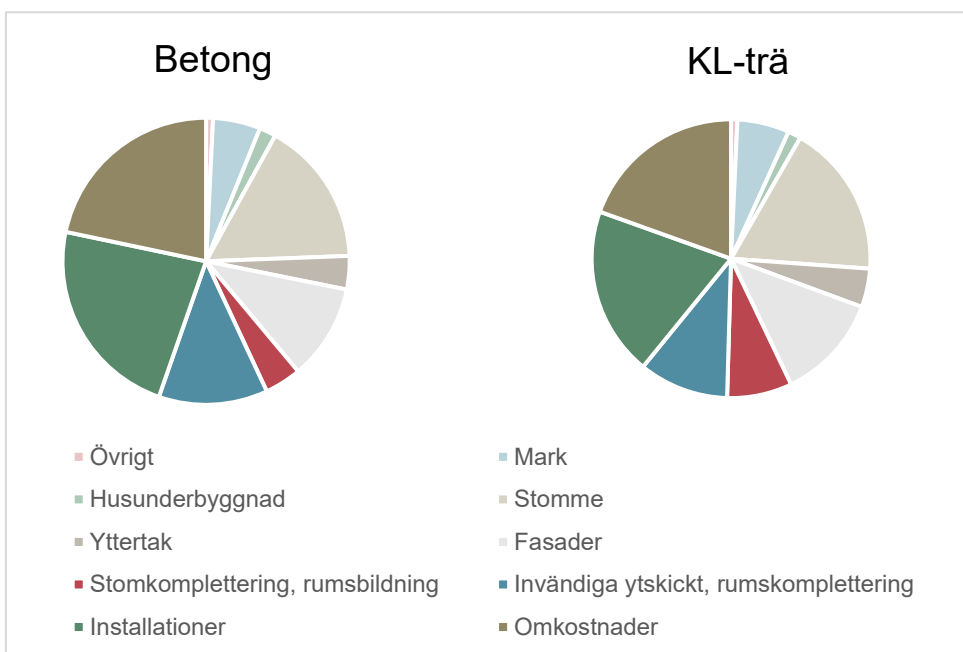
Tabell 5 visar att KL-trästommen har 6% högre kostnader för byggdel Övrigt än betongalternativet. Det framgår även att Mark är 11% dyrare för KL-trästommen. Husunderbyggnaden är 21% billigare för KL-träalternativet. KL-trästommen är dyrare för Stomme, Yttertak samt Fasader med 23%, 35% respektive 29%. Stomkompletteringen är mer än dubbelt så dyr för KL-trästommen jämfört med betongstommen medan invändiga ytskikt, installationer och omkostnader är billigare med 5%, 4% respektive 4%.

4.5.4 Kostnadsfördelning

Kalkylen har även omfattat de totala byggkostnaderna för byggdelarna. Dessa kostnader redovisas i byggdelsfördelningsjämförelsen, genom procentuell fördelning mellan byggdelarna för stomalternativen. Fördelningen visar de största kostnadsbärarna för respektive stommaterial. Byggdelsfördelningsjämförelsen visar för båda stomalternativen att de största kostnadsbärarna är omkostnader, installationer och stomme, se *Tabell 6* och *Figur 3*.

Tabell 6 - Byggdelsfördelningsjämförelse, procentuell fördelning av kostnaderna för byggdelarna.

Byggdel	Betong	KL-trä
Installationer	23%	20%
Omkostnader	22%	20%
Stomme	16%	18%
Fasader	11%	12%
Invändiga ytskikt, rumskomplettering	12%	10%
Stomkomplettering, rumsbildning	4%	8%
Mark	5%	6%
Yttertak	4%	4%
Husunderbyggnad	2%	2%
Övrigt	1%	1%



Figur 3 - Byggdelsfördelningsjämförelse för halvprefabricerad betong, respektive KL-trä.

5 Intervjustudie

I följande kapitel presenteras intervjustudien. Kapitlet inleds med en genomgång av intervjuernas genomförande samt en presentation av respondenterna. Därefter presenteras en sammanställning av resultatet från intervjufrågorna.

5.1 Intervjustudiens genomförande

Intervjustudien inleddes med sökande efter lämpliga respondenter med kunskaper inom projektering, produktion, kostnader och tid för betong- samt KL-trästommar. Genom att söka efter relevanta KL-träbyggnadsprojekt och forskning inom KL-träbyggnader kontaktades relevanta personer med ledande roll. Intervjuerna innehöll öppna frågor som respondenterna fick ta del av i förväg för att kunna förbereda sig. Frågor från intervjuerna finns i *Bilaga 1 – Intervjufrågor, Intervjustudie*. Majoriteten av intervjuerna genomfördes genom kommunikationsplattformen Microsoft Teams och resterande genomfördes via telefon eller via fysiska möten. När och hur intervjuerna genomfördes redovisas i *Bilaga 2 – Datum för intervjuer*. Intervjuerna var cirka 45 minuter långa och alla respondenter ställdes inför samma frågor. Respondenterna fick efter genomförd intervju godkänna anteckningar av det som diskuterats, för att säkerställa att författarna uppfattat respondenten korrekt.

5.2 Presentation av respondenterna

Nio respondenter intervjuades för studien. Respondenterna representerade olika företag eller institutioner men hade som gemensam nämnare att alla besatt erfarenheter av KL-träbyggnadsprojekt och kunskaper inom ekonomi.

Respondent 1 var byggnadskonstruktör och träsamordnare på ett stort entreprenörsföretag. Respondenten har varit delaktig i anbudsprocesser och projektering av KL-träprojekt.

Respondent 2 var professor i byggnadsmekanik. Respondenten har erfarenheter från flertalet forskningsprojekt kring träbyggnad samt varit verksamhetsansvarig

för samarbete mellan kommun, industri och universitet i arbeten kring KL-träbyggnadsprojekt.

Respondent 3 var teknikchef på ett stort entreprenörsföretag och hade även lång erfarenhet som konsult inom fukt, akustik och brandfrågor för både betong- och KL-träbyggnader.

Respondent 4 var från en branschorganisation som arbetar med träfrågor. Respondenten hade bakgrund som konstruktör och tekniker samt hade varit medförfattare för flera handböcker inom KL-trä.

Respondent 5 var biträdande arbetschef på ett medelstort entreprenadföretag och hade lång erfarenhet som beställare av KL-träprojekt. Respondenten hade varit delaktigt i ett 10-tal träbyggnadsprojekt och haft god insikt i tekniska frågor samt ekonomin.

Respondent 6 var lektor i byggteknik och hade doktorerat kring träbyggnad. Nyligen hade respondenten gjort en förstudie till ett forskningsprojekt över kostnader för KL-trä.

Respondent 7 var marknadsansvarig hos en KL-träleverantör och hade haft olika roller på företaget i 30 år. Respondenten arbetade bland annat med att analysera KL-träutvecklingen i branschen samt samordna duktiga aktörer inom KL-träbyggnad.

Respondent 8 var produktionssamordnare på ett medelstort entreprenadföretag och hade nyligen varit projektchef för ett stort KL-träprojekt. Respondenten hade erfarenheter av produktion i både betong- och KL-trästomme samt goda kunskaper inom ekonomi.

Respondent 9 hade varit i arbetsledande position inom byggbranschen i 40 år. Respondenten hade nyligen varit platschef för ett KL-träprojekt och besatt kunskaper inom produktion och kostnader för betong- samt KL-träbyggnader.

5.3 Resultat av intervjustudie

De fördelar som respondenterna nämner kring KL-trästommar gäller framför allt klimataspekter, bättre arbetsmiljö och effektivare produktion. KL-trä kommer från en förnybar råvara och släpper enligt flera respondenter ut mindre koldioxid under produktionstiden än betong. Materialets densitet är lägre än betong vilket bidrar till att färre och lättare transporter krävs vid KL-träprojekt. Hantverkarna på arbetsplatsen får en behagligare arbetsmiljö som är ljus, varm, mindre bullrig och har ett lättarbetat material. Närmiljön och tredjeman påverkas i mindre utsträckning eftersom arbetsplatsen inte upplevs lika bullrig som betongprojekt. Respondenterna framhäver att KL-trätekniken ger en snabb stomresning, möjlighet till hög prefabriceringsgrad samt är fördelaktig vid installationer och förändringsarbeten.

Nackdelarna med KL-trä som respondenterna nämner är de begränsningar i funktions- och konstruktionskrav som finns, att det saknas kunskaper och erfarenheter samt innebär omfattande stomkomplettering. Det respondenterna nämner som det svåraste funktionskravet att uppfylla är akustiken, då KL-träkonstruktioner inte ebbar ut vibrationer på samma sätt som betong. Det saknas dessutom standarder och erfarenheter för KL-trä som finns för betong menar respondenterna. Något som många nämner är även att stomkompletteringen för KL-trä är mycket omfattande samt kräver tid och planering.

5.3.1 Projektering

Under intervjuerna har respondenterna påpekat vilka utmaningar det finns med att bygga flerbostadshus i KL-trä. En majoritet av respondenterna tar upp fukt som en viktig utmaning när KL-trästomme används och att det är svårt att projektera för. Flera respondenter tar upp vikten av att utse en fuktansvarig eller ta hjälp av fukt-specialister vid projektering och produktion. En respondent hävdar att hur väl fukten hanteras beror på hur goda kunskaper och erfarenheter hantverkarna har i genomförandet. Det är viktigt att hantera materialet och tekniken rätt, i förhållande till fukt, menar en respondent. En annan respondent framhäver vikten av att tidigt besluta hur byggnaden ska skyddas från fukt.

Det är främst vädret som utsätter en KL-träbyggnad för fukt, menar flera respondenter. Speciellt stor risk för fuktproblem uppstår när vatten blir stående under längre tid efter regn. En av respondenterna påstår därför att det är naivt att bygga KL-träprojekt utan att använda sig av väderskydd, eftersom tidigare projekt visat att påväxt kommer snabbare och djupare än vad det tidigare trott. En annan respondent hävdar att påväxten ofta är osynlig. Två respondenter uppskattar att väderskydd kostar cirka 2–3,5% av byggkostnaden och väljs därför ofta bort av beställaren trots fördelarna. En respondent hävdar att det kan vara ekonomisk försvarbart att använda sig av väderskydd eftersom det genererar i en snabbare produktion som i sin tur kan ge ekonomiska vinster. Flera respondenter menar att det kan vara bra att använda väderskydd vid speciella projekt eller vid höga byggnader, men att väderskyddet inte har lika stor betydelse vid flerbostadshus som är lägre än sex våningar. En respondent menar att ifall byggnaden projekteras på rätt sätt och att materialet skyddas noggrant under produktionen behövs inte väderskyddet. En fördel med att använda väderskydd är att den invändiga kompletteringen kan påbörjas innan huset är tätt menar en annan respondent. Ytterligare fördelar som andra respondenter påpekar är att ett väderskydd bidrar till mindre efterarbetet, lättare produktion med travers och ett behagligare arbetsklimat.

