

Produktionsmetod för korslimmat trä i flerbostadshus

Ludvig Tillgren



LUNDS
UNIVERSITET

Copyright ©Ludvig Tillgren, 2024

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

ISRN LUTVDG/TVBP-24/5715-SE
Lunds tekniska högskola
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Byggproduktion
Box 118
SE-221 00 LUND

Lund University
Lund 2024

Abstract

Title	Construction methods for cross-laminated timber in apartment buildings
Author	Ludvig Tillgren
Supervisor	<p>Rikard Sundling, Associate senior lecture, Department of Building and Environmental Technology, Division of Construction Management, Faculty of Engineering, LTH</p> <p>Anne Landin, Professor, Department of Building and Environmental Technology, Division of Construction Management, Faculty of Engineering, LTH</p> <p>Markus Brånemo, Project Manager at THAGE i Skåne AB</p>
Examinator	Stefan Olander, Senior lecture, Department of Building and Environmental Technology, Division of Construction Management, Faculty of Engineering, LTH
Purpose	The purpose of this study is to identify potential improvements within the current construction management processes associated with concrete and cross-laminated timber (CLT) frames. This is to be completed by examining the construction and production methods used when working with the materials. The goal is to improve these methods so that the construction industry develops economically and reduces its environmental impact.

Research questions

- What are the biggest differences in construction management when building with CLT and concrete frames?
- What does the construction method look like when building with CLT frames?
- What developmental potential is there for each frame material?

Method

To answer the research questions, the study has utilized both a literature study and case study. The literature study analyses current knowledge about the field, this information was then used as a base for the case study. The case study consisted of a triangulation of observational, document, and interview studies. The observational study consisted of participation during the assembly of a CLT frame. The document study investigated relevant production documents. The documents and earlier observational study were then used to formulate questions for the interview study. The results of the literature and case studies were then interpreted and analyzed to answer the initial research questions.

Conclusion

A comparison of production documents for CLT and concrete revealed that documents did not vary greatly between the different frame materials. The most significant difference in the documents was in the schedule where the CLT frame was built significantly faster than the concrete frame. Another notable difference was that functional requirements were higher for the CLT frame. This entailed more manual labor and monetary input during the assembly of the material in comparison to concrete. Additionally, the working environment during the assembly of CLT was better than that during concrete assembly.

Construction completed with CLT frames was both smooth and efficient. The light frame simplified the construction process during both the delivery of material and during its assembly. Challenges presented themselves when attaching

CLT frames to one another, this as many screws were required in the process with some being more difficult to insert than others. Avoiding moisture damage was also a key focus during construction, precautions were taken to ensure that no leakage could affect the material during the construction process.

Currently CLT production is more ecofriendly than working with concrete. However, to become an accessible material in the construction industry the cost of CLT frames needs to be reduced. There are methods to meet the higher functional requirements of the material but these processes once again require additional costs. As the construction industry gains experience working with CLT, functional costs may be reduced making building with the material more accessible.

The developmental potential for concrete lies in making the material more environmentally friendly in a way that does not reduce the quality and the economic benefits of the material. Currently a product known as ECO concrete is being developed to fit these criteria.

Keywords

Cross-laminated timber, CLT, concrete, frame material, construction management, construction methods, apartment buildings

Sammanfattning

Titel	Produktionsmetod för korslimmat trä i flerbostadshus
Författare	Ludvig Tillgren
Handledare	<p>Rikard Sundling, Biträdande Universitetslektor, Institutionen för bygg- och miljöteknologi, Avdelningen för Byggproduktion, Lunds Tekniska Högskola.</p> <p>Anne Landin, Professor, Institutionen för bygg- och miljöteknologi, Avdelningen för Byggproduktion, Lunds Tekniska Högskola.</p> <p>Markus Brånemo, Arbetschef på THAGE i Skåne AB</p>
Examinator	Stefan Olander, Universitetslektor, Institutionen för bygg- och miljöteknologi, Avdelningen för Byggproduktion, Lunds Tekniska Högskola.
Syfte	Studiens syfte är att finna utvecklingspotential i dagens produktionsmetod med betong- och kors laminerat trästommar (KL-trästommar), genom att undersöka bygg- och produktionsmetoderna. Målet är att förbättra dessa metoder så att byggbranschen utvecklas ekonomiskt och minskar klimatpåverkan.

Frågeställningar

- Vilka är de största skillnaderna mellan produktionsmetoderna med KL-trästomme och betongstomme?
- Hur ser den praktiska byggmetoden ut för KL-trästommar?
- Vad finns det för utvecklingspotential för betong- och KL-trästommar?

Metod

För att besvara frågeställningarna har studien använt sig av metoderna litteraturstudie och fallstudie. Under litteraturstudien har fakta inom området samlats som leder upp till själva fallstudien. Fallstudien består av triangulering av observations-, dokument- och intervjustudie. Observationsstudien bestod av deltagande under montage av KL-trästomme. Under dokumentstudien undersöktes produktionsdokument som senare var underlag tillsammans med observationsstudien för intervjustudien. Resultaten studerades och analyserades för att besvara frågeställningarna.

Slutsats

Produktionsdokument varierade inte så mycket mellan de olika stommaterialen. Störst skillnad i dokumenten var i tidsplanen där KL-trästommen byggdes markant fortare än betongstommen. Funktionskraven var högre för KL-trästommen som medförde mer arbete och var kostnadsdrivande i produktionen. Arbetsmiljön under KL-trämонтаget var bättre än under betongmontaget.

Byggmetoden för KL-trästommar gick både smidigt och snabbt. Den lätta stommen underlättade både under leveransen av materialet samt under montaget. Utmaningarna var att fästa stomelement där massor av infästningar skulle göras, där vissa var svårare än andra. Fukt var även i fokus under montaget där vatten inte fick bli stående och de tejpede varje öppning för få tätbyggnad.

Utvecklingspotentialen för betong är att göra det mer miljövänligt utan reducera kvalitén och det ekonomiska fördelarna. Detta har utvecklats idag som EKO-betong och utvecklas än. KL-trästommar behöver reducera dess kostnad. Det finns metoder för att uppfylla de högre funktionskraven men allt är kostnadsdrivande, utöver att materialet redan är dyrt. Med ökad erfarenhet med KL-trä i byggbranschen skulle detta kunna möjliggöras.

Nyckelord

Korslimmat trä, KL-trä, betong, stommaterial, byggproduktion, byggmetoder, flerbostadshus

Förord

Detta examensarbete är skrivit under våren 2024 och avslutar mina 5-åriga studier som civilingenjör inom väg- och vattenbyggnad på Lunds Tekniska Högskola. Examensarbetet omfattar 30 högskolepoäng och är skrivet vid institutionen Bygg och Miljöteknologi, avdelningen för Byggproduktion.

Under genomförandet av examensarbete har jag lärt mig massor om byggproduktion som givit mig en bra förberedelse för framtida jobb inom byggbranschen. Jag har även fått använda kunskap jag fått under min studietid vilket har gjort att detta blivit ett bra avslut på min utbildning.

Jag vill passa på att tacka företaget i fallstudien, THAGE i Skåne AB, som låtit mig använda två av deras byggprojekt som referenser under arbetet. Företaget har varit till stor hjälp i studien. Vill även tacka THAGES underentreprenör KL-projekt som monterat deras KL-trästomme och låtit mig delta under monteringen. Tack går även till min handledare på företaget Markus Brånemo samt övriga som bidragit under fallstudien.

Under arbetets gång har jag fått stöd och vägledning av mina handledare från byggproduktionsavdelningen på LTH, Rikard Sundling och Anne Landin. Jag är väldigt tacksam för allt ni bidragit med.

Lund den *10 maj 2024*

Ludvig Tillgren

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte och målsättningar	2
1.3	Frågeställningar	2
1.4	Avgränsningar	3
2	Metod	4
2.1	Forskningsmetodiken	4
2.2	Kvantitativ och kvalitativ forskning	4
2.3	Vetenskapsuppfattningar	5
2.3.1	Vetenskapligt ideal/forskningsansats	6
2.3.1.1	Deduktion, induktion och abduktion	6
2.4	Litteraturstudie	6
2.5	Fallstudie	7
2.6	Intervjustudie	8
2.7	Genomförande av studien	9
2.7.1	Litteraturstudiens genomförande	9
2.7.2	Fallstudiens genomförande	9
2.8	Fallföretaget	10
2.8.1	Terrassgården	10
2.8.2	Bellevuegården	10
2.9	Kvalité på studien	11
2.7.1	Validitet	11
2.7.1.1	Intern validitet	11
2.7.1.2	Extern validitet	11
2.7.2	Reliabilitet	12
3	Litteraturstudie	13
3.1	Byggproduktion	13
3.1.1	Byggprocessen	13
3.1.1.1	Projekteringsprocessen	14
3.1.1.2	Produktionsprocessen	16
3.3.1	Entreprenörföretaget	17

3.3.2	Organisation och aktörer	17
3.3.3	Lönsamhet	18
3.3.2	Produktionsmetod och anpassning	18
3.3.2.1	Entreprenadform	18
3.3.2.2	Produktionens metodval	19
3.3.2.3	Byggmöten och ÄTA-arbeten	19
3.3.2.4	Miljöpåverkan	20
3.3.2.5	Kostnad- och klimatjämförelse	20
3.3.2.6	Utvecklingspotential	20
3.2	Korslimmat träbyggnad	22
3.2.1	Träets byggnadshistoria	22
3.2.2	Korslimmat träs tillverkningsprocess	23
3.2.3	Korslimmat träbyggnadstekniska egenskaper	23
3.2.3.1	Korslimmat träs hållfasthet	23
3.2.3.2	Korslimmat träs termiska egenskaper	24
3.2.3.3	Korslimmat träs fuktrörelser	24
3.2.3.4	Korslimmat träs brandegenskaper	25
3.2.3.5	Korslimmat träs akustikegenskaper	25
3.2.4	Korslimmat träbyggnade utan heltäckande väderskydd	25
3.2.5	Korslimmat träs miljöpåverkan	26
3.3	Betongbyggnad	28
3.3.1	Betongens historia	29
3.3.2	Betongens byggnadstekniska egenskaper	29
3.3.2.1	Betongens hållfasthet	29
3.3.2.2	Betongens beständighet	30
3.3.2.3	Fukt i betong	30
3.3.2.4	Brand i betong	31
3.3.2.5	Akustik i betong	31
3.3.3	Betongbyggnadsmetoder	31
3.3.3.1	Platsgjuten betong	31
3.3.3.2	Prefabricerade betongelement	31
3.3.3.3	Halvprefabricerade betongelement	32
3.3.4	Betongsmiljöpåverkan	32
4	Fallstudie	34
4.1	Byggprojektens bakgrund	34
4.1.1	Bellevuegården	34
4.1.2	Terrassgården	35
4.2	Observationsstudie	35
4.2.1	Montage av KL-trästimme	35
4.3	Dokumentstudie	38
4.3.1	Arbetsberedning & Riskanalys	39
4.3.2	APD-plan	40

4.3.3	Tidplan	42
4.3.4	Arbetsmiljöplan	42
4.3.5	Fuktronder	43
4.3.6	Fuktmätningar	44
4.4	Intervjustudie	45
4.4.1	Produktion med KL-trästomme	45
4.4.2	Produktion med betongstomme	47
4.4.3	Projektering för stomme	47
4.4.4	Produktionsdokument	48
4.4.4.1	Arbetsberedning och riskanalys	48
4.4.4.2	APD-plan	48
4.4.4.3	Arbetsmiljöplan	49
4.4.4.4	Tidplan	49
4.4.4.5	Fuktmätning och fuktrond	50
4.4.5	Framtiden	50
5	Diskussion och analys	52
5.1	Montage av KL-trästomme	52
5.2	Projektering för stomme	52
5.3	Produktionsdokument	53
5.3.1	Produktionstiden	54
5.3.2	Fukt	54
5.4	Framtiden och materialens utveckling	55
5.5	Referensprojekten	56
6	Slutsatser	57
6.1	Svar på frågeställningar	57
6.2	Övriga slutsatser	58
6.3	Framtida forskning	59
7	Referenser	60
8	Bilagor	65
8.1	Intervjufrågor	65
8.1.1	Arbetschef på Terrassgården, intervju 1	65
8.1.2	Platschef på Terrassgården, intervju 1	65
8.1.3	Arbetschef på Terrassgården, intervju 2	66
8.1.4	Platschef på Terrassgården, intervju 2	67
8.1.5	Platschef på Bellevuegården	67
8.1.6	Arbetsledare på Terrassgården	68

1 Inledning

Inledande kapitlet förklarar studiens bakgrund och syftet med studien. För att studien ska uppnå syftet har målsättningar satts som även presenteras samt studiens frågeställningar. Kapitlet avslutas med avgränsningar som gjorts i studien.

1.1 Bakgrund

1995 blev det tillåtet i Sverige samt Europa att bygga trähus i fler än 2 våningar skriver von Platen & Nord (2004). Detta medförde att Sveriges regering skrev en utredning för en nationell strategi 2004 om att mer trä behöver användas i byggbranschen. Tanken var att Sverige hade en högkvalitativ träindustri som skulle kunna blomstra mer om trä användes i större utsträckning vid byggandet. Utredningen presenterade strategier för att sprida kunskap om träbyggande med en vision att om 10–15 år ska trä vara ett självklart alternativ i allt byggande.

Det finns flera fördelar med att bygga i trä som till exempel den låga vikten som gör trä enklare att arbeta med och montera enligt Svenskt Trä (2024a). Detta medför snabbare montage vilket sparar tid och pengar för byggherrarna. Trä är även ett förnybart material som motverkar växthuseffekten och ger därmed positiva effekter för miljön.

Byggbranschen har en stor påverkan på miljön enligt World Green Building Council rapport från 2019. I rapporten framgår att byggbranschen runt om i världen stod då för 39 procent av de energirelaterade koldioxidutsläppen. Ur detta perspektiv finns det en förbättringspotential om man använde mer trä som byggnadsmaterial.

Under byggproduktion behövs en arbetsplats som Hansson et al (2017) lyfter att den kan ses som en temporär produktionsapparat som utnyttjas under produktionen och sedan avvecklas när byggtreprenaden är godkänd. Den temporära produktionsapparaten har med tiden blivit dyrare vilket medfört att man har utvecklat produktionstekniker för att kunna bygga effektivare. Exempelvis har förtillverkade byggdelar som minskar arbetstiden på byggarbetsplatserna. Dessa förändringar har gjort att man kan bygga snabbare, men medför även mer komplicerade byggprocesser som ställer högre krav på kompetens hos personalen.

Att ha en väl utformad produktionsmetod är väsentligt för effektivare byggande, därav kan analys av dagens metoder bidra till förbättringar för framtiden. Detta är speciellt applicerbart när nyare material används eftersom det saknas erfarenheter och det kan finnas en utvecklingspotential inom produktionsmetoden.

Arbetet studerar produktionsmetoden för korslimmat-trästommar (KL-trästommar) samt betongstommar för att kunna jämföra metoderna och finna utvecklingspotential för respektive stomme. Studien har större fokus på KL-trä då det är en nyare byggmetod än betong som medför att inte lika mycket erfarenhet finns inom området, därav har KL-träs praktiska byggmetod undersökts.

Med produktionsmetod syftar studien på Hansson et al (2017) definition, som menar att produktionsmetoden är ett samspel mellan människan, maskinen och materialet. Till metoden räknas även produktionsfaktorer som arbetskraft samt företagets erfarenhet och kunskap. Studien undersöker därav de metoder som används under byggproduktionen för respektive stomme.

1.2 Syfte och målsättningar

Studiens syfte är att finna förbättringsområden inom produktionsmetoden med KL-trästommar och betongstommar. Dessa förbättringar inom byggproduktion skulle utveckla och effektivisera byggskedet som skulle positivt påverka hela byggbranschen. Genom att utveckla och effektivisera byggskedet kan byggbranschens klimatpåverkan minska samt att det bidrar till ekonomiskt bättre byggande.

För att studien ska uppnå sitt syfte att finna förbättringsområden inom produktionsmetoderna med KL-trä och betong har målsättningar formulerats. En målsättning är att samla kunskap kring byggproduktion med KL-trästommar och betongstommar. En annan målsättning är att identifiera skillnader i produktionsmetoderna samt fördelar och nackdelar med respektive metod. Tanken är att detta ska identifiera utvecklingspotential för både KL-trästommar samt betongstommar.

1.3 Frågeställningar

För att lyckas med syftet och uppnå målen har frågeställningar formulerats som studien har i avsikt att besvara. Dessa är frågeställningarna:

- Vilka är de största skillnaderna mellan produktionsmetoderna med KL-trästomme och betongstomme?
- Hur ser den praktiska byggmetoden ut för KL-trästommar?
- Vad finns det för utvecklingspotential för betong- och KL-trästommar?

Tanken är även att arbetet ska presentera kostnadsaspekter och miljöpåverkan för respektive stomme men det är inte det primära syftet.

1.4 Avgränsningar

För att uppnå målsättningarna och besvara frågeställningarna behöver avgränsningar göras. Fokuset på materialen KL-trä och betong studeras enbart i aspekten av att uppfylla stomfunktion.

Fallstudien görs även hos ett företag där två flerbostadshus studeras och därav begränsas studien med fokus på flerbostadshus. Båda projekten är även placerade i Skåneområdet med de förutsättningarna för klimatet. Detta kan framförallt påverka resultatet då produktion påverkas av väder och hade studien varit någon annanstans, exempelvis Luleå, kan man inte räkna med att få samma resultat.

Att samma företag är entreprenör för båda projekten medför även att fallstudien inte behöver representera hela byggindustrin. Detta medför dock är rättvisare jämförelse mellan stommateriel som studien syftar till.

Studien belyser delvis klimat- och kostnadspåverkan men detta är inte huvudfokus under arbetet.

2 Metod

Metodkapitlet går genom studiens upplägg. Den börjar med olika forskningsmetoder så som kvantitativ och kvalitativ forskning samt vetenskapens uppfattningar. Kapitlet går sen in på undersökningsmetoderna som används i studien som litteratur-, fall- och intervjustudie. Metodkapitlet avslutas med kvalitét i studien där begrepp som reliabilitet och validitet beskrivs.

2.1 Forskningsmetodiken

Fellows och Liu (2015) skrev att forskning kan anses som en upptäcktsresa där vad som helst eller inget blir upptäckt. Med högst sannolikhet hittas något som kommer till användning även om ingen helt ny information tillkommer, kan upptäckten bygga vidare på tidigare information så att det bidrar till forskningen. Avgörande för vad som kommer upptäckas är tillvägagångssättet så som:

- Problemställningen
- Utredningstekniken
- Platsen och det utredande materialet
- Analysen som används
- Reflektionerna av forskaren

För att lyckas med en bra forskningen är det väsentligt att vara öppensinnad och objektiv i sin forskning (Fellows och Liu, 2015). Detta är något som tas med i denna studie då det är viktigt att förstå att upplägget kommer påverka och avgöra resultatet.

2.2 Kvantitativ och kvalitativ forskning

Inom forskning används vanligen begreppen kvantitativ och kvalitativ forskning. Kvantitativ forskning syftas på omfattning i form av mängd och antal samt utsträckning i tid. Det är något som man kan räkna på och finns oberoende på forskarens uppfattning skriver Svenska Akademien (2018). Kvalitativ forskning beskriver istället egenskaper hos det undersökta fenomenet.

Popper (1989) förklarar att kvantitativ forskning använder vetenskapliga metoder där teorier och litteratur studeras för att få exakta resultat. Man kan säga att forskningen därav

är förklarande. Kvalitativ forskning är istället undersökande av ett område för att förstå och samla information för att skapa teorier. Man säger att forskningen därav är utforskande. Det medför att kvalitativ forskning var föregångare till kvantitativ forskningen.

Kvantitativa metoder kännetecknas ofta av standardisering och formalisering med en begränsning i flexibilitet lyfter Andersen & Gamdrup (1994). Under denna forskning finns en tydlig distans mellan det som undersöks och forskaren. De som undersöks ses som ett objekt där egenskaperna är mätbara och medför att statistik går att utveckla. Kvalitativa metoder kännetecknas av det motsatta, låg grad av standardisering och formalisering men med en högre grad av flexibilitet. Det undersöks dynamiskt med utgångspunkt att de undersökta är unikt och går därav inte att beskriva med numeriska värden. Ofta sker undersökningen med någon interaktion mellan forskaren och det undersökta.

Denna studie innehåller båda typerna av forskning. I de kvantitativa delarna ingår tidsåtgångar, kostnader samt miljöpåverkan som kan beskrivas med siffror även om dessa kan tolkas på olika sätt. Den största delen av studien kommer vara kvalitativ då produktionsskillnader och byggmetoder inte ger lika tydliga svar och lämnar ett större utrymme för tolkning och analys.

