

Trä eller betong som stommateriäl för flerbostadshus

En jämförelse ur ett miljö-, energi
och kostnadsperspektiv

Alice Johansson
Erika Olofsson



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Institutionen för Arkitektur och byggd miljö / Byggnade och arkitektur

© Copyright Alice Johansson och Erika Olofsson

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Sammanfattning

Klimatpåverkan och dess effekter är ett högaktuellt ämne för alla branscher och industrier särskilt för bygg- och fastighetsbranschen som år 2021 stod för 22% av utsläppen av växthusgaser i Sverige (Boverket, 2024a). Visserligen har det skett en minskning av utsläppen för branschen sedan 2008 men behovet av att bygga nya bostäder är stort samtidigt som byggkostnaderna i Sverige blir dyrare och dyrare för varje år.

Syftet med denna rapport är att undersöka vilket av stommaterialen, armerad betong och KL-trä som är bäst utifrån miljö-, energi- och kostnadsperspektiv. Vi kommer med hjälp av en litteratur- och intervjustudie undersöka och jämföra vilket av stommaterialen som har störst miljöpåverkan på grund av koldioxidutsläpp vid produktion och transport, energiåtgång vid produktion och transport, samt kostnad för material men även kostnader för transport och montering.

Betong är ett av de material som används mest inom byggbranschen där ca 82 procent av nybyggda flerbostadshus år 2022 var byggda med betongstomme (SCB, u.å.) men trä är nu det viktigaste materialet ur ett hållbarhetsperspektiv även om det inte byggs med för flerbostadshus i samma utsträckning som betong.

Betongens allra största nackdel är koldioxidutsläppen som uppstår vid cementtillverkningen och dessa utsläpp står för 90% av betongtillverkningens totala koldioxidutsläpp. Betongen utvecklas ständigt och nya innovationer så som klimatförbättrad betong implementeras för att förbättra betongens klimatbelastning. Kollar man i stället på KL-trä är ett av materialets främsta fördelar ur en miljöaspekt att det är en förnybar naturresurs som lagrar koldioxid under hela sin livstid.

Ur ett energiperspektiv är tillverkningen av KL-trästomme en energisnål process samt restprodukter används för att producera energi. Betongtillverkningen är i stället en energikrävande process, både vid tillverkningen av cement och för stål.

Att få ett kostnadseffektivt projekt beror inte bara på kostnad av material utan även kunskap och standardiserade lösningar. Betong är ett känt material som har utvecklats och optimerats under en lång tid jämfört med KL-trä, detta gör att på grund av kortare erfarenheter med KL-trä kan projekt bli dyrare. Eftersom KL-trä inte har samma standardiserade lösningar som betong krävs ordentlig planering och projektering av projekt som ska använda sig av KL-trästomme.

Det finns för- och nackdelar för både betong- och KL-trästomme och de olika faktorerna som undersöks i studien väger olika tungt. Vilket material som är mest lämpligt beror på var bostaden ska uppföras, vilken typ av projekt det rör sig om, och vilka specifika krav som ställs på byggprocessen. Betong har en stor miljö- och energipåverkan jämfört med KL-trä men betong är ett beständigt material med lång livslängd. KL-trä är fortfarande ett relativt nytt material som byggbranschen inte har lika mycket erfarenhet av och det kan leda till att projekt som uppförs med KL-trästomme blir dyrare jämfört med betong.

Abstract

The impact of climate change and its effects is a current topic for all industries, especially the construction and real estate sectors, which accounted for 22% of greenhouse gas emissions in Sweden in 2021 (Boverket, 2024a). Although emissions from the sector have decreased since 2008, the need for new housing is significant, and construction costs in Sweden are rising more and more every year.

This report aims to investigate which of the structural material, reinforced concrete or CLT (cross-laminated timber), is best from an environmental, energy, and cost perspective. Through a literature review and interview study, we will compare which material has the greatest environmental impact due to carbon dioxide emissions during production and transport, energy consumption during production and transport, and costs for materials, transport and assembly.

Concrete is the most widely used material in the construction industry, with approximately 82 percent of new apartment buildings built in 2022 having a concrete structure (SCB, n.d.). Despite this, wood is the most important material from a sustainability perspective, even though it is not used as extensively for apartment buildings as concrete.

The biggest disadvantage of concrete is the carbon dioxide emissions from cement production, which account for 90% of concrete's total carbon dioxide emissions. However, concrete is continuously being developed, and new innovations such as climate-improved concrete are being implemented to reduce its climate impact. On the other hand, one of CLT's main environmental advantages is that it is a renewable natural resource that stores carbon dioxide throughout its lifetime.

From an energy perspective, the production of CLT structures is an energy-efficient process, and by-products are used to generate additional energy. Concrete production, in contrast, is an energy-intensive process, both in cement manufacturing and steel production.

A cost-effective project depends not only on material costs but also on knowledge and standardized solutions. Concrete is a well-known material that has been developed and optimized over a long period, making projects with concrete often more cost-effective. CLT, with shorter experience and fewer standardized solutions, can make projects more expensive and requires careful planning and project design.

Both reinforced concrete and cross-laminated timber (CLT) structures have their advantages and disadvantages, and their various factors examined in the study have different levels of significance. Depending on location of the apartment building, one of the materials may be more suitable. The same applies to the type of project and the intended construction approach. Concrete has a significant environmental and energy impact compared to CLT, however concrete is a durable material with a long service life. CLT, on the other hand, is still relatively new in the construction industry, which may result in projects using CLT structures being more expensive compared to projects using concrete structures.

Förord

Detta examensarbete genomfördes under vårterminen 2024 och är det avslutande momentet för vår högskoleingenjörsutbildning inom byggteknik med arkitektur på Lunds Tekniska Högskola.

Examensarbetet har utförts vid intuitionen för Arkitektur och byggd miljö, avdelningen för Boende och bostadsutveckling och omfattar 22,5 högskolepoäng.

Vårt examensarbete har varit mycket lärorikt och har försett oss med en stor nyfikenhet för framtiden i branschen. Vi vill passa på att tacka vår handledare Johnny Åstrand som stöttade oss genom hela processen och var tillgänglig för våra frågor och funderingar. Vidare vill vi även tacka Erik Johansson som ställt upp som examinator till vårt arbete. Till sist vill vi även rikta ett tack till de personer som ställt upp på intervjuer och som därmed försett oss med material som gjort denna studie möjlig.

Helsingborg, juni 2024

Alice Johansson & Erika Olofsson

Begreppslista

Flanktransmissioner – Innebär att ljud och vibrationer sprider sig via knutpunkter, t.ex. hörn, i stommen till ett annat rum.

Självkompakterande betong - Även kallad vibreringsfri betong, lösare konsistens än vanlig betong vilket gör att betongen själv fyller ut formen och omsluter armering och ingjutningsdetaljer utan vibrering.

Avspjälkning - Delar av betong sprängs loss på grund av ett inre ångtryck som byggs upp i betongen då fukten i materialet förångas vid brandpåverkan.

vct - Vattencementtal. Anger förhållandet mellan massan vatten och massan cement

Hygroskopiskt material – Material som kan ta upp och avge vatten beroende på den omgivande luftens fuktighet på sådant sätt att jämvikt eftersträvas.

Hydrauliskt bindemedel – Finmalet oorganiskt material som hårdnar i kontakt med vatten och som efter hårdnandet behåller sin hållfasthet och stabilitet.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.1.1	En byggnads livscykel.....	2
1.2	Syfte och mål.....	2
1.3	Frågeställningar.....	3
1.4	Avgränsningar.....	3
1.5	Definition av frågeställningar.....	3
2	Metod.....	4
2.1	Studiens genomförande.....	4
2.2	Litteraturstudie.....	5
2.3	Intervjustudie.....	5
3	Litteraturstudie.....	6
3.1	Armerad betong som stommaterial.....	6
3.1.1	Betong.....	6
3.1.1.1	Armerad prefabricerad betong.....	7
3.1.1.2	Armerad platsgjuten betong.....	7
3.1.2	Stommar av armerad betong.....	8
3.1.3	Egenskaper hos betong.....	10
3.1.3.1	Hållfasthet.....	10
3.1.3.2	Densitet.....	10
3.1.3.3	Brand.....	10
3.1.3.4	Fukt.....	11
3.1.3.5	Akustik.....	11
3.1.4	Betongens klimatpåverkan.....	11
3.1.4.1	Klimatförbättrad betong.....	12
3.1.5	Betongens energianvändning.....	12
3.1.6	Ekonomiska aspekter för betong.....	13
3.2	Trä som stommaterial.....	14
3.2.1	Träbyggandets historia.....	14
3.2.2	Korslimmat trä.....	14
3.2.3	Stommar av KL-trä.....	16
3.2.4	Egenskaper hos korslimmat trä.....	18
3.2.4.1	Hållfasthet.....	18
3.2.4.2	Densitet.....	18
3.2.4.3	Brand.....	18

3.2.4.4	Fukt	19
3.2.4.5	Akustik.....	19
3.2.5	Korslimmat träs klimatpåverkan.....	20
3.2.6	Korslimmat träs energianvändning.....	21
3.2.7	Ekonomiska aspekter för korslimmat trä.....	21
3.3	Exempel på flerbostadshus med stomme av KL-trä respektive armerad betong.....	23
4	Intervjustudie.....	24
4.1	Intervjustudiens genomförande.....	24
4.2	Presentation av respondenterna.....	24
4.3	Resultat av intervjustudie.....	25
4.3.1	Svar från betongbranschen	25
4.3.2	Svar från KL-träbranschen	27
5	Analys och diskussion.....	30
5.1	Övergripande aspekter	30
5.2	Egenskaper.....	30
5.2.1	Hållfasthet.....	30
5.2.2	Fukt.....	30
5.2.3	Akustik.....	31
5.2.4	Brand	31
5.3	Miljöaspekter	32
5.4	Energiaspekter.....	33
5.5	Kostnadsaspekter	33
5.6	Sammanställning.....	35
6	Slutsats.....	36
6.1	Svar på frågeställningar	36
6.2	Övriga slutsatser.....	37
6.3	Framtida studier	37
7	Referenser.....	38
8	Bilagor	43
8.1	Bilaga 1 – Intervjuplan, Intervjufrågor	43

1 Inledning

I detta inledande kapitel presenteras bakgrund, syfte och mål med studien. Avsnittet innehåller även frågeställningar och gjorda avgränsningar.

1.1 Bakgrund

Ett ämne som är högaktuellt just nu är klimatpåverkan och dess effekter. Bygg- och fastighetsbranschen står för en stor del andel av Sveriges utsläpp och år 2021 var 22 procent av utsläppen av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn (Boverket, 2024a). Jämfört med 2020 har utsläppen av växthusgaser ökat, men sedan 2008 har det totalt sett minskat med sex procent, vilket är en positiv men marginell minskning. Samtidigt finns det även ett stort behov av att bygga nya bostäder i Sverige, men de höga produktionskostnaderna är ett stort hinder (Boverket, 2023). Byggkostnaderna i Sverige är en uppåtgående trend där det blir dyrare och dyrare för varje år att producera bostäder, och sedan 1998 har en ökning på 195 procent skett. (Byggföretagen, 2023).

Tabell 1: Andelen byggda flerbostadshus med trästomme resp. betongstomme från år 2000–2022

År	Flerbostadshus med trästomme	Flerbostadshus med betongstomme
2000	13%	82%
2002	13%	80%
2004	15%	80%
2006	12%	80%
2008	11%	88%
2010	9%	91%
2012	10%	88%
2014	9%	89%
2016	11%	88%
2018	13%	85%
2020	19%	80%
2022	14%	81%

Ett av de material som används mest inom byggbranschen är betong. Cirka 81 procent av nybyggda flerbostadshus år 2022 var byggda med betongstomme enligt Statistikdatabasen (SCB, u.å.). Betong är ett material som är robust och långsiktigt hållbart. Svensk betong beskriver betong som ett material som med sin hållbarhet har en lång livslängd och kvalitet på grund av lite drift- och underhållsbehov, samtidigt som det är väldigt kostnadseffektivt. (Svensk Betong, u.å.a).

Idag använder många byggnader mer energi under första året av sitt liv än de följande 80 åren, vilket innebär att mer än hälften av byggnadens energiförbrukning går åt att bygga den. För att kunna bekämpa klimatförändringarna och skapa mer hållbara städer måste vi optimera energianvändning för befintliga bostäder, men på grund av det ökade behovet av att bygga nya bostäder måste vi även minska klimatavtrycket för både byggarbete och material (Kristensen & Grotenfelt, 2020).

Trä beskrivs som ett historiskt viktigt material och har nu tagit plats som ett av de viktigaste materialen ur ett hållbarhetsperspektiv. Idag är ungefär 70 % av Sveriges yta täckt av skog och 75 % av skogen brukas (Skogsindustrierna, 2024a). Av skogsindustrins virkesförsörjning under 2022 användes hälften som sågtimmer och hälften gick till massa- och pappersbruk (Skogsindustrierna,

2024b). Korslimmat trä, även kallat KL-trä, blir alltmer aktuellt som stommaterial för flerbostadshus och är en stark kandidat för att minska klimatavtrycket för byggbranschen (Svenskt trä 2024).

Byggnadsstommens huvudsakliga uppgift är att föra ner laster i marken. Lasterna som påverkar en byggnad är bland annat egentygnd, nyttig last från människor, möbler och utrustning, samt övriga laster som exempelvis snö och vind (Bygg, u.å). Stommen är skelettet i byggnaden och har en bärande och stabiliserande funktion där de byggnadsdelar som ingår är bjälklag, väggar, tak, knutpunkter och förband (TräGuiden, u.å.).

1.1.1 En byggnads livscykel

Utgångspunkten för en byggnads livscykel är naturresurser och utvinning av råvaror som behandlas och omformas till byggprodukter som sätts ihop till en byggnad. Byggnaden används sedan under en lång tid och under denna tid underhålls och försörjs den med energi. Efter användningen rivs byggnaden och materialen tas hand om antingen genom återvinning eller återanvändning (Boverket, 2024b)

En byggnads livscykel kan delas in i tre huvudskeden: byggskedet, användningsskedet och slutskedet, och betecknas med bokstäver enligt europeisk standard. Alla skeden delas i sin tur in i så kallade informationsmoduler som beskriver processerna under livscykeln. I denna studie kommer vi endast undersöka byggskedet, som betecknas med bokstaven A, och samtliga informationsmoduler som ingår. I tabellen nedan redovisas de informationsmoduler som ingår i byggskedet.

Tabell 2: Redovisning av informationsmoduler som ingår i byggskedet i en livscykelanalys

Byggskede A1 – 5	Produktskede A1 – 3	A1	Råvaruförsörjning
		A2	Transport
		A3	Tillverkning
	Byggproduktionsskede A4 – 5	A4	Transport
		A5	Bygg- och installation

1.2 Syfte och mål

Eftersom miljö-, energi- och kostnadsaspekter är viktiga för byggbranschens framtid, och att valet av byggmaterial är en av de avgörande faktorer som påverkar dessa aspekter, vill vi med denna studie undersöka under vilka förutsättningar trä respektive betong är bäst som stommaterial för flerbostadshus. Målet är att under byggskedet undersöka vilket av materialen, trä eller betong, som är lämpligast att bygga med utifrån miljö-, energi och kostnadssynpunkt.

1.3 Frågeställningar

Frågeställningarna med målsättning att besvaras är följande:

- Vilket av stommaterialen är bäst ur miljösynpunkt?
- Vilket av stommaterialen är bäst ur energisynpunkt?
- Vilket av stommaterialen är bäst ur kostnadssynpunkt?
- Vilket stommaterial, KL-trä eller betong, är sammantaget mest lämpligt att bygga med utifrån aspekterna miljö, energi och kostnad?

1.4 Avgränsningar

För att begränsa omfattningen av arbetet görs ett antal avgränsningar.

- I studien undersöks stommar av armerad betong och korslimmat trä. Armerad betong kommer att benämnas som betong och korslimmat trä som KL-trä. Studien avgränsas till att endast undersöka nybyggnation av flerbostadshus med två upp till åtta våningar belägna i Sverige. Andra typer av byggnader kommer därför inte att studeras.
- Studien fokuserar främst på byggskedet, övriga skeden i livscykeln kommer att nämnas för att ge en helhetsbild men studeras ej i närmare detalj. Det utförs ingen livscykelanalys (LCA) i arbetet då denna studie endast tar hänsyn till produktionen.

1.5 Definition av frågeställningar

Vad menar vi med miljösynpunkt?

Det som menas med miljösynpunkt är vilken påverkan en betongstomme respektive KL-trästomme har på miljön. Påverkan innefattar utsläpp samt eventuella upptag av koldioxid vid produktion av materialet och vid transport, samt vid användningen av råvaror för att upprätta respektive stomme.

Vad menar vi med energisynpunkt?

Med energisynpunkt menas energiåtgången vid tillverkning och transport. Även uppvärmning och kylning under driftskedet kommer nämnas då det också har en påverkan på valet av stommaterial.

Vad menar vi med kostnadssynpunkt?

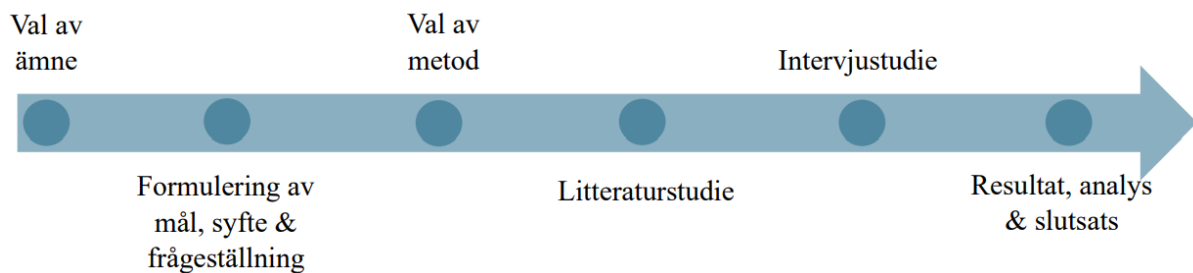
Med kostnadssynpunkt menas kostnad för materialen som ingår för tillverkningen av betong- och KL-trästommar, alltså trä och lim respektive ballast, cement och armering. Men även kostnader såsom transport och montering, och andra kostnader som kan tillkomma gällande att uppnå exempelvis ljud- och brandkrav.