En av respondenterna hävdar att det inte finns några problem med fukt i KL-träbyggnader längre, eftersom det finns lösningar som hanterar fukten. Respondenten

menar att ifall slipmaskin med sug används kan påväxt som ertappas på arbetsplatsen avlägsnas. Vid uttorkning är det även viktigt att använda hög luftomsättning och inte hög temperatur för att undvika påväxt menar en annan respondent.

En majoritet nämner akustik- och brandproblem som en viktig del av projekteringen eftersom dessa kräver mer stomkomplettering för KL-trästommar än för betongstommar. Detta eftersom ljudtransmission och vibrationer rör sig lättare i KL-trä än i betong förklarar en respondent, samt att trä är ett brännbart material. Det finns lösningar för hur akustikproblem åtgärdas som kräver påbyggnadsmaterial på KL-trästommen, vilket även kan lösa brandproblem. Andra alternativ för att klara brandkraven är att öka stomdimensionerna samt använda sig av sprinklersystem menar flera respondenter, det medför dock ökade kostnader. Både påbyggnadsmaterial och ökade stomdimensioner kan hämma boarean i byggnaden hävdar en respondent. Det finns svårigheter hur akustik- och brandkompletteringen löses praktiskt, menar andra, eftersom stor noggrannhet krävs. Vid genomföringar kräver KL-träkonstruktioner extra noggrannhet, påstår en respondent. En annan respondent hävdar att KL-träbyggnader klarar funktionskraven ifall genomförandet utförs på rätt sätt. En respondent framhäver vikten av god samordning mellan akustik-och brandskonsulter för att uppnå bra lösningar.

Konstruktionsmässigt är bärighet och svikt inte ett problem i KL-trästommar, påpekar flera respondenter. Andra menar att stabiliteten är betydligt sämre på grund av den lätta egentygngen för en KL-träkonstruktion. En respondent påstår att många tveksamheter kring KL-träbyggnad bygger på gamla fördomar. Flera respondenter nämner att det för KL-trästommar saknas välutformade standardlösningar som projektörer och arkitekter kan använda sig av, vilket gör projekteringen utmanande. För betongbyggnader finns beprövade standardlösningar och arbetsberedningar som ger en trygghet i projekteringen och utförandet. Att KL-träprojekteringen är mer komplicerad har inneburit att KL-träbyggnader inte varit tillräckligt konkurrenskraftiga, menar en respondent. Något annat som majoriteten av respondenterna tar upp är betongens goda egenskaper när det kommer till brand, fukt och akustik, där materialet i sig är brandsäkert och ebbar ut ljud utan andra kompletterande åtgärder. Vissa fuktproblem kan uppstå vid betong menar en respondent, det uppstår främst om fukt stängs in så fukt känsligt material tar skada.

En majoritet av respondenterna påpekar att det är mycket svårt att konvertera ett betonghus till ett KL-trähus. En respondent hävdar att ifall det beslutats att KL-trästomme ska byggas finns andra förutsättningar att förhålla sig till, till exempel när det gäller bygghöjder, dimensioner och spännvidder. Bjälklagen för KL-trästomme blir tjockare än för betongstomme eftersom det behöver kompletteras med bland annat installationer och brandåtgärder, vilket kräver mycket material, är skrymmande och tar tid. En annan respondent påpekar att KL-träförutsättningarna måste beaktas redan i konstruktionsskedet, även montaget bör tidigt beaktas. En respondent hävdar att alla flerbostadshus som kan byggas i betong även kan byggas i KL-trä. Flera respondenter nämner att infästningsmaterialet och tillvägagångsättet

vid detaljer skiljer sig mellan KL-trä- och betongstommar. Andra respondenter menar att en kombination av KL-trä och betong kan användas i stommen. Där till exempel betong gjuts på KL-träbjälklaget för att ge tyngd och stabilitet till stommen, samt för att utnyttja betongens akustiska egenskaper. När en kombination av KL-trä och betong används påpekar en respondent att det är viktigt att tänka på hur materialen påverkar tidsaspekten, då de har olika förutsättningar och egenskaper.

En annan respondent påpekar att projekteringen för installationer för KL-trä- och betongstommar skiljer sig på grund av att det är olika material. Vid platsgjuten betongstomme kan installationer placeras i bjälklaget vilket inte är möjligt i ett massivt KL-träbjälklag. Flera respondenter menar att ett uppreglat golv är den bästa lösningen både tekniskt och ekonomiskt för att dölja installationer och uppfylla funktionskrav vid KL-trästomme.

Om företag inte tidigare arbetat med KL-trä är planeringen en stor utmaning menar vissa respondenter. KL-träprojekt kräver en mer omfattande planering när det gäller projektering och leveranshantering belyser en respondent. Företag och beställare måste vara väl förberedda redan i projekteringen för att kunna lösa problem som uppstår under produktionen menar en respondent. Materialflödena är en utmaning som många respondenter tar upp. Det menar respondenterna beror på att produktion med KL-trästomme reses snabbare än för betongstomme, samt att mycket material krävs till stomkompletteringen.

Flera respondenter påpekar att det är kunskapsskillnaderna mellan KL-trä- och betong som påverkar valet av byggsystem. Denna kunskapsskillnad menar flera respondenter beror på att branschen i många år arbetat med betong och vet vilka kostnader byggsystemet innebär. En respondent menar också att det kan vara svårt att få branschen att testa något nytt. Eftersom det inte byggs lika många projekt i KL-trä som till exempel betong har yrkesarbetare, konsulter och ingenjörer inte varit med om liknande moment eller problem tidigare, menar en respondent.

5.3.2 Produktion

Något som många respondenter påpekar är att stomresning av en KL-trästomme går mycket fort. Hastigheten beror på prefabriceringsgraden och uttorkningstiden menar en respondent. Olika respondenter belyser för- och nackdelar med snabb stomresning. En respondent påpekar att byggnaden snabbare kan produceras genom att ha en intensiv och välplanerad byggprocess även efter stomresning. En respondent påpekar att det krävs fler arbetsmoment efter stomresningen eftersom stomkomplettering är mer omfattande vid KL-trästommar än vid betongstommar. Det innebär att många discipliner behöver samsas om arbetsplatsen samtidigt, menar en respondent som föredrar en mindre intensiv tidplan. En annan fördel med att KL-trästommar torkar snabbt är att stomkompletteringen kan påbörjas tidigt, vilket kan skapa tidsvinster menar flera respondenter.

Det finns flera positiva effekter som respondenterna nämner kring arbetsmiljön på arbetsplatser med KL-träprojekt. Det ger ett varmare Arbeitsklimat, mindre fuktig miljö, enkelt att arbeta med, lättare lyft, mindre buller och ljusare arbetsplats. Ur hälsa, miljö och säkerhetssynpunkt påstår en respondent att KL-trähus är fördelaktigt att arbeta med och antalet sjukdagar är låga. En nackdel som en respondent nämner med KL-träbyggnader är att det går åt stora mängder skruv och även stora skruvar, vilket tär på axlar och armar hos hantverkarna.

Flera respondenter nämner att färre transporter behövs när KL-träelement används tack vare träs låga densitet och begränsade spännvidder. Eftersom mycket material skall levereras till arbetsplatsen krävs en god logistikplanering över hur materialet skall hanteras och förflyttas på arbetsplatsen menar flera respondenter.

5.3.3 Tidsaspekten

Flera respondenter menar att projekteringen för KL-trä är mer omfattande och kräver därför mer tid än för betongprojekt. En av respondenterna hävdar att det krävs kunskapsbyggande för att minska projekteringstiden för KL-träbyggnad. När branschen väl lärt sig den nya metodiken kommer projekteringen för KL-träprojekt var lika effektiv som vid nuvarande betongmetoder, menar respondenten. En annan respondent menar att desto mer rutin branschen får i utförandet av KL-träprojekt desto lönsammare och effektivare kommer produktionen bli. En respondent menar att det hittills främst varit producenterna av KL-träprodukterna som varit intresserade att lansera sina produkter i byggbranschen. Det har inneburit att det bara funnits företagsstandarder och inga branschstandarder, vilket medför att leverantör av KL-trästommen måste bestämmas tidigt i planeringsskedet.

Flera respondenter säger att projekt med KL-trästomme har kortare produktionstid än betongprojekt. En annan respondent påstår att den invändiga kompletteringen är mycket mer omfattande vid KL-trästomme för att klara akustik- och brandkrav, vilket påverkar sluttiden. Det är flera respondenter som nämner att tidsvinsten från stomresningen och tidstillägget för den omfattande stomkomplettering tar ut varandra och den slutgiltiga produktionstiden blir snarlik betongstommens produktionstid. Flera respondenter påpekar att om stomkompletteringen är välplanerad för logistik och utförande kan stora tidsvinster göras för KL-trä, vilket inte är möjligt för betong. En respondent poängterar att ifall produktionen optimeras för att korta byggtiden innebär det en väldigt resursintensiv produktion för KL-träprojekt.

Det finns ekonomiska fördelar i att korta produktionstiden menar majoriteten av respondenterna. Fördelarna gäller framför allt beställaren av projekten som kan se en vinning i att tidigarelägga inflyttning på grund av lån- och räntekostnader. Trots fördelar med kortare byggtid nämner flera respondenter att tidsaspekten inte har stor inverkan för beslutet kring att välja KL-trä- eller betongstomme. För entre-

prenören finns vinning i att korta produktionstiden eftersom det minskar omkostnaderna samt rörliga kostnader för arbetsplatsen nämner flera respondenter. En annan respondent nämner att installationsmontaget går fortare vid KL-trästomme än vid betongstomme då det är lättare att fästa och göra hål i KL-trä. En del respondenter nämner att desto högre prefabriceringsgrad elementen har vid leverans desto större tidsvinster kan göras på arbetsplatsen, men det medför större kostnader för materialinköp.