2.3 Vetenskapsuppfattningar

Världsbilden samt hur vetenskaplig kunskap inskaffas varierar och återspeglas därav i de undersökande systemen som används uttrycker Nilsson (2009). Begreppet ”paradigm” beskriver antaganden av de aspekter som påverkar arbetet inom forskningsområdet (Törnebohm, 1976; Törnebohm, 1983). Paradigmen beskrivs enligt attributen:

- Världsbild (ontologi)
- Hur kunskap uppnås (epistemologi)
- Etiska riktlinjer kring forskningsutförande
- Vetenskapliga ideal (normer för vad god forskning anses som)

Ontologi beskriver Wallén (1996) som vår världsbild och verklighetsuppfattning som har inverkan på vilka problem anses intressanta. Världsbilden kan vara objektiv (oberoende av vem som beaktar), subjektiv (beroende av vem som beaktar) och socialt konstruerad (skapad av interaktioner).

Epistemologi är uppfattningen hur kunskap uppnås och har därav stor betydelse för hur en undersökning genomförs. Studien grundas i antingen erfarenhet (empiri) eller förnuft från logiska slutsatser. Empiri är vanligt bland ingenjörsvetenskap medan förnuft är vanligare bland matematik och filosofi. (Säfssten och Gustavsson 2019)

Forskningsetiska riktlinjer guidar arbetet och handlar om vad som är gott och ont samt hur människor ska agera i olika situationer. (Vetenskapsrådet, 2017)

2.3.1 Vetenskapligt ideal/forskningsansats

De vetenskapliga idealen präglar verksamheten i en forskning. I en vetenskaplig undersökning lyfter Säfsten och Gustavsson (2019) att relation kring teori, empiri och slutledning brukar variera. Olika vanliga sätt det brukar variera kan beskrivas med begreppen deduktion, induktion och abduktion. Inom dessa varierar utgångspunkten inom en undersökning som innehåller en form av regel (teori), observation (empiri) och resultat (slutledning) skriver Karlsson (2016).

2.3.1.1 Deduktion, induktion och abduktion

Deduktion brukar kallas bevisandets väg och är ett så kallat ”*top-down-logik*”. Utgångspunkten i deduktion är regel som innebär att det finns antagande hur något borde vara beskriver Karlsson (2016). Dessa antaganden undersöks sedan med observation och resultat uppnås med hjälp av logiska resonemang.

Motsatsen, induktion, kallas istället upptäckandets väg och är en ”*bottom-up-logik*”. Patel & Davidson (2011) skriver att induktion är slutledning grundad i erfarenhet, där allmänna regler kommer fram från enskilda observationer.

Abduktion tyder Kirkeby (1994) har utgångspunkten vid ett resultat som från det undersöker vilken regel som kan förklara problematiken. Detta bekräftas slutligen med en observation.

I detta arbete är induktion mest applicerbart då målet och frågeställningarna eftersträvar upptäckande för att kunna besvaras. Det används även en del deduktion för få djupare förståelse i redan funnen kunskap.

2.4 Litteraturstudie

Inför en undersökning är det viktigt att ta reda på vad för kunskap som redan finns i området genom att sätta sig in i det aktuella kunskapsläget skriver Säfsten och Gustavsson (2019). Detta kan genomföras genom instudering av befintlig och relevant litteratur som sedan sammanställs. I början av en studie kan litteraturgenomgången ske översiktligt för att få genomgång av lämplig litteratur och underlätta problemformulering. Detta övergår till att man sedan vill hitta forskningsfronten, den information som är mest aktuell inom områden. Mot slutet av en studie används litteraturgenomgången mer för att fördjupa kunskapen och besvara specifika frågeställningar som funnits i studien.

En litteraturgenomgång bör genomföras stegvis och omfattar åtminstone tio steg (Booth, Sutton & Papaioannou, 2016, Jesson et al. 2011; Rhoades, 2011; Rumsey, 2008). Stegen kan genomföras med olika utförligt beroende på vilka som är mer aktuella i studien.

1. Ha ett tydligt syfte med litteraturgenomgången
2. Utgå från syftet för att identifiera lämpliga sökord

3. Välj avgränsningar i litteraturen
4. Bestäm var informationen ska komma ifrån
5. Bestäm strategi för att hitta informationen
6. Granska litteraturen som hittades
7. Granska närmare på mest relevanta litteraturen
8. Extrahera den givande informationen
9. Analysera
10. Presentera resultatet

Litteraturgenomgång används kontinuerligt genom arbetet för att finna information. I störst utsträckning används det för täcka byggmetoderna samt produktionsskillnader, men ingår även i bakgrunden. Sökord som användes var bland annat *Korslimmat trä*, *betong* och *byggproduktion*.

2.5 Fallstudie

För att få en djupare förståelse kan en studie på ett eller flera fall genomföras, en så kallad fallstudie skriver Säfsten och Gustavsson (2019). Man kollar på en händelse eller situation med avseende på flera variabler man undersöker. Yin (2018) anser att en fallstudie lämpar sig för att besvara hur, varför och vad frågor.

En fallstudie kan genomföras i realtid eller efterhand. Skillnaden är om studien sker parallellt med fallet eller om studien sker efter fallet har skett. Största skillnaden blir att under en realtidstudie kan direkta observationer göras medan i en efterhandsstudie blir istället baserad på dokumentationer och intervjuer av deltagare. (Säfsten & Gustavsson, 2019)

När en fallstudie genomförs undersöker man en eller flera analysenheter som har en tydlig koppling till undersökningens syfte och frågeställningar skriver Säfsten och Gustavsson (2019). Analysenheterna anser Yin (2018) kan vara fall som är kritiska, unika, extrema, typiska eller representativt.

I denna studie är analysenheterna valda i eftersträvan att vara representativa samt att kunna jämföras trots de olika materialen. Detta är då båda är flerbostadshus i likartade storlekar som är byggda inom något år av varandra. Fallstudien på Terrassgårdens genomförs i realtid då projektet räknar med att vara klart sommaren 2024. Fallstudien på Bellevuegården genomförs i efterhand då projektet avslutades sommaren 2023.

När man samlar in data i en fallstudie kan flera tekniker användas så som enkät, intervju och observation. Att kombinera olika tekniker kallas triangulering och kan vara gynnsamt för en studie då tekniker har olika svagheter och styrkor. Triangulering kan då kompensera för svagheter hos en teknik och på så sätt höja kvalitén på studien skriver Yin (2018).

I denna fallstudie används triangulering med en kombination av observation, dokumentation och intervjuer. Detta är för att få ut så mycket som möjligt av fallstudien

och höja kvalitén på studien i sin helhet. Mer om hur intervju upplägget tas upp i kapitel 2.4 *Intervju*.

2.6 Intervjustudie

En forskningsintervju är ett professionellt samtal med en viss struktur för att uppfylla ett syfte skriver Säfsten och Gustavsson (2019). Samtalet leds av forskaren som behöver kunna vara en god lyssnare genom att fånga respondentens berättelser, synpunkter och svar kring det som undersöks i studien. Intervjun kan vara strukturerad, semistrukturerad eller ostrukturerad. Strukturerade intervjuer påminner mer om en enkät med tydliga frågor och svar medan en ostrukturerad intervju är mer öppen med färre frågor som gärna leder till diskussion. Semistrukturerad är vanligast inom ingenjörsvetenskap och är ofta uppbyggda av teman kopplade till studiens syfte. Kring dessa teman formuleras intervjufrågor och viktigt är att ha bra övergångar under intervjun mellan teman anser Krag Jacobsen (1993).

Under intervjun kan det hända att svaren som ges av respondenten inte är tillfredsställande. Säfsten och Gustavsson (2019) menar då att vissa taktiker kan användas som att uppmana, följa upp och kontrollera. Uppmana för att få respondenten att svara på frågor som inte blivit eller bara delvis blivit besvarade. Följa upp för att få utförligare svar av respondenten. Kontrollera för att återberätta vad som sagt för se att det stämmer samt om den intervjuade vill tillägga något. (Denscombe, 2018)

Den studie innehåller en del intervjuer där semistrukturerad uppbyggnad används. Detta då det ger respondenten mycket utrymme att svara utförligt. Denscombes intervjutekniker användes och utvärderas efter respektive intervju för att uppnå så hög kvalitet på intervjuerna. I studien intervjuas respondenter från THAGE om byggproduktionsskillnader, byggmetoder och utmaningar. Korslimmat trä entreprenören intervjuas även om stomme materialet samt utmaningar och förbättringspotential, samtliga respondenter finns i tabell 1.

Det finns både fördelar och nackdelar med intervju skriver Denscombe (2018).

Nackdelar:

- Att transkribera material från intervjuer tar tid
- Fel respondent kan leda ge missvisande resultat
- Situationen och intervjuaren kan påverka situationen som medför lägre reliabilitet

Fördelar:

- Flexibilitet, möjlighet att ställa följdfrågor samt justera frågor under intervjuens gång
- Med rätt respondent kan resultatet leda till djup och detaljerad information

- Hög validitet då informationens relevans kan kontrolleras i samband med intervjun

Begreppen reliabilitet och validitet förklaras under kapitel 2.5.1 *Validitet* och 2.5.2 *Reliabilitet*.

Tabell 1. Lista på respondenter i intervjustudien

	Arbetsroll	Företag	Fallprojekt
Respondent 1	Arbetschef	THAGE i Skåne AB	Terrassgården
Respondent 2	Platschef	THAGE i Skåne AB	Terrassgården
Respondent 3	Platschef	THAGE i Skåne AB	Bellevegården
Respondent 4	Arbetsledare	KL-Projekt AB	Terrassgården

2.7 Genomförande av studien

Nedan beskrivs hur studien har genomförts, i vilken ordningen den genomförts samt att studiens metodval motiveras.

2.7.1 Litteraturstudiens genomförande

Studien började med genomförandet av litteraturstudien för samla kunskap inom området byggproduktion samt KL-trä och betong. Källor som användes var vetenskaplig litteratur, vetenskapliga artiklar och branschsidor. Detta gav en övergripande kunskap som möjliggjorde fallstudien. Senare i studien användes litteraturstudien för att fördjupa kunskap för att besvara frågeställningar.

Motiveringen till att en litteraturstudie används är för att förstå och fördjupa kunskap så att frågeställningarna kan besvaras.

2.7.2 Fallstudiens genomförande

Fallstudien var uppdelad i tre studier där två olika byggprojekt undersöktes. Studierna var observations-, dokuments- och intervjustudie som genomfördes i den ordningen.

Observationsstudien genomfördes enbart på ett av byggprojekten då ena var i realtid medan andra var klar innan denna studie hade börjat. Observationen bestod av montering av KL-trästomme för bjälklag och väggar för en våning. Motiveringen var att se hur den praktiska byggmetoden för KL-trä går till och att en våning var tillräckligt då processen efteråt börjar om vid nästa våning.

Dokumentstudien genomfördes för båda byggprojekten där relevanta dokument som påverkar byggproduktionen samlades in. Dessa jämfördes mot varandra samt med tidigare kunskap från litteraturstudien för att senare kunna dra slutsatser. Motiveringen till dokumentstudien var att se om dokumenten skiljer sig mellan betong- och KL-trästomme samt att det stod samma i dokumenten som visades under observationen.

Intervjustudien genomfördes sist i fallstudien där frågor kring observations- och dokumentstudien ställdes samt övriga frågor kring byggproduktion. Då observationsstudien enbart genomfördes på ett av byggprojekten fanns det fler frågor kring detta projekt, därav intervjuades flera respondenter därifrån. Respondenterna valdes efter deras tidigare erfarenheter samt att intervjuerna var anpassad efter respondentens kunskap. Intervjustudien motiveras med att den ger ett djup i studien, kopplar samman tidigare moment för att kunna besvara frågeställningarna.

2.8 Fallföretaget

Studien är skriven med byggtreprenören THAGE i Skåne AB som grundades 2014 då Thage Andersson Byggnads, Agust Lundberg Byggnads och N-E Persson Byggnads slogs samman. Företaget omsätter ungefär 1200 MSEK med 300 anställda.

Byggprojekten som undersöks i fallstudien är det aktiva byggprojektet Terrassgården och Bellevuegården som är färdigt. Detta ger de olika byggprojekten olika förutsättningar i undersökningen i fallstudien. Då Terrassgården sker i realtid har det medfört att mer fokus har legat på det byggprojektet som medförde att övriga studien fokuserar mer på KL-trä än betong, även om båda undersöks. Observationsstudien genomfördes enbart på Terrassgården.

2.8.1 Terrassgården

Byggprojektet som undersökts med KL-trästomme heter Terrassgården och består av 56 lägenheter fördelade på 5200 kvadratmeter bruttoarea. Byggnaden ligger i Råbylund, strax söder om Lund. Varje lägenhet har en terrass som minsta area är 20 kvadratmeter, därav namnet Terrassgården. Inomhusmiljön skapad för att få en naturnära känsla genom stora glaspartier, högt i tak och mycket exponerat trä. Byggnadens fasad är furuspån och har ett garage i källaren utformad i betong. Terrassgårdens byggstart var den 1 november 2022 och har slutdatum 30 september 2024, som medför att projektet undersöks i realtid.

2.8.2 Bellevuegården

Byggprojektet Bellevuegården är byggt med betongstomme med 135 lägenheter fördelade över 10 243 kvadratmeter bruttoarea. Projektet består av fyra hus benämnda Hus A, Hus B, Hus C och Hus D som byggdes i den ordningen med vissa moment som överlappade.

Byggnaderna är placerade öster om Limhamn i Malmö och byggdes mellan våren 2021 och maj 2023, som medför att projektet undersöks i efterhand.

2.9 Kvalité på studien

Objektivitet är viktigt anser Säfsten och Gustavsson (2019) för att lyckas med en god forskning. Studien ska vara faktabaserad, saklig, värderingsfri och opartiskt. Om det är möjligt att bedriva en helt objektiv studie har ifrågasatts så det viktigaste är att vara medveten om förutsättningarna som råder så att det vägs in i genomförandet och resultatet.

De aspekterna som är väsentliga när det kommer till vetenskapliga studier brukar delas upp i två komponenter, validitet och reliabilitet skriver Kirk & Miller (1986). Dessa komponenter dominerar som kvalitetskriterier hos vetenskapliga studier och är därav avgörande för studiens kvalité.

2.7.1 Validitet

Med validitet syftar man på giltigheten i en studie skriver Säfsten och Gustavsson (2019). Validitet handlar även om att kontrollera att det som avses ska mätas faktiskt mäts i undersökningen. Leedy & Ormrod (2015) ger exemplet att längd kan mätas med en tumstock och vikt kan mätas med en våg, men med något mer abstrakt kan det vara svårare att veta att rätt mätinstrument används för få kvalité i resultatet. Man delar upp validiteten i intern som är hur det uppmätta svarar mot de som ska mätas och extern som är vilka sammanhang resultaten gäller (Nyquist, 2017).

2.7.1.1 Intern validitet

De som intern validitet handlar om är att kontrollera att genomförande av undersökningen ger faktiska underlag till att besvara frågeställningarna i undersökningen. Detta för att kunna utesluta om det finns alternativa förklaringar kring resultatet. (Leedy & Ormrod, 2015; Williamson & Johanson, 2013)

Om man kan eliminera påverkan av alternativa förklaringsvariabler förklarar Nyquist (2017) att undersökningen anses ha hög intern validitet.

2.7.1.2 Extern validitet

Säfsten och Gustavsson (2019) skriver att extern validitet handlar om undersökningsresultats utsträckning och överförbarhet. Normalt används extern validitet i stickprov och då spelar utformningen en stor roll för lyckas med hög extern validitet, alla enheter måste representeras rätt i urvalet.

För att lyckas med en hög extern validitet belyser Bryman (2018) att man bör genomföra undersökningen så verklighetsnära som möjligt.

För att denna studie skulle lyckas kommer det eftersträvas hög validitet, det uppnås med trovärdiga källor inom relevanta områden. Studien har även använt sig av triangulering som stärker validitet (Leedy & Ormrod, 2015). Med detta menas att flera än en källa, metod och forskare används. Genom att samla information från olika källor för att säkra upp trovärdigheten på informationen samt att kritiskt granska data efter en agenda hos författaren. En del av informationen från fallstudien kommer från företaget och där har det varit extra viktigt att försöka vara objektiv med informationen. Det som underlättar trovärdigheten i studien är att respondenterna jobbar inom detta och om resultatet av studien är förbättringar kan de direkt bli positivt påverkade. Därav ligger det i deras intresse vara medhjälplig under intervjuer i studien.

2.7.2 Reliabilitet

Reliabilitet handlar om tillförlitligheten i studien. Man ska kunna upprepa studien med samma resultat givet att samma omständigheter råder skriver Yin (2018). Detta påverkas av slumpmässiga fel lyfter Nyqvist (2017) som kan orsakas av:

- Mätinstrument
- Forskningsrespondenter
- Forskningssituationen
- Forskaren

Mätinstrument kan vara okalibrerade vilket medför slumpmässiga brister. Respondenter som medverkar i undersökningen kan svara olika beroende på om svaren är "riktiga" eller som de "borde" svara. Forskningssituation kan även variera och påverkas av slumpmässiga händelser som påverkar reliabiliteten. Sist påverkar även personen som genomför undersökningen, forskaren, som medför en felkälla. (Säfsten och Gustavsson, 2019)

För att öka reliabiliteten rekommenderar Bryman (2018) att man kan under studien försöka upprepa visa mätningar för att säkerhetsställa att samma resultat uppstår, så kallad ökad stabilitet. Man kan även låta resultatet tolkas av en oberoende forskare för att kontrollera att resultatet tolkas likt.

För att uppnå en så hög realitet som möjligt dokumenteras noga genomförande för möjliggör upprepning. Mycket av studien sker däremot i realtid som påverkar och sänker realiteten då samma situation inte kommer igen. Att vara medveten om de slumpmässiga felen som kan uppstå samt följa Brymans rekommendationer bör leda till en så hög reliabilitet som möjligt i denna studie.

3 Litteraturstudie

I detta kapitel redovisas byggproduktion, korslimmat träbyggnad och betongbyggnad. Byggproduktions kapitlet belyser relevanta delar av byggbranschen som påverkar produktionsprocessen. Betongbyggnads och korslimmat träbyggnads kapitlen ger insyn i materialet, dess egenskaper, byggmetoder och miljöpåverkan. Litteraturstudiens syfte är att ge en grund till fallstudien samt diskussion och slutsats.

3.1 Byggproduktion

Byggproduktion menar Hansson et al (2017) är framställningen av anläggningar och byggnader. Produktionen kan ses som en temporär fabrik som byggs upp och avvecklas när byggnaden är klar. Även Nordstrand (2007) anser att produktionen kan ses som en tillfällig fabrik som ansluter till byggobjektet. För att skapa byggobjektet behöver aktiviteter utföras som i sin tur kräver resurser i form av personal, maskiner och material. Detta är kostnadskrävande och behöver därav kapital.

Hansson et al (2017) anser att processen har blivit mer kostnadskrävande med tiden. Miljöpåverkan har även höjt kraven på materialet som byggproduktionen behövt anpassas efter. Med tiden har även nya metoder utvecklats som gjort produktionen mer komplex och ställt högre kompetenskrav på arbetskraften.

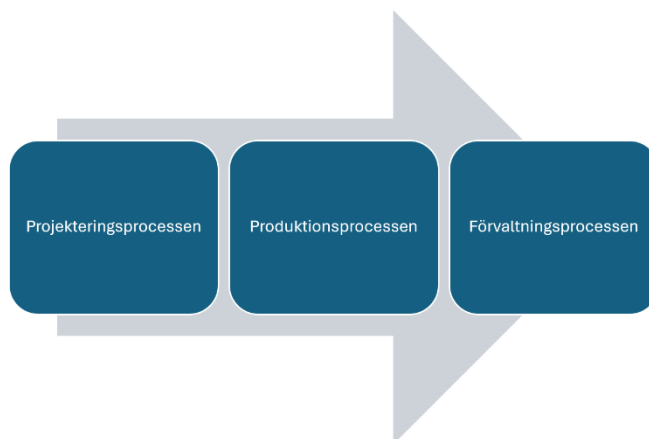
Största delen av byggproduktion menar Nordstrand (2007) genomförs och administreras av byggtreprenören. Andra stora entreprenörföretag som används i husbyggnadsindustrin är företag som sköter måleri, el- och VVS-installationer.

I detta arbete jämförs korslimmad trästomme och betongstomme. Med stomme skriver Sandin (2007) menas det bärande delarna av en byggnad som för ner lasterna i grunden. Dessa byggnadsdelar består av grund, bärande väggar, bjälklag, takstolar och pelare.

3.1.1 Byggprocessen

Byggprocessen börjar med att en byggherre klargör sina behov om en ny-, om- eller tillbyggnad och fattar beslut om att börja byggprojektet skriver Nordstrand (2007). Byggherren kan både vara ett företag eller privatperson. När byggprojektet är bestämt att genomföras börjar projekteringsprocessen även kallad produktbestämning skriver Hansson et al (2017). Här bestäms kraven utifrån utformning, estetik och funktion på

byggnaden samt nödvändiga bygghandlingar för produktion upprättas. Efter projekteringen skriver Nordstrand (2007) kommer produktionsprocessen där produktframtagning sker. Med detta menas byggande utifrån vad som bestämdes under produktbestämningen. Hansson et al (2017) skriver att sist kommer förvaltningsprocessen och består av produktanvändning, som innebär förvaltning och användning av produkten livslängden ut, se figur 5.