2 Metod

I följande kapitel presenteras studiens genomförande och dess forskningsmetoder litteratur- och intervjustudie. Avsnittet redogör för tillvägagångssätt, insamling av data och arbetsgång för att uppnå studiens syfte och mål.

2.1 Studiens genomförande

Studien inleddes med att identifiera ett ämne och formulera ett problem med tillhörande frågeställningar. När problemformuleringen och ämnet var bestämt påbörjades arbetet med att framställa ett måldokument tillsammans med en tidplan över genomförandet av studien. I samband med tidplanen skapades även en planerad arbetsgång över studiens genomförande, se *Figur 1*. Tidplanen och arbetsgången användes som stöd och mall för att tydliggöra hur arbetet skulle struktureras och vad som skulle genomföras i studien.



Figur 1: Studiens arbetsgång från början till slut

När arbetsgången var fastställd bestämdes val av metod för examensarbetet. Metoderna som valdes var datainsamling bestående av en litteraturstudie och en intervjustudie. Litteraturstudiens syfte var att ge en stor förståelse om ämnet och fungera som underlag för intervjuerna. Intervjustudien genomfördes i sin tur för att få respondenternas erfarenhet, kunskap och perspektiv på ämnesområdet. Urvalet av respondenter gjordes genom att först identifiera tillverkare av respektive material samt genom att hitta relevanta projekt för att på så sätt finna lämpliga personer. Personerna kontaktades sedan på antingen mail eller telefon där de fick en förfrågan om att ställa upp på en intervju. Utifrån de personer som valts att intervjua formulerades sedan intervjufrågorna.

Resultatet från intervjustudien sammanställdes och utifrån både litteraturstudien och intervjustudien gjordes en analys och diskussion. Analysen började med att identifiera för- och nackdelar hos respektive material, utifrån litteraturstudien, för att sedan kunna etablera en preliminär lista på parametrar. Denna lista kompletterades sedan med ytterligare parametrar som framgick av intervjustudien. Till sist besvarades frågeställningarna och övriga slutsatser redogjordes.

2.2 Litteraturstudie

En litteraturstudie är en systematisk genomgång av den befintliga litteratur som finns inom ett visst ämnesområde (Patel & Davidsson, 2011). För att undersöka respektive materials miljöpåverkan, energianvändning och kostnadsaspekter och för att sedan kunna dra en slutsats om vilket material, KL-trä eller betong, som är lämpligast att bygga med utifrån dessa aspekter, baserades denna studie i första hand på litteraturstudier. Informationen har hämtats från tryckta källor såsom rapporter från branschen och myndigheter samt från vetenskapliga publikationer och från annan relevant information på nätet. Några sökord som används är: korslimmat trä, betong, stommaterial, miljöpåverkan, energianvändning och kostnad. Ytterligare information har hämtats från böcker och kurslitteratur via biblioteken på Lunds universitet. Litteraturstudien användes sedan som grund för intervjuer. Resultatet från intervjustudien analyserades och jämfördes sedan med litteraturstudien för att på så sätt kunna dra slutsatser. En sammanställning av litteraturstudien presenteras i rapporten under kapitlet 3 *Litteraturstudie*. Genom hela rapporten har referenssystemet Harvard används enligt Umeå Universitets guide *Harvard – skriva referenslista* och *Harvad – hänvisningar i text*.

2.3 Intervjustudie

En intervjustudie kan utföras på olika sätt, med en mycket fast intervjustruktur eller med en mer samtalsliknande diskussion (Patel & Davidsson, 2011). Att använda en mycket strukturerad metod innebär att frågorna och dess ordningsföljd är förutbestämda och är väldigt användbart när kvantiteten av svaren är av stor betydelse. En ostrukturerad intervju med en öppen diskussion har inga förutbestämda frågor utan används främst för att skapa underlag till att samla kunskap och lärdom. Den vanligaste metoden utgörs av något mellanting av de båda nämnda metoderna, en så kallad semi-strukturerad metod. Denna metod utgår från en viss frågeställning, men där flexibilitet används för att utveckla en förståelse för respondentens uppfattning och vetskap inom området.

För att kunna besvara frågeställningarna och få en djupare kunskap om byggbranschens erfarenheter och kunskaper om respektive material, har det genomförts fyra intervjuer med fyra representanter för olika företag och inriktningar inom byggbranschen. Den semi-strukturerade intervjumetoden är den som används i studien eftersom den ansetts bäst lämpad för frågeställningarna. Intervjuerna utgick från ett manus med förutbestämda frågor baserade på litteraturstudien där respondenterna fick möjligheten att svara fritt, och utifrån svaren från respondenterna ställdes vissa följdfrågor. Mer utförligt om intervjuernas genomförande presenteras i kapitel 4.1 *Intervjustudiens genomförande*. Syftet med intervjuerna var att ge examensarbetet en bredare och mer ingående bild över branschens syn inom området. Efter intervjuernas genomförande sammanställdes och uttolkades resultatet, som presenteras under kapitlet 4.3 *Resultat av intervjustudie*.

3 Litteraturstudie

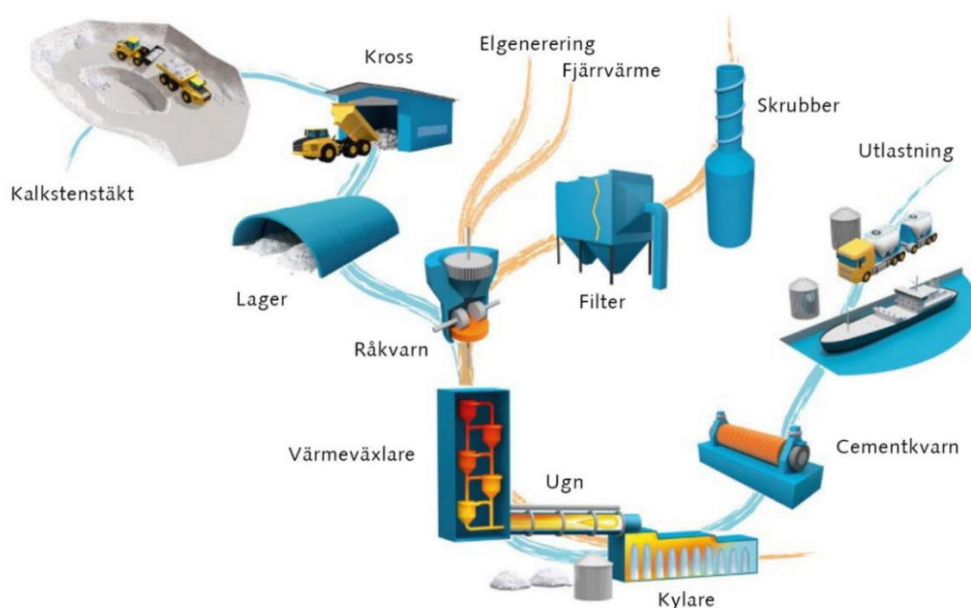
I följande kapitel presenteras relevant teoretisk information för studien. Områden som berörs är byggnadsmetoder, egenskaper, klimatpåverkan, energianvändning och ekonomiska aspekter för KL-trä respektive armerad betong. Litteraturstudien kommer ligga till grund för intervjuer, analys, diskussion och slutsats.

3.1 Armerad betong som stommaterial

3.1.1 Betong

Betong är ett formbart byggnadsmaterial huvudsakligen bestående av stenmaterial av varierande kornstorlek som binds samman av vatten och cement, där tillsatsmaterial som modifierar betongens egenskaper kan förekomma. Det är ett av världens mest använda människotillverkade material (Svensk Betong, u.å.a) och år 2022 byggdes cirka 82 % av nybyggda flerbostadshus i Sverige med betongstomme (SCB, u.å.). På grund av dess mångsidighet och egenskaper passar betong för många olika typer av konstruktioner då den inte brinner, tål fukt och inte möglar (Svensk Betong, u.å.b). Förutom dess egenskap av att vara ett robust och tåligt material, har betong även en lång livslängd på minst 100 år. Denna långa livslängd resulterar i minimalt behov av drifts- och underhållsinsatser (KP Betong, u.å.).

Betong är ett kompositmaterial bestående av både fin och grov ballast som binds samman av cementpasta. Förhållandet mellan vatten och cement har stor betydelse för betongens egenskaper och ballastegenskaper som kornstorlek, kornform och variation av mängd påverkar betongens sammansättning (SGU, 2023). Ballast är ett samlingsnamn på bergartsmaterial som är avsedda för betongtillverkning där kornstorleken varierar beroende på betongens användningsområde. Bindemedlet i betong är cementpasta, där kalksten är en viktig råvara för att produktionen av cement ska fungera.



Figur 2: Cementproduktion steg för steg (Heidelberg Materials, u.å.a)

Huvudråvaran i cementtillverkning är kalksten och tillverkningsprocessen av cement kan delas in i sex delar; brytning av kalksten, lagring och malning av kalksten, torkning, bränning, kylning och malning. Det är en process som kräver stora resurser, både materiella resurser och energi (Heidelberg material, u.å.a)

Första steget i processen är att bryta kalksten, vilket sker i gruvor eller dagbrott, som sedan transporteras till en kross som krossar stenen i till mindre sten innan kalkstenen mals ner till ett stenmjöl, även kallat råmjöl. För att få rätt sammansättning på råmjölet tillsätts små mängder kisel, aluminium och järn. Råmjölet transporteras sedan till en ugn där det torkas innan det förvaras i en stor silo innan stenmjölet bränns. I första delen av bränningsprocessen, kalcineringsprocessen, värms råmjölet upp i ett 80 meter högt cyklontorn. Kalcineringen medför att kalciumkarbonat delas upp i kalciumoxid och koldioxid. Andra delen av bränningsprocessen är sintring där råmjölet värms upp till 1450 grader i ett 80 meter långt roterande stålrör. Under denna process reagerar partiklarna i mjölet med tillsatserna och bildar små kulor som kallas för klinker. Efter att mjölet transporterats genom stålröret och blivit klinker kyls det ner och mals i en cementkvarn. När klinkern mals till cement tillsätts cirka 3 till 5 procent gips som förhindrar att betongen härdras för fort. Andra tillsatser förekommer i cementtillverkningen för att ändra cementens egenskaper och anpassa egenskaperna efter betongens användningsområde. (Heidelberg material, u.å.a)

3.1.1.1 Armerad prefabricerad betong

Prefabricerad betong formgjuts i fabrik, formarna är anpassade efter aktuellt projekt och tillverkas med färdiga installationer och håltagning för att underlätta installationen. Betongelementen transporteras sedan till byggarbetsplatsen där de monteras ihop till färdiga konstruktioner. Tillverkningen av prefabricerad betong sker under industriella och kontrollerande förutsättningar vilket gör att elementen säkerställer en hög kvalitet och jämnhet i betongelementen (Heidelberg Materials, u.å.b). Tillverkning i fabrik minskar mängden spill och avfall på byggarbetsplatsen eftersom det sker under kontrollerade förutsättningar samt att det möjliggör noggrann kvalitetskontroll under varje steg av processen. Genom att använda prefabricerad betong görs uppförandet av stommen mindre beroende av väder och årstid (Nybetong, u.å.). Uppförandet av stomme kan påbörjas omedelbart vid ankomst till byggarbetsplatsen, detta ger en snabb och effektiv byggprocess vilket i sin tur kan dra ner på övergripande kostnader.

3.1.1.2 Armerad platsgjuten betong

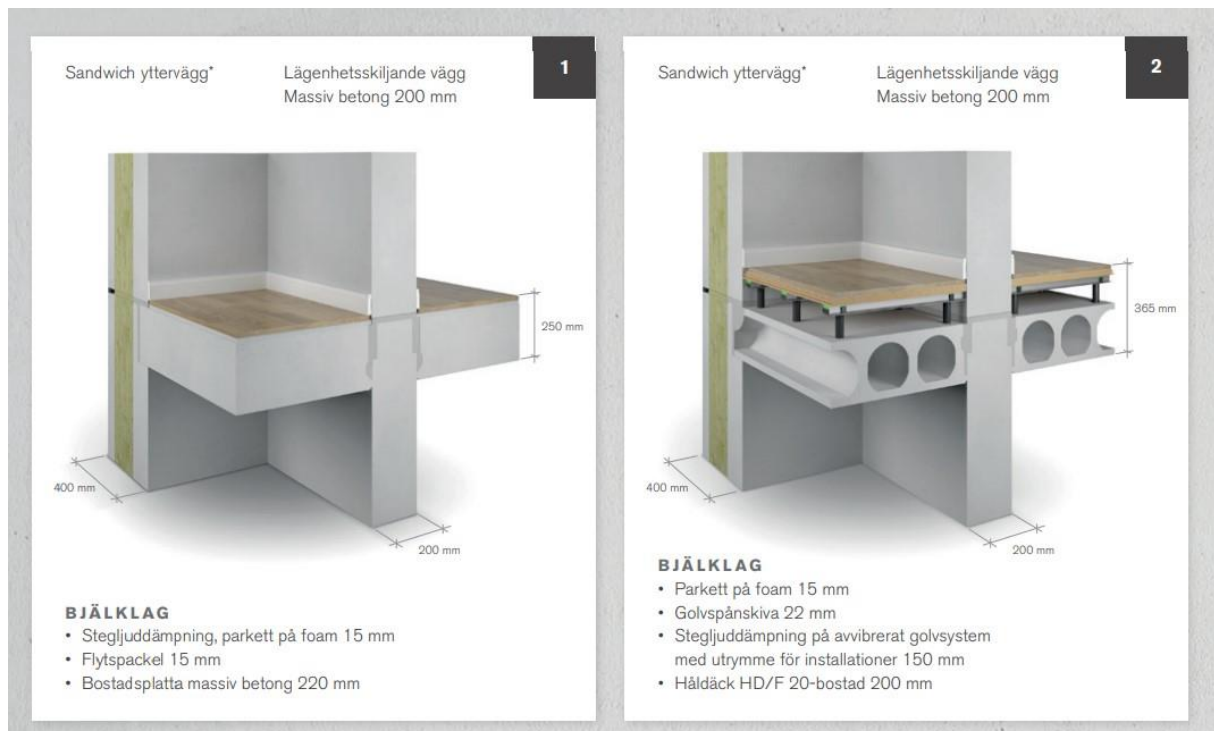
Platsgjuten betong är en av de vanligaste byggmetoderna för flerbostadshus idag (Svensk betong, u.å.c). Färsk betong, ofta självkompakterande, transporteras till byggarbetsplatsen där den med hjälp av betongpumpar pumpas ut i formar för att kunna bilda rätt konstruktion. Platsgjutna betongbyggnader ger tekniskt täta konstruktioner eftersom stommen gjuts i ett stycke utan öppna fogar, vilket gör att okontrollerat luftläckage minimeras. Tvärsnitt, nedböjningar, armeringsmängder och betongkvaliteter kan optimeras då det ger en mer skräddarsydd och effektiv lösning för konstruktioner genom att möjliggöra precision, flexibilitet och kontroll över olika konstruktionsvariabler (Heidelberg Materials, u.å.c). Platsgjuten betong behöver en viss tid att härda för att nå rätt hållfasthet. Torktiden bromsar andra aktiviteter men kan undvikas genom att bygga två hus samtidigt.

3.1.2 Stommar av armerad betong

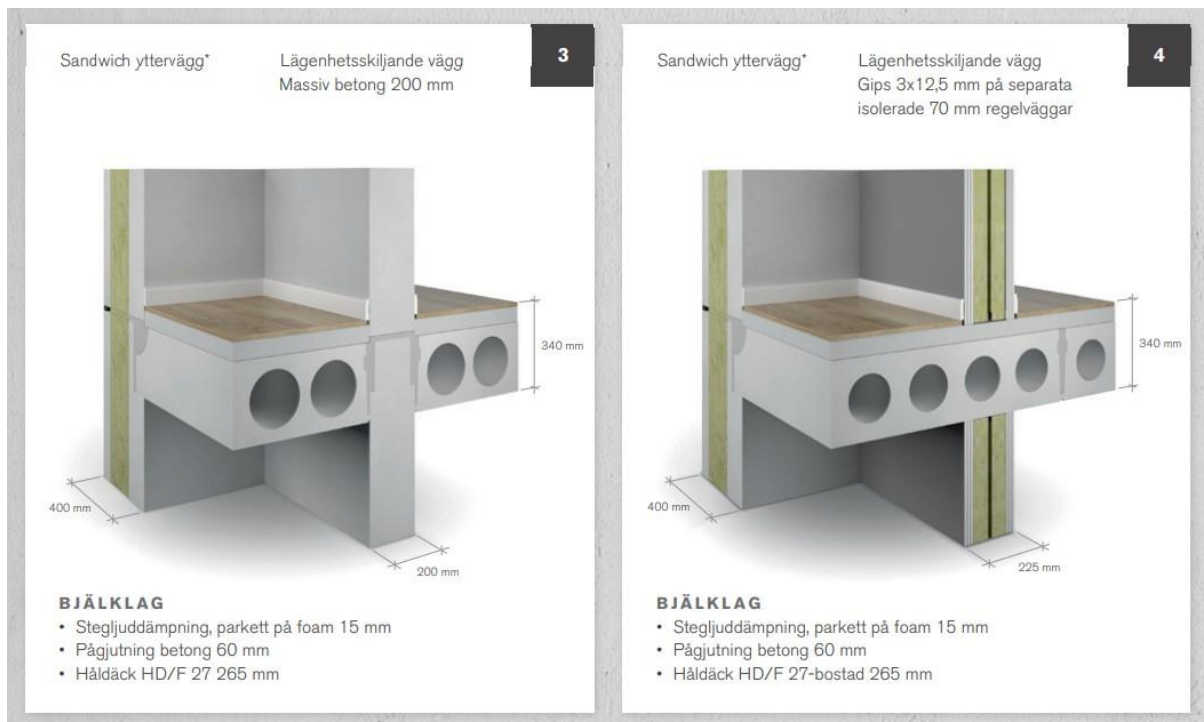
Med betongstomme får man en stabil stomkonstruktion med minimalt underhåll. Betongstommar är brandsäkra, energieffektiva, fuktsäkra och ger en lång livslängd (K-Prefab, u.å). Betongstommar gjuts på plats, platsgjuten betong, eller förtillverkas, prefabriceras. Exempel illustreras på figur 3 och 4 på prefabricerad betongstomme som är hämtad från (Starka, u.å).