5.3.4 Kostnader

Vissa respondenter säger att KL-träprojekt oftast är dyrare än likvärdiga projekt i betong. Andra menar att det går att få ner kostnaderna ifall beslut kring stomme tas tidigt och projektering anpassas efter förutsättningarna för KL-trä. Resterande respondenter påstår att slutkostnaderna inte skiljer sig mellan betong- och KL-trästomme. Det flera respondenter framhäver som den största ekonomiska skillnaden mellan KL-trä- och betongstomme är kostnaden för stommen och stomkompletteringen. Den nakna KL-trästommen kan vara billigare, men omfattningen och kostnaden för stomkompletteringen är större än vid betongprojekt menar respondenterna. Vid bristfällig planering av KL-träprojekt kan kostnaderna för stomkompletteringen eskalera säger en annan respondent. En respondent påstår att det kan vara svårt att jämföra KL-trä- och betongkostnader eftersom det inte går att veta vad alternativet hade kostat att genomföra.

Vid kalkylering av KL-träprojekt menar en respondent att det är enklare att beräkna kostnaden för materialet och att det är svårare att beräkna kostnader för resurser och tid, eftersom dessa parametrar är mer rörliga. Vid kalkylering av betongprojekt är det lättare att uppskatta kostnaden för resurser och tid eftersom erfarenhet och liknande projekt har genomförts tidigare menar en respondent. En majoritet av respondenterna nämner att det är dyrt att omvandla en byggnad som varit projekterad för betong till KL-trä eftersom förutsättningarna inte är desamma. Därför skall beslutet kring stomme göras tidigt menar respondenterna. Ifall KL-trästomme skall användas hävdar flera respondenter att de specifika förutsättningarna för KL-trä ska utnyttjas genom att fokusera på att minska spill, ta vara på tidsvinsterna och hitta en bra balans mellan prefabricering och platsbyggnation. Andra kostnadsdrivare bör även ses över genom att beakta vilka utmaningar det finns med byggnationen och metodiken som valts att arbeta med säger en respondent.

Beställaren har en stor roll i beslutet kring val av stomme, menar flera respondenter. Valet av KL-trästomme har oftast grund i klimatmål eller marknadsföringssyfte och det beror sällan på ekonomiska skäl, menar flera respondenter. En respondent menar att företag som satsar på KL-träbyggnader vill verka för något bättre, men ifall det inte varit ekonomisk försvarbart hade det inte genomförts. Ytterligare en respondent påpekar att valet av KL-trästomme kan utgöra ett unikt säljningsargument, vilket kan locka kunder som är villiga att betala för en hållbarare bostad.

En annan respondent har upptäckt att införandet av klimatdeklarationer påverkar KL-träalternativet positivt. Ytterligare en respondent säger att det fortfarande finns möjligheter att utveckla lösningar för KL-trä som gör det ännu bättre för miljön och samtidigt mer kostnadseffektivt.

5.3.5 Utvecklingspotential

Flera respondenter lyfter att KL-trä är ett ungt material som har utvecklingspotential att bli ett konkurrenskraftigt stomalternativ. En utvecklingspotential som vissa nämner är möjligheten att prefabricera KL-träelementen mer än de nakna stommar som vanligtvis används idag. En annan respondent påpekar att en högre prefabriceringsgrad skulle öka risken för extra arbete då de förädlade elementen kan utsättas för fukt på arbetsplatsen och därefter behövas bytas ut. En tredje respondent menar att högre prefabriceringsgrad försvårar uppfyllandet av funktionskraven, speciellt akustik. Det är anledningen till att nakna KL-trästommar används enligt respondenterna.

En annan utvecklingspotential för att etablera KL-trämetoden i branschen har med funktionskraven att göra, påpekar flera respondenter. En del respondenter vill förtydliga kraven och göra dem mer anpassade för att producera KL-trähus. En annan respondent menar att ifall väderskydd skulle bli branschstandard skulle det generera mer kostnadseffektiva lösningar för dessa. Några andra områden som respondenterna nämner bör förbättras för KL-träproduktion är minskandet av tid- och materialspill, effektivisering av stomkompletteringen samt samverkan mellan disciplinerna, logistiken och planeringen.

6 Analys och diskussion

I följande avsnitt analyseras och diskuteras resultaten från litteratur-, fall-samt intervjustudien utifrån arbetets problemformulering. Det är utifrån analysen och diskussionen som studiens slutsats kommer att dras.

6.1 Byggmetoderna

Flerbostadshus med KL-trästomme har många likheter med halvprefabricerad betongstomme när det kommer till produktion, tidsaspekter och kostnader. Den gemensamma faktorn är att båda stomsystemen måste uppfylla samma funktionskrav gällande till exempel akustik, fukt och brand. Ytterligare ett samband är att högre prefabriceringsgrad minskar produktionstiden på arbetsplatsen för båda stommaterialet och med båda stomsystemen går det att bygga lönsamt. Stomsystemen har även vissa skillnader. De största skillnaderna är hur lösningar för funktionskraven ser ut, att stomresningen går fortare vid KL-trästommar och att det krävs en mer omfattande planering och projektering för KL-trästommen.

6.1.1 Planering och projektering

Enligt resultatet från intervjustudien framgick att det krävs en omfattande planering och projektering för att KL-träprojekt ska blir lönsamma och klara funktionskraven. Vikten av planering framhäver även litteraturstudien då det framgår att det i ett tidigt skede är viktigt att hitta den bästa lösningen för tid, kostnad och teknisk utformning. Respondenterna från intervjuerna understryker att projekteringen måste anpassas till KL-trästommens specifika förutsättningar för att kunna optimera byggsystemet utifrån tid, kostnad och teknisk utformning. KL-trästommens behov av planering kan skapa ett problem där det är svårt att veta när projektet är färdigplanerat. God planering är lättare sagt än gjort eftersom tidsbrister och begränsade kunskaper kan göra att planering och projekteringen får begränsade resurser. Vid noggrann projektering finns goda möjligheter att hitta effektiva lösningar utifrån tid, kostnad och teknisk utformning. Tidsmässigt kan noggrann planering optimera stomresningen och stomkompletteringen genom att arbetsplatsen alltid är förbered på nästa delmoment och att det finns god samverkan mellan disciplinerna. Utifrån kostnad och teknisk utformning är projekteringen viktigt för att kunna jämföra olika lösningar så att den mest kostnadseffektiva lösningen

används. Utmaningen är dock att inte fastna i detaljer som i slutändan inte påverkar helheten eller inte leder till effektiva lösningar. Ytterligare en svårighet med projekteringen är att vissa KL-träleverantörer inte vill dela med sig av företagsstandarder i tidigt skede, nämner en respondent. Det hämmar möjligheterna att konkurrensmässigt kunna jämföra olika KL-träleverantörer utifrån dimensioner och priser, för att kunna börja projekteringen tidigt.

Från fallstudiens intervjuer visar resultatet att KL-träprojekt ofta möter problem i detaljplanen. I de fall där byggnadshöjder beror av nockhöjd uppstår begränsningar för KL-trä då bjälklagen generellt är tjockare än för betong. Det leder till att färre antal våningar kan byggas ifall ett projekt har KL-trästomme, vilket i sin tur leder till minskade intäkter. För att inte begränsa möjligheterna för KL-trästomme måste kommunerna ta sitt ansvar och möjliggöra en större flexibilitet i detaljplanen, där våningsantal och rumshöjd skulle utgöra begränsningarna för totalhöjden. På så vis skulle KL-trästomme få mer likvärdiga förutsättningar i förhållande till betongen och val av stomme skulle inte påverkas av mindre intäkter på grund av höjdbegränsningar. Enligt litteraturstudien är KL-trästomme som mest optimal i flerbostadshusprojekt med runt fem våningar. Vid högre byggnader i KL-trä blir de tekniska utmaningarna desto större. Vid höghus uppstår problem med vindlast och stabilitet för KL-trästommar på grund av dess lätta konstruktion. Alla projekt är därför inte lämpade för KL-trästommar, vilket gör det viktigt att utgå från KL-trämetodens förutsättningar vid projekteringen. Ett annat alternativ som vore intressant att se över är en kombination av byggmaterialen, likt samverkansbjälklag. Genom att kombinera KL-trä och betong skulle respektive materials goda egenskaper kunna utnyttjas för att skapa bästa möjliga byggmetod.

Resultatet från fallstudien, där två stomalternativ för samma byggnad analyserats, är enligt respondenterna i intervjustudien inte det optimala sättet att projektera ett KL-träprojekt. Respondenterna menar att det är svårt att göra om ett betonghus till ett KL-trähus på ett effektivt sätt utan att gå miste om delar av de tekniska, kostnads- och tidsmässiga fördelarna som finns för KL-trästommar. Det optimala sättet att projektera ett KL-trähus är snarare att tidigt välja KL-trä som stommaterial och utifrån dess förutsättningar gällande till exempel spännvidder och höjder utforma byggnaden på bästa sätt. Anledning till att det är svårt att projektera KL-träprojekt beror på kunskapsbrister och osäkerheten att tidigt välja KL-trä som stommaterial. Kunskapsbristerna som finns inom KL-träbyggnad framhäver respondenterna som en av orsakerna till att KL-träprojekt inte utnyttjas till sin fulla potential. Även litteraturstudien framhäver att det krävs kunskaper från entreprenören och projekterarna för att lyckas med KL-träprojekt. Det paradoxala med det är dock att det är svårt att göra en god projektering med det bästa anpassningarna utan att besitta djupare kunskaper inom KL-träbyggnation. Mycket tyder på att det finns möjligheter att förbättra flerbostadshusproduktionen med KL-trästommar men att det kräver en fördjupande kunskapsutveckling som tar tid och kräver att branschen vågar satsa på kunskapsutvecklingen. Denna utmaning går att applicera på fallföretaget som har begränsade kunskaper inom KL-trä. För fallföretaget är det

utmanande att inte försöka anpassa projekteringen till de arbetsätt och struktur som företaget tillämpar och är vana vid. Utan utvecklade kunskaper kring KL-träbyggnadsmetoder är det svårt att helt ändra sätt att projektera på utan att utgå från sina befintliga kunskaper, som i många fall är anpassade för betongstommens förutsättningar.