Figur 5: Byggprocessens steg (anpassad från Hansson et al, 2017)

3.1.1.1 Projekteringsprocessen

Första steget i projekteringsprocessen är en idé om hur en byggnad ska lösa ett efterfrågat behov anser Hansson et al (2015). Under processen jobbar man kring denna idé i olika delprocesser och projekteringsprocessen är avslutad när man har i detalj hur behovet ska uppfyllas med beskrivningar och riktningar. Tidigt i processen, initiala skedet, tas fram en preliminär budget och tidsplan som utgår från behovet. Nordstrand (2007) lyfter att detta arbete är väldigt komplext då arbetsinsatserna är svåra att precisera i förväg som gör tidsplanen och projektets totala budget svår att förutspå. Budgeten och tidsplanen som tas fram följs kontinuerligt upp under hela byggprojektstiden.

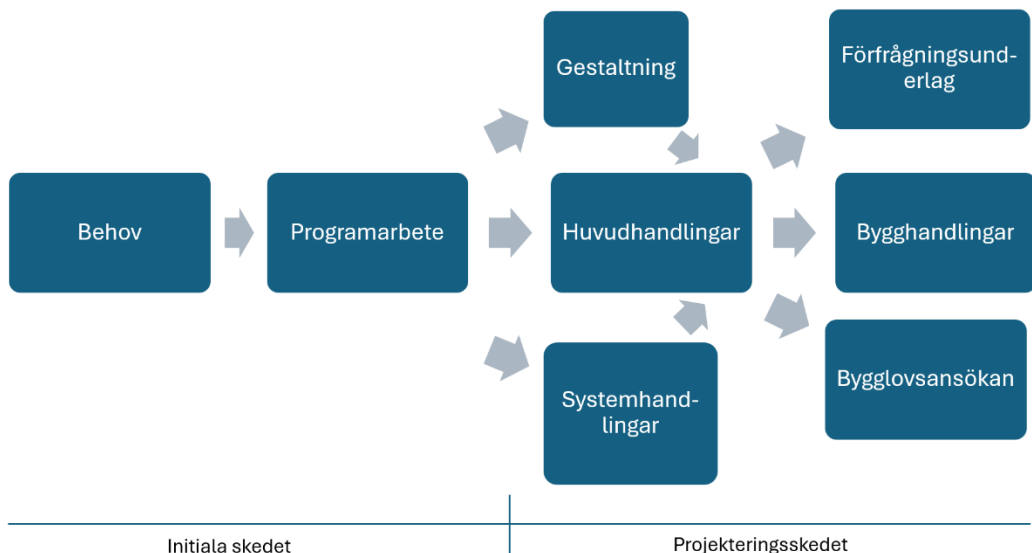
I ett examensarbete av Hammadi (2013) lyftes det att stomvalet oftast styrs av ekonomin. Detta är mer komplext än att jämföra priset för varje stomme då stomvalet påverkar andra byggnadsval i form av lösningar till den färdiga byggnaden. Därav måste undersökningar göras noggrant för att utreda möjligheter för projektet för att få uppfattning om den totala kostnaden. Faktorer som brukar påverka valet är installationer, byggtid, spännvidd, ljud, flexibilitet och tjocklek. Jönsson Bremberg & Magnusson (2022) lyfter i sitt examensarbete att största skillnaden mellan betong- och KL-trästomme är boytan och byggnadshöjden. När KL-trähus byggs krävs tjockare bjälklag då installationer inte kan placeras i massiva träet, utan istället placeras i undertak eller övergolv. Detta medför högre hus per våning som kan begränsa antalet våningar vid en bestämd nockhöjd i

detaljritningen. KL-träväggarna är även tjockare än motsvarande i betong och minskar boytan som påverkar projektets intäkter.

I Jönsson Brembergs & Magnussons (2022) fallstudie anser respondenterna att bästa tiden att bygga i KL-trästomme är under vinterhalvåret då det är tørt och kallt vilket minskar den mikrobiellpåväxten. Årstid har därav influens på valet av stommaterial.

Under det initiala skedet bestäms även upphandlingsform för projektet skriver Hansson et al (2015). Väljs projektet som en totalentreprenad lämnas resten av projekteringen till entreprenören medan om upphandlingen istället sker i en utförandeentreprenad krävs mer projektering från beställaren av arbetet. Efter det initiala skedet kommer projekteringsskedet som börjar med gestaltning av arkitekter och systemhandlingar av konsulter. Dessa processer sker parallellt där byggnadens systemlösningar tas fram. Det tas även fram huvudhandlingar i detta skede. Projekteringen anser Nordstrand (2007) är ett lagarbete där arkitekten och flera konsulter samarbetar. Det är viktigt med tydlig information och kommunikation så att de olika projektörerna planerar så att deras planer inte motstrider varandra. För undvika detta kan CAD-program på datorn underlätta informationen i projektet.

Nästa del av projekteringsskedet skriver Hansson et al (2015) tas bygghandlingar fram där det ingår detaljerade riktningar. Parallellt med detta tas förfrågningsunderlag för upphandling av byggarbetet fram samt att bygglov söks. Delprocesserna illustreras i figur 6 där pilarna markerar beslutspunkter. Varje delprocessers ska avslutas med tydligt beslutsunderlag som kommer till användning senare i produktionen. I det fall detta misslyckas brukar det leda till oklarheter som försvårar produktionsprocessen samt att det kan kosta pengar och förlänga byggtiden.



Figur 6. Projekteringsprocessen i kronologiskordning (anpassad från Hansson et al, 2017)

3.1.1.2 Produktionsprocessen

I början av produktionsprocessen genomför entreprenören en produktionsanpassning av bygghandlingarna framtagna i projekteringen berättar Hansson et al (2015). Detta sker av någon med erfarenhet från produktion så att det säkerhetsställs att bygget är genomförbart och anpassat till produktionen. Efter detta kan entreprenören lämna ett anbud på arbetet där så mycket planering och kalkylering som möjligt är genomfört. Under anbudsprocessen skriver Nordstrand (2007) börjar man analysera den byggmetod som ska användas. Metodvalet är avgörande för kostnadskalkylen och tidplanen där det är viktigt att metoden inte blir motstridig mot något som bestämdes under projekteringsprocessen. Efter metodvalet görs mängdberäkningar för att kontrollera ingående byggnadsmaterial, ofta med hjälp av CAD-program. Generella byggkostnader räknas även som bland annat personal, maskiner och drift.

Får entreprenören arbetet av beställaren skriver Hansson et al (2015) sker vidare produktionsplaneringen så som tidsplan, materialleveransplan, maskinplan, budget, organisationsplan och annat för att produktionen ska vara genomförbar. Efter detta behöver resurserna till bygget anskaffas skriver Nordstrand (2007). Med det menas personal, material, maskiner, underentreprenörer och annat som kan behövas. Det är viktigt att man under anskaffningen håller den fastställda tidsplanen och budgeten så allt går ihop.

När planeringen och anskaffningen är klar börjar genomförande av byggdrift där själva byggarbetet på byggarbetsplatsen sker skriver Hansson et al (2015). Under byggarbetet följs planer och arbetsberedningar som demonstrerar hur byggarbetet ska genomföras lyfter Nordstrand (2007). Arbetet kontrolleras kontinuerligt så allt går korrekt till.

I Lindkvists och Wallins (2022) examensarbete anses att stomvalet mellan betongs och KL-träs största påverkan på byggproduktionen är montagetiden. Betong har en uttorkningstid som förhindrar start av andra arbetsmoment. KL-trästommar har istället mer stomkompletteringsarbete som kan ske parallellt med stomresningen. Totalt går det betydligt snabbare att med en KL-trästomme än betongstomme anser examensarbetets respondenter. Även Jönsson Brembergs & Magnussons (2022) respondenter i deras examensarbete anser att produktionen av KL-trästomme går mycket fort. De lyfter att detta är fördel så länge man har en välplanerad byggprocess efter stomresningen. Den snabbare resningen är bara möjlig om samtliga aktörer samarbetar och inte halkar efter som medför en mer komplicerad byggproduktion ur logistikperspektiv.

Nackdelar under produktionen med KL-trä skriver Lindkvist och Wallin (2022) är begränsad flexibilitet och höga priser då det finns få leverantörer. Det belyser att det finns minst tre gånger fler betong leverantörer än KL-trä i Sverige som medförde att deras fallprojekt hade valt att köpa in KL-trästommen från Österrike. En annan nackdel i produktionen som Jönsson Bremberg & Magnusson (2022) tar upp är mängden skruvar som går åt vid montage av KL-trästomme. Respondenten i deras studie lyfter att det sliter och tär på armar och axlar hos yrkesarbetarna. Fördelar med KL-trästommen som istället tas upp är varmare arbetsmiljö, enkelt att arbeta med, mindre fuktig miljö, lättare element

att lyfta, mindre bullar och ljusare arbetsplats. Deras respondent påstår att den bättre arbetsmiljön har bidragit till färre sjukdagar.

Under byggtiden genomförs funktionsprov för att se att allt fungerar som det ska menar Nordstrand (2007). Provningarna protokollförs och eventuella brister åtgärdas innan slutbesiktningen.

Inför slutbesiktningen samlas det ihop tidigare besiktningar, provningsresultat och driftinstruktioner skriver Nordstrand (2007). Alla fel som upptäcks under slutbesiktningen antecknas samt den ansvarige. I slutet avgör besiktningsmannen om entreprenaden är godkänd. Boverket (2021) lyfter även att kommunen normalt följer upp för kontroller att det som söktes i bygglovet faktiskt byggdes. Innan byggnaden får användas behöver kommunen ge ett slutbesked.

Efter godkänd besiktning börjar garantiperioden skriver Hansson et al (2015) där entreprenören svarar för uppkommande fel. Alla fel ingår inte i garanti och garantiperiodenslängd kan variera. För att se processen olika delar i ordning se figur 7.



Figur 7. Produktionsprocessen i kronologiskordning (anpassad från Hansson et al, 2017)

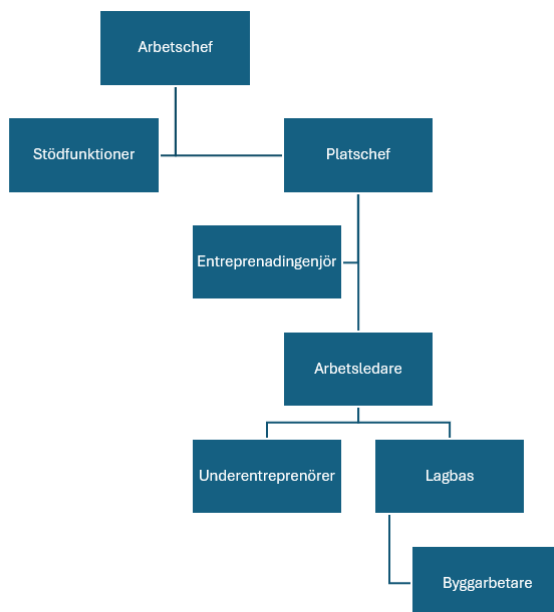
3.3.1 Entreprenörföretaget

3.3.2 Organisation och aktörer

Verksamheten hos ett entreprenadföretag anser Hansson et al (2017) kan ses som summan av ett flertal byggprojekt där entreprenören har en övergripande organisation som agerar som stöd. Benämningen på aktörer varierar beroende på företag, men generella uppbyggnaden ser ut som i figur 8.

Arbetschefen ansvarar för den totala verksamheten som sker på projekt, Hansen et al (2017) ger exemplen ekonomi, personal och kvalitet. Till sin hjälp har arbetschefen stödfunktioner och ansvarar generellt för flera projekt som pågår samtidigt. Under arbetschefen finns en arbetsledning som består av en platschef och arbetsledare. Platschefen ansvarar för att projektmål uppnås och har arbetsuppgifter som ledarskap, teknik, avtal, ekonomi, dokumentation, kvalitets- och miljöledning, möten med beställare, inköp av material, planering, arbetsmiljöfrågor samt arbetsledning. Arbetsledaren jobbar närmare yrkesarbetarna och produktionen. I större projekt sitter en entreprenadingsjör ute på plats för kalkyl och inköp. Byggarbetarna har en lagbas som representerar dem,

deras arbetsuppgifter kan vara varierande men exempel på roller är betongarbetare, maskinförare, murare och träarbetare.



Figur 8: Entreprenör organisationsuppbyggnad (anpassad från Hansson et al, 2017)

3.3.3 Lönsamhet

I byggbranschen ligger genomsnittliga vinstmarginalen på 4 procent som Hansson et al (2017) anser är relativt lågt i jämförelse med andra branscher. I upphandlingen förhandlas nivån av entreprenadsarvodet (normalt 7-12 procent) som är ett pålägg på själva kostnaden. Entreprenadsarvodet nivå ska täcka de administrativa kostnaderna samt täckningsbidraget avgörs av marknadsläget och risker i projektet. Täckningsbidraget kan beskrivas som överskottet beställaren betalar jämfört med entreprenören i projektet.

3.3.2 Produktionsmetod och anpassning

3.3.2.1 Entreprenadform

Det två entreprenadformerna i Sverige är utförandentreprenad och totalentreprenad skriver Öggesjö & Andréason (2017). I en utförandentreprenad ansvarar beställaren för projekteringen och entreprenören för utförandet. Det finns inget ansvar på entreprenören kring funktion så länge genomförande är fackmässigt. I en totalentreprenad ansvarar

istället entreprenören för den avtalade funktionen samt står för projektering och genomförande. 1954 kom det första standardbestämmelserna för entreprenadområdet. De senaste som släpptes var AB04 som används för utförandentreprenader och ABT06 som används för totalentreprenader. Det finns även tillägg för underentreprenörer till respektive bestämmelse.

Vid upphandling via utförandentreprenad styrs produktionen av beställarens administrativa föreskrifter och tekniska beskrivning lyfter Hansson et al (2017). Dessa är anpassade efter AMA-böckerna där fokus är på material och toleranskrav. Detta begränsar delvis entreprenörens val av teknik medan under en totalentreprenad är entreprenören friare med produktions metodvalen.

3.3.2.2 Produktionens metodval

Valet av byggmetod beror på produktionsfaktorer så som material, arbetskraft, maskiner och organisationens kunskap lyfter Hansson et al (2017). Saknar organisationen den specifika kompetensen som krävs vid exempelvis montaget av en stomme kan montaget upphandlas av ett specialföretag. Vid montage av stomme krävs ofta användning av byggnadskran både för mottagandet av leveransen samt monteringen. Detta är en relativt dyr kostnad per timme så därav bör detta ske så effektivt som möjligt. Det är även värt att tillägga att det inte alltid finns mycket plats på byggarbetsplatser därav kan avlastningsytan vara begränsad så även detta måste planeras för. Under själva stommontaget är det svårt att bedriva andra arbeten parallellt inom samma område, därav är det fördelaktigt att montaget sker smidigt så det inte stoppar upp bygget. Att bedriva andra arbetsmoment i närheten leder ofta till stora arbetsmiljöproblem.

En faktor som alltid påverkar byggproduktionen är väder belyser Hansson et al (2017). Regn, snö, vind och varierande temperaturer påverkar både material och yrkesarbetare. För att förebygga detta kan man antingen jobba med väderskydd eller förtillverka element i fabrik så att mindre del av arbetet sker på byggarbetsplatsen. Genom att tillverkningen av elementen sker i fabrik kan man kontrollera omgivningen och blir därav inte påverkad av klimatet. Montaget av volymelement går även snabbare än traditionellt montage. Man kan även ha väderskydd över byggarbetsplatsen för att minska klimatpåverkan. Om detta minskar eller ökar den totala kostnaden kan variera beroende på situation och därav bör en alternativkalkyl samt riskanalys genomföras. Orsaker att väderskydd inte används är oftast brist i kunskap samt omotiverat ur ekonomiska aspekten.

3.3.2.3 Byggmöten och ÄTA-arbeten

Nordstrand (2007) skriver att som uppföljning under byggtiden sker kontinuerliga byggmöten mellan beställaren och entreprenörerna. Dessa sker normalt en gång i månaden och tar upp vad som sker på bygget och eventuella frågor som uppkommit diskuteras. Mötet styrs av en föredragslista samt att protokollförs. I samband med dessa möten kan ÄTA-arbeten (ändring-, tillägg- och avgående-arbeten) tas upp både skriftligt

och muntligt. Detta är ändringsarbeten som i regel har en teknisk-, ekonomisk- och/eller tidsmässig konsekvens som därav behöver tas upp emellan entreprenören och beställaren. Förhandling kring lösning samt vem som står för vilken kostnad diskuteras och efteråt dokumenteras att så det finns ett tydligt underlag.

3.3.2.4 Miljöpåverkan

I Förenta nationernas globala miljömål ingår minskad klimatpåverkan och optimering av resurser skriver Hansson et al (2017). Boverket (2016) verkar för dessa miljömål som fastställts i Sveriges riksdag. Målen är att vid 2045 ska Sverige vara klimatneutralt där Boverkets uppgift är att vid behov finna lösningar och åtgärder för att uppnå dessa mål. Dessa lösningar ligger till grund för undersökningsstudier som kan leda till regeländringar inom byggbranschen.

Utöver svensk lag kan högre standarder följas ur miljöperspektiv för att uppnå en specifik miljöcertifiering på en byggnad skriver Hansson et al (2017). Dessa standarder varierar beroende på certifiering och några exempel på dessa är LEED, BREEAM, Miljöbyggnad, FEBY 12, Green Building och Svanen. Miljöcertifiering är en konkurrensfaktor som kan höja värdet på byggnaden. I en certifiering ingår krav i projekteringen som följs upp under produktionen. Vissa certifieringar har även krav på förvaltningen.

3.3.2.5 Kostnad- och klimatjämförelse

I ett tidigare examensarbete av Jönsson Bremberg & Magnusson (2022) visade deras slutsats att jämförelsen mellan betong- och KL-trästomme i flerbostadshus blir billigare per kvadratmeter för en betongstomme. KL-trästommen är här i stället lägre klimatavtryck per kvadratmeter än betongstommen. De lyfter att KL-trästommen har en potential att bli billigare med mer forskning och effektivare byggande. I fallstudien tas det upp att KL-trästommen är 21 procent billigare under husbyggnaden men kostar 105 procent mer under stomkompletteringen. Studien lyfter även att erfarenhet av KL-trä byggande skulle kunna bidra till ett sänkt kvadratmeterpris.

I Lindkvists och Wallins (2022) examensarbete visar deras fallstudie att KL-trästommen blev 27 procent dyrare än motsvarande betongstomme. I klimatjämförelsen släppte KL-trästommen ut 6,8 procent mindre koldioxidekvivalenter jämfört med betongstommen. Värt att notera är att klimatförbättrad betong användes, hade traditionell betong använts istället hade skillnaden varit 22 procent.

3.3.2.6 Utvecklingspotential

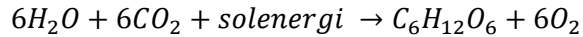
Under fallstudien i Lindkvists och Wallins (2022) examensarbete anser respondenten att KL-träets höga priser beror på brist i utbud på marknaden. Träd är inte den bristande faktorn utan istället sågverken och fabrikerna. Hade det funnits fler skulle potentiellt

priserna sjunka och träbyggandet öka. Jönsson Brembergs & Magnussons (2022) examensarbete lyfts även att KL-trä är ett relativt nytt material som fortfarande har utvecklingspotential i utformning. Hade materialet kunnat utformas så att det var mindre fukt känsligt skulle det vara mer konkurrenskraftigt.

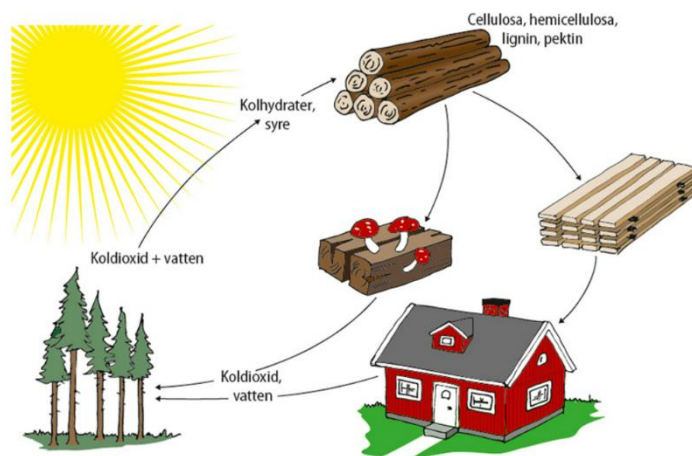
För att minska betongens miljöpåverkan skriver Nevas Lundin (2021) i sitt examensarbete att andra tillsatsmaterial används för att minska mängden cement. Till följd av detta går hållfasthetstillväxten långsammare i betong och montagetiden blir längre. Lyckas man minska mängden cement i betongen utan att det bekostar betongens egenskaper skulle materialet förbättras.