Ingående delar i stommen är:

- Håldäckselement: ett prefabricerat betongelement som används som bjälklag och tak i bostäder, kontor, industrier med flera. Med håldäckselement kan man minska antalet bärande konstruktioner som pelare och balkar vilket ger möjlighet för flexibla planlösningar (Byggelement, u.å.). Spännvidder mellan 6-17m beroende på tjocklek på håldäckselementet (Starka, u.å).
- Sandwich yttervägg: består av tre lager, två betongskivor med mellanliggande isolering. Fasadskiva betong 80 mm, isolering 170 mm, bärande betongskiva 150 mm.
- Massivvägg: en vägg helt i betong, oftast innerväggar men går att använda som yttervägg vid byggnader som inte har stora uppvärmningskrav.
- Massivbjälklag: består av en betongplatta som antingen är slakarmerad eller förspänd. Maximal spännvidd 9,2 m (Heidelberg Materials, 2023a)



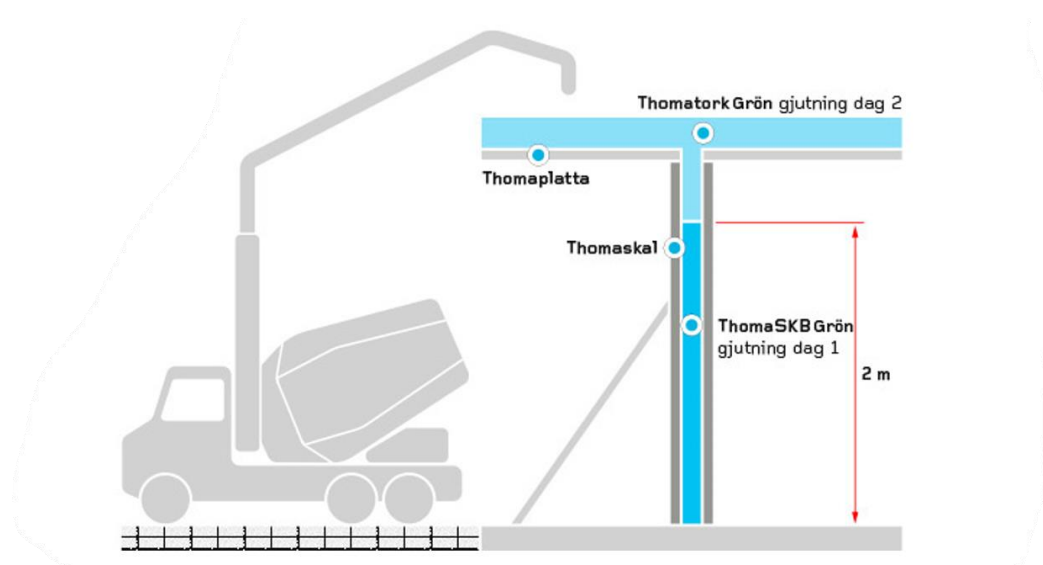
Figur 3: Stomlösningar för moderna bostäder (Starka, u.å)



Figur 4: Stomlösningar för moderna bostäder (Starka, u.å)

Ett exempel på en platsgjuten betongstomme, se *Figur 5*, är en platsgjuten betongstomme från Thomas Betong, speciellt framtagen för flerbostadshus, där ingående produkter är:

- Thomas Vagg Grön:
 - Thomaskal – förstärkt skalvägg framtagen för högre formtryck som kan fyllas upp till 2 meters höjd med ThomaSKB grön.
 - ThomaSKB grön – ifyllnadsbetong som är en självkompakterande produkt som skapar en bättre arbetsmiljö med tyst gjutning utan vibrering.
- Thomas Bjälklag Grön:
 - Plattbärlag Thomagrön – plattbärlag med återvunnen betong som ballast
 - Tomatork grön – pågjutningsbetong med lägre CO₂-avtryck.



Figur 5: Thomas miljöstomme, ett unikt byggsystem (Thomas Betong, u.å.a)

3.1.3 Egenskaper hos betong

3.1.3.1 Hållfasthet

Hållfastheten är sällan en begränsande faktor när det byggs med betong. Betong har en hög tryckhållfasthet, som är cirka 10 gånger större än draghållfastheten. Betongen armeras genom att gjuta in stålstänger eller nät i partier med dragpåkänningar för att på så sätt öka draghållfastheten. Alla lastbärande konstruktioner kräver armering (Svensk betong, u.å.d), samt det krävs att armeringsstängerna samverkar med den omgivande betongen för att upprätthåll strukturell hållbarhet (KTH, 2021). Vanligtvis utrustas armeringen med tvärgående räfflor under valsningen för att skapa en bättre bindning med betongen. Andra egenskaper som beständighet och täthet är mer eller mindre relaterade till betongens hållfasthet där betongens delmaterial bestämmer hållfastheten. Då betong består av ballastpartiklar sammanhållen av cementpasta, där ballastpartiklarna normalt är starkare än cementpasta, är det ballast och cementpasta som bestämmer betongens egenskaper så som porositet och struktur. Hållfastheten påverkas väsentligt av porositeten vilket betyder att hållfastheten ökar vid avtagande porositet (Svensk byggtjänst, 1994).

Provning av hållfasthet på betong görs med en provkropp som ska vara en kub, cylinder eller borrhärdar. För att kunna beräkna betongens tryckhållfasthet belastas provkroppen i en tryckpress till den brister för att då kunna registrera den maximala lasten som provkroppen utsatts för (Heidelberg materials, u.å.d).

3.1.3.2 Densitet

Betong har generellt densitet på cirka 2400 kg/m³ (NE, 2023) men kan variera beroende på variationer av proportioner av bland annat delmaterial, luftinnehåll och kompaktering. Betongens densitet är betydande för dess hållfasthet samt termiska- och fuktegenskaper.

3.1.3.3 Brand

Betong brinner inte, avger inte rök eller giftiga gaser och förhindrar samtidigt att bränder sprider sig, detta är några av betongens brandegenskaper. Betong uppfyller kravet för brandsäkerhetsklass A1, vilket är den högsta möjliga brandklassen, enligt EU's direktiv (Svensk betong, 2018a). Avgörande faktorer i betongkonstruktioners brandbeständighet är betongens termiska egenskaper, temperaturhöjningen i betong och armeringens känslighet för temperaturpåverkan. På grund av betongens låga värmeledningsförmåga sker värmeökning långsamt vid eventuell brand. Betongkonstruktioner är robusta och massiva vilket medför att uppvärmning i konstruktionen fördröjs (Svensk byggtjänst, 1994). Betong har god brandbeständighet vilket beror på betongens värmetröga egenskaper och det är först vid cirka 450 grader celsius som hållfastheten börjar försämrats. När betongen värms upp till högre temperaturer avgår det förångningsbara vattnet och vid ytterligare temperaturökning förångas det strukturellt bundna vatten som skapar ett inre ångtryck vilket i sin tur kan leda till avspjälkning (Svensk byggtjänst, 1994). Armeringen i betongen klarar av lägre temperaturer än vad betongen gör men tack vare betongens värmetröga egenskap skyddas armeringen vilket bidrar till att stabiliteten bibehålls även vid högre temperaturer.

På grund av betongs inneboende brandegenskaper krävs sällan åtgärder av brandskydd då betong själv fungerar som brandceller, vilket förhindrar branden från att sprida sig. Vid eventuell brand avger

betong inte heller någon rök eller giftig gas vilket bidrar till att tiden för utrymning förlängs samt underlättar säkrare släcknings- och evakueringsarbete (Svensk betong, u.å.e).

3.1.3.4 Fukt

Betong kan inte mögla eller få rötskador vilket gör det till ett mycket fukttåligt material som är lämpligt att använda i miljöer som är hårt utsatta av väta (Svensk betong, u.å.f). Det som ger betongen sina fukttåliga egenskaper är materialets struktur samt kemiska sammansättning. Täthet och minskad porositet innebär att vatten har svårare att tränga sig in samt att den täta strukturen förhindrar fukt att penetrera djupt in i materialet vilket minskar risken för fuktskador. Om betong utsätts för att vatten tränger sig in i materialet och sedan utsätts för frost kan betongen utsättas för frostsprängning (Sydsten, u.å.)

Cement är ett hydrauliskt bindemedel som härdar när det reagerar med vatten (Burström et al, (2018). Vid tillverkning av betong blandas först cement med ballast till en homogen blandning innan vatten tillsätts så att materialen binder samman. En del av vattnet som tillsätts binds kemiskt i betongen och är bundet i konstruktionen hela dess livslängd. Det vatten som inte binds måste torka till den gräns så att det inte påverkar andra material som är i kontakt med betongen. Ingjutet stål eller armering kan rosta under specifika förutsättningar i fuktig eller salthaltig miljö (Svensk betong, u.å.g). När betong härdar blir den alkalisk, den alkaliska miljön i betongen krävs för att armeringen ska vara korrosionsskyddad (KTH, 2021). Betongens struktur avgör dess fuktegenskaper (Svensk betong, u.å.h), och då delmaterial samt tillsatsmedel påverkar betongens struktur går det i princip att tillverka betong helt vattentätt. Genom att tillverka betong med fint porsystem styrs materialets förmåga att ta upp och avge vatten. Betong tar inte skada av fukt utan bibehåller sina egenskaper oberoende på hur fuktig den är (Svensk betong, u.å.h)

3.1.3.5 Akustik

Bra ljudisolering har en stor betydelse för en behaglig inomhusmiljö. Låg ljudnivå från grannar, trafik och installationer kännetecknar en bra bostad. Ljudmiljön i en bostad bestäms till en del av ljud som uppkommer inne i bostaden, t.ex. grannar och installationer, samt en del av aktiviteter som sker utomhus, så som buller från trafik och industrier (Svensk Betong, 2018 b).

Kombinationen av att betong både är ett tungt och styvt material bidrar det till att en betongstomme ger en bra ljudstandard, vilket tydligt framgår när stegljudsdämpning undersöks. Betong har låg luftljudabsorption och i de fall där högre krav råder för luftljud krävs absorbenter som placeras för att tillfredsställa en god akustisk miljö. Problemet med absorbenterna och deras placering är deras påverkan på betongens värmelagringsförmåga. Förutom att betong är ett tungt och styvt material är det även ett tätt material, detta gör att det i stället är andra faktorer som fönster, dörrar och uteluftsintag som avgör ljudisoleringen.

3.1.4 Betongens klimatpåverkan

Produktionen av material går direkt att koppla till byggprocessens klimatpåverkan där flera studier pekar på att materialproduktion och byggprocessen står för en betydande del av nya byggnaders klimatpåverkan. Cement står för 90% av koldioxidutsläppen för produktionen av betong och globalt står cementproduktionen för ungefär 7 % av totala koldioxidutsläppen (IEA, 2018). Den process som

har största koldioxidutsläpp är kalcineringen vilket är första delen i bränningsprocessen, detta är när kalciumkarbonat (CaCO_3) i kalksten bränns varvid kalciumoxid (CaO) bildas och koldioxid (CO_2) avgår. Två tredjedelar av koldioxidutsläppen kommer från processutsläpp och resterande kommer från bränslet som används vid bränningen och uppvärmning av ugnar (Svensk Betong, u.å.i). Detta innebär att ett byte av fossila bränslen skulle medföra en förbättring men det skulle inte minska det koldioxidutsläpp som härstammar från kalcinering. Enligt Heidelberg Materials (2023b) är nyckeln för att minska koldioxidutsläppen främst koldioxidinfångning (CCS), ersätta det fossila med biobränslen, ökad cirkularitet och nya innovativa produkter.

Under hela sin livstid tar betongen upp koldioxid från atmosfären, denna process sker helt naturligt och påverkar inte betongens egenskaper (Thomas Betong, u.å.b). Denna process benämns som karbonatisering och beskriver processen som sker när kalksten återtar den koldioxid som avgick vid tillverkningen av cement. När cement används som bindemedel i betong kan betongen binda och lagra koldioxid permanent.

För betongkonstruktioner ligger det maximala upptaget av CO_2 på cirka 23% av de utsläpp som genereras vid produktion av betong (IVL, 2021). Betongens upptag av koldioxid är beroende av konstruktionens yta då det endast är den exponerande ytan som kan ta upp koldioxid. Karbonatisering ökar risken för att armering i betongen kan rosta, detta beror på att när betongen tar upp koldioxid sänks betongens höga pH-värdet som behövs för att skydda armeringen mot korrosion (Heidelberg materials, u.å.e).

3.1.4.1 Klimatförbättrad betong

Klimatförbättrad betong innebär en betong som är optimerad för att reducera koldioxidutsläppen som genereras vid produktion av cement. Genom att ersätta en del av cementen med alternativa bindemedel kan CO_2 -utsläpp minska med upp till 50 % jämfört med traditionell betong (Skanska, 2024). Exempel på alternativa bindemedel är bland annat slagg och flygaska, vilket båda bidrar till cirkulära processer då restmaterial återanvänds. Cement är betongens bindemedel och alternativa bindemedel kommer inte att kunna ersätta cement till hundra procent. Men precis som andra material utvecklas betong ständigt och idag finns en ökad användning av klimatförbättrande betong.

Ett projekt som har använt klimatförbättrad betongstomme är Brf Viva av Riksbyggen, som är ett bostadsprojekt där målet är att skapa Sveriges mest innovativa och hållbara bostadsprojekt. Där har RISE varit med och hjälpt Riksbyggen att nå de mål som de satt för att minska klimatavtrycket. RISE har i deras slutrapport *Kriterier för resurssnålt byggande i praktiken* redovisat att betongen och konstruktionen för Viva 2, som var den upphandlade konstruktionen, hade 30% lägre klimatpåverkan än om den hade byggts med traditionell betong och jungfruligt armeringsstål (RISE, 2018).

3.1.5 Betongens energianvändning

En byggnads energi- och miljöpåverkan delas upp i olika faser utifrån ett livscykelperspektiv, dessa faser är produktion, konstruktion, drift och slutskede. Enligt en artikel från Svensk betong är driftfasen den fas som står för störst del av energiförbrukningen på cirka 85 %, främst på grund av att denna fas är den längsta (Svensk betong, 2015). Cementtillverkning och tillverkningen av stål för armering kräver stora mängder av energi för att driva dess process. För cementtillverkningen är upphettning av kalksten, kalcinering, den process som kräver mest energi. I Sverige finns två fabriker som tillverkar cement, där den största fabriken finns på Gotland och producerar majoriteten av den cement som

används i Sverige (Heidelberg Materials, u.å.f). I dagsläget förbrukar cementfabriken på Gotland omkring 300 GWh elenergi årligen i sin verksamhet och drygt 1 TWh energi i förbränningsprocesser (Svensk vindkraft, 2021). Inom järn- och stålindustrin är energi en av de mest grundläggande resurserna. Processerna inom denna industri kräver höga temperaturer för att smälta råmaterial och omvandla dem till slutprodukter som används i olika tillverkningssektorer. Därför är det avgörande att ha tillgång till energibärare av hög kvalitet för att generera den nödvändiga värmen. Dessa energibärare är av avgörande betydelse och kan inte ersättas eller försummas utan att påverka industrins funktion. Användningen av energi och processkol i stålindustrin ligger på omkring 20 TWh årligen vilket motsvarar 14% av svensk industris totala energianvändning (Jernkontoret, 2023).

Både med platsgjutna och prefabricerade betongkonstruktioner går det att åstadkomma beständigt lufttäta konstruktioner. Lufttätethet är viktigt för uppvärmningsbehovet genom att förhindra drag och att styra ventilation samt för att hindra ljud, partiklar, brandgaser och lukter att spridas. Betong är även ett värmetrögt material som har förmågan att lagra värme och kyla, och reagerar långsammare på temperaturförändringar (Svensk betong, 2015).

3.1.6 Ekonomiska aspekter för betong

Vid valet av material för ett projekt är det en komplex process som styrs av flera avgörande faktorer. Kostnad, tid, tillgänglighet av material och arbetskraft, samt de specifika kraven och preferenserna för projektet spelar alla en betydande roll. Under lång tid har betong varit det mest föredragna stommaterialet, och detta kan förklaras av en rad faktorer. Betong erbjuder betydande fördelar som strukturell styrka, hållbarhet och brandmotstånd, vilket gör den till ett attraktivt val för en mängd olika byggprojekt (Svensk Betong, u.å.b). Dessutom är kunskapen och erfarenheten kring betongkonstruktioner djupgående och långvarig, vilket gör det till ett tryggt och bekant alternativ för många byggare och arkitekter. Betong är ett populärt och attraktivt byggmaterial på grund av sin låga kostnad, tillgänglighet och breda användning (NE, 2023). Dessutom finns det en omfattande kunskap och erfarenhet inom området som gör det möjligt att producera och använda betong på ett effektivt och säkert sätt. Genom att industrialisera byggprocessen blir den mer effektiv då hela processen standardiseras (Svensk Betong, u.å.j). I stället för att börja om ”på nytt” med varje enskilt projekt utgår man i stället från mer definierade delprocesser som återkommande kan upprepas i flera projekt för att kunna styra moment i byggprocessen på ett bättre sätt.

3.2 Trä som stommaterial

3.2.1 Träbyggandets historia

Trä som byggmaterial sträcker sig lång tillbaka i historien och har länge varit vårt allra viktigaste byggmaterial för att bygga hus (Svenskt trä 2024a). I Sverige finns det en lång tradition av att bygga i trä och trähusen är starkt förknippade med det svenska kulturarvet. Några av byggmetoderna som utvecklats sedan lång tid tillbaka är skiftesverk, timmerverk, stolpverk och korsvirke (Svenskt trä, 2024c). Valet av byggmetod berodde mycket på var i Sverige man befann sig. I norr där det fanns gott om skog var timmerhus mycket vanligt, medan i Skåne där tillgången var mer begränsad resulterade det i att korsvirkeshus i stället var den vanligaste byggmetoden.