6.1.2 Funktionskraven

Något som framgår i samtliga resultatdelar är att funktionskraven akustik, brand och fukt måste uppfyllas oavsett stomalternativ. För projekt med betongstomme är det lättare att uppfylla funktionskraven, vilket framgår från såväl litteratur-, fall- och intervjustudien. Betong som material uppfyller kraven inom brand samt akustik och ingen extra åtgärd eller kompletteringar behövs. Det framgår i litteraturstudien att det finns lösningar för hur funktionskraven uppnås i KL-träsystem, men vissa respondenter i intervjustudien påpekar att det fortfarande finns okunskap och en brist på standardiserade lösningar för KL-trä. Både fallstudiens observationer och intervjustudiens resultat har visat att en åtgärd kan lösa flera funktionskrav samtidigt, medan andra åtgärder kan motverka att andra funktionskrav uppfylls. Detta eftersom vissa åtgärder skapar synergieffekter medan andra lösningar bidrar till störningar för ett annat funktionskrav. Respondenterna påpekar även att montage och genomförandet har en betydande roll i byggnadens uppfyllande av funktionskraven. Till exempel måste anslutningar och genomföringar utföras på ett korrekt sätt för att uppfylla kraven, vilket kräver noggrannhet. Samma noggrannheter och precision för att uppnå funktionskraven behövs inte i en betongbyggnad eftersom betongen själv uppfyller många av kraven.

Eftersom betongbyggnadsmetoderna var mer etablerade och standardiserade när funktionskraven infördes finns det möjligheter att kraven utformats utefter betongens egenskaper. Det kan därför vara svårt för KL-trä, med andra material-egenskaper, att mätas med samma parametrar och funktionskrav. Funktionskraven kanske begränsar andra stommaterial än betong från att användas till sin fulla potential, på grund av att kraven mäter de egenskaper som betong är framstående i. Funktionskraven bygger å andra sidan på parametrar som är väsentliga i en byggnad. Ifall en KL-trästomme inte kan uppfylla dessa funktionskrav kanske KL-trä inte är det optimala byggnadsmaterialet för en stomme. Att KL-trä har svårare att uppfylla funktionskraven skulle även kunna bero på att det saknas standarder för KL-träsystem på grund av kunskapsbrist. För att hitta de bästa lösningarna till funktionskraven krävs erfarenheter och försök till nya åtgärder.

Intervjustudien visar att alla respondenter anser att fukten kan vara ett problem vid produktion av KL-trästomme. Intervjustudien framhäver även att det råder delade meningar om väderskydd och ifall det är nödvändigt att använda vid produktionen. Väderskyddet medför en stor kostnad vilket såväl fall- och intervjustudien menar kan vara onödigt vid flerbostadshus som är lägre än sex våningar. Vid mindre

projekt utgör väderskyddet en stor procentuell kostnad vilket inte är motiverat i förhållande till effekten av väderskyddet. En respondent i intervjustudien påpekar att väderskydd kan bidra till en snabbare produktion eftersom stomkomplettering kan påbörjas tidigare. För att avgöra ifall det är lönsamt att använda väderskydd måste tidsvinsternas effekter vägas mot kostnaden för väderskyddet. Ett annat sätt att hantera fuktproblem som påväxt är att genomföra projektet under vinterhalvåret, då väderförhållanden är ofördelaktiga för påväxt, vilket nämns i fallstudien. Det finns alltså möjligheter att klara fuktproblem utan väderskydd med det krävs extra varsamhet och planering, parametrar som inte behövs beaktas på samma sätt vid användning av väderskydd. Dock kan väderskyddet inge en falsk trygghet. Fukt kan fortfarande orsaka problem trots väderskydd vilket kan vara svårare att upptäcka. En annan teknisk lösning som kan användas i KL-trähus är sprinklersystem för att motverka att byggnaden kollapsar vid brand. Med ett sprinklersystem tillkommer ökade kostnader för installationer. Fallstudien understryker att sprinklersystem inte alltid är nödvändigt, eftersom stomkomplettering eller en tjockare KL-trästomme också kan användas. Dessa lösningar är skrymmande och medför minskad boarea, som i sin tur kan leda till minskade intäkter. Likt väderskyddet måste även sprinklersystemets och andra tekniska lösningar utredas utifrån kostnadsmässiga för- och nackdelar då standarder för KL-trä saknas.

6.2 Tidsaspekter

Intervjustudiens resultat tyder på att produktionstiden för KL-trästomme skulle vara kortare än för betongstomme på grund av den snabba stomresningen. Samtidigt menar vissa respondenter att stomresningen för KL-trästomme går fort men att stomkompletteringen tar längre tid och att produktionstiderna därför inte skiljer sig från varandra. Stomresningen sker snabbt på grund av att ingen uttorkning krävs, att elementen är lätta att montera och en hög prefabriceringsgrad kan användas, vilket framgår av intervju- och fallstudien. Även vissa betongmetoder kan ha en hög prefabriceringsgrad men då uppstår i stället problem med tyngre leveranser och tyngre lyft. Stomkomplettering är betydligt mer omfattande för KL-trästomme än för betongstomme enligt resultatet i intervjustudien och åtgärder för att uppfylla funktionskraven kräver extra arbete för KL-trästomme. För att skapa tidsvinster som i sin tur leder till kostnadsvinster krävs det att arbetet kring stomkompletteringen planeras och optimeras. Det är även viktigt att ha en god leveranshantering eftersom flera respondenter från intervjustudien menar att det går snabbt att bygga i KL-trä, vilket innebär att många leveranser sker under kort tid. Den intensiva materialleveransen kräver logistik och samordningslösningar på plats.

6.2.1 Leveranshantering

KL-trästommens låga densitet gör det möjligt att lasta flera KL-träelement på samma transport vilket bidrar till färre leveranser. Samtidigt kommer fler element behövas lagras på arbetsplatsen under montagetiden, vilket påverkar utrymmet på arbetsplatsen och kräver hantering så att materialet inte tar skada under montagetiden. Den mer omfattande stomkompletteringen bidrar även till stora materialflöden och dessa ska också lagras och hanteras på arbetsplatsen. Det kan skapa extraarbeten och störningar ifall det inte på förhand förberetts en god logistikhantering. Vid byggnation av betongstomme är inte betongelementen lika känsliga för väderpåverkan och kräver därför inte samma varsamma hantering. Betongelementen är dessutom tyngre och det går inte att lasta lika många element på samma transport, betongstommar kräver därför fler leveranser.

Valet av stomme påverkar logistikhanteringen och kan ha olika fördelar för olika projekt. I ett projekt som har mindre lagringsplats kan betong vara fördelaktigt då det kräver mindre lagring på arbetsplatsen. KL-trä kan å andra sidan vara fördelaktigt ifall antalet leveranser har betydelse när de till exempel ska gå genom stadsmiljö där trafiken kan påverkas. Det paradoxala med det är att byggarbetsplatser i stadsmiljö tenderar att ha platsbrist.

Det är även svårt att planera leveranshanteringen för KL-träprojekt när det råder kunskapsbrister kring vilken tidsåtgång och mängd leveranser varje delmoment har. Enligt intervjustudien nämner en respondent att det är svårt att uppskatta kostnader kring tidsåtgång och resurser. Det kan bero på att dessa parametrar har större möjligheter till variationer och avvikelser. Mängden leveranser skapar utmaningar då dessa kan vara svåra att uppskatta omfattningen på. Även ifall antalet leveranser är känt i förväg kan volymen av leveranserna vara svåra att uppskatta vilket kan leda till en trång arbetsplats när mycket material har behov av lagring.

6.2.2 Produktionstiden

Vid KL-trästommar skulle produktionstiden kunna förkortas med hjälp av hög prefabriceringsgrad och optimering av stomkompletteringen. En kortare produktionstid skulle leda till minskade omkostnader som till exempel arbetstimmar och arbetsplatsomkostnader. Enligt fallstudiens totalkostnad för de olika stommarna är omkostnaden en av de största kostnadsbärarna för båda stomalternativen. Produktionstiden bör därför ha betydelse för den slutgiltiga byggkostnaden. Det styrks även i litteraturen där det framgår att löner och omkostnader beror av tiden vilket i sin tur leder till kostnadsbesparingar vid sänkt produktionstid. Produktionstiden har även betydelse för beställaren eftersom det kan leda till tidigare överlämning och inflyttning. Det innebär att ifall beställaren tagit lån kan räntekostnaderna minska och hyresintäkterna kan tillgodoses tidigare.

Därför skulle KL-trä kunna vara ett attraktivt stommaterial ur ett tidsperspektiv, eftersom möjligheter till tidsbesparingar finns.

Ett sätt att påverka produktionstiden är med hög prefabriceringsgrad. Det innebär att viss del av stomkompletteringen sker redan i fabrik. Om elementen förädlas i fabrik flyttas tid och kostnader från arbetsplatsen till fabriken. Det leder till mindre stomkomplettering på arbetsplatsen men kan även utgöra en risk vid skador. När elementen förädlas i fabrik ökar kostnaden för enskilda element, vilket gör dem kostsamma att ersätta om de skulle skadas. Vissa funktionskrav är enklare att uppfylla när stomkompletteringen sker i fabrik medan andra krav är svårare att uppfylla, framgår av intervjuerna. Det innebär att det krävs en avvägning mellan hur mycket prefabricering som är optimalt med avseende på funktionskraven, kostnader och produktionstid. För att kunna utnyttja prefabriceringselementens fulla potential krävs planering och goda logistiklösningar på arbetsplatsen. För KL-trä finns potential att utveckla standarder på förädlade prefabricerade element då de nakna KL-träelementen redan förtillverkas i fabrik. Viss stomkomplettering skulle vara möjlig redan i fabrikskedet men då är materialhanteringen och projekteringen återigen en mycket viktig del för att lyckas med projektet.

Utmaningen med att optimera stomkompletteringen är främst hantering av logistiken på arbetsplatsen samt samordning mellan olika discipliner. Stomresningen sker snabbt för KL-trä och därför kan stomkompletteringen påbörjas tidigare än vid en betongstomme. Stomkompletteringen utgör å andra sidan en flaskhals för KL-trästommens totala produktionstid. Om stomkompletteringen ska optimeras innebär det mycket material på arbetsplatsen och många discipliner behöver samsas om utrymmet. Det kan leda till att det blir trångt på arbetsplatsen och förseningar kan uppstå. En intensiv tidplan kan orsaka förseningar eftersom om en disciplin stöter på problem kommer det leda till att andra discipliner blir stillastående eller fördröjda. Det kan leda till spill av tid och resurser som i sin tur utgör onödiga kostnader. Frågan är hur arbetet bäst optimeras för att skapa så stora tidsvinster som möjligt för KL-trästomme. Är det bästa alternativet att pressa tiderna maximalt genom att ha ett stort antal yrkesarbetare på plats samtidigt, även om det ökar risken för förseningar som kan leda till stillastående arbete. Eller är det bättre med en lugnare tidsplan, med mindre resurser, där produktionstiden blir längre men att risken för förseningar och kostnader för tidsspill minskar. Det är en balansgång mellan produktionstiden, byggkostnaden och arbetsmiljön.