3.2 Korslimmat träbyggnad

Burström (2021) skriver att när skog växer används fotosyntes där koldioxid, vatten och solenergi omvandlas till träets byggstenar i form av kolhydrater samt att syre frigörs, se figur 3. Fotosyntesen sker med ekvationen:



Denna process absorberar normalt ett ton koldioxid per kubikmeter tillväxt som sedan lagras i trädet. Används sedan träet i en byggnad lagras koldioxiden under en längre period som medför en minskning av koldioxid i atmosfären.



Figur 3. Fotosyntes (Burström, 2021)

Trä som organiskt material har utvecklats av evolutionen under miljoner av år för att uppnå optimal hållfasthet, beständighet och styvhet menar Isaksson, Mårtensson & Thelandersson (2019). Uppbyggnaden är av cellulosarör orienterade i stammens längdriktning som sitter ihop av lignin. Då materialet skapas av naturligt lyfter Burström (2021) att det kan ske stora variationer hos träets kvalitet. Det kan variera beroende vart trädet har växt samt att det kan bli påverkat av processerna trädet genomgår från skog till färdig produkt.

3.2.1 Träets byggnadshistoria

Sverige har en under lång tid byggt i trä och de äldsta bevarade träbyggnaderna är ifrån 1200-talet skriver Svensktträ (2024b). Lindsten (2023) skriver att Sverige införde ett förbud mot träbyggnader i flera våningar då det var en brandrisk. Man hade även problem med akustiken i höga byggnader av trä lyfter Hansson och Hervén (2011) då stegljuden

fortplantar sig enklare i en lättare konstruktion. Med tiden utvecklades metoder för att minimera dessa problem.

1995 skriver von Platen & Nord (2004) att det blev det tillåtet i Sverige samt Europa att bygga trähus i fler än 2 våningar. Detta medförde att Sveriges regering skrev en utredning 2004 om att mer trä behöver användas i byggbranschen. Tanken var att Sverige hade en högkvalitativ träindustri som skulle kunna blomstra mer om trä användes mer i byggandet. Utredningen presenterade strategier för sprida kunskap om träbyggande med en vision att om 10–15 år ska trävara ett självklart alternativ i allt byggande.

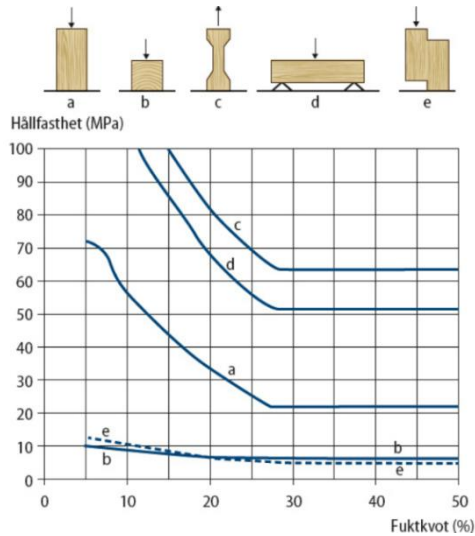
3.2.2 Korslimmat träns tillverkningsprocess

Första steget i tillverkningsprocessen berättar Gustafsson (2017) är att brädorna fingerskarvas för att skapa långa brädor. När dessa har limmats ihop och härdat hyvlas brädornas flatsidor som sedan limmas till skivor. Skivorna limmas sedan i skikt där vartannat ligger i 90 graders riktningen i till föregående skitet. Sedan pressas skivorna i en tryckpress där tid, temperatur och fuktförhållande avgörs beroende på limtypen. Innan KL-träet är redo att transporteras till byggarbetsplatsen putsas och kontrolleras ytor. KL-träet beskärs även till färdiga element redo för montering.

3.2.3 Korslimmat träbyggnadstekniska egenskaper

3.2.3.1 Korslimmat träns hållfasthet

Likt som andra produkter i trä påverkas korslimmat träns hållfasthetsegenskaper beroende på lastens vinkel, fuktkvoten, belastningstiden och defekter i materialet lyfter Gustafsson (2017). Vinkeln av lasten varierar då trä har olika egenskaper beroende om lasten är mot eller med fiberriktningen. Burström (2021) skriver att trä har högst hållfasthet vid drag i fiberriktningen följt av tryck parallellt med fiberriktningen. Hållfastheten minskar även när träets fuktkvot ökar, se figur 4.



Figur 4. Samband hos träns hållfasthet med variation i last och fuktkvot (Burström, 2021)

Bland trä uppstår virkesfel som kan bero på kvistar, sprickor, snedfibrighet, röta och insektsskador förklarar Isaksson, Mårtensson & Thelandersson (2019). Detta då trä inte är homogent och vid användning bör de beaktas att virkesfelen kan leda till ändringar i träs egenskaper.

Gustafsson (2017) anser att uppbyggnaden av KL-trä jämnar ut träs egenskaper och minskar svagheterna av defekter i träet. Materialets hållfasthet bestäms av tvärsnittsupbyggnaden där yttre lagret brädor avgör draghållfastheten. KL-trä har lägre styvhet i huvudbärriktningen jämfört med plattor i trä men klarar betydligt högre last mot huvudbärriktningen.

3.2.3.2 Korslimmat träns termiska egenskaper

Värmeisoleringen hos KL-trä beskriver Gustafsson (2017) som väsentligt bättre i jämförelse med betong och stål. KL-trä kan jämföras med massivt trä och har ett praktiskt u-värde på 0,12-0,13 W/(m °C).

3.2.3.3 Korslimmat träns fuktrörelser

Träets fuktbedingade rörelser varierar i riktning samt träslag. Burström (2021) berättar att trä sväller upp av vatten tills det når fibermättnadspunkten. Det sväller mest i tangentiell riktning, sedan radiell riktning och knappt något i fiberriktningen. Se tabell 2.

Tabell 2: Fuktrörelser i olika riktningar med olika träslag (anpassad från Burström 2021)

Krympning [%]				
Träslag	Tangentiellt	Radiellt	Fiberriktning	Volym
Björk	7,8	5,3	0,6	14,2
Ek	8,9	4,5	0,4	14,1
Furu	7,7	4,0	0,4	12,4
Gran	8,3	3,9	0,3	12,0

I korslimmat trä sväller träet mindre än i vanligt trä berättar Gustafsson (2017). Detta har med det korsade plankorna som fördelar fiberriktningen jämnar över trä elementet.

3.2.3.4 Korslimmat träns brandegenskaper

Trä antänds vid olika temperatur beroende på träslag, Burström (2021) skriver att ungefärlig antändningstemperatur brukar vara 250–280 grader. Vid antändning brinner träet långsamt som beror på träets värmeisolerande förmåga samt vatteninnehåll. Undersökningar har visat att trä brinner med en hastighet runt 0,7 mm/min.

3.2.3.5 Korslimmat träns akustikegenskaper

Akustik för KL-trästommar har liknande problem som andra lätta kontraktioner lyfter Gustafsson (2017), det är svårt att isolera mot låga frekvenser. Detta är viktigt att tänka på under projekteringen av bjälklaget då det är svårt att göra några lösningar i senare skede. Svårast är bjälklag med längre spännvidder, då kan det behövas lätta innerväggar för att styva upp bjälklaget. Man kan även använda flanktransmissionsspärrar för att reducera vibrationen mellan väggar men framför allt bjälklag som bidrar till en bättre ljudmiljö. Det flesta åtgärderna som sker för att uppnå Boverkets byggregler (ljudklass C) görs under projekteringen som sedan kontrolleras i byggskedet.

3.2.4 Korslimmat träbyggnade utan heltäckande väderskydd

Alsmarker (2021) har skrivit i en rapport åt Svensktträ om ”Fuktsäkert KL-träbyggande utan heltäckande väderskydd”. I rapporten tas det upp att regn och snö påverkar byggprocessen och kan orsaka fuktproblem. Detta behöver inte vara någon fara om allt hanteras korrekt.

Arfvidsson, Harderup & Samuelson (2017) belyser problemen med fuktskador. Detta uppstår när fukt påverkar produkten så att en kemisk eller fysik förändring sker. Det kan ske mikrobiologisk påväxt samt kemisk nedbrytning av material som kan utsöndra emissioner som försämrar inneklimatet. Fuktskador kan även bryta ned material som kan leda till en minskning i en konstruktions hållfasthet.

För att lyckas att bygga med KL-trä utan fuktskador är det viktigt med bra kommunikation och tydliga budskap anser Alsmarker (2021). Budskapen är bland annat prioritera fukt, inte låta vatten bli stående och skotta bort snö. Det viktigt att göra kontinuerliga fuktkontroller. Ändträ och skarvar är extra fukt känsliga och bör därav skyddas med diffusionsöppen tejp. Andra kritiska detaljer som behöver tejpas är olika anslutningar, håltagningar, dörr-/fönsteröppningar samt balkonger.

Mögelpåväxt är när mikroskopiska svampar växer på ytan av ett material skriver Arfvidsson, Harderup & Samuelson (2017). Det finns olika sorters svampar men generella förutsättningen för att det ska kunna växa är förhållandet i form av temperatur och relativ fuktighet samt att de finns näring som blir materialet mögelpåväxten sker på. Relativa fuktigheten påverkas av vattnet i omgivningen och är normalt avgörande för mögelpåväxten. Olika material har även olika kritiska fuktnivåer som är avgörande, se tabell 3.

Tabell 3. Kritisk fuktnivå i [%] för olika material (anpassad från Arfvidsson, Harderup & Samuelson, 2017)

Material	Bedömd kritisk fuktnivå
Trä	75-80
Betong	90-95
Mineralull	90-95
Gips	80-85

I en studie av Olsson (2019) åt SBUF och RISE ses de skeptiskt på att bygga fuktsäkert med KL-trä utan väderskydd. De rekommenderas att använda väderskydd då studiens båda fallstudier visar form av mögelpåväxt trots aktiva åtgärder för att förhindra detta. Felet uppstod då det var svårare att täta praktiskt mot fukt än planerat samt att rensning av vatten tog mer tid än tänkt. Studiens syfte var att öka kunskapen kring KL-träkonstruktioner. Störst del av mögelpåväxten i fallen var på anslutningar, håligheter och där vatten blir stående.

Alsmarker (2021) tar upp samma kritiska punkter i rapporten som Olsson sett mest mögelpåväxt i fallstudierna. Alsmarker menar att om man använder diffusionsöppen tejp samt torkar ut träet innan inbyggnad är mögelpåväxt inte ett problem. Detta med kontinuerliga fuktmätningar möjliggör KL-träbyggande utan heltäckande väderskydd.

I Jönsson Brembergs & Magnussons (2022) examensarbete intervjuas respondenter i byggbranschen. De anser att väderskydd inte behövs för att bygga fuktsäkert utan istället bidrar till en falsk trygghet då det bara skyddar mot direkt nederbörd medan fukt kan komma in på andra sätt som exempelvis via kondens.

3.2.5 Korslimmat träns miljöpåverkan

I en artikel av Bioenergi (2021) skriver det att Södras KL-trä har upp till 80 procent mindre klimatpåverkan som stomme i jämförelse med betong. I deras EPD står det att en

kubikmeter av deras KL-trä släpper ut 34 kg koldioxidekvivalenter. Bidragande till den låga siffran är även att företaget tillämpar fossilfria transporter.

Brandt (2020) skriver om KL-trä producenten Setra där det står att bortsett från träets låga klimatavtryck används även allt material. När KL-träelement framställs blir det allt bark, flis och spån över som används till papper samt förnybar energi. KL-trästommar väger även mindre än betongstommar som medför enklare och färre transporter till byggarbetsplatsen.

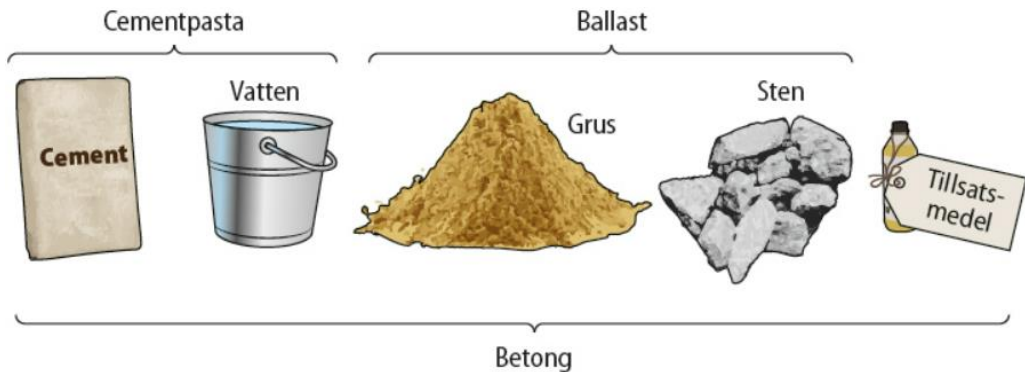
I en koldioxidutsläppsjämförelse i bostadsområde mellan betongstomme och planelement KL-trä av Svenskträ (2024c) släppte KL-trä ut mindre CO₂. Betongstommen släppte ut ungefär 25 000 kg CO₂ ekvivalenter per kvadratmeter jämfört med KL-träets 15 000 kg CO₂ ekvivalenter per kvadratmeter.

Att trä är ett bra alternativ ur miljö- och klimatperspektiv skriver Gustafsson (2017) har med att Sverige skördar sina skogar med hållbart skogsbruk. Detta menas att uttaget ur skogen inte överskrider tillväxten så att materialet är helt förnybart och påverkar inte skogen negativt. Träet lagrar även koldioxiden under sin livslängd som minskar det totala växthusgaserna som släpps ut. Detta minskar växthuseffekten och därav även klimatpåverkan.

Materialet som inte är förnybart i KL-trä är limmet nämner Hultqvist & Ziegenfeldt (2023) i deras examensarbete. Limmet motsvarar ungefär 1 procent av vikten av det totala KL-träet och är därav en mindre mängd. Det görs även forskning i nuläget för att ta fram ett lim som är tillverkat av förnybara material då korslimmat trä fortfarande är ett relativt nytt byggmaterial.

3.3 Betongbyggnad

Burström (2021) skriver att betong består till en grund av ballast, cement och vatten se figur 1. Med ballast menas sten, grus och/eller sand. Kombinationen av vatten och cement brukar kallas cementlim eller cementpasta. Det är vanligt idag att någon form av tillsatsmedel används för att förbättra egenskaperna hos betongen.



Figur 1. Betongs uppbyggnadsmaterial (Burström, 2021)

Egenskaperna hos cementpastan påverkas av förhållandet mellan vatten och cement i blandningen. Detta bildar en kvot som kallas vattencementtal, vct , och beräknas med:

$$vct = \frac{W}{C}$$

Där W är mängden vatten och C är mängden cement (Burström, 2021). Vanlig betong består av ungefär 14 procent cement, 6 procent vatten och 80 procent ballast (Betongföreningen, 2024).

Vid gjutning av betong är det viktigt lyfter Burström (2021) att den inte innehåller håligheter och stora luftbubblor. Dessa kan bidra till försämrade egenskaper hos betongen. Vid gjutning används ofta vibrering för att bearbeta betongen. Detta kan med stavvibrering eller vibratorbalk som gör att viskositeten i betongen minskar och på så sätt sprids ut jämnare. I slutet av 90-talet kom självkompakterande betong (SKB) som var framställd och utvecklad av nya tillsatsmedel. SKB har bättre gjutningsegenskaper som medför mindre, om ens någon, vibrering.

3.3.1 Betongens historia

Betong har länge använts som byggnadsmaterial berättar Burström (2021). Redan flera hundra år f.Kr använde greker och etrusker betongliknande material i byggandet av bostäder och broar. Många av dessa byggnader finns fortfarande kvar än idag.

Betong har använts redan sedan 500 år f.Kr av etruskerna i Italien skriver Svenskbetong (2024a). Under romartiden utvecklades byggteknikerna med betong och Betongföreningen (2024) ger exempel att vissa verk som broar och bostadshus finns kvar att beskåda idag. I takt med romarikets fall minskade användandet av betong och det var först på 1700-talet som materialet blev vanligare. Man experimenterade med olika blandningar av materialet för att finna olika egenskaper. Idag anser Svenskbetong (2024a) att armerad betong är det vanligaste konstruktionsmaterialet.

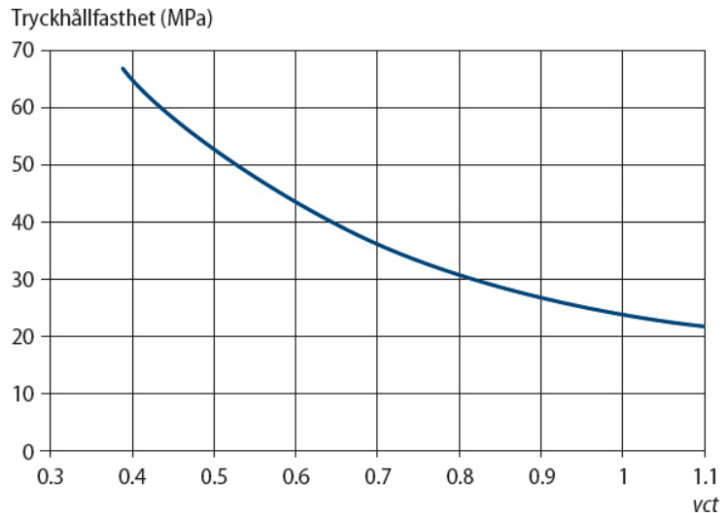
3.3.2 Betongens byggnadstekniska egenskaper

3.3.2.1 Betongens hållfasthet

Isaksson, Mårtensson & Thelandersson (2019) ger exempel på standardiserade betonghållfasthetsklasser som C12/15, C20/25 och C60/75. C visar att det är för betong och siffrorna betecknar tryckhållfastheten i megapascal efter 28 dagar uttorkning. Siffran innan snedstreck betecknar betongens hållfasthet i form av en cylinder med måtten 150 mm i diameter och 300 mm i höjd, siffran efter snedstreck är istället hållfastheten för en kubisk formad betong med dimension 150x150 mm.

Betongens draghållfasthet skriver Isaksson, Mårtensson & Thelandersson (2019) är mycket låg som medför att under beräkning bortses den från helt. Vid beräkning brukar den vara ungefär 10 procent av tryckhållfastheten. För att klara dragkrafter armeras betong så att armeringen står för draghållfastheten.

Det som avgör betongens hållfasthet berättar Burström (2021) är betongens vct. Ballasten är starkare än cementpastan så det är cementpastans hållfasthet som avgör hur mycket tryck betongen klarar. Ju mer vatten cementpastan innehåller, desto svagare är den, se figur 2.



Figur 2. Relation mellan betongs vct och tryckhållfasthet (Burström, 2021)

3.3.2.2 Betongens beständighet

De faktorerna som har störst påverkan på beständigheten hos betong lyfter Burström (2021) är frostangrepp, armeringskorrosion och kemiskt angrepp. Med frostangrepp menas när vattnet i betongen fryser och därav expanderar som skapar spänning i betongen. När armeringskorrosion sker reduceras armeringens tvärsnitt som försvagar armeringen samt att korrosionsprodukterna tar upp mer yta än armeringen som medför att det skapas inre spänningar. Kemiska angrepp kan ske på liknande sätt där kemiska ämnen tränger in i betongen. Ämnena löses sedan upp och expanderar som medför spänning samt att cementpastan kan även lösas upp om kemiska ämnet är en oorganisk syra. Dessa nedbrytningar har svårare att ske med en tätare betong som uppnås av ett lågt värde på betongens vct.

3.3.2.3 Fukt i betong

Betong har goda fuktegenskaper och kan varken mögla eller ruttna skriver Svenskbetong (2024b). När fuktskador sker i byggnader som läckage behöver inte betongen bytas ut. Istället behåller den sina egenskaper och behöver bara torkas ut. Detta beror på betongenstäthet samt dess fukttålighet. Dessa skador kan kosta massor av pengar att reparera som minskas med betong.

3.3.2.4 Brand i betong

Svenskbetong (2024c) belyser att vid brand ändras inte betongens egenskaper förens vid mycket höga temperaturer. Detta medför att betongstommar har kvar sin bärande kapacitet långt in i branden. Betong bidrar inte heller till branden då betong inte brinner samt är isolerande därav minskar brandens spridning. Dessa egenskaper består under hela livslängden hos byggnaden. Det medför att betong är ett bra materialval ur brandsynpunkt. Betong uppfyller även EU brandsäkerhetskravs högsta klass A1.

3.3.2.5 Akustik i betong

Betongbyggnader kan behöva ljudisolering som bestäms beroende på spännvidd, knutpunkter och massan hos betongen skriver Svenskbetong (2024d). Större spännvidder och färre bärande betongväggar leder till bättre ljudisolering. Tjockare betong har även en högre ljudisolerande förmåga.