Till följd av stadsbränder under 1700 och 1800-talet som begränsade användningen av trä, var det länge förbjudet att bygga trähus högre än två våningar (Tillväxtverket, 2019). Det var inte förrän 1994 när Boverkets byggregler (BBR) och Boverkets konstruktionsregler (BBK) presenterades som det möjliggjordes att bygga flerbostadshus med trästomme igen. Det långa förbudet bidrog tyvärr till en bristande forskning, men de senaste årtionden har forskningen kring trä och träbyggnadsteknikerna utvecklats enormt och trä har blivit alltmer aktuellt som stommaterial. Byggandet sker idag till stor del av prefabricerade element, varav ett av dessa är korslimmat trä.

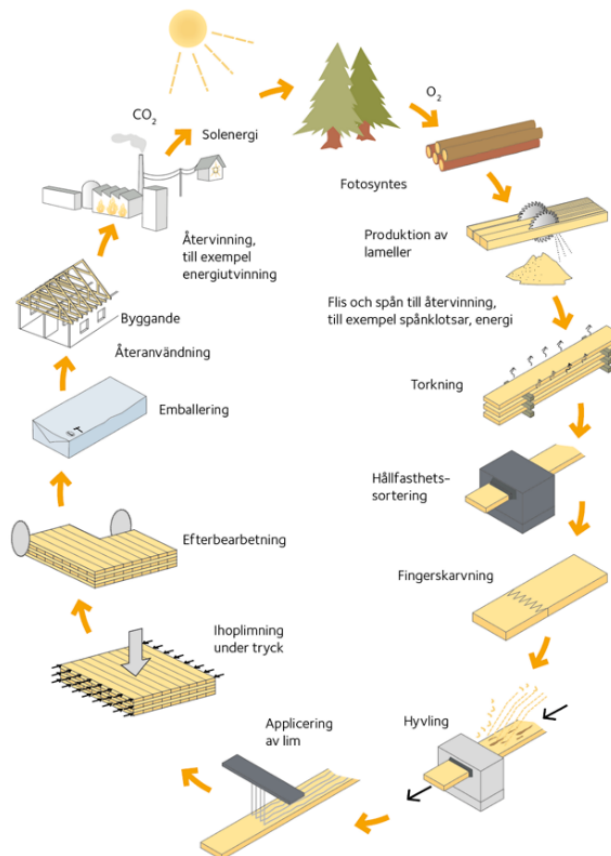
Innan bearbetning och sågning av det skövlade virket sker en så kallad virkessortering för att säkerställa kvaliteten. Detta kan specificeras med ett antal parametrar där antalet och storleken på dessa är avgörande för kvaliteten på virket. Parametrarna bedöms vid visuell sortering, utseendesortering, som vanligen görs vid sågverken. Exempel på dessa parametrar är bland annat kvistar, insektsangrepp, röta, sprickor, hanteringsskador och andra deformationer. Virkesstycket stämplas sedan i änden med ett skeppningsmärke för att det sorterade virket ska kunna avläsas. (Bergkvist & Fröbel, 2020). I trävaruhandeln och för beskrivning av virkeskvalitet i byggandet tillämpas sedan en sortering enligt den europeiska standarden SS-EN 1611-1. Denna handelssortering består av sju klasser, I – VII, som sedan delas upp i olika huvudsortiment. Denna sortering är däremot endast anpassat för virke som inte är avsett för bärande konstruktioner, utan för virke som används till bland annat panel, lister, trall och underlagsspont.

För bärande konstruktioner används konstruktionsvirke som sorterats maskinellt eller visuellt. Den äldre visuella sorteringen som utgick från T-virkesregler har idag ersatts av gemensamma nordiska sorteringsregler som har benämningen INSTA 142. I Sverige benämns de som en svensk standard kallad SS 230120. Dessa regler gäller för bland annat furu och gran, som har den gemensamma benämningen T-virke. Virke sorterat enligt den svenska standarden märks med sorteringsklass T0, T1, T2 eller T3 och hållfasthetsklass C14, C18, C24, C30 eller C35. Hållfasthetsklasserna är sorterade enligt standarden SS-EN 338 (Bergkvist & Fröbel, 2020). Beroende på brädornas egenskaper har KL-trä hållfasthetsklasser från C14 till C30.

3.2.2 Korslimmat trä

Hyvlat virke, av barr- eller lövträ, som korsvis limmats ihop i flera skikt och fingerskarvats till lameller, kallas korslimmat trä och förkortas KL-trä (Setra, 2024). Eftersom KL-trä består av många korslagda, sammanfogade komponenter jämnas variationer och skillnader ut, vilket resulterar i ett material med hög hållfasthet och styvhet. I Sverige tillverkas KL-träskivor främst av gran eller furu, men andra träslag kan också förekomma, och består av minst tre skikt. Det korslimmade träet ger stora

möjligheter då skivan kan limmas och bearbetas till i princip vilken form och storlek som helst. De maximala måtten för skivorna uppgår oftast till cirka 3 x 16 meter, men det finns tillverkare som gör ännu större skivor. Vid tillverkningen av KL-lamellerna sorteras först virket efter hållfasthetsklass. Valet av lim beror sedan på lamellernas fuktkvot och vad slutprodukten ska användas till (Borgström & Fröbel, 2017). För att få fram en optimal KL-träskiva placeras virke med högre hållfasthet där påkänningarna är som störst, det vill säga i tvärsnittets ytskikt och skivans huvudbärriktning. Den slutgiltiga hållfastheten hos KL-träskivan beror på fuktkvoten, tvärsnittet samt vinkeln mellan spänningen och fiberriktningen, förklarar Borgström & Fröbel.



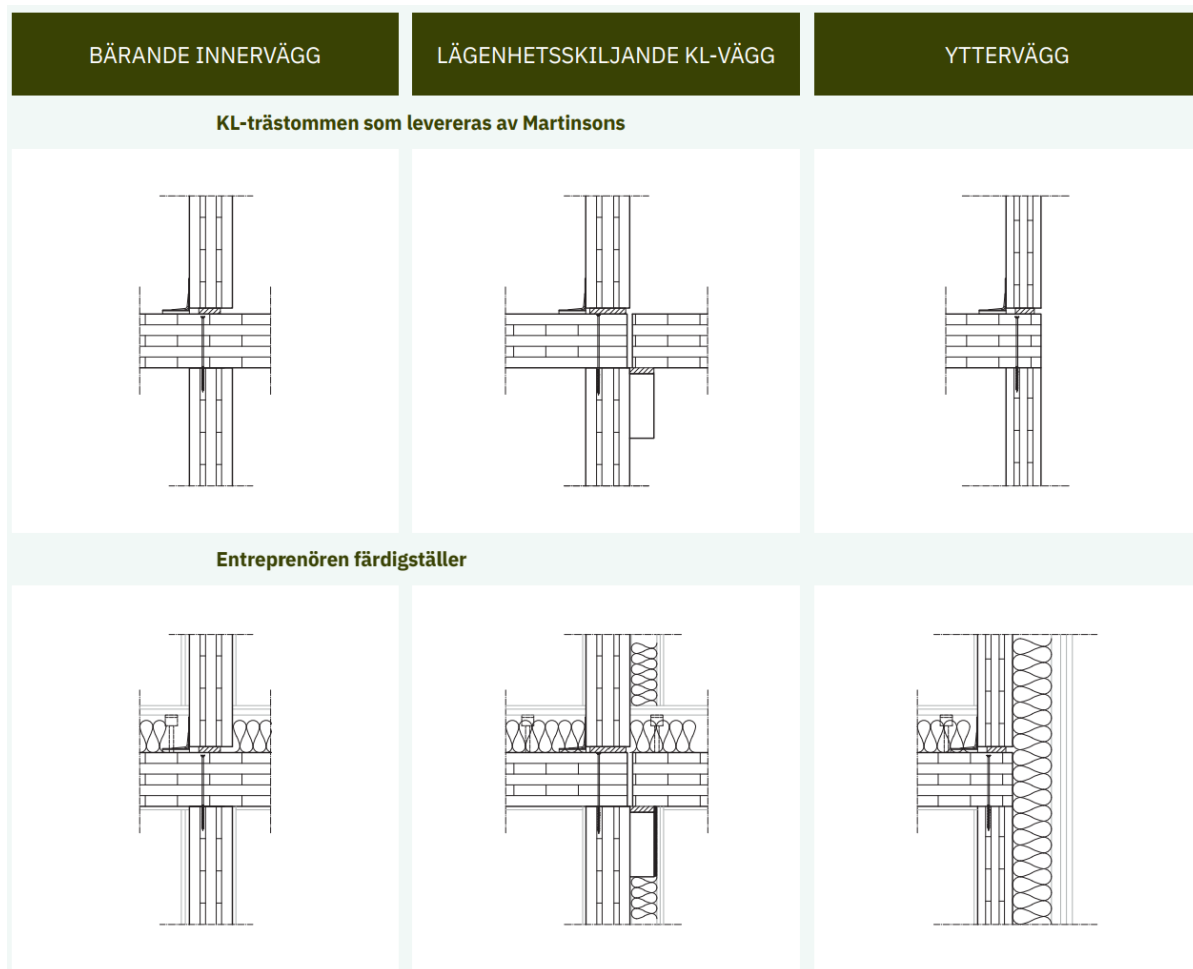
Figur 6: Schematisk bild över KL-träproduktion (Borgström & Fröbel, 2017)

Korslimmat trä är ett väldigt användbart material med en hög prefabriceringsgrad som kan ge många fördelar. Den industriella tillverkningen bidrar till stora möjligheter för produktens form och geometri samtidigt som de underlättar hanteringen på arbetsplatsen. Materialet har i förhållande till sin vikt en väldigt hög bärförmåga. Den låga egenvikten är även fördelaktig vid transport och montage, samt förenklar grundläggningsarbetet. (Svenskt trä, 2024b).

I Sverige har Martinsons länge varit ensam som tillverkare av KL-trä. Deras nuvarande tillverkning sker vid produktionsanläggningen i Bygdsiljum, men de har tillverkat KL-trä ända sedan 2003 och har nu en kapacitet att årligen tillverka 40 000 m³ (Martinsons, u.å.a). Tack vare den ökade efterfrågan på marknaden har nu fler och fler producenter i Sverige valt att satsa på KL-trätillverkning. Bland dessa är Setra, Södra och Stora Enso, som alla nu har produktionsanläggningar för just KL-trä (Höiseth, 2018).

3.2.3 Stommar av KL-trä

En prefabricerad KL-stomme kan göras väldigt objektsanpassad då den möjliggör för exaktkapade fönster- och dörröppningar samtidigt som skivorna även kan levereras med färdiga håltaganden och fräsningar för installationer (Martinsons, 2024). Nedan, i *Figur 7*, presenteras några exempel, tagna från Martinsons broschyr *Stomlösning för flerbostadshus*, på principerna för en KL-trästommes sammansättning. Mestadels byggs trähus för byggnader från 2 våningar upp till 8 våningar, vilket även är det som denna studie fokuserar på. Stommarna är bland annat utformade för att uppnå rådande krav på brand, ljud och energi både gällande byggregler och kundens egna krav. Normalt har ytterväggarna en bärande och stabiliserande funktion, men även då ytterväggar utan dessa funktioner används rekommenderas det att de fortfarande utförs i KL-trä för att skapa bra förutsättningar för ett effektivt och homogent arbetssätt.



Figur 7: Principer för en KL-trästommes sammansättning (Martinsons, 2024)

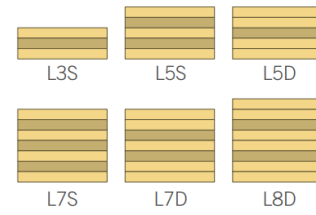
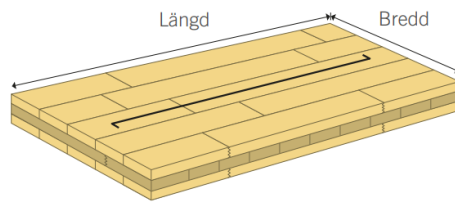
Skivorna kan produceras med 3 eller 16 meter långa ytskikt, i vissa fall ända upp till 20 meter, vilket alltså menas som antingen stående eller liggande ytskikt som normalt används till väggblock respektive bjälklag, se *Figur 8*. För väggar är det optimala är att använda skivor med liggande, horisontella, ytskikt för att underlätta hanteringen. På grund av detta rekommenderas även att undvika våningshöjder på mer än 3 meter. Om i stället vertikala skivor används blir vägg längden endast 3 meter, vilket ökar styckehanteringens både i fabrik och vid montering. För bjälklag klaras spannvidder på 7,4 meter med en helt massiv platta och upp till 16 meter med genom att förstärka tvärsnittet med limträbalkar (Martinsons, 2022).

Uppbyggnad längsgående ytskikt

- ↔ Bärriktning
- ☐ Längsgående skikt
- ☐ Tvärgående skikt

Typ

- L: Längsgående ytskikt
- x: antal skikt
- S: Enkelt yttersta skikt
- D: Dubbelt yttersta skikt

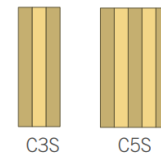
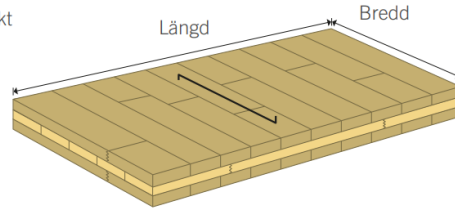


Uppbyggnad tvärgående ytskikt

- ↔ Fiberriktning för yttre skikt
- ☐ Längsgående skikt
- ☐ Tvärgående skikt

Typ

- C: Tvärgående ytskikt
- x: Antal skikt
- S: Enkelt yttersta skikt
- D: Dubbelt yttersta skikt



Figur 8: Uppbyggnad för längsgående resp. tvärgående ytskikt (Setra, 2023)

KL-SKIVA, VANLIGA TJOCKLEKAR			
Ytterväggar	120–140 mm		
Bärande innerväggar (inom samma lägenhet)	140–170 mm		
Lägenhetsskiljande innerväggar	120–140 mm		
Bjälklagsskivor	130–280 mm		
FÄRDIG KONSTRUKTION, VANLIGA TJOCKLEKAR			
Bjälklag med lätt övergolv	400–500 mm	Beroende på spännvidd och ljudkrav	
Lägenhetsskiljande KL-trävägg	250–380 mm	Beroende på brand och ljudkrav	
Lägenhetsskiljande regelvägg	264–344 mm	Beroende på brand och ljudkrav	
Yttervägg	350–450 mm	Beroende på verksamhet och hur mycket isolering det geografiska läget kräver.	

Figur 9: Vanliga tjocklekar för KL-träskivor resp. färdig konstruktion (Martinsons, 2024)

Bearbetningen görs i CNC-maskiner som med en hög precision skär till KL-träskivorna (Setra, 2023). För att undvika kostnadsdrivande, komplicerade lösningar eftersträvas en likande planritning för alla våningsplan. Det eftersträvas även att bärande väggar står på varandra mellan våningsplanen. Att skapa symmetri i planlösningen ger även goda förutsättningar för att på ett effektivt sätt gynna stabiliseringen av stommen (Martinsons, 2024).

3.2.4 Egenskaper hos korslimmat trä

3.2.4.1 Hållfasthet

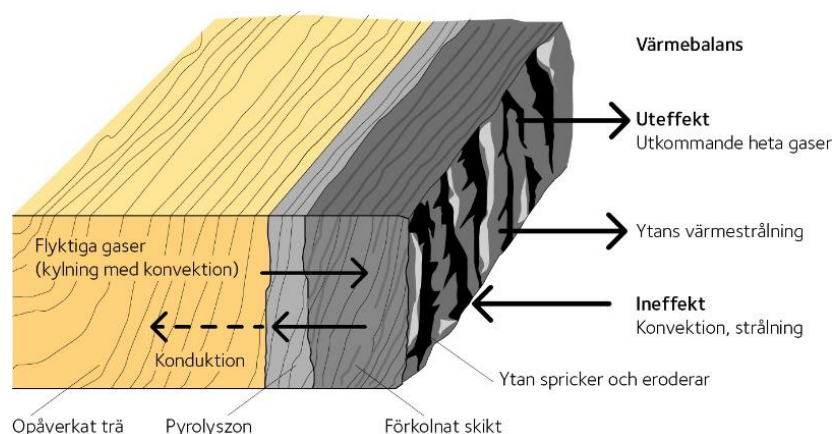
Trä har störst hållfasthet vid dragning i fiberriktningen medan vid tryck i fiberriktningen uppnås endast cirka halva hållfastheten. Den lägre hållfastheten beror på att fibrerna böjer sig vid tryck (Burström & Nilvér, 2018). Som tidigare nämnt har KL-trä i förhållande till sin låga vikt väldigt hög bärförmåga och hållfasthet. Hållfastheten hos en KL-träskiva bestäms till stor del av tvärsnittets uppbyggnad. Ytbrädornas draghållfasthet och tvärsnittets rullskjuvhållfasthet blir därför avgörande i brottskedet. I bruksskedet styr uppbyggnaden av tvärsnittet ännu mer vilket resultat som kan uppnås. KL-träskivor kan ta störst last i huvudbärriktningen (Borgström & Fröbel, 2017). Även fuktkvoten har en stor betydelse för hållfastheten, som minskar starkt vid ökande fuktkvot (Burström & Nilvér, 2018).

3.2.4.2 Densitet

Densiteten hos träprodukter bestäms av deras uppbyggnad och tillverkning. KL-träskivor har vanligtvis en densitet mellan 450 och 550 kg/m³ (TräGuiden, 2017). Densiteten har betydelse för olika virkesegenskaper. Till exempel är vattenupptagningen lägre och långsammare vid högre densitet än vid låg, vilket har en stor betydelse för beständigheten mot mikrobiell nedbrytning (TräGuiden, 2021).

3.2.4.3 Brand

Generellt sett kan träkonstruktioner uppnå höga brandmotstånd. Fuktkvot, densitet, fiberriktning och dimensioner påverkar alla träsens brandegenskaper. Vid brand förkolas trä långsamt, och under den förkolande ytan finns normalt opåverkat trä som bibehåller sin stabilitet (Bergkvist & Fröbel, 2020). Vid dimensionering av KL-trästommar tas därför hänsyn till den inträngning som sker och kolskiktet som bildas vid eventuell brand (Martinsons, u.å.b).