6.3 Kostnader

Vid direkt jämförelse av totalkostnaderna för KL-trä- och betongkalkylerna från fallstudien är skillnaderna små, där totalkostnaden för KL-trä är 2% billigare än betong. Däremot visar kalkylerna på större skillnader vid jämförelse av nyckeltal per bruttoarea, per boarea och lokalarea samt per lägenhet, där KL-trä är 13%, 12%

respektive 20% dyrare än betong. Denna jämförelse visar att KL-trä är dyrare för samtliga nyckeltal, eftersom byggnaden genererar färre antal kvadratmeter i KL-träutförandet. Det påpekas även i litteraturstudien att KL-trä är dyrare per kvadratmeter. Eftersom areorna skiljer sig mellan de olika stomalternativen är nyckeltal den mest rättvisa jämförelsen för att jämföra kostnaderna. På grund av areaskillnaderna blir flera av byggdelarna dyrare för KL-trä än för betong i byggdelsjämförelsen men det finns även byggdelar som blir billigare.

6.3.1 Stomme och stomkomplettering

Flera respondenter i intervjustudien menar att KL-träprojekt generellt är dyrare. De menar att i vissa fall kan den nakna KL-trästommen vara billigare än betongstommen, vilket inte stämmer överens med resultatet av fallstudien. Stommen kostar cirka 23% mer för KL-trästomme per bruttoarea. En orsak till det skulle kunna vara att fallföretaget har begränsade kunskaper inom KL-träprojektering. Respondenterna framhäver att kostnaderna går att få ner ifall projekteringen optimeras samt att byggnadens utformning anpassas till KL-träs förutsättningar. En mer omfattande projektering medför merkostnader för produktionskostnaden. För att motivera en mer omfattande projektering förutsätter det att merkostnaderna för projekteringen inte överstiger kostnadsbesparingarna. Alltså får det inte vara dyrare att projektera den optimerade byggnaden än vad förbättringarna kan bespara. I denna studie har enbart byggkostnaderna studerats och därför omfattar jämförelsen inte skillnaderna i den omfattande projekteringen. Fallföretagets projekt har dessutom mött problem eftersom detaljplanen begränsat byggnadens höjd, vilket hämmar KL-träprojekts mängd bruttoarea. En av de stora skillnaderna mellan KL-trä- och betongstommar är byggnadshöjderna och boytan, vilket framhävs av fallstudien. När KL-trästomme används krävs skrymmande stomkomplettering, vilket leder till mindre boyta för samma byggnadsarea. Det medförde för fallstudien att produktionen för KL-trä alternativet var dyrare per kvadratmeter. Utöver det kommer intäkterna bli mindre eftersom ett mindre antal lägenheter ryms i byggnaden. Jämfört med betong använder en stomme i KL-trä marken på ett mer ineffektivt sätt då färre lägenheter blir tillgängliga på samma byggnadsarea och byggnadshöjd. Om KL-träbyggnaden haft lika många våningar och samma bruttoarea som betongalternativet hade totalkostnaden för byggnaden antagligen ökat, på grund av att mer material och hantverkartimmar behövs. Dock hade kostnader som till exempel tak och grundläggning varit oförändrade, därför borde det påverka nyckeltalen till fördel för KL-träalternativet. Skillnaderna i kostnad skulle också kunna bero på prisrörelser för stommaterialen. Som nämnts i litteraturstudien har trävaror och andra byggmaterial ökat på grund stora världshändelser, som gjort KL-trä till ett dyrare byggmaterial. Å andra sidan har även priset på armering påverkats av dessa händelser, samtidigt som betongens prisutveckling är fortsatt osäker med tanke på cementtillverkningen i Slite. Med andra ord är prisförändringarna för byggmaterial en utmanande parameter att ta hänsyn till i

dess typer av jämförelser. En annan parameter för skillnaderna i kostnad skulle kunna vara riskpåslag på grund av okunskap. Detta eftersom entreprenören och underentreprenören vill ha en marginal att röra sig inom ifall de utför projekt som de inte är erfarna inom.

I intervjustudien är respondenterna överens om att stomkompletteringen för KL-träbyggnader är mer omfattande och därmed dyrare. Det stämmer väl överens med kalkylerna från fallföretaget som visar att stomkompletteringen för KL-trästomme är dubbelt så dyrt som för betongstomme. Specifikt stomkompletteringen är den skillnaden i kostnader som markant särskiljer sig i kalkyljämförelsen. Det kan grunda sig i att båda stomalternativen skall uppfylla funktionskraven. Betongstommen klarar många av kraven direkt och kräver inte omfattande kompletteringar. För KL-trästommar är det annorlunda. Som tidigare nämnt kräver KL-trästommar omfattande kompletteringar och kan inte ses om en fullständig stomme i sig själv på samma sätt som betong. Ytterligare en orsak till att stomkompletteringen särskiljer sig kan vara kunskapsbrister och att systemet som byggmaterial inte är lika utforskat som betongalternativet.

6.3.2 Tak, fasad och husunderbyggnad

Det finns en del skillnader i kostnader för tak, fasad och husunderbyggnad i kostnadsjämförelsen i fallstudien. Tak och fasad är dyrare, med 35% respektive 29%, per bruttoarea för KL-trä medan husunderbyggnad är billigare, med 21%, per byggnadsarea. Orsaker till kostnadsskillnaderna skulle kunna vara skillnaderna i utformning vid val av stomme. Stommen och utformningen avgör hur mycket tak-, fasad- och byggnadsarea som byggnaden får. KL-träalternativet har något större takarea men mindre fasadarea. Eftersom tak och fasad enbart utgör de yttre skikten borde inte kostnaderna per kvadratmeter för dessa byggdelar skilja sig märkvärt från betong. Det kan bero på okunskap eller riskpåslag att kostnaderna skiljer sig eller andra faktorer som är okända för denna studie. För husunderbyggnaden är kostnadsskillnaden mer förståelig då flera respondenter nämnt att KL-träkonstruktioner har en mindre egenvikt som resulterar i en enklare grund. För KL-trästommar behöver inte grunden bära samma last från stommens egentyngd, utan utmaningarna har i stället med vindlast och stabilitet att göra. Husunderbyggnaden innebär två olika typer av konstruktioner därför skiljer sig kostnaderna åt.

6.3.3 Kostnadsfördelning av byggdelar

Byggdelsfördelningsjämförelsen från fallstudien visar att stomalternativens fördelning av kostnader för byggdelar är relativt likvärdiga. De stora kostnadsbärarna är omkostnader, installationer och stomme för båda alternativen. Besparingar för dessa poster skulle alltså påverka projektets slutkostnad mest. Med tanke på att KL-trä har större möjligheter till att tidsmässigt effektiviseras finns större potential att

påverka omkostnaderna för det alternativet. Fallstudien visar även att omkostnaderna är billigare för KL-trä alternativet i byggdelskalkylen med 4%. Genom att utveckla KL-träproduktionen mot de bästa lösningarna för tid och effektivitet skulle denna byggmetod kunna minska omkostnaderna och på så sätt även slutkostnaderna. Här är möjligheterna till effektivisering och tidsvinster större för KL-trä än för betong, eftersom KL-trä inte har lika lång uttorkningstid som betongen. Hade hel prefabricerade betongelement används hade möjligheterna för effektivisering för betongalternativet sett annorlunda ut men då denna metod inte varit den aktuella betongmetoden för studien har dessa aspekter ej studerats.

Installationer är enklare att hantera i KL-trä vilket innebär att ändringar är enklare och mindre kostsamma under produktionen. Det skulle kunna vara en fördel för KL-trä då besparingar för till exempel extra tilläggsarbeten blir möjligt. Även byggdelskalkylen visar att installationerna är billigare, med 4%, per boarea + lokalarea för KL-trä jämfört med betongalternativet. Det kan dock vara svårt att göra större besparingar för installationer, oavsett stomsystem, eftersom de installationer som behövs i byggnaden inte går att kompromissa med. Något som talar emot KL-trä gällande installationer är behovet av sprinklersystem. I projekt som använder sig av sprinklersystem tillkommer en kostnad som läggs på installationerna, vilket redan är en stor post för byggkostnaderna. Sprinklersystem är inte alltid nödvändigt men kan var en lösning som bidrar till minskade kostnader för till exempel stomkompletteringen.

Stommen är en av de tre största posterna i byggdelsfördelningsjämförelsen och har betydelse för stomalternativets slutkostnad. Som tidigare nämnt är KL-trästommen dyrare än betong i nyckeltalsjämförelsen från fallstudien, med 23%, samtidigt som respondenterna i intervjustudien påstår att den nakna KL-trästommen kan vara billigare. Stomkompletteringen skiljer sig betydligt mer mellan alternativen men har å andra sidan mindre inverkan på totalfördelningen för byggdelarna. Även om skillnaderna för stomkompletteringen är större mellan alternativ än för stommen kommer en minskning av kostnaderna för stommen påverka totalkostnaden mer. Stomkompletteringen kostar dubbelt så mycket för KL-trä jämfört med betong, men kommer inte påverka totalkostnaden i samma utsträckning som förändringar av stommen. Utvecklingsbehovet av stomkompletteringen syftar främst till att lösa funktionskraven, medan kostnadsminskning för dessa lösningar har mindre betydelse. Utifrån kostnadsaspekten är det viktigare att utveckla kostnadseffektiva lösningar för stommen. Eftersom det finns utföranden när KL-trästommen är billigare enligt respondenterna bör det finnas möjligheter att göra besparingar för stommen inom KL-trä. Det blir en utvecklingsfråga för KL-träleverantörer, konstruktörer och arkitekter eftersom de kan skapa ett mer konkurrenskraftigt stomsystem gentemot betong.

6.4 Mervärde

Under studiens arbetsgång har andra aspekter än de som studerats i problemformuleringen uppmärksammas. Dessa aspekter berör arbetsmiljö och klimat, vilket kan bidra med ett mervärde för stomvalet.