3.3.3 Betongbyggnadsmetoder

3.3.3.1 Platsgjuten betong

Vid platsgjuten stomme sker hela gjutning på byggarbetsplatsen skriver Sandin (2007). Väggar är normalt 150 mm tjocka och bjälklagen 200–300 mm tjocka med en spännvidd på 4–5 m. Dimensioneringen av väggarna beror ofta på ljudkraven. Traditionellt sätts en form som begränsar betongens utsträckningsyta skriver Svenskbetong (2024f). Val av formsystem beror på projekt där det finns anpassningar för att göra gjutningen smidigare. Om det är ett mellanbjälklag som gjuts behövs stämp placeras ut som tar emot och fördelar lasten. Dessa måste stå till uttorkning, ibland flera våningar under gjutningen och får successivt tas bort. Hur mycket stämp och hur länge den behöver stå finns det säkerhetsregler kring. Innan formen kan rivas behöver betongen kontrolleras att den har nått tillräckligt hög hållfasthet. Detta kan göras med olika datorverktyg då det kan variera då förutsättningarna ändras. Det kan ta olika lång tid beroende på årstid och klimat. Vid gjutning av väggar skriver Svenskbetong (2024g) att det är fördelaktigt att använda självkompakterande betong (SKB). Detta medför att man slipper vibrering, färre personer krävs under gjutning och allt går snabbare.

3.3.3.2 Prefabricerade betongelement

Med prefabricerade betongelement menas element som förtillverkas i fabrik skriver Osbäck (2021) i ett examensarbete. Detta medför väderskydd och kontrollerade förhållande som gör att elementen skapas med mindre spill. Prefabricerade

betongstommar minskar även produktionstiden jämfört med platsgjuten stomme då elementen redan är gjutna. Prefabricerade stommar anser Sandin (2007) förekommer ofta idag och kan vara färdiga rum till enstaka skivor. Dessa monteras sedan på byggarbetsplatsen där de även kompletteras normalt med ytskikt och värmeisolering. Prefabricerade betongelement skriver Hansson et al (2017) behöver CE-märkas sedan 2013. Detta medför en viss kvalitet för att bli godkända och säljas på svensk marknad. Sandin (2007) tar upp en variant av prefabricerad vägg som består av två lager betong med isolering i mitten, kallad sandwichelement. En variant av prefabricerat bjälklag är hållbjälklag som består av en bjälke med flera stora hål på kortsidan i en rad. Fördelar med detta är att bjälklaget blir enklare samt att installationer kan lättare döljas.

3.3.3.3 Halvprefabricerade betongelement

Den vanligaste byggmetoden för flerbostadshus anser Svenskbetong (2024h) är platsgjutning med plattbärlag. Plattbärlag är förtillverkat i fabrik där man armerar betong som sedan används som en kvarsittande form under själva gjutningen. Plattbärlaget blir sedan homogent med övriga bjälklaget och fungerar som bjälklaget underkant. Fördelen med detta är möjligheten att gjuta in installationer i stommen som sparar plats. Vid montage av plattbärlag (filigran) skriver Byggai (2024a) att stämps sätts ut med bokrygg (formar en balk) och kontrolleras i höjd. Plattbärlaget bärs på plats och kopplas loss. Efter detta sker tätningar i glipor samt att en form i kryssfaser placeras och förstärks med stål. Efter detta kan gjutningen börja, när betongen har tillräckligt hög hållfasthet kan bokryggarna och stämpan tas bort. Hansson et al (2017) tar upp skalväggar som ett annat halvprefabricerat element. Skalväggar likt plattbärlag är en kvarsittande form efter gjutning. Elementet består av två betongskivor med ett mellanrum där gjutning kompletteras. I mellanrummet finns armering samt förbereda hål för installationer. Byggai (2024b) berättar att tjockleken på betongskivorna är normalt 50 mm och hålls samman av armeringsbalkar med 600 mm i centrumavstånd (c/c). Skalväggarna lyfts på plats med byggkranen och placeras med mellanrummet över uppstickande armeringsjärn. Sedan stärks elementen av stag och justeras så det sitter rakt med hjälp av pallbrickor innan gjutningen sker.

3.3.4 Betongsmiljöpåverkan

Största påverkan på klimatet av betong är cement skriver Naturskyddsföreningen (2022). När cement produceras upphettas kalciumkarbonat (CaCO_3), kalksten, för att skapa kalciumoxid som är huvudbeståndsdelen i cement. När den processen genomförs frigörs koldioxid (CO_2). I kombination med att uppvärmning sker via fossila bränslen medför det ännu mer koldioxidutsläpp. Vid tillverkning av ett ton cement frigörs 700-800 kg koldioxid. Totalt tillverkas det 4,5 miljarder ton cement varje år som gör att 2,7 miljarder ton koldioxid släpps ut. Det motsvarar 8 procent av de totala globala utsläppen.

Nordman (2020) ser att det finns flera lösningar som skulle minska problemet med betongs stora klimatpåverkan. Ett sätt genom att minska ny cementförbrukningen genom att förlänga betongens livslängd. På så sätt behövs mindre betong användas då byggnader inte behöver renoveras lika ofta. Nordman skriver även att betong kan ersättas av trä i vissa byggnadsdelar för att få ner cementproduktionen.

I Nordmans (2020) artikel nämns även företaget Finnsementti som producerar betong där det lyckats minska sina koldioxidutsläpp med 22 procent det senaste 30 åren. I betong är det 90 procent av klimatpåverkan som sker via cementen, därav försöker industrin minska cementmängden mot restprodukter som aska för att minska klimatpåverkan. Betongbranschen är väldigt medvetna om sina brister inom negativ klimatpåverkan och därav sker mycket forskning runt om i världen för att framställa betong med mindre klimatpåverkan. I Finland har forskare framställt ”*eko cement*” med lovande resultat där man minskat mängden kalksten mot restprodukter från industrin.

I Betongvärlden (2024) släpptes en artikel om hur Swerock blir först ut som betongleverantör att erbjuda klimatförbättrad betong som standard. ”*ECO-betongen*” är standard 2024 och ska reducera koldioxidutsläppen på varje projekt med minst 10 procent. De räknar med att betongen kan sänka totala koldioxidutsläppen med upp till 50 procent jämfört med traditionella betongen.

4 Fallstudie

Detta kapitel börjar med bakgrunden för de två byggprojekten som undersökts i fallstudien. Fallstudien består av en triangulering av en observation-, dokument- och intervjustudie där intervjufrågorna är formulerade utefter de tidigare två studierna. Observationsstudien består av deltagande vid montage av en KL-trästomme. Dokumentstudien består av genomgång av produktionsdokument så som APD-plan, arbetsmiljöplan, tidplan, fuktronder, fuktmätningar, arbetsberedning och riskanalys.

4.1 Byggprojektets bakgrund

4.1.1 Bellevuegården

Bellevuegården består av fyra hus benämnda Hus A, Hus B, Hus C och Hus D som byggdes i den ordningen med vissa moment som överlappade. De är flerbostadshus med totalt 135 lägenheter och en total bruttoarea på 10 243 kvadratmeter. Husen är byggda i 4–6 våningar med betongstomme och tegelfasad, se figur 9. Byggstarten var under våren 2021 och stod klart maj 2023. Flerbostadshusen är byggda öster om Limhamn i Malmö. Då Bellevuegården är färdigbyggd sker denna fallstudie i efterhand. Stommen är halvprefabricerad med skalväggar och filigranbjälklag.



Figur 9. Bild på Bellevuegården (THAGE, 2024)

4.1.2 Terrassgården

Byggprojektet Terrassgården består av 56 lägenheter fördelade på fyra plan med en total bruttoarea på 5200 kvm. Byggnaden består av en källare i form av garage som är utformat i betong. Övriga byggnaden består av mycket trä då stommen är KL-trä och fasaden är furuspån. På taket finns det gemensamt orangeri. Namnet Terrassgården kommer från att lägenheterna har egna terrasser som har minst en area på 20 kvadratmeter, se figur 10. Byggnaden har även stora glaspartier och högt i tak för att skapa en naturnära inomhusmiljö. Terrassgården är byggt utan heltäckande väderskydd.

Terrassgården byggs i Råbylund strax söder om Lund med byggstart 1 november 2022 och planerat slutdatum 30 september 2024. Då projektet inte är klart genomförs fallstudien i realtid.



Figur 10. Bild på Terrassgården (THAGE, 2024)

4.2 Observationsstudie

Förutsättningarna för observationsstudien var att stomresningen var pågående men närmade sig ett slut. Stommen bestod av fyra etapper med fyra våningar på respektive etapp. Observationsstudien bestod av deltagande under resandet av tredje våningens väggar, bjälklag och fjärde våningens väger för etapp fyra. Då de var samma yrkesarbetare som rest alla etapper innan fanns det vid denna resning rutin och erfarenhet.

4.2.1 Montage av KL-trästomme

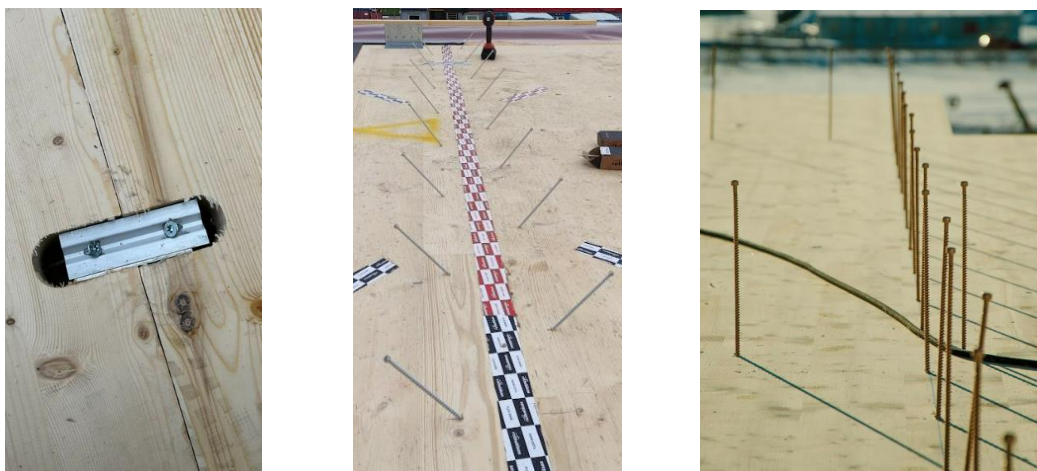
Dagen börjar med att leveransen med KL-träelement anländer och lyfts av lastbilen med hjälp av byggkranen. Elementen placeras tillfälligt på angiven plats för att tömma lastbilen och detta kräver 2–4 personer plus kran för att genomföra effektivt. När alla element är

avlastade från lastbilen är leveransen klar och montaget kan påbörjas. Under montaget befinner sig en person vid KL-träelementens angivna plats och kopplar på elementen till byggkranen så att de kan lyftas till byggnadens monteringsplats.



Figur 11. Lyfter KL-träelement på plats och stag som håller upp vägg vid montage (bild till höger från Boman, 2024)

Vid monteringsplatsen bör minst 2 personer finnas men flera gör att montaget kan gå snabbare. Byggkranen lyfter elementet till rätt plats som kontrolleras mot ritning och markering på KL-träelementet. På ritningen står det även vilken typ av ljudisolering som ska användas och placeras ut under elementet innan det sänks. I detta projekt används ljudisoleringstypen ”Piano” för att uppnå de akustiska kraven. När byggkranen har sänkt ned KL-träelementen på plats skruvas det enligt ritningarna. Är det ett bjälklag skruvas det och här är det viktigt att fallskyddsele används då man behöver vara ute på det omonterade elementet för komma åt skruvpositionerna. Är det en vägg förstärks KL-träelementet med 2 eller flera snedsträvor, se figur 11, beroende på väggens storlek innan byggkranen kan släppa elementet. När elementet är på plats kontrolleras det att det sitter rätt och rakt. Efter detta fästs det med skruvar och vinklar enligt anvisning i ritningen. Infästningen varierar och är framtagen av konstruktören i bygghandlingarna. I bygghandlingarna är det markerat med vilken typ av infästning som ska användas i ritningen exempelvis HD2 och var den ska vara. Sedan kan man läsa detaljritningarna för att se exakt hur HD2 ser ut, vilka skruvar/vinklar som ska användas, vinkel på skruven samt mängd se figur 12 för exempel.



Figur 12. Olika montageinfästningar (bild i mitten och till höger från Boman, 2024)

Efter infästningarna tejpas skarvar, installationshål och där skruvar fästs för att tätas. På utsidan av ytterväggarna fästs även ett lager plast med syfte att förhindra vatten och fukt kommer in utifrån, se figur 13. Det finns alltid risk att vatten kommer in och därav kontrolleras ytor kontinuerligt och rensar vatten så att det inte blir stående. Vissa delar av KL-träelementen är prefabricerat tejpade som underlättar samt minskar tiden vilket läggs på tejpning i produktionen.



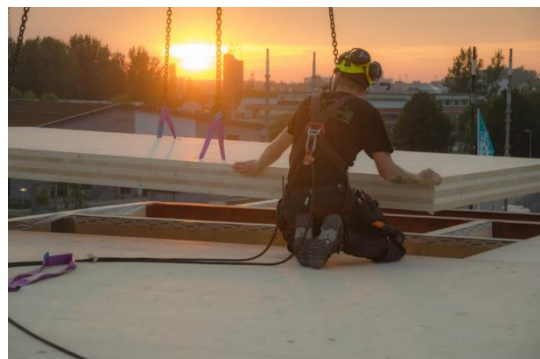
Figur 13. Plastskydd monterat som skall runt stommen (Boman, 2024)

Upplevelse vid montage

Montaget gick både snabbt och smidigt där tiden blev beroende av tillgång till byggkranen samt hur många yrkesarbetare som monterar elementen. Exempelvis bestod normalt en vägg av 3–6 vinklar där respektive vinkel bestod av 28 skruvar. Bjälklagens antal skruvar

varierade beroende på centrum avståndet angivet i bygghandlingen där av även vinkeln på skruven kan variera, se figur 12. Största delen av tiden går till dessa infästningar som kan minskas med flera yrkesarbetare.

KL-träelementen är lättare än motsvarande prefabricerade betongelement som medför ett enklare montage. Verktyg som används för att underlätta arbetet är kofot med hävarmar lättare lyfta och flytta elementen. När det kommer till bjälklaget användes ofta en så kallad ”skorpion”, se figur 14. Denna fästes mellan olika KL-träelement som sedan kunde dras närmare varandra. Övriga verktyg som användes var skruvdragare.



Figur 14. Verktyget skorpion som används vid montering av bjälklag (bild till höger Boman, 2024)

Under montaget utsattes bygget för en del starkare vindar. Detta stoppade inte monteringen men ställde högre krav på yrkesarbetarna som monterade stommen.

4.3 Dokumentstudie

Under dokumentstudien samlades flera dokument in från respektive byggprojekt i syfte att jämföra och finna likheter samt skillnader med att bygga i betong- respektive KL-trästomme. Då Terrassgården sker i realtid till skillnad från Bellevuegården som är avslutad medförde det olika förutsättningar för byggprojekten. Det även svårt att göra en helt rättvis jämförelse av byggprojekten då de även skiljer sig i storlek och budget. För att kunna jämföra stommaterialen baserat på fallprojekten har omvandlingar gjorts exempelvis areor för att visa en rättvisare bild.

I dokumentstudien analyserades de på produktionsdokument så som arbetsberedning, riskanalys, APD-plan, tidplan, arbetsmiljöplan, fuktronder och fuktmätningar. Alla dokument jämförde de två fallprojekten förutom fuktronden och fuktmätningarna som bara var dokument från Terrassgården. Detta då fukt har en större inverkan på träbaserade material och är inte lika relevant för betongstommen.

4.3.1 Arbetsberedning & Riskanalys

På Bellevuegården användes halvprefabricerade betongelement som medförde att arbetsgången för både stommarna genomfördes i stora drag på ett liknande sätt. Processen börjar med att byggkranen används för att ta emot leveransen av KL-träelementen/skalvägarna och plattbärlaget. Dessa placeras på anvisad plats på bygget innan det lyfts på plats för montage. Vid montage används kontinuerligt ritningar för att kontrollera att element placeras korrekt och rätt infästningar används. Vid leverans använder KL-träelementen stroppar för att fördela lasten och lyfts till anvisad plats. Vid montage lyft elementen till platsen med byggkranen och fästs med tre väggstag och skruv i vinklar i botten av väggen. Väggen kontrolleras med vattenpass och justerades så att den stod i lod. Skalväggar monteras liknande med stöd av stöttor och skruvar. Stämp placeras även ut för att stödja plattbärlaget som placeras senare. När alla skalväggar för ett våningsplan är utplacerade och kontrollerade att de står rakt så placeras plattbärlaget ovanpå. Sedan gjuts halva skalväggen som får härdas innan övriga väggar och valv gjuts. Vid montage av KL-träbjälklag lyfter byggkranen elementet på plats som fästs med skruv i varandra samt i väggarna våningen under. Väggstöden på väggarna lämnas kvar tills bjälklaget över är helt monterat och skruvat. Liknande lämnas stämp kvar när plattbärlag gjuts, men detta lämnas längre och även i fler våningar. Både arbetsberedningarna skriver att det är viktigt att städa arbetsplatsen kontinuerligt under arbetet. Under KL-trästommen tejpas även kontinuerligt öppningar för att täta mot att fukt kommer in.

Utrustningen som används vid montage av KL-trästommar är framför allt skruvdragare och spikpistol men även annat specialhjälpmedel utnyttjas. Resurserna som används förutom stommen är spik, skruv, tejp, väggstöd, akustikmaterial och infästningsmaterial. Vid betongstommen används utrustningen byggkran, bormaskin, mutterknackare, skruvdragare, krokspett, vinkelslip, betongkapmaskin, kofot och cirkelsåg. Resurserna som används bortsett från stommen är bultar, skruv, stämp och formplywood. Formplywooden används som form under gjutning.

Risker och åtgärder för att minimera riskerna under montage av i KL-trästommen visas i tabell 4.

Tabell 4. Risker och åtgärder under montage av KL-trästomme.

Risker	Åtgärder
Arbete med risk för fall från högre höjd än två meter.	<ul style="list-style-type: none">- Vid montage av höga hissväggar används lift.- Vid montage av bjälklag används skyddsele. Direkt efter montage monteras combisafe upp som räcke.
Arbete vid vilket lansering, montering och nedmontering av tunga byggelement eller tunga formbyggnadselement ingår.	<ul style="list-style-type: none">- Säkra lyft: kontroll av lyftredskap och lyftöglor, väl valda lyftpunkter för att fördela vikten optimalt.- Håll säkerhetsavstånd vid lyft av tunga element.
Arbete på plats eller område med passerande fordonstrafik.	<ul style="list-style-type: none">- Arbetsrotation- Hjälpmedel för att minska vibrationerna till exempel handskar.
Buller från maskiner och handarbete.	<ul style="list-style-type: none">- Hörselkåpor skall användas vid arbeten där det behövs.

I betongstommesarbetsberedningen nämns arbetsmiljö-, kvalitets- och miljörisiker samt åtgärder för att förhindra dessa, se tabell 5.

Tabell 5. Arbetsmiljö-, kvalitets- och miljörisiker samt åtgärder under montage av betongstomme.

Risker	Åtgärder
Arbetsmiljö	
Tunga väggar	Koppla väggar enligt anvisning
Klämrisk	Håll i väggar en bit in
Fallrisk	Använd bockar med fallskydd
Kvalite	
Rätt vägg på rätt plats	Ritning
Följ linjer i golv	Lackera linjerna
Rätt ritning	Skriv ut och plasta
Buller från bormaskin	Hörselskydd
Miljö	
Avfall vid produktionen	Kontrollera att det slängs i rätt container

I arbetsberedningen fanns även uppskrivit ansvariga personer för olika moment och risker för tydligt ansvar. Efter genomgången av arbetsberedningen skrev samtliga deltagande under arbetsberedningen som bevis på deltagande.