Figur 10: Vid brand bibehåller träet sin stabilitet tack vare kolskiktet som bildas på ytan och som skyddar de inre delarna (Bergkvist & Fröbel, 2020)

Sedan lagändringen 1994 har Sverige inte längre några regler som begränsar höjden på trähus, så länge kraven för bland annat brandmotstånd uppfylls (Brandt, 2014). Brandon et al (2018) förklarar att de viktigaste åtgärderna vid brandskydd är att begränsa direkt brand- och rökspridning mellan brandceller och hålrum samt att begränsa utvändigt brand- och rökspridning. Detta kan uppnås på två sätt, genom passivt eller aktivt brandskydd, eller en kombination av dem båda (Gustavsson et al, 2012). Passivt brandskydd innefattar bland annat att man sektionerar och avgränsar för att förhindra spridning av

värme, rök och gaser. Passivt brandskydd innefattar även val av ytskikt, där exempelvis gipsskivor och brandskyddsimpregnering ökar brandmotståndet ytterligare. Det aktiva brandskyddet består bland annat av sprinklersystem som dämpar och släcker branden, samt av brandlarmsystem. Att installera sprinklers i flervåningshus har även både miljö- och kostnadsfördelar, förklarar Gustavsson et al. En obehandlad KL-träskiva uppnår endast brandklass D, men genom brandskyddsmålning eller påklädnad kan en KL-träskiva uppnå så mycket som brandklass B (Martinsons, u.å.b).

3.2.4.4 Fukt

Trä är ett hygroskopiskt material och dess uppbyggnad och struktur medför att materialet har ett stort fukttinnehåll och stora fuktbetingade rörelser (Arfvidsson, Harderup & Samuelsson, 2017). Materialet strävar ständigt efter att ligga i jämvikt med omgivande miljö, vilket innebär att det hela tiden växlar mellan att ta upp och avge fukt. Träet absorberar fukt och sväller när omgivningen har hög relativ fuktighet. På samma sätt torkar det ut och krymper när den relativa fuktigheten är låg i den omgivande miljön (Alsmarker & Werner, 2021). Med hänsyn till detta är det viktigt att KL-träskivorna vid inbyggnad har en fuktkvot som så nära som möjligt stämmer överens med miljön i den färdiga byggnaden. Den korsvisa uppbyggnaden gör däremot att träet i skivor av KL-trä sväller och krymper mindre tvärs fiberriktningen och har mindre fuktbetingade rörelser (Borgström & Fröbel, 2017).

Vid höga fuktillstånd riskerar trä att brytas ner av rötsvampar och blånadssvampar och samtidigt utgöra en växtplats för mögelsvampar (Arfvidsson, Harderup & Samuelsson, 2017). Mögel har ingen påverkan på hållfastheten utan växer endast på träets yta och kan orsaka missfärgningar. De kan däremot ha en negativ inverkan på människans hälsa. (Bergkvist & Fröbel, 2020) Blånad påverkar inte heller hållfastheten, utan växer in och missfärgar virket så att fukt lättare kan ta sig in. Röta bryter däremot ner träets byggnadselement och påverkar därmed hållfastheten hos materialet, förklarar Bergkvist & Fröbel.

Fuktskador kan leda till stora kostnader och hälsobesvär. Då produktionstiden för flervåningshus är lång innebär det även att exponeringen av fukt i form av nederbörd är mer. Det är därför viktigt att uppnå en fuktsäker byggproduktion genom att skydda konstruktionen. En metod är genom att uppföra ett väderskydd (Borgström & Fröbel, 2017). Ett väderskydd definieras enligt Borgström & Fröbel som en temporär konstruktion som används för att skydda arbetare och byggnadsverk från klimatisk påverkan. Om KL-trästommen uppförs utan väderskydd krävs det att konstruktionen skyddas temporärt med presenningar eller annat regnskydd. Detta kräver en god planering med tanke på avvattning, skydd av ändträ, metoder för uttorkning med mera.

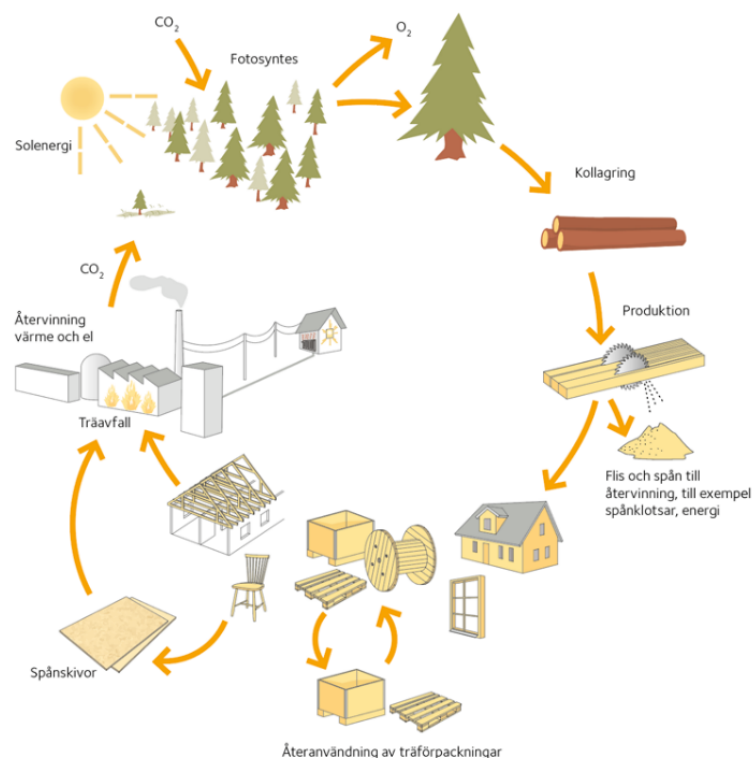
3.2.4.5 Akustik

På grund av trästommens låga vikt och relativt komplexa uppbyggnad är ljud- och vibrationskraven för flervåningshus av trä är aningen komplicerade att hantera, menar Gustavsson et al. (2012). Då tyngden av materialet har stor betydelse för ljudisoleringen, och då trä har en relativt låg egenvikt, resulterar detta i att bjälklag och väggar i KL-trä får betydligt större dimensioner än andra stommaterial. Den lätta konstruktionen har bra ljudisolerande egenskaper när det kommer till luftburna ljud, så som ljud från TV, samtal och installationer. Den låga vikten och densiteten gör däremot att materialet blir känsligt mot vibrationer som kan uppkomma vid till exempel fotsteg och flanktransmissioner (Borgström & Fröbel, 2017).

Boverkets byggregler, BBR, anger att byggnaders ljudmiljö ska utformas så att ljud från byggnaders installationer och ljud utifrån dämpas och inte påverkar dem som vistas i bostaden på ett besvärande sätt. För att åstadkomma detta hos en KL-trästomme krävs oftast dubbelkonstruktioner av stomelementen (Borgström & Fröbel, 2017). Detta är fördelaktigt då KL-elementen är uppdelade i två delar som är akustiskt frikopplade från varandra vilket gör att en högre ljudisolering uppnås. För att ytterligare klara ljudkraven kan gipsskivor, undertak och övergolv monteras. Ljudproblem kan vara svåra att upptäcka innan brukarna flyttat in och är då mycket mer kostsamt att åtgärda. Därför är det viktigt att dessa problem granskas redan i ett tidigt skede av projekteringen.

3.2.5 Korslimmat träsk klimatpåverkan

En mycket viktig faktor för en byggnads miljöpåverkan är byggnadens och dess ingående delars livslängd, och rätt använt har trä en lång livslängd (Gustafsson et al, 2012). Det är en förnybar naturresurs som erhålls genom avverkning av skog och ingår i skogens cirkulära kretslopp. Genom fotosyntesen omvandlar träden koldioxid, vatten och solljus till näring och syre. I trädstammen lagras koldioxid och näringsämnen till dess att trädet dör, då frigörs näringen och tas upp av nya växande träd. Om träet i stället används till träprodukter såsom virke, kartong eller tidningspapper kommer koldioxiden tillbaka in i kretsloppet när produkten eldas upp i värmeverket (Borgström & Fröbel, 2017).



Figur 11: Schematisk bild över trädprodukternas kretslopp (Borgström & Fröbel, 2017)

Den främsta anledningen till att alltmer flervåningshus byggs i trä är klimatet. Orsaken till detta är att trä är ett hållbart material som lagrar koldioxid samtidigt som det är förnybart. Gustafsson et al (2012) skriver att koldioxidutsläppen är väldigt låga vid tillverkning och montering av trähus. Då KL-trä även ofta tillverkas för specifika projekt, uppstår det inget avgörande spill på byggarbetsplatsen. En trästomme binder dessutom stora mängder kol under hela sin livslängd och utgör också en betydande bioenergitillgång vid eventuell rivning. Undersökningar visar att det går att minska koldioxidutsläppen

med 30 till 70 procent genom att använda trä i stället för traditionella byggmaterial, förklarar Kristensen & Grotenfelt (2020). Vidare förklarar skribenterna att för varje gång en kubikmeter trä används i stället för en kubikmeter betong, sparas ett ton koldioxid.

För att KL-träet ska ha så låg miljöpåverkan som möjligt behöver hållbarhetsarbetet pågå i hela värdekedjan. Detta kan uppnås genom fossilfria plantskolor, transporter med biodrivmedel och fossilfria sågverk (Södra, 2021a). För att användningen av trä ska vara positiv ur klimatsynpunkt behöver även skogen brukas hållbart. Detta innebär att skogsavverkningen inte får överskrida tillväxten, att skogen förnyas kontinuerligt och att virket kan återvinnas utan uppkomst av växthusgaser, förklarar Borgström & Fröbel (2017). När virket kommer från ett hållbart och certifierat skogsbruk skyddar träproduktionen även den biologiska mångfalden och skogens tillväxt.

Det finns flera olika typer av lim som används för att sammanfoga brädorna i KL-träprodukter, där en typ som bland annat används av företaget Södra är polyuretanlim, även kallat PUR (Södra, 2021b). Södra har valt PUR som är formaldehydatfritt samt att för det uppnår det bästa förhållandet mellan prestanda, effektiv och säker arbetsmiljö samt minimera miljöpåverkan. Limmet som används vid tillverkningen av KL-trä framställs från fossil råvara och är därmed inte förnyelsebart, vilket påverkar klimatprofilen negativt. Men då andelen lim i en KL-träkonstruktion är mindre än 1 procent är dess inverkan på slutprodukten försumbar (Fröbel, 2016). Forskning görs även för framtagning av förnyelsebara lim för produktion av limmade träprodukter (Linnéuniversitetet, 2022).

3.2.6 Korslimmat träns energianvändning

Tillverkningen av KL-trä är en väldigt energisnål process. Samtidigt används restprodukterna, såsom sågspån och trärester, till att producera energi som bland annat kan användas för att värma torkkamrarna vilket minskar behovet av att använda fossil energi vid tillverkningen (Borgström & Fröbel, 2017). En av KL-träets mest anmärkningsvärda fördelar är dess naturliga isoleringsegenskaper (Södra, 2023). Samtidigt som KL-träet bildar en starkt och stabil stomme är det även väldigt bra på att minimera värmeförluster. Detta bidrar till att hålla en jämn inomhustemperatur, vilket minskar behovet av uppvärmning eller kylning. Som resultat kan energiförbrukningen i flerbostadshus minskas väsentligt, vilket i sin tur resulterar i stora kostnadsbesparingar för både byggherre och de boende.

3.2.7 Ekonomiska aspekter för korslimmat trä

Till följd av en ökad råvarubrist och ökad global efterfrågan har kostnaden för trävaror stigit mer och mer (Statistiska centralbyrån, 2021). Ytterligare en nackdel ur kostnadssynpunkt är även att KL-trä har ett högre produktionspris per kvadratmeterpris än betong. KL-träets bristfälliga förmåga att isolera mot ljud och vibrationer samt kraven på extra brandskydd är två ytterligare stora kostnadsnackdelar för materialet (Borgström & Fröbel, 2017).

Däremot, förutom den betydande kostnadsbesparingen som sker till följd av den minskade energiförbrukningen i flerbostadshus byggda av KL-trä, möjliggör KL-träet för en snabbare och smidigare byggprocess (Södra, 2023). Detta innebär att projekt kan bli klara snabbare och byggnaden kan tas i drift tidigare, samtidigt som byggstörningar reduceras för de boende runt omkring. Prefabricerat trä såsom KL-trä minskar även risken för oväntade kostnader eftersom bostaden vid leveransen är så nära sin färdigställandegrad som möjligt (Svenskt trä, u.å.). Dessutom sker

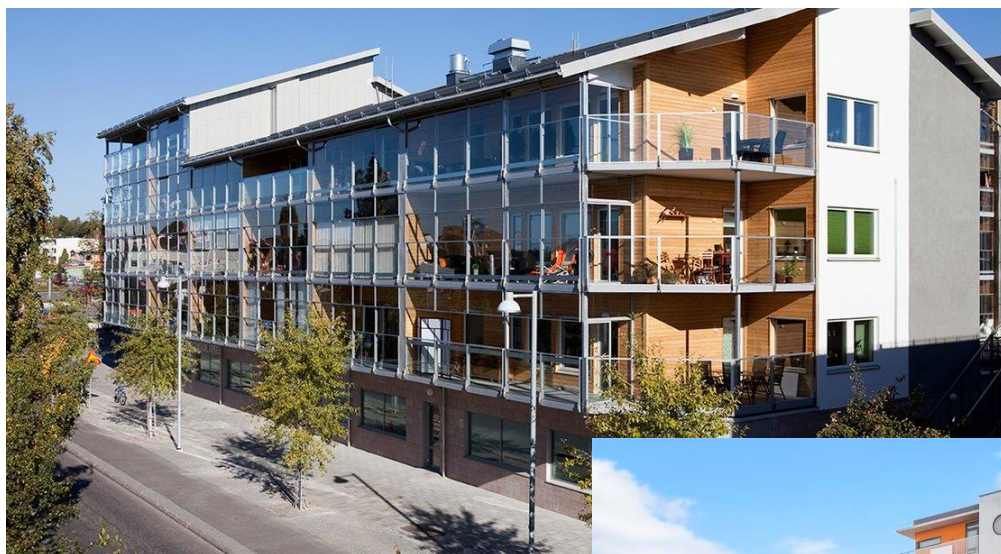
installationer, så som el, ventilation och VVS, mycket enklare och snabbare tack vare att det är enkelt att borra i trä.

Den låga vikten hos korslimmat trä resulterar i färre antal transporter som behövs till och från arbetsplatsen, då man kan frakta en större mängd KL-trä i en och samma leverans. Den låga vikten innebär också att det krävs mindre resurser vid montering på arbetsplatsen. Detta sparar både tid och pengar samtidigt som det ger mindre utsläpp (Setra, 2020). Det tillåter även användning av större element och färre kranlyft som båda resulterar i en lägre arbetskostnad. Lätta träelement kan oftast lyftas med normala byggkranar och mobilkranar vilket ger snabbare montagetider än vid användandet av tornkranar (Setra, u.å.).

En stor del av byggkostnaden kan kopplas till grundläggningen och grundkonstruktionen. Flervåningshus i KL-trä är lätta byggnader vilket kan innebära att eventuella grundförstärkningar kan minskas eller helt undvikas. Då ett trähus väger cirka en femtedel av ett betonghus behöver grunden hos ett flerbostadshus i KL-trä inte heller klara lika tunga laster och kan därmed vara betydligt lättare (Gustafsson et al, 2012).

Tillgången till kompetent arbetskraft är en stor kostnadsdrivande faktor (Gustafsson et al, 2012). För att lyckas ekonomiskt med en KL-träbyggnad ligger ett stort ansvar på entreprenören. Kunskaper inom projektering, hantering och produktion av KL-trästommar är oerhört viktigt för att kunna producera på ett effektivt sätt. Branschen kan fortfarande utvecklas genom att ta del av praxis från andra länder med lång erfarenhet i branschen för flerbostadshus (Kristensen & Grotenfelt, 2020).

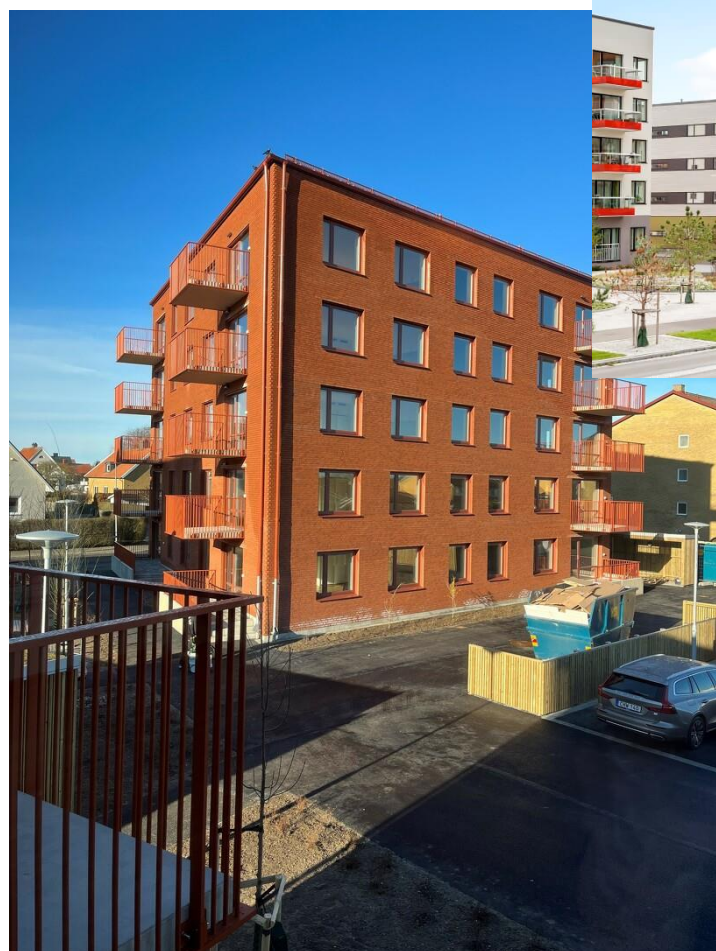
3.3 Exempel på flerbostadshus med stomme av KL-trä respektive armerad betong



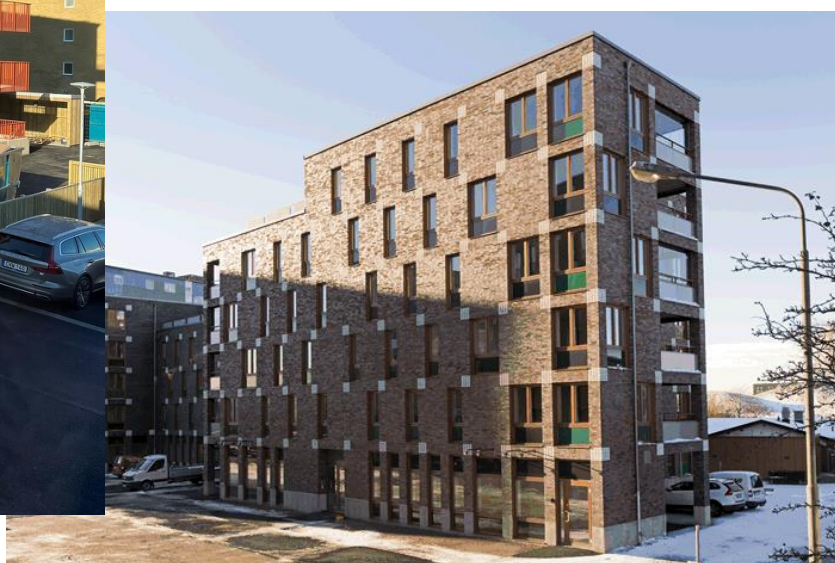
Figur 15: Stomme av KL-trä – Cederterassen, Piteå



Figur 13: Stomme av KL-trä – Fullriggaren, Västra hamnen, Malmö



Figur 12: Stomme av armerad betong – Svea Park, Svedala



Figur 14: Stomme av armerad betong – Holma Torg, Malmö

4 Intervjustudie

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

4.1 Intervjustudiens genomförande

Intervjustudien inleddes med sökande efter lämpliga respondenter med kunskap och erfarenhet inom projektering och produktion av armerad betong- respektive KL-trästommar. Genom att söka efter relevanta byggnadsprojekt och tillverkare av respektive material kontaktades lämpliga personer med ledande roll inom projektering och bygglösning eller materialtillverkning. Innan intervjuerna genomfördes togs en intervjuplan fram där första delen bestod av den information som ska förmedlas till respondenterna innan intervjun genomförs. Samtliga respondenter informerades om intervjuens omfattning och tillvägagångssätt innan den ägde rum och fick därmed en möjlighet att förbereda sig.