Intervjustudiens resultat visar att flertalet respondenter påpekar att KL-träprojekt har en god arbetsmiljö. KL-trä som byggnadsmaterial är lättare att arbeta med, ger ett behagligare arbetsklimat och är mindre bullrigt för hantverkare och närmiljön än för betongbyggnader. En god arbetsmiljö är viktigt för arbetsgivare och används för att skapa mervärde inom företag. En respondent från intervjustudien menar att KL-träprojekt har färre sjukskrivningar, vilket är väsentligt för att kunna hålla tidplaner och indikerar att arbetet genomförs säkert. Med bättre arbetsmiljö kommer inte lönsamheten öka automatiskt men det skulle kunna leda till positiva effekter på de anställdas arbetsmoral och mindre driftstopp på grund av frånvaro. Vilket i sin tur kan leda till att företaget uppnår ett bättre resultat. Det finns studier som visar att arbetsmiljön kan påverka prestationen hos individen samt lönsamheten hos företaget (Europeiska arbetsmiljöbyrån, 2022).

Flera respondenter nämner att trä är en förnybar råvara som släpper ut mindre koldioxid än betongstomme och lagrar koldioxid under hela sin livslängd. Även om klimatfrågan inte varit en del av frågeställningarna i denna studie har flera andra studier visat på att KL-trä är bättre för klimatet. Livscykelanalyserna som redovisas i litteraturstudien för KL-trä respektive betong visar skillnaden i klimatavtryck. Det framgår tydligt i den första analysen från Svenskt Trä (2017) att KL-trä släpper ut mindre koldioxidekvivalenter per kvadratmeter. I den andra analysen av Erlandsson et al. (2018) visas också att KL-trä släpper ut mindre koldioxid än betongalternativen, se *Tabell 1* och *Tabell 2* i avsnitt 3. *Litteraturstudie*. Det finns ett intresse inom byggbranschen att minska utsläpp för att verka konkurrenskraftigt gentemot konkurrenter. En respondent har märkt ett ökat intresse för KL-trä efter att klimatdeklarationer införts i Sverige. När klimatfrågan får större betydelse hos beslutsfattarna kan de bidra till den ökade kunskapsutvecklingen som KL-trämetoden behöver för att kunna konkurrera med betongmetoderna.

6.5 Kostnadseffektivitet

Problemformuleringen för studien var ifall KL-trämetoden är en kostnadseffektiv byggmetod. Från litteraturstudien framgår att det saknas en tydlig definition från byggbranschen vad kostnadseffektivitet innebär. Samtidigt framgår i intervjustudien att uttrycket används flitigt i branschen utan att ha en gemensam betydelse av uttrycket. Ifall byggbranschen skulle appliceras på sjukvårdens definition av

kostnadseffektivitet som nämns i litteraturstudien krävs att minst två alternativ jämförs som har samma uppfyllnadsmål att förhålla sig till. Ett sådant uppfyllnadsmål skulle kunna vara att producera till lägst kostnad per boarea, uppfylla klimatmål eller andra mervärden. Alternativen jämförs sedan utifrån vilken grad de uppfyller målet i förhållande till kostnaden för insatsen. Det innebär att ett alternativ kan vara kostnadseffektivt för att uppfylla ett uppfyllnadsmål men samtidigt inte kostnadseffektivt för ett annat. Uppfyllnadsmål som lägsta kostnad per boarea och klimatmål kan därför komma i konflikt vid avgörande om en byggmetod är kostnadseffektiv eller inte. Det beror på vilken värdering som gjorts och är projektspecifik.

Det är svårt att säga ifall KL-trä är en kostnadseffektiv byggmetod eftersom det beror på vilket uppfyllnadsmål som eftersökts med ett visst projekt och mot vilka förutsättningar det jämförs med. KL-trämetoden genererar i mindre boarea än samma projekt i betong samt har högre kostnader per boarea. KL-trä är inte att anses som en kostnadseffektiv byggmetod ifall uppfyllnadsmålet gäller lägsta pris per kvadratmeter eller effektivt areautnyttjande. Detta eftersom KL-träprojekt har högre kostnad per kvadratmeter än betong, medför ett mindre antal lägenheter och har ett sämre utnyttjande av byggnadsarea. Ifall man i stället ser till andra uppfyllnadsmål som till exempel tid eller klimat har KL-trämetoden bättre förutsättningar för att vara kostnadseffektivt. KL-trämetoden gör det möjligt att producera bostäder snabbt, vilket är värdefullt ifall tidig inflyttning värderas högt samt ifall det är viktigt att närmiljön påverkas under kortare tid. Därför kan KL-trämetoden anses vara en kostnadseffektiv byggmetod ifall tidsaspekten har stor betydelse. För klimataspekterna bidrar KL-trämetoden till mindre klimatavtryck, vilket kan innebära att det är ett kostnadseffektivt alternativ ifall det är klimatet som utgör uppfyllnadsmålet.

7 Slutsats

I följande avsnitt kommer slutsatsen av problemformuleringen från studien att redovisas utifrån frågeställningarna och syfte. Även förslag till framtida forskning presenteras i avsnittet.

7.1 Svar på problemformuleringen

Studien har haft som syfte att besvara problemformuleringen om KL-trä är en kostnadseffektiv byggmetod. För att utreda problemet ska tre frågeställningar besvaras, dessa är enligt följande:

- På vilka sätt skiljer sig byggmetoderna för KL-trä och halvprefabricerade betongstommar?
- Hur skiljer sig tidsaspekterna i KL-trä och halvprefabricerad betong under produktionen?
- Vilka är de största kostnadsbärarna i produktionsprocessen för flerbostadshus i KL-trä jämfört med halvprefabricerad betong?

Att bygga flerbostadshus med prefabricerade KL-träelement eller med halvprefabricerade betongelement i form av plattbärlag och skalväggar har främst två likheter. Tillvägagångssättet i produktionen bygger på att bärande element monteras till en byggnad för båda alternativen. Den andra likheten är att båda byggsystemen måste uppfylla samma funktionskrav. Skillnaderna mellan stomalternativen är främst hur de uppfyller funktionskraven, där KL-trä kräver betydligt mer stomkomplettering än betong för att nå kraven. Det är svårt att konvertera ett projekt med betongstomme till KL-trästomme eftersom betongens förutsättningar inte är densamma som för KL-trä. Betong har mer fördelaktiga egenskaper som stommaterial och kräver inte kompletteringen i efterhand i samma utsträckning som KL-trä. KL-trä kräver mer projektering för att hitta lösningar för funktionskrav, tidseffektivisering och logistikhantering. Projekteringen är även viktig för att undvika onödiga kostnader på grund av avsaknad av standarder och kunskapsbrister för KL-trä.

Andra skillnader mellan byggmetoderna för KL-trä och betong är tidsskillnader, arbetsmiljö och leveranshantering. Det går snabbare att resa stommen för KL-träprojekt, eftersom KL-trä kräver kortare uttorkning samt att stommaterialet är lättare

att montera. Arbetsmiljön för KL-träprojekt är bättre eftersom arbetsplatsen är ljus, varm och inte lika bullrig. Det är även ett lättare material att arbeta med och förändra eftersom till exempel håltagning är enkelt att utföra. Leveranshantering är annorlunda eftersom mer material kan levereras per leverans och att KL-träelementen är mer känsliga för väderpåverkan på arbetsplatsen.

De största skillnaderna i tid för stomalternativen är att stomresningen går snabbare för KL-trä samt att stomkompletteringen är mer omfattande. Det tyder på att den totala byggtiden är likvärdig mellan KL-trä och halvprefabricerad betong. För KL-trä går det att göra tidsbesparingar ifall stomresningen, stomkompletteringen och leveranshanteringen samordnas och optimeras. Att minska produktionstiden påverkar projektets slutkostnad.

De största kostnadsbärarna för båda stommaterialen är omkostnader, installationer och stomme. Stomkompletteringen för KL-trä är dubbelt så stor som för halvprefabricerad betong, vilket gör den till den största enskilda kostnadsskillnaden mellan stommaterialen. Stomkomplettering är dock inte en av de större kostnadsbärarna för totalkostnaden, vilket innebär att besparingar för stomkompletteringen vid KL-träprojekt inte påverkar slutkostnaden avsevärt. En mer effektiv besparing är att minska kostnaderna för KL-trästommen. KL-trä är en dyrare byggnadsmetod än betong på grund av att kostnad per bruttoarea är större. Det finns möjligheter att göra besparingar för omkostnader vid KL-träprojekt genom tidsbesparingar vid stomresning och stomkomplettering.

Om en byggmetod är kostnadseffektiv beror på vad uppfyllnadsmålet är och hur väl det uppfylls, samt till vilken mängd resurser. KL-trä är i dagsläget inte en kostnadseffektiv byggmetod, ifall syftet enbart är att producera ett flerbostadshus till lägsta pris per kvadratmeter. Är syftet att skapa mervärde genom mindre klimatavtryck kan KL-trä vara en kostnadseffektiv byggmetod. Betongmetoden har utvecklats och optimerats under en längre tid än KL-trämetoden och är därför mer kostnadseffektiv att producera till pris och genomförande. Utveckling av KL-trästommens projektering och arbetsplatsens planering kan leda till tidsoptimering och minskade kostnader. Det kan på sikt göra KL-trämetoden till en mer kostnadseffektiv byggmetod för att producera flerbostadshus till lägre pris per kvadratmeter och till mindre klimatpåverkan.

7.2 Framtida forskning

För vidare forskning inom KL-trämetodens kostnader skulle en större undersökning kunna genomföras där flera projekt jämförs från mer erfarna företag inom KL-träbyggnad. Genom att analysera projekt med mer erfarenhet kan en mer detaljerad studie göras och ett större antal projekt skulle minska risken för avvikelser på grund av projektspecifika misstag. Annan forskning som skulle vara relevant inom området är utveckling inom logistik och produktion inom KL-träbyggnader,

kostnadsanalys utifrån livscykelperspektivet samt granskning av hur KL-trä kan uppfylla funktionskraven. Eftersom studien visar att projekteringen har en betydande roll hade en studie som studerar produktionskostnaden varit intressant, för att se hur projekterings omfattning påverkar totalkostnaderna. Andra studier av kostandeffektiviteten utifrån andra skeden, så som förvaltnings- eller rivningsskedet, skulle kunna vara relevant eftersom denna studie enbart syftar till produktionsskedet. Även en studie som utreder kostnadseffektiviteten av en byggnad med en kombination av KL-trä och betong skulle vara intressant.