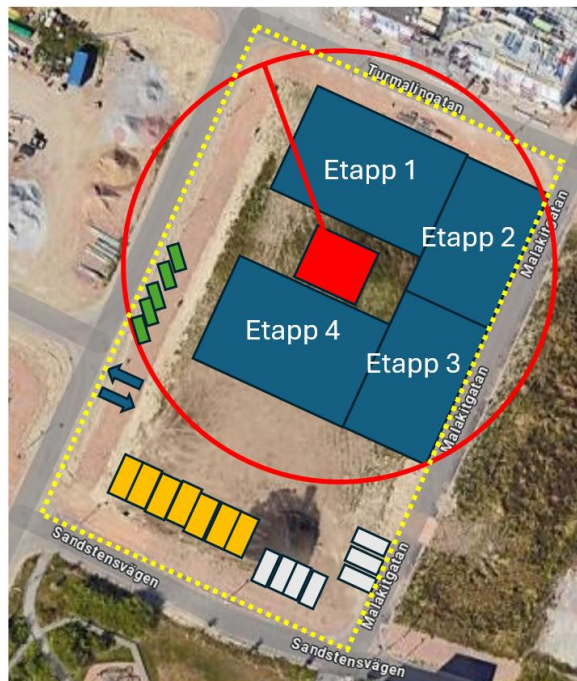
4.3.2 APD-plan

Båda fallprojektens APD-planer (arbetsplatsdisposition-planer) har liknande uppbyggnad med byggkran som når över hela bostaden, leveransplats och avfallshantering. Byggkranens räckvidd visas i APD-planen som en röd cirkel där cirkelns area motsvarar räckvidden, se figur 15 och 16. I APD-planen ser man byggbodarna markerade i orange och containrar med material markerade i grå som är placerade bredvid varandra och i utkanten av byggområdet. Avfallshanterings containrar är markerade i grönt och byggområdet markeras med gulstreckad linje. In och ut för leveranser markeras med blåa pilar.

Att byggkranen är placerad liknande i båda APD-planerna kan ha med de lika arbetsgångarna. För att kunna genomföra montaget måste byggkranen nå över hela bygget samt leveransplatsen så att den kan ta emot stomelementen. Att byggkranen även når avfallshanteringen underlättar produktion genom att man kan utnyttja dem för att samla större mängd avfall och slippa springa flera gånger. Att byggbodarna och materialcontainrar är placerade i utkanten av byggområdet medför att det inte är i vägen under produktionen. Att det är bredvid varandra medför även att man kan hämta verktyg på vägen ut från byggbodarna samt lämna på vägen in.



Figur 15. APD-plan för Hus A och B på Bellevuegården (satelitbild tagen från google maps 2024)



Figur 16. APD-plan över Terrassgården (satelitbild tagen från google maps 2024)

4.3.3 Tidplan

Båda fallprojekten är flerbostadshus men de består av olika antal och storlek på flerbostadshusens lägenheter. Att bara studera tiden i tidsplanen för respektive stommontage gör det svårt att dra slutsatser kring montagetiden för stommarna då de har olika förutsättningar. För att göra en bättre jämförelse av tidplanerna och dra slutsatser kring tiden för de två olika stommarna behöver en omvandling göras som tar hänsyn till de olika storlekarna på flerbostadshusen.

På Bellevuegården byggdes det 135 lägenheter med en total bruttoarea på 10 243 kvadratmeter. På Terrassgården byggs 56 lägenheter med en total bruttoarea på 5 200 kvadratmeter. Bellevuegården har därav fler lägenheter och total bruttoarea medan Terrassgårdens lägenheter i större i genomsnitt. För att dra slutsatser kring tiden för stommontaget jämförs tiden per lägenhet samt tiden per kvadratmeter. Detta beräknas procentuellt mot varandra.

Vi beräkning av tidsskillnaden av stommen per lägenhet byggdes det lägenheter på Terrassgården 27,6 procent snabbare än vad det byggdes på Bellevuegården. Beräkningen av tidsskillnaden per kvadratmeter visade att det byggdes 71,4 procent snabbare per kvadratmeter på Terrassgården jämfört med Bellevuegården. Att skillnaden blev större per kvadratmeter jämfört med per lägenhet har med att göra att lägenheterna på Terrassgården är i snitt större än Bellevuegården. Att lägenheterna är olika stora gör det svårare att dra slutsatser kring tid per lägenhet och därav ger tid per kvadratmeter än mer rättvisande bild av den faktiska byggtiden för respektive stomme.

4.3.4 Arbetsmiljöplan

Arbetsmiljöplanen är uppbyggd på liknande sätt för både fallprojekten där dokumentet börjar med en arbetsmiljöorganisation. I denna står det olika ansvariga personer under byggtiden, som exempelvis brandskyddsansvarig under byggtiden, samt kontaktpersoner för entreprenörer på bygget. Det står även att skyddsronder genomfördes varannan vecka på både fallprojekten men skiljde sig åt under stommontaget där det genomfördes varje vecka på Bellevuegården istället. Skyddsronderna genomförs av en arbetsledare och skyddsombud som tar ett varv på byggarbetsplatsen för identifiera risker och faror.

Nästa del av arbetsmiljöplanerna innehöll *ordnings- och skyddsregler för arbetsplatsen* där texten var samma då man jobbar på samma sätt inom företaget. Här framgick arbetsmiljöpolicy på företaget samt hur regelbrott bemöts och förebyggs. Punkterna som tas upp är:

- Våra byggarbetsplatser
- Risker
- Uppförande och beteende
- Utbildningar och arbetsplatsinformation
- Byggarbetsplatsen

- Personlig skyddsutrustning
- Skyddsanordningar
- Fallskydd
- Damm
- Buller
- Brandskydd
- Elsäkerhet
- Kemiska produkter
- Alkohol och droger
- Åtgärder vid överträdelse av ordnings- och skyddsregler

Det fanns även en tydlig mall med en risköversikt över arbeten med särskild risk som förekommande på byggarbetsplatsen. Dessa gick igenom och fylldes i med *Förekommer* eller *Förekommer ej*. Efter denna mall fanns det fler mallar för respektive risk med åtgärder för att förbygga och minska riskerna. Dessa var formulerade i punktlister där riskerna tydligare identifierades samt vilka åtgärder som var planerade att använda i förebyggande syfte.

Fallprojekten skiljde sig inte mycket i risköversikten i de punkterna som påverkades av stommen. I både projekten förekom risken *arbete med tunga element* då stommarna är tyngre element. Skillnaden var under *Åtgärder vid arbete med tunga element* där Bellevuegården hade en lagringsplats för stomelement som inte Terrassgården hade.

4.3.5 Fuktronder

I projektet Terrassgården har det genomförts två fuktronder av fuktsakkunnig i projektet med en medverkande arbetsledare. Ronderna går genom kontrollpunkter som bedöms med rubrik som:

- Skydd av material och konstruktion
- Läckage, nederbörd
- Fukt i material
- Uttorkning av betong
- Tekniska system
- Renhet på ytor
- Kontroll av utförandet vid fuktkritiska konstruktioner enligt fuktplan och fuktsäkerhetsprojektering
- Lufttäthet

Under varje rubrik finns det kontrollpunkter och totalt blir det 27 kontrollpunkter. Dessa bedöms i form av *Åtgärd krävs*, *Följ upp*, *OK* och *Ej relevant*. Kontrollpunkterna kommenteras även där det behövs för att ge kontext till punkten, se tabell 6.

Tabell 6. Exempel kontrollpunkt från Fuktrond 1.

Nr	Kontrollpunkt	Kommentar, avvikelser, förslag till åtgärd, hänvisning till dokument	Åtgärd krävs	Följ upp	OK	Ej relevant
3.4	Lägsta uppmätta ytemperaturen på träbaserade material i °C Klimat RF% och temp °C ute och inne	12 °C RF 38% inne, RF 96 % ute Temp 14 °C inne, Temp 8 °C ute			X	

Vid andra fuktronden kontrolleras samma punkter som första för att följa upp och kontrollera att allt fortfarande ser bra ut. Avståndet mellan fuktronderna var 2–3 månader och nästa rond skulle ske efter yttligare samma avstånd. Tiden mellan ronderna beror på bedömningen, i detta fall var bedömningarna bra och därav blir det ett längre avstånd mellan fuktronderna.

4.3.6 Fuktmätningar

Fuktsakkunnig på Terrassgården placerade ut fuktmätare i KL-trädstommen för att mäta och kontrollera fuktkvoten. Flera fuktmätare sattes ut i varje lägenhet i både väggar och golv för att kunna dra slutsatser kring hur fuktig stommen var. Detta gjordes kontinuerligt i varje etapp och våning där alla fuktkvoter skrevs in i mätprotokoll.

Då det placerade flera fuktmätare i varje lägenhet har en summering gjorts av etapp 2 där fler än 100 fuktmätare är placerade. Efter att ha sammanställt mätprotokollen för etappen blev den genomsnittliga fuktkvoten i väggarna var 11,3 procent och golvet 13,3 procent. Den högst uppmätta fuktkvoten för väggarna var 14 procent och golvet 17 procent. I dokumenten markeras ut mätpunkter samt ritning för att markera vart mätningen sker. Det skede även mer fuktmätningar för golvet än för väggarna då de satt flera fuktmätare på golvet.

4.4 Intervjustudie

För att koppla samman observations- och dokumentstudien avslutas fallstudien med en intervjustudie. Under intervjuerna ställdes frågor kring produktionen i fallprojekten samt observations- och dokumentstudien. De respondenter som intervjuades var en arbetsledare för KL-trästommontaget, platschefen för Terrassgården, arbetschefen för Terrassgården och platschefen för Bellevuegården. Intervjuerna var semistrukturerad och sammanfattas under olika rubriker i detta kapitel. Respondenterna fick olika intervjufrågor som var anpassade efter deras arbetsroll för så givande svar för studien som möjligt. Intervjufrågorna finns i bilagor.

Innan respektive intervju informerades respondenten om bakgrunden till studien och genomgång på intervjustudiens upplägg. De respondenter som var utvalda hade alla erfarenhet inom respektive område och valdes därav. Respondenternas erfarenhet undersöktes innan respektive intervju vilket medförde att frågorna kunde specificeras för respondenten.

4.4.1 Produktion med KL-trästomme

Att jobba med korslimmad trästomme i produktionen gör att det blir ett behagligare och varmare klimat inne i byggnaden mycket fortare lyfter flera respondenter. Detta är en fördel då det skapar en bättre arbetsmiljö. I jämförelse med en betongstomme där inne klimatet i byggnaden är råare och fuktigare under en längre period innan man fått upp värmen i byggnaden. Doften är även mycket trevligare hos trä jämfört med betong anser respondenten.

Efter stommontaget görs stomkompletteringar som respondenten anser är enklare med en trästomme jämfört med betongstomme. Detta har med att man enkelt kan skruva nästan överallt på materialet som underlättar infästningar. Det går även fortare då färre verktyg behövs jämfört med betong. När man skruvar i betong behövs bormaskin som inte behövs när man jobbar med trästomme.

Skulle något KL-träelement vara lite fel så att det inte passar in lyfter respondenten att det är enklare att anpassa än betong. KL-trä kan lättare sågas till så elementen passar. Att materialet är lättare tycker även respondenten underlättar arbetet.

Nackdelar med korslimmad trästomme lyfter respondenten att produktionen blir mer väderkänslig. I referensprojektet har förhållandena varit tuffa med mer regn och snö än förväntat som medfört mer jobb för att undvika fuktproblem. Detta är både tids- och kostnadskrävande. Flera respondenter tog upp påverkan av klimatet skulle kunna minimeras genom att lägga mycket vikt i projekteringen på lösningar för att få byggnaden tät så fort som möjligt.

Utmaningar i projektet var även de komplicerade byggandet. Respondenten tog upp att arkitekten ville ha KL-träelementen kors och tvärs som resulterade i ett svårare och mer

komplikerat montage jämfört med tidigare arbeten. Detta löste sig bra tyckte respondenten, men medförde extra utmaningar på Terrassgården. Normalt brukade de resa KL-trästomme för en våning på en vecka, då det projekt var lite mer komplicerat tog varje våning lite mer än en vecka.

Respondenten anser inte att det är svårt att uppfylla kraven för fukt, brand och akustik när man bygger med en KL-trästomme men det är mer omfattande än med en betongstomme. Kraven på fukt är högre då materialet är fuktkänsligt, men är inget oöverkomligt. Kraven på brand är även högre då trä är brännbart. Detta medför mer arbete än med betong när det kommer till brandtätningar. För att uppfylla akustikkraven placeras lister ut som KL-träelement placeras ovanpå. I detta projekt användes även akustikmatta på bjälklagen och respondenten trycker på att kraven har uppnåtts utan svårigheter.

Under projektet ansåg respondenterna att leveranserna av stommaterialet fungerat bra. De har inte haft några problem med leveransen och då KL-träelementen är lättare än motsvarande i betong minskar det leveranskostnaderna. Leveranserna har varit två gånger i veckan för att undvika behöva lagra material på arbetsplatsen. Detta då stommaterialet både tar upp plats samt behöver väderskyddas. Montaget har även fungerat som tänkt trots starkare vindar.

Arbetsstimmarna för KL-trästommen uppskattas i projekten motsvara de arbetstimmar som hade krävts för motsvarande betongstomme anser respondenten. De sparas dock tid i montaget då betongen behöver stelna, så att totala montagetiden blir kortare trots att arbetsstimmarna är motsvarande. Detta medför en kortare byggtid men respondenten lyfter även att projekteringen blir längre istället med KL-trästomme.

I detta projekt var en utmaning att KL-trästommen skulle vara synlig stundtals. Detta medförde ökad försiktighet under produktionen samt ökade kostnader då sprinkler systemkrävdes för att uppnå brandkraven då stomme är i trä. Respondenterna lyfter att detta ökade totala kostnaderna en hel del.

Lärdomar som flera respondenter berättar om från projektet är vikten av en bra projektering när man bygger med KL-trä. I produktionen vill man få en tät byggnad så fort som möjligt, detta blir extra viktigt med en KL-trästomme för att minska arbetat som behöver läggas på torka ut stommen. En respondent nämnde att ha färdiga takkaster med papp skulle kunna vara en lösning för snabbare få tät byggnaden. På så sätt kan de bara lyftas på och tätas i skarvar när övriga stomelement är på plats. I detta projekt har man även stora fönster som går från golv till tak och därav ingen fönsterbröstning (ytan under fönstret som sitter mellan fönsterkarmens underkant och golv). Respondenten anser att det hade varit lättare att provisoriskt täta innan fönsterna kom om man haft en fönsterbröstning. Detta hade minskat fukten i byggnaden då det ofta regnar snett i Skåne. Projektet har även mycket fokus på utseende som där man velat ha synlig stomme stundtals för vissa KL-trästommen. Detta skulle kunnat göras annorlunda med träskikt på att återskapa samma utseende enklare och billigare. En respondent tog upp just det att det är viktigt att inte glömma att en stomme är en stomme och måste uppfylla sina funktioner, de är synd när det förhindras av det estetiska.

4.4.2 Produktion med betongstomme

Under produktion med betongstomme anser respondenten att det är viktigt att mycket fokus läggs på att formen blir rätt. Det gäller att allt fixas när betongen fortfarande är blöt för att undvika massor av efterarbete. Lyckas man med detta sparas massor tid som annars hade behövts läggas i onödan. Fördelar med att bygga med i betong är att materialet är beständigt och kostnadseffektivt. Betong är även inte känsligt för brand och fukt.

Att uppfylla fukt-, brand- och akustikkraven anser respondenten inte brukar vara några problem. Akustikmässigt brukar mycket av kraven uppnås när stommen är tjockare än 200 mm som den ofta är. Brandkraven brukar heller inte vara svåra då betong inte är brännbart. Det som är viktigt för att betongen ska vara brandtålig är att täcksiktet (avståndet mellan armeringsjärnen i betongen och betongens yta) är tillräckligt djupt. Är det inte det kan armeringsjärnen upphettas under brand som förändrar betongelementets egenskaper. Då betong inte är känsligt mot fukt är fuktkraven utformade för att se hur torr betongen är så att andra material kan placeras intill betongen. Betongens uttorkning påverkas av betongens VCT-tal samt förhållanden vid gjutningen. Betongen i detta projekt hade VCT-tal på 0,45 och respondenten berättade uttorkningstiden och hållfasthetsvärdena för betongen hade fungerat utan några problem.

Utmaningar i referensprojektet var dels montaget av skalväggar. Det är viktigt att få helt tät innan gjutningen börjar för att undvika massor av efterarbete. Hus C hade även svårare produktion då huset monterades på ett aktivt garage. Då garaget skulle vara igång gjorde det produktion svårare med störningsmoment från omgivningen.

4.4.3 Projektering för stomme

Respondenten berättar att när man väljer stommaterialet kan det ske på två olika sätt, antingen väljs den ekonomiskt eller på beställarens förfrågan. När förfrågningsunderlaget skickas ut har beställaren räknat med en stomme för att få en kostnadsbild. Vanligaste ändringarna respondenten lyfter är att man ibland ändrar från en prefabricerad betongstomme till en platsgjuten om det sparar pengar och man har den förmågan att gjuta stommen själv.

För entreprenören skiljer sig inte projekteringsarbetet så mycket beroende på stomme anser respondenten. Det är en huvudkonstruktör som ansvarar för utformningen av konstruktionen samt att ofta tas en underentreprenör in som står för byggandet av stommen. Det som skiljer sig åt är att projekteringsarbetet för en prefabricerad stomme i betong eller KL-trä tar längre tid än projekteringsarbetet för en platsgjutenstomme anser respondenten. Så även om prefabricerade stommar monteras snabbare tycker respondenten att den totala byggtiden blir snarlik då projekteringstiden blir längre. Materialkostnaden för stommen är även dyrare för KL-trä jämfört med betong berättar respondenten.

4.4.4 Produktionsdokument

4.4.4.1 Arbetsberedning och riskanalys

Montaget av KL-trästommen på Terrassgården genomfördes av en underentreprenör där de skrev arbetsberedningen och riskanalysen. Dessa skrev av projektledaren tillsammans med arbetsledaren berättade respondenten. Innan arbetet påbörjades hade man en genomgång av arbetsberedning med samtliga yrkesarbetare som skulle genomföra montaget. Respondenten berättades att de finns möjlighet här för att tycka till men i detta projekt var både arbetsberedningen och riskanalysen rätt lik tidigare projekt de genomfört så fanns inte så mycket att diskutera. Ofta är dessa dokument relativt standardiserade då samma risker återkommer i form av klämrisker och fallrisker. Respondenten tyckte dock att det ändå är viktigt att gå genom arbetsberedningen och riskanalysen för att påminna om farorna i arbetsmomenten.

Respondenten berättar att på Bellevuegården skrevs arbetsberedningen av arbetsledaren som ansvarade för momentet. Detta gjordes tillsammans med de yrkesarbetarna som skulle genomföra momentet. Respondenten anser att detta är väldigt bra då de som ska genomföra moment får höra de risker som finns samt har möjlighet att tycka till på utförandet. På så sätt fås en bättre förståelse av uppgiften samt en medvetenhet om risker. Detta brukar dock genomföras rätt standardiserat lyfter respondenten men är ändå givande. Det är viktigt att yrkesarbetarna verkligen förstår riskerna så att det kan förebyggas. Genomgången avslutas med att samtliga som deltagit skriver under dokumentet för att bekräfta att de förstått allt.

4.4.4.2 APD-plan

När företaget fick tillgång till tomten för Terrassgården åkte platschefen ut och började planera hur APD-planen skulle se ut. Detta var under ett tidigt skede där utmaningar på arbetsplatsen försökte identifieras. Respondentens berättade att utmaningen var att skapa en god logistik på en trång tomt. Då projektet skulle ha många KL-träelement leveranser som hade långa lastbilar behövdes en längre rak väg in på området. Därav fanns ett större leveransområde mellan projektet och byggbodarna, se figur 16 i kapitel 4.3.2. Tanken från början var att ha en genomfart där man kunde köra ut från området på andra sidan för att undvika behöva vända leveransfordonen. Vägen på andra sidan stänges däremot av så istället såg man till att infarten placerades vid fyrvägs korsning för att underlätta vändning av lastbilarna. Respondenten är nöjd med APD-planen för Terrassgården och hade inte ändrat något i efterhand.

På Bellevuegården utformades APD-planen av platschefen och arbetsledare. För att minska totala byggkostnaderna placerades byggbodarna på tomten för att undvika hyra mer mark då det är dyrt. Byggkranen placerades mitt emellan hus A och hus B, se figur 15 i kapitel 4.3.2. Respondenten lyfte att detta ökade kostnaderna tillfälligt med en större byggkran, men totalt anser respondenten att kostnaderna blev mindre. Att sätta upp en

byggkran samt riva den kostar och genom att undvika göra detta en extra gång anser respondenten att totalkostnaden minskade.

Respondenterna lyfter att uppbyggnaden av arbetsplatsen inte hade ändrats beroende på om stommaterialet var KL-trä eller betong. De lyfter även vikten av att tänka om omgivningen vid utformning av APD-planen. I projektet var en skola granntomten och därav valde man att hyra mer mark för att stänga av cykelvägar och liknande nära byggarbetsplatsen. Detta för få bort förbipasserande människor och undvika olyckor.

4.4.4.3 Arbetsmiljöplan

I ett tidigt skede uppfördes arbetsmiljöplanen av platschefen på Terrassgården. På företaget jobbar man enligt en standardmall där exempel på risker och faror är uppskrivna. Dessa berättar respondenten gicks igenom samt riskmoment identifierades för att skriva upp faror och åtgärder. I detta projekt fick man en bra uppfattning från start om risker och faror men respondenten berättar att hade något identifierats senare hade de tillkommit i arbetsmiljöplanen. I dokumentet stod det att skyddsronder genomfördes varannan vecka men sedan projektet har växt valde man gå varje vecka på halva projektet åt gången. Detta för att genomföra en mer betydelsefull skydds rond då de är svårt att hinna med allt om rondan är för stor. Respondenten lyfte att alla på bygget bär ett ansvar att rapportera samt åtgärda om de ser något farligt på byggarbetsplatsen.