Andra delen av intervjuplanen bestod av att ta fram och bestämma vilka frågor som skulle ställas samt hur ordningsföljden bör struktureras. Frågorna togs fram genom en diskussion med handledaren på Lunds universitet. Under intervjun undveks ja- eller nej-frågor och respondenten uppmanades att utveckla sina svar. Frågorna från intervjuerna finns i *Bilaga 1 – Intervjuplan, Intervjufrågor*. Alla respondenter fick i förväg ta del av de frågor som planerades ställas under intervjun för att kunna förbereda sig. Intervjuerna genomfördes digitalt via Microsoft Teams för samtliga respondenter och var cirka 45 minuter långa. Alla respondenter fick samma typ av frågor, där några skillnader gjordes beroende på om respondenten var inom betong- eller KL-träbranschen. Under intervjuerna fördes anteckningar och samtliga intervjuer spelades in efter respondenternas godkännande. Respondenterna fick efter genomförd intervju godkänna anteckningar av det som diskuterades för att säkerställa att författarna uppfattat respondenterna korrekt.

4.2 Presentation av respondenterna

Fyra respondenter intervjuades för studien. Respondenterna representerade olika företag men hade som gemensam nämnare att alla besatt kunskap och erfarenhet inom projektering och produktion av antingen KL-trä eller betong. För att få ett rättvist resultat valdes det att två personer med erfarenhet inom betongindustrin och två personer med erfarenhet inom KL-träindustrin intervjuades.

Respondent 1 var marknadschef och affärsutvecklare hos en stor KL-trätillverkare och har haft olika roller inom företaget i 35 år. Respondenten har inom företaget jobbat med KL-trä sedan 8 år tillbaka.

Respondent 2 var affärsutvecklare på ett stort entreprenadföretag som tillverkar betong och har främst erfarenhet av produktion av betongstommar, men har även en del erfarenhet av KL-trä. Respondenten har jobbat på företaget i 9 år, men har en total erfarenhet inom byggbranschen på 25 år.

Respondent 3 var arbetschef på ett medelstort entreprenadföretag sedan 8 år tillbaka. Respondenten har tidigare arbetat som snickare, med en total erfarenhet i branschen på 30 år och besitter mycket kunskap kring platsgjutna betongstommar.

Respondent 4 var affärsutvecklingschef, och agerar även som arbetschef, på en medelstor byggnadsfirma och har totalt jobbat 16 år inom branschen. Respondenten har ungefär 3 års erfarenhet av att jobba med KL-trästommar och har tidigare jobbat mycket med stommar av betong.

4.3 Resultat av intervjustudie

4.3.1 Svar från betongbranschen

Vad är den största fördelen med att bygga med betongstomme?

Respondent 2 svarar att betong som konstruktionsmaterial är beständigt med lång livslängd, samt att det finns byggtekniska fördelar som att betong inte möglar, är ett värmetrögt material och även är driftekonomiskt fördelaktigt.

Respondent 3 har ett likande svar där denne förklarar att betong är ett beständigt material med lång livslängd, bra kvalitet, brandskydd och bra ljudreduktion. Materialet är konstruktivt fördelaktigt och möjliggör för speciella stommar.

Vad är fördelarna med betong ur ett miljöperspektiv?

Respondent 2 anser att den långa livslängden är den stora fördelen hos betong. Respondenten menar att ifall man hade kollat på hela livslängden för betong, som är över 100 år, hade betongen troligtvis sett bättre ut ur ett miljöperspektiv. Betong binder även en viss del koldioxid.

Respondent 3 förklarar att betong har blivit ganska utskällt när det gäller miljö. Fördelen är att husen står länge om man ser över hela livslängden, menar även respondent 3. Det har även kommit nya tillverknings sätt på marknaden som satsar på ett lägre CO₂-utsläpp, vilket respondenten anser som ett måste för att betongen ska överleva konkurrensen.

Det sägs att betong är 100% återvinningsbart – stämmer detta och i så fall på vilket sätt?

Respondent 2 förklarar att idag är betongen helt återvinningsbar. Betongen krossas ner och sedan separeras de olika komponenterna, så som eldragningar, plast och armering, som finns i betongen. Betongkrossen används sedan till bland annat vägar som ballast.

Respondent 3 förklarar att de själva på företaget har rivit betonghus som sedan smulats ner till mindre delar som sedan används som fyllnadsmassor vid grundläggning. Betongen som blir över vid platsgjutning används till exempelvis betongsuggor.

Hur ser ni på framtiden för hållbart byggande och vilken roll tror ni att betong kommer att spela i detta sammanhang?

Respondent 2 menar att man behöver välja rätt material på rätt ställe. Betong kommer vara det bästa materialet på många ställen, men att kombinera betongstomme med lätta utfackningsväggar av trä är framtiden för hållbart byggande. Klimatdeklaration under hela livslängden kommer ändra uppfattningen av betong, menar respondenten, samt att det krävs ny och förbättrad CCS-teknik.

Respondent 3 förklarar att det från beställaren måste det finnas mer gränsvärden när det gäller koldioxidavtryck. Platsgjuten betong ger lägre CO₂-avtryck än de prefabricerade betongelementen, främst på grund av transporten. Vidare menar respondenten att man behöver fundera över hur man kan minimera mängden betong, till exempel genom att använda trä som utfackningsvägg och att redan i projekteringen ska man se över hur man kan minska mängden betong.

Vilka utmaningar eller möjligheter ser ni för att främja en mer hållbar användning av betong?

Respondent 2 menar att en stor utmaning är att sprida informationen om klimatpåverkan och vad som påverkar, men även att det kanske behövs se över regelverken angående bland annat ljudkrav då man ofta behöver ta i lite för mycket för att uppfylla alla regler. Vidare förklarar respondenten att möjligheterna är att man bör kombinera material och inte vara fast vid att bara använda ett material.

Respondent 3 anser att utmaningen är att det höga CO₂-avtrycket vid framställning av cementen. Möjligheten är då att använda mindre mängd cement per kubikmeter betong. Visserligen skulle detta ge en längre torktid på grund av högre vct, vilket resulterar i en längre byggtid, förklarar respondenten.

Vad är fördelarna med betongstommar ur ett energiperspektiv?

Respondent 2 svarar att betong är ett värme- och kyltrögt material samt även lufttätt, vilket sparar in på uppvärmnings- och kylningsbehov under driftsfasen.

Respondent 3 svarar att prefabricerade betonghus är väldigt lufttäta vilket gör att ingen ofrivillig luft utifrån behöver värmas upp.

Vad är fördelarna med betongstommar ur ett kostnadsperspektiv?

Respondent 2 anser att betongstommens långa livslängd och dess låga kostnader för underhåll är de största fördelarna ur ett kostnadsperspektiv.

Respondent 3 förklarar att svaret på frågan om fördelarna ur ett kostnadsperspektiv skiljer sig åt beroende på vilken entreprenör man pratar med, där svaren bland annat beror på entreprenörens kompetens.

Vilka är de största kostnadsdrivande faktorerna för byggprojekt som använder betongstommar, och finns det några strategier för att optimera dessa kostnader?

Respondent 2 förklarar att man konstruktions- och produktionsoptimerar betydligt mer idag än tidigare. Man försöker se till att exempelvis inte använda mer armering än vad som behövs och man försöker "slimma" konstruktionerna genom att exempelvis sätta en innervägg till 180 mm i stället för 220 mm och fortfarande klara kraven. Ju mindre som används desto bättre, menar respondenten.

Respondent 3 förklarar att platsgjuten betong har mycket omkostnader som man måste försöka optimera. Detta görs genom bra planering och framdrift så att exempelvis kranhyran blir så optimal som möjligt.

Vad skulle exempelvis en stomme för ett trevåningshus med bottenplatta på 200 kvm kosta?

Respondent 2 förklarar att det skiljer sig mycket mellan de olika varianterna av stommar som levereras och att det kostar olika beroende på vad kunden vill ha, men att det kostar ungefär 4000–5500 kr/m² per BTA.

Varför anser ni att man borde välja betong i stället för KL-trä vid val av stomme för ett flerbostadshus?

Båda respondenterna anser att man borde titta mer på att använda kombinationer av betong och KL-trä tillsammans i stommen. De menar att de stabiliserande och kritiska delarna bör vara i betong, men att andra delar kan vara av KL-trä, vilket skulle innebära att stommen håller även vid brand. Det är inte bra att utesluta något material, däremot beror valet av material på var man är och på vilket typ av projekt det handlar om, menar båda.

Finns det några nackdelar med betong?

Båda respondenterna är överens om betongens nackdelar, där den största är det stora CO₂-avtrycket. Ytterligare en nackdel som respondent 2 förklarar är att betong är ett tungt material som kräver mycket och stora transporter, men att det finns många fabriker utspridda i hela landet och i alla storstäder som i alla fall gör transportavstånden kortare.

Ställer ni krav på era tillverkare av betong, i så fall vilka?

Respondent 3 förklarar att kraven kommer från byggherren, där det blir mer och mer populärt med klimatförbättrad betong där man byter ut en del av cementen mot flygaska.

4.3.2 Svar från KL-träbranschen

Vad är de största fördelarna med att bygga med KL-trä?

Båda respondenterna är överens om att den största fördelen med KL-trä är dess låga klimatbelastning och att det finns fördelar för arbetsmiljön att använda KL-trä. Respondent 1 beskriver att ytterligare en fördel med KL-trästomme är att det ger en snabb montering och beskriver processen som att bygga ett gigantiskt pepparkakshus.

Vad är fördelarna med KL-trästommar ur ett miljöperspektiv?

KL-trästomme är ett miljömässigt gott alternativ jämfört med de traditionella byggmaterialen då träelement har en bråkdel av det CO₂-avtryck som en betongstomme har, förklarar Respondent 1.

På vilket sätt är en KL-trästomme förnybar?

Båda respondenterna säger att KL-trä är återanvändbart på grund av att det är demonterbart. Så länge klimatskalet är skyddat och inte utsätts för överflödigt fukt eller UV-stålning så håller materialet länge.

Hur ser ni på framtiden för hållbart byggande och vilken roll tror ni att KL-trä kommer att spela i detta sammanhang?

Båda respondenterna uttrycker att KL-trä inte kommer ta över marknaden utan kommer i stället pressa betongen att förbättras och att en blandning av material, så kallad hybridstomme, kommer att användas. Respondent 4 trycker på att trämaterial är EN typ av stomme och att material passar olika bra på olika platser.

Vad är fördelarna med KL-trästommar ut ett energiperspektiv?

Respondent 1 förklarar att KL-trä är ett hygroskopiskt material som tar upp, lagrar och avger värme, detta gör att träet har en utjämnande effekt och en väldigt bra isolerande förmåga.

Respondent 4 säger att det inte finns någon större skillnad mellan KL-trä och betongstomme under drifttiden men att det går åt mindre energi i tillverkningsprocessen för KL-trästommar.

Vad är fördelarna med KL-trästommar ur ett kostnadsperspektiv?

Respondent 1 förklarar att på sikt när branschen lärt sig jobba effektivt med KL-trä kommer man kunna spara in mycket pengar. I början blir kanske första projektet dyrare innan man fått all erfarenhet. Men allt eftersom branschen lärt sig, genom bland annat utbildning, kommer man veta hur man ska planera bäst för att få ett så kostnadseffektivt projekt som möjligt. Det är viktigt att tänka trä redan vid arkitektskedet och nyttja träets förutsättningar när man bygger, menar respondent 1. Nu när KL-trä har börjat få sitt genomslag på marknaden så sätts även de övriga materialen i konkurrens, vilket gör att det är viktigt att jobba med omställningen för de andra materialen. Detta kommer bidra till att priset på andra material, såsom stål och betong, drivs upp.

Respondent 4 menar att det är möjligt att trimma tidplanen för att spara in på kostnader, men att det främst är utformningen av byggnaden som styr kostnaden, där en mer komplicerad design såklart kostar mer.

Vilka är de största kostnadsdrivande faktorerna för byggprojekt som använder KL-trästommar, och finns det några strategier för att optimera dessa kostnader?

Respondent 1 menar att kunskap är den största kostnadsdrivande faktorn, där det är viktigt att man tänker och planerar för träbyggande. Trä tål även fukt en kortare tid jämfört med betong vilket är viktigt att tänka på. Det krävs även extra lösningar för att klara kraven för brand och akustik, vilket driver på kostnaden. Det krävs tjockare bjälklag för att klara akustikkraven samtidigt som träväggarna dimensioneras för att klara av brandkraven. Men tack vare sprinklersystem kan man bygga säkra hus som står kvar även vid brand, där det även går att byta ut de brandpåverkade delarna.

Respondent 4 förklarar att det är viktigt att få kontroll på fuktsituationen i huset snabbt och att det krävs mer komplettering efter det att huset blivit tätt, än vid en betongstomme. Respondenten förklarar även att det är viktigt att planera redan från början att det ska vara en KL-trästomme och inte ändra från betong.

Vad skulle exempelvis en stomme för ett trevåningshus med bottenplatta på 200 kvm kosta?

Respondent 1 förklarar att deras pris ligger runt 20 000 kr/m². Detta pris går att optimera genom att det inte krävs lika mycket betong i bottenplattan och att det går snabbt att bygga då det bland annat är enklare att skruva och spika i trä, samt att det även är lätt att efterhantera vid fel.

Varför anser ni att man borde välja KL-trä i stället för betong vid val av stomme för ett flerbostadshus?

Respondent 1 anser att man borde använda mer KL-trä i byggnationen på grund av den positiva påverkan på både kostnad och miljö samt materialets positiva effekter på hälsan, både för de boende och för de som jobbar med materialet. Responsen från arbetare har visat att KL-trä är mycket trevligare och enklare att jobba med jämfört med betong.

Respondent 4 menar att det inte handlar om att välja det ena eller det andra, utan något mitt emellan där vissa delar av stommen är lämpliga att vara i trä, så som innerväggarna, och andra mer lämpliga att vara i betong, så som bjälklaget. En hybridstomme är alltså det optimala, menar respondenten.

Finns det några nackdelar med KL-trä?

Respondent 1 menar att de kostnadsdrivande faktorerna, fukt, akustik och brand, är de största nackdelarna med materialet. Men nya tekniska lösningar kommer hela tiden vilket minimerar dessa kostnader.

Respondent 4 förklarar att den största nackdelen för entreprenören är konkurrenssituationen, men att det blir bättre och bättre då det kommer fler och fler leverantörer på marknaden att välja mellan. En nackdel är även att det just nu finns väldigt få standardiserade lösningar för KL-trä och att man i nuläget behöver komma på nya detaljlösningar varje gång man bygger med materialet. Detta skapar en osäkerhet i kalkyleringen, menar respondenten, men att KL-trä är på frammarsch vilket med tiden kommer skapa fler standardiserade lösningar som kommer underlätta arbetet.

Ställer ni några krav på era tillverkare av KL-trä, i så fall vilka?

Respondent 4 förklarar att valet av stomleverantör bland annat beror på ekonomi och kostnad, hur man löser stomstabiliseringen och hur mycket stål som krävs för stabilisering, och att kraven ställs utifrån detta.

5 Analys och diskussion

I följande kapitel analyseras och diskuteras resultaten från litteratur- och intervjustudien utifrån studiens frågeställningar. Likheter och skillnader jämförs utifrån de olika perspektiven och baserat på analysen och diskussionen kommer sedan studiens slutsats att dras.

5.1 Övergripande aspekter

Flerbostadshus med KL-trästommar respektive betongstommar har flera likheter när det kommer till miljö, energi och kostnad. En gemensam faktor är att hög prefabriceringsgrad för båda stommaterialen minskar produktionstiden på arbetsplatsen avsevärt. Både prefabricerad betong och KL-trä levereras även med färdiga håltagningar för installationer för att underlätta ytterligare på arbetsplatsen. Samtidigt resulterar den höga prefabriceringsgraden i att man kan minimera spill och avfall för respektive material. Båda materialen är dessutom bra på att minimera värmeförluster, och KL-trä sägs även skapa en behagligare arbetsmiljö. Platsgjuten betong, som är den vanligaste byggmetoden för flerbostadshus, har däremot en lång torktid vilket resulterar i en betydligt längre produktionstid jämfört med KL-trä. Stomsystemen har även andra viktiga skillnader, där några av de största är skillnaden i klimatpåverkan, energiåtgången vid tillverkning samt produktionskostnaden för de båda stommaterialen.