8 Litteraturförteckning

- Allakustik. (2022a). *Bättre akustik med direktmonterat undertak*. Hämtat från All Akustik: <https://www.allakustik.se/kunskapsbank/direktmonterat-undertak/> den 05 05 2022
- Allakustik. (2022b). *Ljuddämpande material för en trevlig ljudmiljö*. Hämtat från All Akustik: <https://www.allakustik.se/kunskapsbank/ljuddampande-material/#:~:text=Gips%20%E2%80%93%20Gipsskivor%20har%20en%20h%C3%B6g,montera%20tv%C3%A5%20gipsskivor%20ovanp%C3%A5%20varandra.> den 09 02 2022
- Alvesson, M. (2011). *Intervju* (1:1 uppl.). Helsingborg: Liber.
- Andersson, G. (2001). *Kalkyler som beslutsunderlag* (Femte uppl.). Lund: Studentlitteratur.
- Andersson, J. (den 11 05 2020). *Ny vurm för husbyggande i trä*. Hämtat från <https://www.lth.se/article/ny-vurm-foer-husbyggande-i-trae/> den 18 02 2022
- Arfvidsson, J., Harderup, L.-E., & Samuelson, I. (2017). *Fukthandbok - praktik och teori* (4 uppl.). Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.
- Backman, J. (2016). *Rapporter och uppsatser* (3:e uppl.). Lund : Studentlitteratur AB.
- Bergkvist, P., & Fröbel, J. (2020). *Att välja trä - En faktaskrift om trä* (10 uppl.). Stockholm: Svenskt trä.
- Betongföreningen. (2013a). *Hållbart byggande med betong - Vägledning för miljöcertifiering enligt BREEAM*. Betongföreningen.
- Betongföreningen. (2013b). *Hållbart byggnade med betong - Vägledning för miljöcertifiering enligt Miljöbyggnad*. Betongföreningen.
- Borgström, E., & Fröbel, J. (2017). *KL-trähandboken - Fakta och projektering av KL-träkonstruktioner* (1 uppl.). Stockholm: Svenskt trä.
- Boverket. (2009). *Produktionskostnader för nyproduktion av flerbostadshus - En jämförelse mellan tre projekt i Stockholm, Linköping och Norrköping*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2018). *Kartläggning av fel, brister och skador inom byggsektorn*. Karlskrona: Boverket.

- Boverket. (den 12 08 2020a). *Boverkets byggregler, BBR, från 1994*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/lag--ratt/aldre-lagar-regler--handbocker/aldre-regler-om-byggande/bbr-fran-1994/> den 18 01 2022
- Boverket. (den 22 10 2020b). *Hållbart byggande och förvaltning*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/> den 06 05 2022
- Boverket. (2021a). *Klimatdeklaration av byggnader*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/klimatdeklaration/>
- Boverket. (den 27 10 2021b). *Fuktrisker med förtillverkade betongväggar*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/byggande/forebygg-fel-brister-skador/risker/risker-fuktskador/fuktrisker-yttervaggar/prefabricerade-betongvaggar/> den 05 05 2022
- Boverket. (den 24 09 2021c). *Klimatdeklaration vid uppförande av byggnad*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/byggande/uppdrag/klimatdeklaration/> den 04 05 2022
- Boverket. (den 23 05 2022a). *Bostadsmarknadsenkäten 2022*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/bostadsmarknad/bostadsmarknaden/bostadsmarknadsenkaten/>
- Boverket. (2022b). *Bättre ljudklass än BBR*. Hämtat från <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/bullerskydd/ljudklassning/> den 05 05 2022
- Brandskyddsföreningen. (den 06 10 2020). *Både risker och vinster med att bygga i trä*. Hämtat från Brandskyddsföreningen: <https://www.brandskyddsforeningen.se/tidningen-brandsakert/artiklar/bade-risker-och-vinster-med-att-bygga-i-tra/> den 18 01 2022
- Brandskyddsföreningen. (2022). *Sprinkler*. Hämtat från Brandskyddsföreningen: <https://www.brandskyddsforeningen.se/brandsakerhet/slackanlaggningar/sprinkler/> den 08 02 2022
- Burström, P. (2007). *Byggnadsmaterial - Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper* (2:14 uppl.). Lund: Studentlitteratur.
- Byggelement. (2022a). *Framtiden är flexibel*. Hämtat från Byggelement: <https://byggelement.se/vart-stomssystem/> den 05 05 2022
- Byggelement. (2022b). *Håldäck (HDF)*. Hämtat från Byggelement: <https://byggelement.se/produkter/bjalklag/haldack/> den 05 05 2022

- Byggelement. (2022c). *Plattbärlag*. Hämtat från Byggelement: <https://byggelement.se/produkter/bjalklag/plattbarlag/> den 05 05 2022
- Byggelement. (2022d). *Skalväggar*. Hämtat från Byggelement: <https://byggelement.se/produkter/innervaggar/skalvagg/> den 05 05 2022
- Byggföretagen. (2022). *Byggkostnader*. Hämtat från <https://byggforetagen.se/statistik/byggkostnader/> den 18 02 2022
- Byggnadsmaterial LTH. (2021). *Betong i Livscykelerspektiv VBMN10*. Lund: Lunds universitet.
- Cementa. (2022a). *Klimatanpassad betong – här är listan*. Hämtat från <https://www.cementa.se/sv/klimatanpassad-betong-har-ar-listan> den 06 05 2022
- Cementa. (2022b). *Kort företagsfakta*. Hämtat från Cementa: <https://www.cementa.se/sv/foretagsfakta>
- Crona, K. (2018). *Att bygga billigt är dyrt*. Centrum för boendets arkitektur.
- Derome. (2022). *Boxen är lösningen - Bygg med moduler*. Hämtat från https://www.derome.se/bostadsutveckling/produkter-tjanster/modulbyggnation?gclid=CjwKCAjw682TBhATEiwA9crI39I28jzq5oFeG1Dk0tLuuHWDWkj7HVeusXEkJi71idoBmlFZitdIVxoC3mkQAvD_BwE den 05 05 2022
- Erlandsson, M., Malmqvist, T., Francart, N., & Kellner, J. (2018). *Minskad klimatpåverkan från flerbostadshus*. Stockholm: Svensk Byggingusti.
- Europeiska arbetsmiljöbyrån. (2022). *En bra arbetsmiljö är bra för affärerna*. Hämtat från Europeiska arbetsmiljöbyrån: <https://osha.europa.eu/sv/themes/good-osh-is-good-for-business#:~:text=F%C3%B6rdelarna%20och%20de%20ekonomiska%20vinsterna,Kompensationsers%C3%A4ttningar%20och%20skadest%C3%A5nd%20minskar.> den 02 05 2022
- Folkhälsomyndigheten. (2020). *Hälsoekonomiska utvärderingar*. Hämtat från <https://www.folkhalsomyndigheten.se/folkhalsorapportering-statistik/halsoekonomi/halsoekonomiska-utvarderingar/> den 18 02 2022
- Folkhälsomyndigheten. (2022). *Fukt och mikroorganismer*. Hämtat från <https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/tillsynsvagledning-halsoskydd/fukt-och-mikroorganismer/#link2> den 05 05 2022
- Gustafsson, A., Eriksson, P.-E., Engström, S., Wik, T., & Serrano, E. (2012). *Handbok - för beställare och projektörer av flervånings bostadshus i trä*. Växjö: Svenskt trä.
- Gyllin, P. (den 11 07 2016). "Vi kan aldrig luta oss tillbaka". *Skogsaktuellt*.

- Hansson, B., Olander, S., Landin, A., Aulin, R., & Persson, U. (2015). *Byggledning - Projektering* (1:3 uppl.). Lund: Studentlitteratur.
- Höynä, U.-K. (den 14 05 2019). *Höghus i trä – för klimatets skull*. Hämtat från <https://www.forskning.se/2019/05/14/hoghus-i-tra-for-klimatets-skull/#> den 08 02 2022
- Ilar, T., Jimenez, A., & Stehn, L. (2020). *Produktiviteten i byggandet*. Luleå: SBUF.
- Isaksson, T., Mårtensson, A., & Thelandersson, S. (2016). *Byggkonstruktion* (Tredje uppl.). Lund: Studentlitteratur.
- Johansson, A., & Pettersson, O. (2019). *Kunskapen och inställningen till att användning trä som stommaterial: Den geografiska spridningen i Sverige*. Malmö: Malmös Universitet.
- Josephson, P.-E., & Saukkoriipi, L. (2005). *Slöseri i byggprojekt - Behov av förändrat synsätt*. Göteborg: Sveriges Bygginstrumenter.
- Konkurrensverket. (2021). *Konkurrensen i byggmaterialindustrin*. Hämtat från <https://www.konkurrensverket.se/informationsmaterial/rapportlista/konkurrensen-i-byggmaterialindustrin/> den 16 02 2022
- Kristensen, K., & Grotenfelt, D. (2020). *Skapa hållbara byggnader med trä*. Hämtat från <https://www.cowi.se/insights/skapa-hallbara-byggnader-med-tra> den 18 02 2022
- KTH. (den 03 05 2021). *Byggande i betong*. Hämtat från KTH - Institutionen för byggvetenskap: <https://www.byv.kth.se/avd/betong/byggande-i-betong-1.25040> den 02 02 2022
- Martinsons. (2019). *Martinsons stomlösning för flerbostadshus*. Bygdsiljum: Martinsons.
- Martinsons. (2022). *Vanliga fördomar om ekonomi och träbyggnade*. Hämtat från <https://martinsons.se/om-martinsons/martinsons-mythbusters/ekonomi-och-trabyggnade/> den 05 05 2022
- Merriam, S. B. (2010). *Fallstudien som forskningsmetod* (1:20 uppl.). Malmö: Studentlitteratur AB.
- Miljödepartimentet, & Näringslivsdepartimentet. (2021). *Regeringen ger Cementa AB ett tidsbegränsat tillstånd till fortsatt täktverksamhet i Slite på Gotland*. Hämtat från Regeringskansliet: <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2021/11/regeringen-ger-cementa-ab-ett-tidsbegransat-tillstand-till-fortsatt-taktverksamhet-i-slite-pa-gotland/>
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (2022). *Brandskydd i byggnader och anläggningar*. Hämtat från <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga->