På Bellevuegården uppfördes arbetsmiljöplanen under projekteringen av platschefen och entreprenadingsjören. Även här användes samma standardmall och man försökte i ett tidigt skede identifiera risker och faror. Respondenten lyfte att arbetsmiljöplanen uppdaterades kontinuerligt men anser att den borde nog kollas över oftare. Detta anser respondenten är ett problem i allmänhet i branschen som beror på brist i prioritering då tiden inte räcker. På Bellevuegården gicks skyddsronder varje vecka under stommontaget. Detta berättade respondenten hade med ställningen att göra och många risker tillkommer under ställningsändringar. Den vanligaste arbetsplatsolyckan anser respondenten är fallskador.

4.4.4.4 Tidplan

Tidplanen har följts som planerat på Terrassgården berättar respondenterna. Det har varit svårare på Bellevuegården där hus C tog längre tid då man underskattade i projekteringen hur mycket aktiviteterna i garaget skulle ställa till. Detta gjorde även att tidplanen ändrades för hus D som byggdes efter. Husen som byggdes innan hus C, alltså hus A och B, höll tidsplanen utan några problem.

Produktionstiden påverkar den på totalkostnaden genom att allt på ett bygge kostar pengar lyfter respondenten. Hyra för byggkran, bodar, maskiner med mera driver den totala kostnadsbildningen utöver arbetstimmar och löner som ska betalas. Därav kan kostnader minskas genom en kortare byggtid. Skillnaden mellan produktionstidens påverkan på

totalkostnaden för en prefabriceradstomme i betong eller KL-trä jämfört med platsgjuten betong är rätt samma anser respondenten. Totaltiden är fortfarande representativ trots att montaget går snabbare med prefabriceradstomme då projekteringen blir längre.

4.4.4.5 Fuktmätning och fuktrond

Fuktmässigt har Terrassgården fungerat bra trots den tuffa hösten och vintern berättar respondenterna. Det har varit onormalt mycket regn och snö som har varit utmanande och skapat ett högre fokus på fukt än planerat. Vädret har gjort att många arbetstimmar, materialkostnader, byggkranstimmar, fläktkostnader och elkostnader har ökat entreprenörens kostnader med ungefär 0,5 procent av kontraktssumman. Detta är utöver den summa som var planerad för att motverka fuktproblem. Summan är även uppskattad lyfter respondenten och inskriven som en ÄTA, kan mycket väl vara den dubbla.

I jämförelse med andra projekt lyfter respondenten att insatserna här har varit rätt representativa branschen. Man har för att hålla tidsplanen varit tvungen att göra insatser för att hålla träet tørt då det har regnat mer än beräknat. Respondenten berättar annars att KL-trä klarar mer än vad de flesta tror. Under byggtiden hände de att 5 cm vatten blev stående på ett bjälklag. Det torkades ut och klarade fuktkvoten tre dagar senare efter att vattnet var undanröjt. Fuktmätningarna visade att vattnet tog sig bara 3 cm ner i KL-trärestommen och respondenten trodde att det hade med skiktet och limmet i stommen.

Det som händer när vatten rinner på ytan av KL-trärestommen är att ådrorna i materialet reser sig berättar respondenten. Detta påverkar bara utseendet som medförde att man lagade ytor som detta hände på. Lagningarna fungerade väldigt bra på delar som är inomhus. Det är svårare att få en snygg lagning lyfter respondenten utomhus i sol och regn.

4.4.5 Framtiden

För att dra slutsatser om hur byggmetoderna kan se ut i framtiden har respondenterna fått frågor hur metoderna ändrats under tiden de jobbat. Respondenten som jobbar med KL-trä ansåg att en del förändring har skett under de senaste 6 åren. Kunskap som funnits i andra länder har spridits till Sverige som underlättat byggandet. Man har minskat antalet skruvar som behövs då det till en början var väldigt överdimensionerat. De har även kommit verktyg som skorpionen, nämns i observationsstudien, som gör arbetet i produktionen smidigare. Skruvar har även anpassats i öppen dialog med konstruktören där respondenten berättar att man diskuterat fram lösningar som både underlättar produktionen samtidigt som de klarar konstruktionsskarven.

Betongmetoderna har inte ändrats lika mycket lyfter respondenten som jobbat med betong i över 30 år. Metoden går lite i trender där halv prefabricerade betongelement som skalväggar blivit vanligare. Det anser respondenten har med en brist i kunskap för att platsgjuten betong.

Respondenten tror att i framtiden kommer metoden för att bygga med KL-trästomme kommer fortsätta optimeras. Det finns en stor brist i kunskap anser respondenten som med tiden om information sprids skulle kunna göra KL-trästomme till ett attraktivare stomalternativ. Idag överdimensioneras mycket och KL-träelement används på flera platser än vad det behövs anser respondenten. Hade man optimerat detta hade man kunnat dra ner priset för produktion av KL-trästommar då färre KL-träelement hade använts. Då materialet är dyrt hade detta kunnat ha en stor påverkan på kostnaden. Respondenten nämnde även KL-träs positiva påverkan på klimatet genom minskad koldioxid i atmosfären då materialet är koldioxidbindande. Hade klimatkraven ökat hade även de kunnat göra KL-trästommar vanligare i framtiden.

Respondenten tror att det kommer bli vanligare med prefabricerade betongelement i framtiden på grund av bristen i kunskap av platsgjutning. Nu förtiden behöver man torka ut betongen normalt till 85 procent relativ fuktighet för att material som placeras på betongen ska klara det. Respondenten anser att hade beställare använt mer material som tål 90 procents relativ fuktighet hade det underlättat mycket på produktionen då det är enkelt att få ner relativa fuktigheten till 90 procent, men svårare den sista biten till 85 procent. Ekobetong kommer även blir vanligare då respondentens erfarenhet med de varit väldigt positiv.

Att kombinera olika material i form av en hybridstomme lyfte även av respondenterna att de tror kommer bli vanligt i framtiden. På så sätt kan man utnyttja materialens fördelaktiga egenskaper.

5 Diskussion och analys

I detta kapitel diskuteras och analyseras litteratur- och fallstudien. Fallstudiens olika delar som observations-, dokument och intervjustudien jämförs med varandra och återkopplar till litteraturstudien. Detta för att besvara problemformuleringarna och de olika frågeställningarna.

5.1 Montage av KL-trästomme

Byggmetoden med KL-trä gick både smidigt och snabbt. Hela montaget gick utan hinder och det märktes att samma grupp hade jobbat tillsammans då alla visste vad som skulle göras. Största utmaningarna var det olika montageinfästningarna och de längre skruvarna. Vissa montageinfästningar skulle skruvarna skruvas snett för fästas korrekt och missade man rätt vinkeln behövdes detta göras om. Även vissa skruvar var väldigt långa som medförde utmanade skruvning och dessa leda till längre montagetid. Under intervjustudien berättade respondenten att detta tas upp i dialog med konstruktören. Yrkesarbetarna lyfter i denna dialog vilka montageinfästningar som fungerar smidigare under montaget och konstruktören räknar för att se vad som fungerar konstruktionsmässigt. Detta medför att montaget av KL-trästommar kommer gå smidigare i framtiden när man fått mer erfarenhet.

Montaget stämde även bra överens med arbetsberedningen och riskanalysen. Det märktes att de hade jobbat och gått genom dessa dokument med yrkesarbetarna som genomförde KL-trämontaget.

5.2 Projektering för stomme

Valet av stommaterial görs oftast av beställaren och respondenten berättar att KL-trä är dyrare än betong. Denna kostnad beror till stor del av materialkostnaden, men även arbetet kring uppnå funktionskrav och skydda mot fukt. Dessa krav anser respondenterna inte är svåra att uppnå men kostar massor av pengar. Kraven i detta projekt blev även svårare än de kunde ha varit på grund av de estetiska. Att man ville ha synligstomme medförde ökade brandkrav som var kostnadsdrivande i projektet. Respondenter ansåg att kombinationen av en känsligare stomme och svårare byggande än normalt skapade mycket utmaningar. Man hade kunnat uppnå samma estetiska egenskaper i projektet med enklare utförande lyfte respondenter, det är viktigt att komma ihåg att en stomme är en stomme. I projekt

Terrassgården blir det extra viktigt då funktionskraven redan är höga för en KL-trästomme, att öka kraven ytterligare på grund av de estetiska gör byggandet komplicerat och dyrt.

Lärdomar som gjordes vid Terrassgården var att projektera för tätbyggnad så fort som möjligt. Hade man i projekteringen gjort tätningen enklare hade både tid och pengar kunnat besparats. Detta genom att göra det lättare att skydd vid stora fönsterpartierna genom att ha en bröstning samt ett färdiga takkaster enligt respondenter. Att fönsterna saknade bröstning kan bero på det estetiska för att skapa större fönsterpartier. Bristen på erfarenhet med KL-trä gjorde att man inte identifierade denna utmaning i projekteringen. Detta blev påtagligt i projektet då man även hade tuffare väderförhållanden än normalår som motsvarade vad man räknade med. Även om väderförhållanden kan vara svåra att förutse så gjordes ändå lärdomar kring att underlätta tätbyggnad så mycket som möjligt i projekteringen när man bygger med KL-trästomme. Som i detta fall var att se till att fönsterpartier har bröstning samt att taket går snabbt att montera, som det gör med takkaster.

De lyftes i intervjuerna att det tar längre tid att projektera för prefabricerade element än för platsgjutet. Detta har med den noggrannare projekteringen som behöver göras för respektive element då allt behöver beställas och tillverkas som tar tid.

5.3 Produktionsdokument

Byggmetoderna med halvprefabricerad betong- och KL-trästommar skiljer sig inte allt för mycket, detta medförde att produktionsdokumenten liknade varandra för respektive referensprojekt. Att båda projekten även byggdes av samma företag medförde att man jobbar på liknande sätt med samma mallar. Därav blev det mer utmanade att dra slutsatser kring vissa av produktionsdokumenten utifrån skillnader som görs på grund av vilket stommaterial som används.

APD-planerna för projekten hade liknande uppbyggnad och under intervjustudie berättade respondenter om det som är viktigt att tänka på under uppbyggnaden, där respondenternas svar likade varandra. Under intervjustudien sa de även att de inte skulle ändra något i APD-planen om de bytte stommaterial i deras projekt. Detta tyder på att APD-planen inte påverkas av stommaterialet.

Arbetsmiljöplanen påverkas inte så mycket om stommen är halv prefabricerad betong eller KL-trä. Arbetsmiljöplanerna för båda fallprojekten var lika och ingick samma risker där fall- och klämrisiker är vanligast förekommande. Det som skiljde i projekten var hur ofta skyddsronder gick. Då Bellevuegården hade en murad fasad valde man att gå skydds rond varje vecka då byggnadsställningarna ändrades ofta. På Terrassgården valde man även att gå skydds rond varje vecka men istället för dela upp projektet då det var så pass stort att allt inte kunde täckas samtidigt. Säkerhet är något som tas seriöst och man märker att det prioriteras för att tänka igenom moment för att minimera risker. Arbetsmiljöplanerna är tydliga och bidrar med ett stöd för säkrare produktion. Även om

det lyftes av en respondent att den inte jobbas mycket med under produktionen fyller den sin funktion som stöd och är viktigt att den finns.

I denna studie ingick inte deltagande under montaget av halvprefabricerade betongstomme på Bellevuegården och därav gick det inte att dra slutsatser utifrån observation. I arbetsberedningen stämde byggmetoden överens med litteraturstudien.

5.3.1 Produktionstiden

Tidsskillnaderna för respektive stomme i referensprojekten var att KL-trä byggdes 71,4 procent snabbare per kvadratmeter än betong. Respondenterna ansåg att arbetstimarna var motsvarande för respektive stomme. Att KL-trämontaget går fortare har med uttorkningen av betongen att göra. Respondenterna lyfta även att tiden som besparades under montaget med prefabricerade element försvinner istället under projektering. Att projektera för prefabricerade element tar längre tid än för platsgjutet.

Tidsskillnaden idag mellan stommarna är inte så stor men med mer erfarenhet har den potential att bli det. Blir projekteringsarbetet mer standardiserat kan den tiden minska, framförallt när man inte försöker bygga så komplicerade byggnader. Simplare prefabricerade elementen skulle kunna vara förtillverkade och enbart små anpassningar för varje projekt skulle behövas som sparar projekteringstid. KL-trä gick 71,4 procent snabbare per kvadratmeter i referensprojekten än betongen som var halvprefabricerad, om detta kan bli ren tidsbesparing i framtiden kan KL-trä bli vanligare. Som respondenterna nämnde kostar tid pengar på ett byggprojekt genom exempelvis byggkranen, maskiner, bodar och arbetstimmar. Om detta minskas med över 70 procent skulle de minska KL-trästommars totalkostnad och eventuellt gör det mer prisjämförbart med betong.

5.3.2 Fukt

Vädrets påverkan på projektet har varit väldigt intressant och man hade velat jämföra med ett projekt som haft bättre väderförhållanden. Respondenterna ansåg att mer arbete än normalt har behövts lägga på skydda KL-träet mot fukt och totalt har detta kostat 0,5 procent av kontraktssumman, troligen mer. Detta blir mycket pengar för entreprenören om de betalar själva då deras lönsamhet för projekt är i genomsnitt 4 procent. Detta tyder på Olssons studie stämmer som är skeptiskt mot att bygga utan vädskydd då det är svårare praktiskt att skydda mot fukt än man planerat för.

Samtidigt i detta fall kommer entreprenören söka ersättning via ÄTA-arbete för det svårare väderförhållanden än vad som skulle kunna förutses. Detta bygger på att man kan bevisa att vädret varit "onormalt" och är intressant att se hur detta slutar.

Erfarenheten från montaget var att det fungerade smidigt med att tejpa kritiska punkter samt att vissa element kom tejpade i förväg. Vid samtal under montaget berättades de dock att vanliga läckagen beror på att alla på bygget inte förstår hur viktig tejp är. Exempelvis hade de varit med om att yrkesarbetare gjort hål i tejpens då det inte förstätt

att den håller byggnaden tät. Detta kommer troligen undvikas med tiden då kunskap och erfarenhet spridit sig.

Fuktkvoten var som högst i mätningarna på golvet där genomsnittet var 13,3 procent och högsta uppmätta värdet var 17 procent. Då KL-trä tar upp krafter vinkelrätt mot fiberriktningen, motsvarar dess hållfasthet beroende på fuktkvot som exempel "d" i figur 4 i kapitel 3.2.1.1. Där kan vi se att hållfastheten knappt reducerats vid 13,3 procent. Vid 17 procent har hållfastheten gått från 100 MPa till 80 MPa och fortfarande kvar mycket av dess hållfasthet. Hade fuktkvoten stigit till 27 procent hade KL-träets hållfasthet reducerats till hälften. Därav är det viktigt att ha koll på fuktkvoten så att KL-träet fortfarande uppfyller dess egenskaper.

Fuktmätningarna i projektet visade bra resultat och uppfyllde de eftersträvade fuktkraven. Respondent ansåg att man brukar överskatta hur känsligt KL-trä är för fukt och ofta torkar det ut själv om inte fukten stängs in. Då Olssons studie visade referensprojekt som hade fuktutmaningar är det intressant att förstå skillnaden mellan de projekten och detta.

5.4 Framtiden och materialens utveckling

I framtiden kommer byggmetoder fortsätta optimeras för att vara så konkurrenskraftiga som möjligt. Det som driver hur byggmetoden ser ut är de ekonomiska aspekterna då de billigaste och bästa alternativen kommer användas mest. Byggmetoderna som används påverkas även av svenska byggregler som antas skärpas på grund av klimatperspektiv för att uppnå FN:s klimatmål att vara neutrala 2045. Därav kommer byggmetoden i framtiden som uppnår dessa potentialregler till lägst pris bli vanligast.

Stommaterialet som jämfördes i denna studie har både styrkor och svagheter i dessa aspekter. Svagheter kan även ses som förbättringspotential där materialet som lyckas uppnå den potentialen kommer användas mer i framtiden.

Idag är det vanligaste konstruktionsmaterialet armerad betong. Detta beror på flera aspekter som dess långa historia och därav kunskapen som finns med att bygga med betong. Materialet är även beständigt och billigare än motsvarande trämaterial som är drivande i frågan kring val av stommaterial. Betongens utvecklingspotential är att minska dess miljöpåverkan då det står för 8 procent av de totala globala koldioxidutsläppen. För att minska dessa utsläpp har ECO-betong tagits fram där man använder mindre cement jämfört med traditionell betong, som reducerar miljöpåverkan. Man räknar att detta kan minska betongens koldioxidutsläpp upp till 50 procent jämfört med traditionell betong. Under intervjustudien berättade en respondent om arbeten som genomförts med ECO-betong och att det hade fungerat bra. Lyckas betongen fortsätta utvecklas och bli miljövänligare utan tappa sina fördelar som material kan betong bli vanligare i framtiden.

Utmaningen med att lyckas framställa en miljövänligare betong är att mängden cement minskar då den står för ungefär 90 procent av klimatpåverkan. När cementmängden minskar så blir vct talet högre som till medföljd gör att tryckhållfastheten minskar, se

figur 2 i kapitel 3.1.2.1. Betongen blir även mindre tät av ökat vct som försämrar betongens beständighet mot nedbrytning. Därav behövs det finnas en balans så att betongen fortfarande uppfyller sin funktion, alternativt att man kommer med nya tillsatsmedel som behåller egenskaperna trots minskad mängd cement i betongen.

Trästommar är redan bra ur miljöperspektiv och har 80 procent mindre klimatpåverkan än betong. Detta beror på att träet lagrar koldioxid under dess livslängd. Träets utvecklingspotential är att minska dess kostnader. Under intervjustudien tog flera respondenter upp att KL-träelement är dyrare än motsvarande i betong. Utöver att materialet är dyrare kostar även produktionen med KL-trä då de har högre krav på fukt och brand. Att uppnå kraven ansåg respondenterna inte vara svårt men kostar pengar som ökar totala byggkostnaden. En del av dessa pengar sparas på snabbt montage men respondenter lyfte att projekteringen blev längre som utjämnade tiden.

Kan man få ner kostnaden för KL-trä kommer det bli ett vanligare förekommande stommaterial. Kostnaden skulle kunna minska med ökad kunskap så att produktionen sker effektivare. KL-trämontörs arbetsledaren berättade att metoden utvecklas konstant och gör montaget snabbare och smidigare, vilket minskar totala byggkostnaden. Flera respondenter ansåg även att fuktproblematiken kring KL-trä var lite överskattad och i referensprojektet lyckades man uppnå bra värden på fukthalten utan att använda heltäckande väderskydd. Med bristen på erfarenhet i KL-träproduktion överdimensionerar man fuktskydd för att undvika fuktproblem, med mer erfarenhet kan detta minskas så dimensionen är lagom. På så sätt kan kostnaden för KL-trästommar minska i framtiden. Materialet i sig är även dyrt i dagsläget och det finns få leverantörer på marknaden. Hade utbudet på marknaden blivit högre skulle troligen priset sänkas på grund av konkurrensen.

Ett alternativ skulle vara att kombinera material i form av hybridstomme där man utnyttjar respektive materials fördelar. På så sätt kan stommens egenskaper optimeras till framtiden.

5.5 Referensprojektet

De referensprojekt som studerades i studien hade en del likheter men efter genomförandet av fallstudien blev skillnaderna tydliga. Terrassgården var starkt påverkad av estetiska aspekter som stundtals drabbade byggproduktionen då smidiga lösningar inte var prioriterat. Bellevuegården var fokuset mer på smidigt byggande som underlättade produktionen. Detta skapade utmaningar att göra rättvis jämförelse av stommaterialen då byggnaderna skulle uppfylla olika funktioner.

6 Slutsatser

Kapitlet besvarar samtliga frågeställningar som diskuterats i tidigare kapitel. Även övriga slutsatser utöver frågeställningarna redovisas tillsammans med relevant och intressanta forskningsområden för framtiden.

6.1 Svar på frågeställningar

För att studien skulle lyckas med sitt syfte formulerades följande tre frågeställningar om byggproduktion med KL-trästommar och betongstommar. Dessa är följande och besvaras därefter:

- Vilka är de största skillnaderna mellan produktionsmetoderna med KL-trästomme och betongstomme?
- Hur ser den praktiska byggmetoden ut för KL-trästommar?
- Vad finns det för utvecklingspotential för betong- och KL-trästommar?