KL-trä och betong är två väldigt flexibla material med stora möjligheter att objektsanpassa efter aktuellt projekt. Tack vare CNC-maskiner med hög precision kan KL-träskivorna skäras till i princip vilken form och storlek som helst. Respondent 1 förklarade att deras maskiner har en hög precision på 2–3 millimeters avvikelse vilket resulterar i väldigt täta hus, medan för prefabricerad betong kan man räkna med en avvikelse på 2–3 centimeter. Platsgjuten betong möjliggör däremot, precis som KL-trä, för en tät konstruktion, samtidigt som det kan skräddarsys och ge en väldigt effektiv lösning.

5.2 Egenskaper

5.2.1 Hållfasthet

Betong är ett tungt material med en hög tryckhållfasthet och armeras för att öka draghållfastheten. KL-trä är ett lätt material och har i förhållande till sin vikt hög bärförmåga och hållfasthet. Från intervjuerna med betongbranschen framgick det att en stor fördel hos betong är dess beständighet och långa livslängd.

5.2.2 Fukt

KL-trä har lägre densitet jämfört med betong vilket påverkar både tyngden på materialet samt materialets fuktegenskaper. Betong är ett fuktbeständigt material vars egenskaper inte påverkas av fukt, men armeringen i betongen kan rosta under specifika förutsättningar när betongens alkaliska miljö påverkas. KL-trä är ett hygroskopiskt material som ständigt strävar efter att ligga i jämnvikt med omgivningen, vilket innebär att materialet hela tiden växlar mellan att ta upp och avta fukt. När omgivningen är fuktig tar träet upp vatten och sväller och på samma sätt torkar det ut och krymper när omgivningen har låg relativ fuktighet. Vid höga fuktillstånd riskerar träet att påverkas av angrepp, mögel, rötsvamp och blånadssvamp. Mögel har ingen påverkan på träets hållfasthet men har däremot en negativ inverkan på människans hälsa. Blånad växer in i virket så att fukt lättare kan ta sig in men

orsakar inga hållfasthetsförändringar. Röta bryter ner träets byggnadselement vilket påverkar hållfastheten hos materialet. Eftersom produktionstiden för flerbostadshus är lång är det viktigt uppnå en fuktsäker produktion då det finns en risk att träet blir exponerat av fukt i form av nederbörd. Betong däremot tar inte skada av fukt utan bibehåller sina egenskaper oberoende på hur fuktig den är.

KL-trä är ett fuktkänsligt material jämfört med betong, detta gör att trä inte är lämpligt att använda i konstruktioner som utsätts för mycket väta på grund av att fuktskador kan försämra träets hållfasthet. Visserligen finns en risk för korrosion hos armeringen i betong som kan påverka draghållfastheten men detta gäller under förutsättningar då armeringen är exponerad eller att betongen har förlorat sin alkaliska miljö på grund av att fukt lyckats tränga sig in i materialet.

5.2.3 Akustik

Tyngden av ett material har en stor betydelse för ljudisoleringen och generellt uppfyller tyngre material ljud- och vibrationskraven som ställs på bostäder lättare. På grund av sin låga vikt och komplexa uppbyggnad uppstår svårigheter att uppnå ljud- och vibrationskraven med KL-trä utan att använda betydligt större dimensioner jämfört med betongstomme. Fördelarna med KL-träets lätta konstruktion är att den har bra egenskaper när det kommer till luftburna ljud, exempelvis ljud från, samtal, TV och installationer. Betongens tunga konstruktion har svårigheter när det kommer till de luftburna ljuden och därför krävs absorbenter. Dessa absorbenter kostar både pengar samt att de försämrar betongens värmelagringsförmåga. Kombinationen av att betong både är ett tungt och styvt material ger en bra ljudstandard när stegljud undersöks samt att betongens täta struktur gör att det i stället är andra faktorer som fönster, dörrar och uteluftsintag som avgör ljudisoleringen. Den låga vikten och densiteteten hos KL-trä gör att materialet blir känsligt mot vibrationer som kan uppkomma vid exempelvis fotsteg, dessa ljudproblem kan vara svåra att upptäcka innan brukarna har flyttat in vilket gör det mer kostsamt att åtgärda. Men det är möjligt att förbättra ljudisolering hos KL-trä med hjälp av att använda dubbelkonstruktioner av stomelement som är akustiskt frikopplade från varandra.

5.2.4 Brand

Träkonstruktioner har länge varit en populär lösning på grund av träets tillgänglighet, lätthet att bearbeta och estetiska kvaliteter. En av träets fördelaktiga egenskaper när det gäller brand är dess förmåga att förkolas långsamt vid brand, vilket gör att det under den förkolande ytan finns opåverkat trä som bibehåller sin stabilitet. Genom användning av passivt och aktivt brandskydd, såsom brandskyddsimpregnering och sprinklersystem, kan träkonstruktioner uppnå höga brandklasser. Dock kräver trä ofta ytterligare åtgärder för att förbättra sitt brandmotstånd, vilket kan innebära extra kostnader och underhåll.

Däremot har betongen imponerande brandmotstånd, vilket gör den till ett populärt val för säkra byggprojekt. Betong brinner inte och avger inte heller rök eller giftiga gaser, vilket förhindrar spridning av brand och underlättar utrymning och släckningsarbete. Dessutom behåller betongen sin stabilitet även vid höga temperaturer, tack vare dess låga värmeledningsförmåga och skydd av armeringen. Detta gör att betong sällan kräver ytterligare brandskyddsåtgärder, vilket kan bidra till minskade kostnader och enklare underhåll över tid.

5.3 Miljöaspekter

Betongens allra största nackdel är cementindustrins klimatavtryck, där tillverkning av cement står för 90% av betongtillverkningens totala koldioxidutsläpp samtidigt som det globalt står för 7% av de totala koldioxidutsläppen. Då två tredjedelar av utsläppen vid tillverkningen av cementen kommer från processutsläpp och endast en resterande tredjedel kommer från bränning och uppvärmning, skulle ett byte mot fossilfria bränslen dessvärre inte minska utsläppen tillräckligt. Betong tar däremot upp koldioxid under hela dess livslängd, dock är detta upptag endast cirka en fjärdedel av det utsläpp som genereras vid produktionen av materialet. Men precis som andra material utvecklas betong ständigt och nya innovationer ger betongen bättre förutsättningar för att få en mer positiv klimatprofil. En sådan innovation är till exempel klimatförbättrad betong, där man använder sig av alternativa bindemedel, som kan leda till en minskning av CO₂-utsläpp med upp till 50%.

Trä däremot är en förnybar naturresurs som lagrar koldioxid under hela sin livslängd och det är främst tack vare detta som det blivit ett alltmer populärt byggmaterial för flerbostadshus. Som tidigare nämnt visar undersökningar att det är möjligt att minska koldioxidutsläppen med upp till 70% genom att använda trä i stället för traditionella byggmaterial, såsom betong, och att ett ton koldioxid sparas för varje gång en kubikmeter trä används i stället för en kubikmeter betong. Andelen lim i en KL-konstruktionen är så pass liten att det påverkar materialets klimatprofil ytterst lite, trots att det är gjort av en icke fossilfri råvara. Det görs dock forskning för att ta fram förnyelsebara lim för att kunna eliminera dess klimatavtryck helt och hållet. Det är även väldigt viktigt att hållbarhetsarbetet pågår genom hela värdekedjan för träet och att skogen brukas hållbart för att det ska vara positivt ur miljösynpunkt. Detta innebär bland annat att man använder sig av fossilfria plantskolor och transporter samt även fossilfria sågverk. Det är även oerhört viktigt att se till att avverkningen av skogen inte överskrider tillväxten, utan att skogen kontinuerligt förnyas. Görs detta på ett hållbart och certifierat sätt skyddas även den biologiska mångfalden och skogens tillväxt. Det framgick även av intervjustudien att så länge klimatskalet hos en KL-trästomme är intakt kan det demonteras och återanvändas. Svaren från intervjustudien, angående KL-träets låga miljöpåverkan, sammanfaller väl med resultatet från litteraturstudien där det framgick att KL-trä har ett väldigt lågt CO₂-avtryck.

En respondent från intervjustudien förklarar att det finns ett förslag att under 2027 införa klimatdeklarering för hela byggnadens livslängd, i stället för endast byggskedet. Detta skulle vara till en stor fördel för betongens miljöpåverkan tack vare dess långa livslängd. Samma respondent förklarar också att idag är även betong 100% återvinningsbart, där betongen krossas ner och andra material så som eldragningar, plast och armering separeras ut automatiskt av maskinerna. Betongkrossen kan sedan användas som ren ballast till bland annat vägar eller som fyllnadsmassor vid grundläggning. Detta är ytterligare en aspekt som gör betong lite mer positiv ur miljösynpunkt.

Sätts materialen mot varandra och undersöks ur ett miljöperspektiv är den främsta fördelen med KL-trä dess låga koldioxidutsläpp. Betongens koldioxidutsläpp beror på cementtillverkningen där två tredjedelar av utsläppen uppstår när kalkstenen bränns och koldioxid avgår. Även om klimatförbättrad betong minskar koldioxidutsläppen upp till 50% så krävs det en förändring vid förbränningen vid cementtillverkningen för att betongen ska kunna konkurrera med KL-trä när det gäller koldioxidutsläppen under byggskedet. Men byggskedet är en liten del av en byggnads livslängd menar en respondent från intervjustudien och detta är något som måste finnas i åtanke vid val av stomme då betongen har en lång livslängd på minst 100 år medan det inte finns någon data på hur lång livslängd en stomme av KL-trä har. Hus räknas med en livslängd på minst 50 år och om en klimatdeklaration för hela byggnadens livslängd skulle implementeras skulle det detta gynna betongen på grund av dess långa livslängd. En klimatdeklaration innebär en redovisning av vilken påverkan en ny byggnad har på

klimatet, men dessa deklARATIONER redovisar just nu endast påverkan under byggskedet men genom att implementera klimatdeklARATIONER som täcker hela livslängden skulle helhetsbilden för betong kunna ändras.

Något annat som även är viktigt att nämna är att KL-trä som till skillnad från betong, som är ett komplett material, behöver ofta kompletteras med andra material för att klara ljud- och brandkrav. Detta gör att när det byggs med KL-trä krävs mer resurser för att kunna uppnå samma höga krav som betong uppnår.

5.4 Energiaspekter

Energianvändningen vid produktionen av respektive material skiljer sig väsentligt, produktionen av KL-trä är en energisnål process jämfört med produktionen av betongstomme som är en betydligt mer energikrävande process. Förutom att tillverkningen av KL-trä är en energisnål process så används även restprodukterna till att producera ny energi som används till att bland annat värma upp torkkammarna, vilket minskar behovet av att använda fossila energi vid tillverkningen. För betong står cement- och ståltillverkningen för majoriteten av energianvändningen, där stålindustrin själv står för 14% av svensk industris totala energianvändning. För cementtillverkningen är det kalcineringen som är den mest energikrävande processen där drygt 1 TWh energi används i förbränningsprocesser.

Jämförs materialen med varandra ur ett energiperspektiv har KL-trä den absolut största fördelen, vilket är dess energisnåla tillverkningsprocess. Samtidigt används, som tidigare nämnt, restprodukterna till att producera ytterligare energi vilket kan resultera en KL-träfabrik som är helt självförsörjande på energi. Då både cement- och ståltillverkning kräver stora mängder energi har betongen svårt att mäta sig med KL-träets energisnåla framställning. Då det även valts i denna studie att inte studera driftskedet utan endast byggskedet vägs svaren från intervjustudien, som nämner materialens energifördelar och deras förmåga att minimera värmeförluster i driftskedet, inte lika tungt i frågan om energiaspekter.

5.5 Kostnadsaspekter

Det finns oändligt många faktorer som påverkar kostnaden för ett byggprojekt. Allt från transport, tillgänglighet, regler och tidsram har alla stor påverkan på slutkostnaden.

I produktionen kan arbetet med KL-trä medföra stora kostnadsbesparingar till följd av snabbare montagetid, vilket till största del beror på att KL-trä väger cirka en femtedel av betongens vikt. Tack vare den låga vikten kan man med KL-trä, jämfört med betong, uppnå en betydligt kortare byggtid eftersom man kan transportera mer material åt gången, vilket resulterar i mycket färre transporter till och från arbetsplatsen. Med platsgjuten betong kan man även räkna med en betydligt längre byggtid på grund av den långa torktiden som betongen kräver. Den kortare byggtiden för KL-trähus beror även på att materialet tillåter en lättare hantering på arbetsplatsen samtidigt som det krävs färre resurser vid monteringen av elementen, även detta på grund av dess låga vikt, då man kan använda mindre, och då också billigare, byggkranar än vid monteringen av prefabricerad betong som kräver stora och mycket dyrare kranar. Allt detta resulterar tillsammans i flera kostnadsbesparingar vid byggnation av flerbostadshus i KL-trä, samtidigt som det skapar ett bättre flöde i produktionen där flera arbetsmoment kan pågå parallellt. På grund av KL-träets låga vikt behöver inte heller grundkonstruktionen kunna bära upp lika tunga laster, vilket resulterar i en lättare och därmed billigare grund.

För att uppnå rådande ljud- och brandkrav tillkommer ett kompletteringsarbete för KL-trästommar som inte behövs på samma sätt för en betongstomme. För att en KL-trästomme ska klara brandkraven krävs extra brandskydd och för ljud- och vibrationskraven krävs speciella lösningar, som båda såklart kostar pengar. Inköpet av väderskydd för KL-träet medför också en ökad kostnad, men ger i stället även förutsättningar för en kortare och effektivare produktion. Att få kontroll över fuktsituationen tidigt är någon som båda respondenterna från KL-träbranschen trycker på, för att inte driva på kostanden.

Ur ett kostnadsperspektiv är den långa och breda kunskapen som finns kring betong en stor fördel för materialet. Betong är ett tryggt och bekant alternativ samtidigt som det finns mycket erfarenhet och kunskap kring bostadsbyggande av just betong. KL-trä är ett betydligt nyare koncept för flerbostadshus och tillgången till kompetent arbetskraft är en stor kostnadsdrivande faktor där branschen fortfarande har en hel del kvar att lära. På grund av den lägre erfarenheten kan projekteringsarbetet för KL-trästommar därmed också bli dyrare, bland annat då det inte finns lika många standardiserade lösningar för exempelvis väggar och bjälklag som det finns för betong. Det krävs dessutom mer planering kring lösningar på ljud- och brandkrav vilket också resulterar i en längre och dyrare projektering. Detta är något som även respondent 1 nämner i intervjustudien, men menar att på sikt när branschen lärt sig jobba effektivt med KL-trä kommer man kunna spara mycket pengar och få väldigt kostnadseffektiva projekt. Båda respondenterna från KL-träbranschen trycker även på att det är väldigt viktigt att tänka och planera för träbyggande redan från början, och att inte ändra från en till början planerad betongstomme.

Dessutom, har KL-trä ett högre produktionspris per kvadratmeter än betong och på grund av en råvarubrist tillsammans med en ökad global efterfrågan har priset för trävaror ökat ytterligare. Betong är betydligt billigare att producera. Utifrån intervjuerna har det framgått att priset för KL-trä kan ligga runt 20 000 kr/m² medan för armerad betong kan priset vara runt 5000 kr/m², vilket är markant mycket billigare.

Från intervjustudien framgick det även att man i betongbranschen idag sparar in pengar på att konstruktions- och produktionsoptimera byggprojekten. Man kan minimera omkostnader genom bra planering och framdrift. På så sätt kan man se till att använda så lite material som möjlig genom att exempelvis inte använda mer armering än vad som behövs och att inte göra onödigt tjocka innerväggar, samtidigt som tiden för kranhyra och formgjutning kan göras så optimal som möjligt.

Ställer man materialen mot varandra finns det många faktorer som påverkar kostnaden för respektive material. KL-trä har kortare byggtid på grund av sin lätta vikt och enklare hantering medan betong har en längre byggtid på grund av torktiden och dess tunga vikt. Materialkostnaden för en KL-trästomme är oftast högre då KL-trä är dyrare per kvadratmeter. Detta gör att KL-trä initialt är dyrare men man sparar kostnader genom den snabbare och enklare byggprocessen, vilket även resulterar i minskade investeringskostnader och snabbare intäktflöde. Betong däremot är billigare att producera, men kräver i stället mer omfattande och kostsamma hanteringsprocesser. Betongbranschen har längre erfarenhet och mer standardiserade lösningar, vilket minskar projekteringskostnaderna. KL-träbranschen är nyare med större behov av specifika lösningar. KL-trä är å andra sidan en förnybar resurs och har fördelar ur ett hållbarhetsperspektiv, men kräver skydd mot väder och fukt samtidigt som det krävs extra kompletteringsarbete för att uppnå ljud- och brandkrav. Betong har högre klimatpåverkan, men är robust och kräver därför mindre underhåll och kompletteringsarbete.

5.6 Sammanställning

I tabellen nedan visas för- och nackdelar sammanställda av författarna utifrån litteratur- och intervjustudien av de båda materialens, KL-trä och betong, fördelar och nackdelar för att ge en tydlig och visuell bild av jämförelsen mellan de två materialen.

Parametrarna har tagits fram utifrån litteraturstudien där författarna har jämfört stommaterialen med varandra för att kunna urskilja likheter och skillnader. Utifrån det har, enligt författarna, de viktigaste parametrarna för denna studie redovisats i tabell 2.