amnen/brandskydd/brandskydd-i-byggnader-och-anlaggningar/ den 05 05 2022

- Naturvårdsverket. (2022). *Sveriges klimatmål och klimatpolitiska ramverk*. Hämtat från <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomställningen/sveriges-klimatarbete/sveriges-klimatmal-och-klimatpolitiska-ramverk/> den 08 02 2022
- NCC. (2022). *Aktuella händelser i* . Hämtat från NCC: <https://www.ncc.se/media/aktuella-handelser/>
- Nejman, F. (Juni 2019). Betong dyrare än trä! *Betong*, ss. 19-23.
- Nybetong. (2022). *Välj rätt!* Hämtat från <https://nybetong.se/valj-ratt/> den 06 05 2022
- Näringslivsdepartementet. (2018). *Inriktning för träbyggnad*. Stockholm: Regeringskansliet.
- Olsson, H., & Sörensen, S. (2013). *Forskningsprocessen - Kvalitativa och kvantitativa perspektiv* (Tredje upplagan uppl.). Stockholm: Liber.
- Patel, R., & Davidson, B. (2015). *Forskningsmetodikens grunder* (4:7 uppl.). Lund: Studentlitteratur AB.
- Prefabsystem. (2015). *Sex anledningar att välja prefabricerat* . Hämtat från <https://www.prefabsystem.se/sex-anledningar-att-valja-prefab/> den 23 02 2022
- Ramboll. (2022). *Varför bygga i trä*. Hämtat från <https://c.ramboll.com/sv-se/varfor-bygga-i-tra> den 04 05 2022
- RISE. (2022). *Minskad miljöpåverkan från cement och betong*. Hämtat från RISE: <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/amnesomraden/cement-och-betong> den 18 01 2022
- Setra. (2022). *Det här är korslimmat trä, KL-trä / CLT*. Hämtat från https://www.setragroup.com/sv/det-har-ar-korslimmat-tra-kl-tra/?gclid=CjwKCAjw682TBhATEiwA9crl325MpMV01tTW854JHUFv_18od_IUjQpQgdCpwt3Ch5iBFgl0DW67NRoCg_QQAvD_BwE den 05 05 2022
- Solding, L., & Westemar, C. (2021). *25 år under samma tak* (Första uppl.). Malmö: Granitor Properties.
- Standberg, B. (2021). *Bygga Hus - Illustrerad bygglära* (4:1 uppl.). Lund: Studentlitteratur.
- Starka. (2022). *Fördelar med betong*. Hämtat från Starka: <https://www.starka.se/fordelar-med-betong/> den 21 02 2022

- Statistikmyndigheten. (den 23 11 2018). *Priserna för nyproducerade bostadshus ökar men i lägre takt*. Hämtat från SCB - Statistikmyndigheten: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/boende-byggande-och-bebyggelse/byggnadskostnader/priser-for-nyproducerade-bostader/pong/statistiknyhet/priser-for-nyproducerade-bostader-2017/> den 17 01 2022
- Statistikmyndigheten. (2021a). *Byggekostnaderna har ökat med 7,5 procent på ett år*. Hämtat från SCB - Statistikmyndigheten: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/priser-och-konsumtion/byggnadsprisindex-samt-faktorprisindex-for-byggnader/byggekostnadsindex-bki/pong/statistiknyhet/faktorprisindex-for-byggnader-november-2021/> den 15 Februari 2022
- Statistikmyndigheten. (den 18 11 2021b). *Byggnadsprisindex med avdrag för bidrag* samt KPI*. Hämtat från SCB - Statistikmyndigheten: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/priser-och-konsumtion/byggnadsprisindex-samt-faktorprisindex-for-byggnader/byggnadsprisindex-bpi/pong/tabell-och-diagram/byggnadsprisindex-med-avdrag-for-bidrag-samt-kpi/> den 19 Januari 2022
- Strandberg, B. (2015). *Bygga hus - Illustrerad bygglära* (2:3 uppl.). Lund: Studentlitteratur.
- Svensk Betong. (2020). *Ljud*. Hämtat från <https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-prefab/ljud> den 03 02 2022
- Svensk Betong. (2022a). *Dimensioneringsprinciper*. Hämtat från Svensk Betong: <https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-prefab/brand/dimensioneringsprinciper>
- Svensk Betong. (2022b). *Betong för hållbart samhällsbyggande*. Hämtat från <https://www.svenskbetong.se/om-betong> den 02 02 2022
- Svensk Betong. (2022c). *Betong påverkas inte av fukt*. Hämtat från Svensk Betong: <https://www.svenskbetong.se/om-betong/fakta-egenskaper/fukt/betong-paverkas-inte-av-fukt#:~:text=N%C3%A4r%20det%20g%C3%A4ller%20fuktegenskaper%20%C3%A4r,som%20tillf%C3%B6rs%20fr%C3%A5n%20omgivning%20t.&text=En%20del%20av%20vattnet%20binds,bundet%20un> den 02 02 2022
- Svensk Betong. (2022d). *Bygga med platsgjutet*. Hämtat från <https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-platsgjutet> den 02 02 2022
- Svensk betong. (2022e). *Fakta/Egenskaper*. Hämtat från Svensk Betong: <https://www.svenskbetong.se/om-betong/fakta-egenskaper> den 19 01 2022

- Svensk betong. (2022f). *Fukt och uttorkning*. Hämtat från Svensk Betong: <https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-platsgjutet/betongens-egenskaper/fukt-och-uttorkning> den 05 05 2022
- Svensk betong. (2022g). *Klimatneutral betong är målet*. Hämtat från Svensk Betong: <https://www.svenskbetong.se/klimatrapport> den 07 02 2022
- Svensk betong. (2022h). *Produktionsmetoder*. Hämtat från <https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/allmant-om-betong/produktionsmetod> den 05 05 2022
- Svensk Betong. (2022i). *Vad händer när det brinner i ett betonghus*. Hämtat från Svensk Betong: <https://www.svenskbetong.se/om-betong/fakta-egenskaper/brand/vad-hander-nar-det-brinner-i-ett-betonghus> den 07 02 2022
- Svenskt trä. (2009). *Prinsiplösning; Mellanbjälklag, lägenhetsskiljande - massivträ, kassett- och plattbjälklag*. Hämtat från <https://www.traguiden.se/konstruktion/konstruktionsexempel/bjalklag/lagenhetsskiljande-bjalklag/massivtra/mellanbjalklag-kassett--och-plattbjalklag/> den 05 05 2022
- Svenskt trä. (2016). Hållbart och snabbt för studenterna. *Trä!*, s. 18.
- Svenskt trä. (den 07 06 2021). *Generellt om akustik och ljud*. Hämtat från Svenskt trä: <https://www.traguiden.se/om-tra/byggfysik/ljud/ljud/generellt-om-akustik-och-ljud/> den 05 05 2022
- Svenskt trä. (2022a). *Materialet trä*. Hämtat från Svenskt trä - Trä Guiden: <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/> den 04 05 2022
- Svenskt trä. (2022b). *Om trä*. Hämtat från Svenskt trä - Trä Guiden: <https://www.traguiden.se/om-tra/> den 18 01 2022
- Svenskt trä. (2022c). *Spara pengar*. Hämtat från <https://www.svensktra.se/bygg-med-tra/byggande/varfor-tra/spara-pengar/> den 18 02 2022
- Sveriges Riksdag. (den 09 05 1996). Åtgärder mot byggkostnadsökningen - tillsättandet av en byggkostnads-delegation. Stockholm: Regeringen.
- Södra. (2022). *Korslimmat trä*. Hämtat från <https://www.sodra.com/sv/se/byggsystem/komponenter/korslimmat-tra/> den 05 05 2022
- Uppslagsverket. (2022). *effektivitet*. Hämtat från <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/effektivitet> den 17 02 2022
- Yin, R. (2011). *Fallstudier design och genomförande* (1:2 uppl.). Malmö: Liber AB.

9 Bilagor

I följande avsnitt finns bilagor tillhörande studien. Frågorna som ställts under intervjuerna för intervjustudien presenteras.

9.1 Bilaga 1 – Intervjufrågor, Intervjustudie

Respondent: För- och Efternamn Företag

Berätta om dig och dina erfarenheter. Vem är du, vad arbetar du med?

Byggmetoderna

- Berätta om din erfarenhet kring flerbostadshus i KL-trä? Vilka metoder använder ni? (Teoretiskt eller praktiska kunskaper)
- Vilka möjligheter finns det med att bygga i KL-trä? (vilka för och nackdelar finns?)
- Vilka risker har störst betydelse med KL-träbyggnader?
- Hur uppfyller KL-träbyggnader kraven för fukt, brand och akustik?
- Hur påverkas arbetsplatsen och genomförandet av olika byggmetoder?
- Vilka är de största utmaningarna med KL-träbyggnad? (teoretiskt och praktiskt?)
- Vilket är det huvudsakliga syftet när ett beslut tas om vilken metod som skall användas tror du?
 - Vilken är anledning till att man väljer att bygga i KL-trä eller betong tror du?
 - Vad tror du är anledningen till att KL-träbyggnadsmetoden inte etablerats mer sedan funktionskraven kom?
- Har du erfarenhet av betong?
 - Berätta om de största skillnaderna som du ser med att bygga med stomme i betong eller KL-trä?
 - Hur fungerar fukt, brand och akustiklösningar?
 - Hur varierar produktionen mellan de olika typerna av byggmetod?

Tidsaspekter

- Vilka tidsvinster kan göras vid produktion med KL-trästomme?
 - Var läggs mest tid i produktionen för respektive KL-trä/betong?
- Hur stor inverkan har produktionstiden på projektets slutkostnad?
- Hur stor roll spelar tidsaspekten vid beslut av byggmetod?

Kostnadsbärare

- Hur skiljer sig produktionskostnaderna mest mellan KL-trä och betong?
- Vilka möjligheter finns för att påverka kostnaderna?
- Vilka ekonomiska för- och nackdelar har respektive byggmetod?

Kostnadseffektivitet

- Vad skulle du säga är en kostnadseffektiv byggnad?
- Hur används uttrycket kostnadseffektivitet i branschen?
- Vilka områden kan effektiviseras i branschen?

9.2 Bilaga 2 – Datum för intervjuer

Respondent	Datum	Mötesform
1	2022-03-10	Microsoft Teams
2	2022-03-17	Fysiskt möte
3	2022-03-22	Microsoft Teams
4	2022-03-24	Microsoft Teams
5	2022-03-28	Telefonsamtal
6	2022-03-29	Microsoft Teams
7	2022-03-29	Microsoft Teams
8	2022-04-06	Microsoft Teams
9	2022-04-11	Microsoft Teams