När det kommer till produktionsdokument för respektive stomme skiljer det sig inte allt för mycket. APD-planen är snarlik där skillnaderna i referensprojekten inte hade med stommaterialet att göra. Även arbetsmiljöplanen skiljer sig inte så mycket på grund av stommaterialet då både KL-trä och halv prefabriceradbetong medför liknande risker och hanteras på motsvarande sätt. Tidplanerna skiljer sig då montaget av KL-trä går snabbare, ungefär 70 procent snabbare per kvadratmeter jämfört med halv prefabriceradbetong. Arbetsberedningen och riskanalysen skiljer sig mest i arbetsberedningarna då byggmetoderna är annorlunda. Funktionskraven ur aspekter som brand och fukt är olika för materialen då KL-trä är brännbart och fukt känsligt. Det medför ökat arbete och kostnad under produktion med KL-trä. Arbetsmiljön skiljer sig även för materialen där respondenter i fallstudien ansåg att arbetsmiljö var trevligare att jobba i för KL-trä. Miljö var både varmare och luktade godare, där betong istället upplevdes råare och fuktigare.

KL-trästommar monteras snabbt och kan resas normalt en våning per vecka. Montaget börjar med en leverans av material där man undviker att leverera för mycket åt gången.

Detta för att undvika behöva lagra materialet på plats som tar utrymme samt behöver väderskydd. Istället har man gärna två leveranser i veckan då mottagandet av leveranser går smidigt i följd av KL-träs enkla vikt. Efter leveransen lyfter byggkranen KL-träelement på plats där det placeras på en akustiklist. Innan byggkranen släpper elementet fästs de med skruv, är det ett bjälklag skruvas det ovanifrån med fallskyddssele. Är det en vägg används två eller fler snedsteg med skruv för stabilisering, sedan kontrolleras att väggen är rak innan vinklar fäster väggen. För att veta vart KL-träelementen ska vara samt vilken infästning som används finns det tydliga ritningar.

Under montaget var det viktigt att öppningar och skruvhål tejpades igen för att hålla byggnaden tät. Detta gjordes kontinuerligt tillsammans med att man tog bort vatten som blev stående för att undvika fuktproblem. Fuktmätningarna som gjordes visade positiva resultat och hade godkända fukthalter.

Utvecklingspotentialen för betong är att lyckas minska mängden cementen i betongblandningen för att minska betongs klimatpåverkan, utan att reducera betongens egenskaper. En variant av detta kallas EKO betong och utvecklas samt används idag. Betongen behöver fortsätta utvecklas genom att få en lägre klimatpåverkan utan reducera sina fördelar i pris och goda byggnadsegenskaper.

KL-trä har istället lägre klimatpåverkan än betong men kostar mer och det finns en brist i kunskap och erfarenhet av produktion med KL-trä. Denna kostnad skulle kunna minska med effektivare byggande kostnadsmässigt samt billigare materialkostnad om marknaden blir större.

6.2 Övriga slutsatser

Projekteringskedet består av flera delprocesser som avslutas med ett beslutsunderlag, som senare används i produktionen. Dessa beslut skapar därav förutsättningar för att lyckas under produktionen. I fallstudien nämndes det att produktionen försvårades på grund av brister i projekteringen i ena fallprojektet. Bygganden hade ett stort fokus i det estetiska som medförde en mer komplicerad produktion. Man hade även i efterhand lagt mer vikt i att underlätta tätbyggnad i projekteringen när man bygger med KL-trästomme, som att ha färdiga takkaster samt bröstning på alla fönster för enklare och snabbare täta byggnaden.

Fukten i detta fallprojekt hanterades bra och de lyftes att KL-trä inte är lika känsligt för fukt som man kan tro. Under produktionen i ena fallprojekt regnade och snöade det en hel del trots detta lyckades man få bra fuktmätning utan ha heltäckande väderskydd.

6.3 Framtida forskning

Då utveckling sker konstant hade det varit intressant att följa upp hur väl materialen uppnår utvecklingspotentialen som tas upp i denna studie. Som exempelvis att se om betong lyckas minska sin klimatpåverkan utan reducera andra fördelar med materialet. Det hade även varit intressant att se KL-trästommars utveckling för att minska kostnaden så materialet blir mer konkurrenskraftigt. Det hade även varit intressant med en vidare studie kring fuktproblematik hos KL-trästommar för att utreda till vilken grad väderskydd behövs. I denna studie jämfördes även KL-trä med halvprefabricerad betong, hade det varit intressant om man hade fått annat resultat med hel prefabricerad betong eller platsgjuten betong. Till sist skulle man även kunna utreda produktionstekniken ser ut för kombination av flera olika material, så kallad hybridstomme.

7 Referenser

- Alsmarker, T (2021). Svensktträ: Fuktsäkert KL-träbyggande utan heltäckande väderskydd (1. uppl). Föreningen Sverige Skogsindustier.
- Andersen, V. & Gamdrup, P. (1994). Forskningsmetoder. I: H. Andersen (red.), Vetenskapsteori och metodlära – introduktion. Lund: Studentlitteratur.
- Arfvidsson, J. Harderup, L.E. & Samuelson, I. (2017). FUKTHANDBOK, Praktik och teori (4. uppl). Stockholm: AB Svenskbyggtjänst.
- Betongvärlden. (2024) *Swerock gör ECO till Standard*.
<https://betongvarlden.se/nyheter/swerock-gor-eco-till-standard/> [2024-03-22]
- Bioenergi (2021). *Korslimmat trä minskar klimatpåverkan upp till 80 procent*.
<https://bioenergitidningen.se/korslimmat-tra-minskar-klimatpaverkan-upp-till-80-procent/>
[2024-02-28]
- Booth, A., Sutton, A. & Papaioannou (2016). Systematic approaches to a successful literature review (2. Uppl.). London: Sage.
- Boverket (2016). Miljö- och klimatanpassade byggregler. Karlskrona.
- Boverket (2021). *Olika skeden i byggandet*. https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/metod_byggande/skeden/ [2024-03-05]
- Brandt, K. (2020). Setra: Hållbart och klimatsmart med KL-trä.
<https://www.setragroup.com/sv/kl-tra-clt/aktuellt-kl-tra/hallbart-och-klimatsmart-med-kl-tra/> [2024-02-28]
- Bryman, A. (2018). Samhällsvetenskapliga metoder (3. uppl.). Stockholm: Liber AB.
- Burström, P. G. (2021). Byggnadsmaterial Tillverkning, egenskaper och användning (4. uppl). Lund: Studentlitteratur.
- Betongföreningen (2024). *Detta är betong*. <https://betongforeningen.se/materialet-betong/>
[2024-02-08]

- Byggai (2024a). *Montering plattbärlag (Filigranbjälklag)*. <https://byggai.se/ai/0020-34ESB412.pdf>
[2024-03-04]
- Byggai (2024b). *Montering av betong – skalväggar*. <https://byggai.se/ai/0014-31GSA.pdf>
[2024-03-04]
- Denscombe, M. (2018). *Forskningshandboken – för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskapen* (4. Uppl.). Lund: Studentlitteratur.
- Fellows, R. & Liu, A. (2015). *Research Methods for Construction* (4. Uppl.). Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- Gustafsson, A (2017). *Svenskträ: KL-trähandbok, Fakta och projektering av KL-träkonstruktioner*. (1. uppl). Föreningen Sverige Skogsindustrier.
- Hammadi, G. (2013). *Val av stomsystem – vilka faktorer styr valet av system*. Examensarbete från Lunds universitet.
- Hansson, B., Olander, S., Landin, A., Aulin, R., Persson, M. & Persson, U. (2017). *Byggledning Produktion*. Lund: Studentlitteratur.
- Hansson, B., Olander, S., Landin, A., Aulin, R., & Persson, U. (2015). *Byggledning Projektering*. Lund: Studentlitteratur.
- Hansson, V. & Hervén, O. (2011). *Sverige bygger högt i trä, myter som påverkar branschen*. Examensarbete från Lunds universitet.
- Hultqvist, O. & Ziegenfeldt, G. (2023) *Jämförelse av klimatpåverkan mellan KL-trä- och betonggrund för flerbostads*. Examensarbete från Linneuniversitetet.
- Isaksson, T. Mårtensson, A. & Thealandersson, S. (2019). *Byggkonstruktion* (4. uppl). Lund: Studentlitteratur.
- Jesson, J. K, Matheson, L. & Lacey, F. (2011). *Doing your literature review: traditional and systematic techniques*. London: SAGE Publications.
- Jönsson Bremberg, J. & Magnusson, J. (2022). *Kostnadsjämförelse mellan betong och korslimmat träsystem*. Examensarbete från Lunds universitet.
- Karlsson, C. (2016). *Research methods for operations management* (2uppl). London/NewYork: Routledge.

- Kirk, J. & Miller, M. L. (1986) *Qualitative Research Methods: Reliability and validity in qualitative research*. Newbury Park: SAGE Publications.
- Kirkeby, (1994). *Abduktion*. I: H. Andersen (red.), *Vetenskapsteori och metodlära – introduktion*. Lund: Studentlitteratur.
- Krag Jacobsen, J. (1993). *Intervju: Konsten att lyssna och fråga*. Lund: Studentlitteratur.
- Leedy, P. D. & Ormrod, J. E. (2015). *Practical research: planning and design* (nuppl). New Jersey: Pearson Education.
- Lindsten, P. O. (2023). *Trähustrenden når nya höjder i städerna*. <https://www.di.se/hallbart-naringsliv/trahustrenden-nar-nya-hojder-i-staderna/> [2024-02-08]
- Naturskyddsföreningen (2022). *Cement, klimat och miljö*. <https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/cement-klimat-och-miljo/> [2024-02-14]
- Neves Lundin, A. (2021). *Grön betong i husproduktion*. Examensarbete från Uppsala universitet.
- Nilsson, R. (2009). *God vetenskap – hur forskares vetenskapsuppfattningar uttryckta i sakkunnigutlåtanden förändras i tre skilda discipliner*. (Doktorsavhandling, Göteborgs universitet, Institutionen för litteratur, idéhistoria och religion).
- Nordman, B. (2020). *Miljöbelastning av stadig grund: cement och betong*. <https://www.naturochmiljo.fi/lar-dig-mer/perspektiv/cement-och-betong/> [2024-03-19]
- Nordstrand, U (2007). *Byggprocessen* (4. uppl). Stockholm: Liber AB.
- Nyquist, H. (2017). *Statistikens grunder*. Vetenskap, empiriska undersökningar och statistisk analys. Lund: Studentlitteratur.
- Olsson, L. (2019). *SBUF/RISE: FUKTSÄKERHET VID KL-TRÄBYGGANDE UTAN VÄDERSKYDD*, fallstudie, fältmätningar och intervjuer.
- Osbäck, A. (2021). *Betong Prefabricerad eller Platsbygga*. Examensarbete från Luleå tekniska universitet.
- Patel, R. & Davidson, B. (2011). *Forskningsmetodikens grunder* (4. uppl). Lund: Studentlitteratur.
- Popper, K.R. (1989) *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*, Routledge & Kegan Paul, London.

- Rhoades, E. A. (2011). Literature Reviews. *The Volta Review* s. 353-368.
- Rumsey, S. (2008). *How to find information: A guide for researchers* (2. Uppl.) Maidenhead: Open University Press.
- Sandin, K. (2007). *Praktisk husbyggnadsteknik* (2. uppl). Lund: Studentlitteratur.
- Svenska Akademin (2018). Svenska Akademiens ordböcker. Hämtat från <https://svenska.se> [2019-02-10]
- Svenskbetong (2024a). *Om betong*. <https://www.svenskbetong.se/om-betong> [2024-02-07]
- Svenskbetong (2024b). *Fukt*. <https://www.svenskbetong.se/om-betong/fakta-egenskaper/fukt> [2024-02-14]
- Svenskbetong (2024c). *Brand*. <https://www.svenskbetong.se/om-betong/fakta-egenskaper/brand> [2024-02-14]
- Svenskbetong (2024d). *Ljud Stomsystem*. <https://www.svenskbetong.se/om-betong/prefab/ljud/stomsystem> [2024-02-27]
- Svenskbetong (2024f). *Formsättning*. <https://www.svenskbetong.se/om-betong/platsgjutet/produktion/flerbostadshus/bjalklag/formsattning> [2024-03-04]
- Svenskbetong (2024g). *Betongutförande vägg*. <https://www.svenskbetong.se/om-betong/platsgjutet/produktion/flerbostadshus/vagg/betongutforande-vagg> [2024-03-04]
- Svenskbetong (2024h). *Bygga med platsgjutet*. <https://www.svenskbetong.se/om-betong/platsgjutet> [2024-02-07]
- Svenskträ. (2024a). *Varför trä?* <https://www.svensktra.se/bygg-med-tra/byggande/varfor-tra/> [2024-01-15]
- Svenskträ (2024b). *Trä i svensk byggnadskultur*. <https://www.svensktra.se/bygg-med-tra/byggande/bygga-i-tra/> [2024-02-08]
- Svenskträ (2024c). *KL-trä och miljö*. <https://www.svensktra.se/bygg-med-tra/om-kl-tra/kl-tra-och-miljon/> [2024-03-18]
- Säfsten, K. & Gustavsson, M (2019). *Forskningsmetodik: för ingenjörer och andra problemlösare*. Lund: Studentlitteratur.

- Törnebohm, H. (1976). En systematik över paradig (rapport nr. 85). Göteborg: Institutionen för vetenskapsteori.
- Törnebohm, H. (1983). Studier av kunskapsutveckling. Stockholm: Bokförlaget Thales.
- Vetenskapsrådet (2017). God forskningssed. VR1708. Stockholm: Vetenskapsrådet.
- von Platen, F. & Nord, T. (2004). Mer trä i byggandet.
<https://www.regeringen.se/contentassets/622a4cddc02a4026a3bc3c4f5d5b94aa/mer-tra-i-byggandet--underlag-for-en-nationell-strategi-for-att-framja-tra-i-byggandet-ds-20041>
[2024-01-15]
- Wallén, G. (1996). Vetenskapsteori och forskningsmetodik. Lund: Studentlitteratur.
- Williamson, K. & Johanson, G. (red.) (2013). Research Methods: Information, Systems and Contexts. Melbourne: Tilde University Press.
- World Green Building Council (u.å.). Bringing embodied carbon upfront.
<https://worldgbc.org/advancing-net-zero/embodied-carbon/> [2023-12-21]
- Yin, R. K. (2018). Case study research and applications: Design and methods (6. Uppl.) Los Angeles: SAGE Publications.
- Öggesjö, S. & Andréason, L. (2017). Bygg & Teknik: *Entreprenadformer, upphandlingsformer och standardbestämmelser*. <https://byggteknikforlaget.se/entreprenadformer-upphandlingsformer-och-standardbestammelser/> [2024-02-23]

8 Bilagor

8.1 Intervjufrågor

8.1.1 Arbetschef på Terrassgården, intervju 1

Datum: 13 februari 2024
Plats: Terrassgården, Råby, Lund
Respondent: Markus Brånemo, Arbetschef på THAGE

Frågor kring produktion med KL-trä/betong

- Vilka är de största produktionsskillnader mellan att bygga med en betong- och KL-trästomme?
- Vad är viktigt att tänka på när man bygger i respektive material?
- Finns det någon förbättring hos materialet som ni ser skulle göra stora skillnader i produktion?
- Hur har leveranserna fungerat i tanke på flexibelt?
- Har tiden för stommontaget skiljt sig jämförelse mellan KL-trä och betong?
 - o Arbetstimmar
 - o Totaltid
- Är det svårt att uppfylla kraven för fukt, brand och akustik när man bygger med KL-trästomme?
- Hur jobbar ni i produktionen med klimatpåverkan?

8.1.2 Platschef på Terrassgården, intervju 1

Datum: 13 februari 2024
Plats: Terrassgården, Råby, Lund
Respondent: Ola Wingren, Platschef på THAGE

Frågor kring produktion med KL-trä/betong

- Vilka är de största produktionsskillnader mellan att bygga med en betong- och KL-trästomme?
- Vad är viktigt att tänka på när man bygger i respektive material?
- Finns det någon förbättring hos materialet som ni ser skulle göra stora skillnader i produktion?
- Hur har leveranserna fungerat i tanke på flexibelt?
- Har tiden för stommontaget skiljt sig jämförelse mellan KL-trä och betong?
 - o Arbetstimmar
 - o Totaltid
- Är det svårt att uppfylla kraven för fukt, brand och akustik när man bygger med KL-trästomme?
- Hur jobbar ni i produktionen med klimatpåverkan?

8.1.3 Arbetschef på Terrassgården, intervju 2

Datum: 18 april 2024
Plats: Terrassgården, Råby, Lund
Respondent: Markus Brånemo, Arbetschef på THAGE

Frågor kring projektering med KL-trä/betong

- Hur väljs vilket stommaterial som ska användas i projekteringen?
- Brukar beställaren efterfråga ett speciellt stommaterial?
- Hur skiljer sig projekteringsarbetet för KL-trä jämfört med halvprefabricerad betong?
- Hur varierar produktionskostnaderna för KL-trä jämfört med betong?

Frågor kring dokumentstudien

Tidplan

- Har tidplanen hållits?
- Hur mycket påverkar produktionstiden projektets totala kostnad?

Fuktmättningar & fuktrond

- Hur har projektet gått ur fuktperspektiv?
- Har ni med er några lärdomar?

Framtiden

- Hur tror du att framtiden byggproduktion kommer se ut?
- Finns det något övrigt du vill ta upp som är relevant för studien?

8.1.4 Platschef på Terrassgården, intervju 2

Datum: 19 april 2024
Plats: Terrassgården, Råby, Lund
Respondent: Ola Wingren, Platschef på THAGE

Frågor kring dokumentstudien

APD-plan

- Hur gick det till när APD-planen för projektet utformades?
- Finns det något som borde gjorts annorlunda i efterhand?
- Hade APD-planen set annorlunda ut om man byggde med ett annat stommaterial?

Arbetsmiljöplan

- Hur gick det till när arbetsmiljöplanen för projektet utformades?
- Hur bestäms det hur ofta skyddsronder genomförs?

Fuktmätningar & fuktrond

- Hur har projektet gått ur fuktperspektiv?
- Har ni med er några lärdomar?

Framtiden

- Hur tror du att framtiden byggproduktion kommer se ut?
- Finns det något övrigt du vill ta upp som är relevant för studien?

8.1.5 Platschef på Bellevuegården

Datum: 18 april 2024
Plats: Microsoft Teams
Respondent: P-O Andersson, Platschef på THAGE

Frågor kring produktion med betong

- Hur många års erfarenhet har du med att bygga med betong?
- Vilka fördelar och nackdelar finns det med en betongstomme i produktionen?
- Är det svårt att uppfylla kraven för fukt, brand och akustik när man bygger med betongstomme?
- Fanns det några utmaningar med montaget av stommen på Bellevuegården?

Frågor kring dokumentstudien

Arbetsberedning och riskanalyser

- Hur jobbar ni med arbetsberedning och riskanalyser?
 - o Vem skriver det?
 - o Gås det igenom och med vilka?

APD-plan

- Hur gick det till när APD-planen för projektet utformades?
- Finns det något som borde gjorts annorlunda i efterhand?

Arbetsmiljöplan

- Hur gick det till när arbetsmiljöplanen för projektet utformades?
- Hur bestäms det hur ofta skyddsronder genomförs?

Tidplan

- Har tidplanen hållits?
- Hur mycket påverkar produktionstiden projektets totala kostnad?

Framtiden

- Har byggmetoden med betong ändrats under åren du jobbat med det?
- Hur tror du att framtiden byggproduktion kommer se ut?
- Finns det något övrigt du vill ta upp som är relevant för studien?

8.1.6 Arbetsledare på Terrassgården

Datum: 24 april 2024

Plats: Microsoft Teams

Respondent: Johan Magnussen, Arbetsledare/delägare på KL-projekt

Frågor kring produktion med KL-trä

- Hur många års erfarenhet har du med att bygga med KL-trä?
- Vilka fördelar och nackdelar finns det med en KL-trästomme i produktionen?
- Är det svårt att uppfylla kraven för fukt, brand och akustik när man bygger med KL-trästomme?
- Fanns det några utmaningar med montaget av stommen på Terrassgården?
- Hur ofta levererades KL-träelement under projektet?

Frågor kring dokumentstudien

Arbetsberedning och riskanalyser

- Hur jobbar ni med arbetsberedning och riskanalyser?
 - o Vem skriver det?
 - o Gås det igenom och med vilka?
- Varierar det mycket mellan olika byggprojekt?

APD-plan

- Upplevde ni att APD-planen kunde varit utformad annorlunda som skulle underlättat KL-trä monteringen?

Tidplan

- Har tidplanen hållits?

Fuktmättnings- & fuktrond

- Hur har projektet gått ur fuktperspektiv?
- Har man jobbat mycket i förebyggande syfte emot fukt i detta projekt jämfört med andra projekt ni varit på?

Framtiden

- Har byggmetoden med KL-trä ändrats under åren du jobbat med det?
- Hur tror du att framtiden byggproduktion kommer se ut?
- Finns det något övrigt du vill ta upp som är relevant för studien?