Tabell 3: Fördelar och nackdelar hos respektive material

	KL-TRÄ	BETONG
Hållfasthet	Hög i förhållande till sin vikt	Hög
Brand	Kräver extra brandskydd	Högsta brandklass
Livslängd	Saknar data	Minst 100 år
Densitet	Lätt material	Tungt material
Fukt	Fuktkänsligt	Fukttåligt
Energi	Värmetrögt	Värmetrögt
Tillverkning	Energisnål + restmaterial blir ny energi	Energikrävande
Akustik	Svårare att uppnå ljudkrav	Bra ljudisolering
CO₂-utsläpp	Minimala utsläpp	Cementtillverkningen
CO₂-upptag	Kolsänka	Cirka 23 % av utsläppen
Kostnad	Hög produktionskostnad	Låg produktionskostnad
Transport	Krävs mindre	Krävs mer
Erfarenhet	Mindre erfarenhet	Stor erfarenhet
Byggtid	Kortare	Längre

6 Slutsats

I detta kapitel presenteras och sammanställs studiens slutsatser. Studiens frågeställningar besvaras och kompletteras med övriga slutsatser. Kapitlet avslutas med förslag på vidare studier.

6.1 Svar på frågeställningar

Vilket av stommaterialen är bäst ur miljösynpunkt?

KL-trä är ett mer miljövänligt alternativ jämfört med betong, detta på grund av att trä är ett förnybart material som lagrar koldioxid under hela dess livslängd. Betong har en betydligt större miljöbelastning på grund av utsläppen som uppstår vid cementtillverkningen.

Vilket av stommaterialen är bäst ur energisynpunkt?

När det kommer till vilket av materialen som är bäst ur energisynpunkt är svaret ganska enkelt. Jämför man KL-träets energisnåla tillverkningsprocess, som också tack vare restprodukter kan producera egen energi till tillverkningen, med betongens energikrävande process är KL-träet en tydlig vinnare.

Däremot om man även tar hänsyn till driftfasen kan det vara svårare att utse det bästa alternativet. Både betong- och KL-trästommar bidrar till att hålla en jämn inomhustemperatur., vilket ger ett behagligt inomhusklimat samt minskar behovet av både uppvärmning och kylning under driftfasen av byggnaden. Detta är någon som även stämmer överens med svaren från intervjustudien där båda respondenterna från betongbranschen svarat att betong möjliggör för väldigt täta hus vilket minskar uppvärmnings- och kylningsbehovet. Även respondenterna från KL-träbranschen bekräftar KL-träets förmåga att hålla en jämn inomhustemperatur tack vare materialets hygroskopiska egenskaper.

Vilket av stommaterialen är bäst ur kostnadssynpunkt?

I produktionsskedet är det tydligt att betong är det bästa alternativet ur kostnadssynpunkt tack vare materialets låga tillverkningskostnad, medan produktionspriset för KL-trä är fyra gånger högre.

Det som begränsar ett ökat byggande med KL-trä är priset och bristen på kunskap och erfarenhet. I byggbranschen är priset fortfarande en styrande faktor och därför behöver KL-trä bli mer ekonomiskt fördelaktigt. Resultatet i studien tyder på att en större kunskapsspridning behöver ske i KL-träbranschen och att marknaden för KL-trä behöver breddas.

Betongbranschen har utvecklats och optimerats under en betydligt längre tid än KL-träbranschen och är därför mer kostnadseffektiv att producera med avseende på både pris och genomförande. Utvecklingen av KL-trästommens projektering och planering kan leda till en tidsoptimering och minskade kostnader. Kunskapsspridning leder till en högre kompetens i branschen vilket skulle medföra en effektivare byggprocess med fler standardiserade lösningar, vilket på sikt skulle göra KL-träet till en mer kostnadseffektiv byggmetod för att producera flerbostadshus till ett lägre pris och med en mindre klimatpåverkan.

Vilket stommaterial, trä eller betong, är sammantaget mest lämpligt att bygga med utifrån aspekterna miljö, energi och kostnad?

Båda materialen har en rad fördelar och nackdelar som väger olika tungt. För att kunna avgöra vilket av materialen som är mest lämpligt utifrån de olika aspekterna måste man se över vilka faktorer som är viktigast vid olika projekt. Exempelvis om ett projekt ska gå snabbt och vara billigt kommer troligtvis de alternativ som gynnar projektet i de aspekter prioriteras, vilket kan leda till att andra faktorer bortprioriteras och konsekvenserna av dem blir sämre, så som exempelvis en större miljöbelastning och högre energiförbrukning. Men om man i stället väljer att prioritera en låg miljöpåverkan kan man nog räkna med att det projektet blir dyrare.

6.2 Övriga slutsatser

Efter att ha genomfört denna studie kan författarna konstatera följande:

- KL-trä och betong har varsin plats på marknaden och kan inte ersätta varandra fullt ut. Utifrån intervjustudien har det framgått att hybrider, där man använder sig av både betong och KL-trä, är något branschen bör titta mer på. Vissa delar av stommen är mer lämpliga att vara i KL-trä medan andra är mer lämpliga att vara i betong, och en kombination av detta kan vara det optimala.
- Det skulle vara mer rättvist mot betongen och dess klimatpåverkan om man i klimatdeklarationer kollade på hela byggandens livslängd, i stället för bara byggskedet som man gör för tillfället.

6.3 Framtida studier

Det finns goda möjligheter att göra fortsatta studier utifrån detta arbete. Exempelvis går det att göra större undersökningar och intervjua fler personer från olika företag och med olika roller för att få en bredare bild om hur arbetet med KL-trä och betong ser ut i branschen. Det går också att utöka radien och därmed inte bara hålla sig inom Sverige utan få en mer global syn på materialen och dess användning.

Det finns även möjlighet att kolla på hela livslängden för respektive material, i stället för endast byggskedet som är gjort i denna studie. Möjligtvis hade det även varit intressant att endast titta på bruksskedet.

Nedan följer ytterligare förslag på framtida studier:

- Undersöka ifall bättre för miljön verkligen behöver vara ett dyrare alternativ.
- Vilken är den mest drivande faktorn vid val av stommaterial.
- Undersöka andra alternativa stommaterial och deras påverkan på aspekterna.

7 Referenser

- Alsmarker, T. & Werner, P. (2021). *Fuktsäkert KL-träbyggande utan heltäckande väderskydd*. Stockholm: Svenskt trä.
- Arfvidsson, J., Harderup, L-E. & Samuelson, I. (2017). *Fukthandboken* (4 uppl.). Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.
- Bergkvist, P. & Fröbel, J. (2020). *Att välja trä – En faktskrift om trä*. (10 uppl.). Stockholm: Svenskt trä.
- Borgström, E. & Fröbel, J (2017). *KL-trähandboken – Fakta och projektering av KL-träkonstruktioner* (1 uppl.). Stockholm: Svenskt trä.
- Boverket. (2024a). *Miljöindikatorer – aktuell status*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/> (Hämtad 2024-03-14)
- Boverket. (2024b). *Introduktion till Livscykelanalys*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/> (Hämtad 2024-07-29)
- Boverket. (2023). *Bostadsmarknadsenkäten 2023*. <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/bostadsmarknad/bostadsmarknaden/bostadsmarknadsenkaten/> (Hämtad 2024-03-14)
- Brandon, D., Just, A. & Östman, B. (2018) *Förslag för brandskydd i flervånings trähus* (4 uppl.). Stockholm: Brandforsk.
- Brandt, K. (2014). *Brandsäkert byggande*. <https://www.svenskttra.se/publikationer-start/tidningen-tra/2014-2/brandsakert-byggande/> (Hämtad 2024-03-18)
- Burström, P-G & Nilvér, K. (2018). *Byggnadsmaterial – Tillverkning, egenskaper och användning* (3 uppl.). Lund: Studentlitteratur AB.
- Bygg. (u.å.). *Stomsystem – så fungerar det*. <https://bygg.se/stomsystem-sa-fungerar-det/> (Hämtad 2024-05-15)
- Byggelement. (u.å.). *Håldäck*. <https://byggelement.se/produkter/bjalklag/haldack/> (Hämtad 2024-05-15)
- Byggföretagen. (2023). *Byggkostnader för nyproducerade flerbostadshus i Sverige*. <https://byggforetagen.se/statistik/byggkostnader/> (Hämtad 2024-03-15)
- Fröbel, J. (2016). *Limträhandbok – Projektering av limträkonstruktioner*. Stockholm: Svenskt trä.
- Gustafsson, A., Eriksson, P-E., Engström, S., Wik, T. & Serrano, E. (2012). *Handbok för beställare och projektörer av flervånings bostadshus i trä*. Stockholm: Svenskt trä.
- Heidelberg Materials (2023b). *Färdplan för cementbranschen. Färdplan för konkurrenskraft och nettonollutsläpp Cementbranschen*. (Vol 2. 1–23).
- Heidelberg Materials (2023a). *Massiva bjälklagselement* https://www.precastabetong.heidelbergmaterials.se/sites/default/files/assets/document/produktblad_homogena_bjalklag_2018-03-06.pdf (Hämtad 2024-05-15)

- Heidelberg Materials. (u.å.a). *Cementproduktion steg-för-steg*
<https://www.cement.heidelbergmaterials.se/sv/cementproduktion-steg> (Hämtad 2024-03-27)
- Heidelberg Materials. (u.å.b). *Betongstommar till flerbostadshus*
https://www.precastabetong.heidelbergmaterials.se/sv/betongstommar_till_flerbostadshus (Hämtad 2024-04-08)
- Heidelberg Materials. (u.å.c). *Platsgjutet byggande*
<https://www.betong.heidelbergmaterials.se/sv/betongindustri-platsgjutet-byggande> (Hämtad 2024-04-06)
- Heidelberg Materials. (u.å.d). *Provning av hållfasthet på betong.*
<https://www.cement.heidelbergmaterials.se/sv/provning-av-hallfasthet-pa-betong> (Hämtad 2024-04-04)
- Heidelberg Materials. (u.å.e). *Karbonatisering - vad är det?*
<https://www.cement.heidelbergmaterials.se/sv/karbonatisering-vad-ar-det> (Hämtad 2024-03-22)
- Heidelberg Materials. (u.å.f). *Om cementfabriken i Slite.*
<https://www.cement.heidelbergmaterials.se/sv/slite> (Hämtad 2024-04-22)
- Höiseth, P. (2018). *Skogsjättarna miljardinvesterar i trähus*. Dagens industrier.
<https://www.di.se/nyheter/skogsjattarna-miljardinvesterar-i-trahus/> (Hämtad 2024-04-05)
- International Energy Agency. (2018). *Cement technology roadmap plots path to cutting CO2 emissions 24% by 2050*. <https://www.iea.org/news/cement-technology-roadmap-plots-path-to-cutting-co2-emissions-24-by-2050> (Hämtad 2024-04-04)
- Jernkontoret. (2023). *Energianvändning*. <https://jernkontoret.se/sv/stalindustrin/branschfakta-och-statistik/energianvandning/> (Hämtad 2024-04-26)
- KTH. (2021). *Byggande i betong*. <https://www.byv.kth.se/avd/betong/byggande-i-betong> (Hämtad 2024-04-09)
- KP Betong AB. (u.å.). *Hållbarhet & klimatpåverkan*. <https://kpbetong.se/hallbarhet-klimatpaverkan/> (Hämtad 2024-04-06)
- K-prefab. (u.å.). *Betongstomme* <https://www.kprefab.se/betongstomme> (Hämtad 2024-05-15)
- Kristensen, K. & Grotenfelt, D. (2020). *Skapa hållbara byggnader i trä*.
<https://www.cowi.se/insights/skapa-hallbara-byggnader-med-tra> (Hämtad 2024-03-22)
- Kurkinen, E-L., Al-Ayish, N., Brick, K., Rönneblad, A., Brunklaus, B., During, O. & Larsson Ivanov, O. (2018). *Kriterier för resurssnålt byggande i praktiken*. (Rapport 2018:18). RISE
- Linnéuniversitetet. (2022). *Projekt: Biobaserade polyuretanlim för korslimmat trä (KL-trä)*.
<https://lnu.se/forskning/forskningsprojekt/projekt-biobaserade-polyuretanlim-for-korslimmat-tra/> (Hämtad 2024-04-08)
- Martinsons. (2022). *Martinsons materialguide för KL-trä*.
https://www.martinsons.se/globalassets/travaror/martinsons/materialguide_kl-tra_05_2022.pdf (Hämtad 2024-05-14)
- Martinsons. (2024). *Stomlösning för flerbostadshus – Sortiment, produktinformation och vägledning för smidiga projekt*.

https://www.martinsons.se/globalassets/travaror/martinsons/7490_martinsons_broschyr_flerbostadshus_32-sid.pdf (Hämtad 2024-05-02)

Martinsons. (u.å.a). *Objektanpassat KL-trä*. <https://www.martinsons.se/sv/kunskap-och-inspiration/konstruktionshjalp/material/objektanpassat-kl-tra/> (Hämtad 2024-04-05)

Martinsons. (u.å.b). *Ljud- och brandegenskaper*. <https://www.martinsons.se/sv/kunskap-och-inspiration/konstruktionshjalp/material/objektanpassat-kl-tra/ljud--och-brandegenskaper/> (Hämtad 2024-03-26)

Nationalencyklopedin. (2023). *Armerad Betong*. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/armerad-betong> (Hämtad 2024-04-25)

Nybetong. (u.å.). *Välj rätt*. <https://nybetong.se/valj-ratt/> (Hämtad 2024-04-25)

Patel, R. & Davidsson, B. (2011). *Forskningsmetodikens grunder* (4:1 uppl.). Lund: Studentlitteratur AB

Setra. (2020). *Hållbart och klimatsmart med KL-trä*. <https://www.setragroup.com/sv/kl-tra-clt/aktuellt-kl-tra/hallbart-och-klimatsmart-med-kl-tra/> (Hämtad 2024-04-16)

Setra. (2023). *KL-trä. Produktinformation*. <https://setragroup.com/globalassets/bilder/2023/kl-tra/dokument/kl-tra-setragroup-produktinformation-w-jan-2023.pdf> (Hämtad 2024-05-02)

Setra. (2024). *Det här är KL-trä*. <https://www.setragroup.com/sv/kl-tra-clt/det-har-ar-kl-tra/> (Hämtad 2024-03-15)

Setra. (u.å.). *Är det dyrare att bygga med trästomme?* <https://www.setragroup.com/sv/trakunskap/trakunskap---ar-det-dyrare-att-bygga-i-kl-tra> (Hämtad 2024-04-16)

Skanska. (2024). *Betong med lägre klimatpåverkan*. <https://www.skanska.se/495b5e/contentassets/b8028c4e82ec41959304804147bf57b2/produktblad-skanskas-betong-med-lagre-klimatpaverkan-2024.pdf> (Hämtad 2024-04-16)

Skogsindustrierna. (2024a) *Snabba fakta. Den svenska skogsindustrin i korthet*. <https://www.skogsindustrierna.se/om-skogsindustrin/branschstatistik/snabba-fakta/> (Hämtad 2024-03-14)

Skogsindustrierna. (2024b) *Råvaruförsörjning och produktion*. <https://www.skogsindustrierna.se/om-skogsindustrin/branschstatistik/ravaruforsorjning-och-produktion/> (Hämtad 2024-03-14)

Starka. (u.å.). *Stomlösningar för moderna bostäder*. <https://www.starka.se/wp-content/uploads/2017/02/slutkorr-bjalklag-uppslag-4-sidor.pdf> (Hämtad 2024-05-15)

Statistiska centralbyrån. (u.å.). *Lägenheter i nybyggda ordinära flerbostadshus efter material i husens stomme. År 1995 - 2022*. https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_BO_BO0201_BO0201M/MaterialiStommeFN/ (Hämtad 2024-03-14)

Statistiska centralbyrån. (2018). *Priserna för nyproducerade bostadshus ökar men i lägre takt*. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/boende-byggande-och-bebyggelse/byggnadskostnader/priser-for-nyproducerade-bostader/pong/statistiknyhet/priser-for-nyproducerade-bostader-2017/> (Hämtad 2024-03-14)

Statistiska centralbyrån. (2021). *Byggekostnaderna har ökat med 7,8 procent på ett år*. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/priser-och-konsumtion/byggnadsprisindex-samt-faktorprisindex-for-byggnader/byggekostnadsindex-bki/> (Hämtad 2024-04-25)

Svensk Betong. (u.å.a). *Därför behöver vi betong*. <https://www.svenskbetong.se/om-betong/darfor-behover-vi-betong> (Hämtad 2024-03-25)

Svensk Betong. (u.å.b). *Beständighet*. <https://www.svenskbetong.se/om-betong/fakta-egenskaper/bestandighet> (Hämtad 2024-03-25)

Svensk Betong. (u.å.c). *Flerbostadshus*. <https://www.svenskbetong.se/om-betong/platsgjutet/produktion/flerbostadshus> (Hämtad 2024-04-05)

Svensk Betong. (u.å.d). *Hållfasthet och slitstyrka*. <https://www.svenskbetong.se/om-betong/platsgjutet/betongens-egenskaper/hallfasthet-och-slitstyrka> (Hämtad 2024-03-25)

Svensk Betong. (u.å.e). *Brand*. <https://www.svenskbetong.se/om-betong/fakta-egenskaper/brand> (Hämtad 2024-03-27)

Svensk Betong. (u.å.f). *Fukt*. <https://www.svenskbetong.se/om-betong/fakta-egenskaper/fukt> (Hämtad 2024-03-27)

Svensk Betong. (u.å.g). *Beständighet och livslängd*. <https://www.svenskbetong.se/om-betong/platsgjutet/hallbart-byggande/bestandighet-och-livslangd> (Hämtad 2024-04-10)

Svensk Betong. (u.å.h). *Fukt och uttorkning*. <https://www.svenskbetong.se/om-betong/platsgjutet/betongens-egenskaper/fukt-och-uttorkning> (Hämtad 2024-04-16)

Svensk Betong. (u.å.i). *Koldioxidutsläpp*. <https://www.svenskbetong.se/om-betong/prefab/miljo-och-hallbarhet/koldioxidutslapp> (Hämtad 2024-03-28)

Svensk Betong. (u.å.j). *Industrialisering och kvalitet*. <https://www.svenskbetong.se/om-betong/prefab/industrialisering-och-kvalitet> (Hämtad 2024-05-02)

Svensk Betong. (2015). *Betong sparar energi*. https://www.svenskbetong.se/images/pdf/EnergiBroschyr_150702.pdf (Hämtad 2024-04-22)

Svensk Betong. (2018a). *Betong begränsar bränder*. <https://www.svenskbetong.se/component/edocman/betong-och-brand-person-och-egendomsskydd> (Hämtad 2024-03-25)

Svensk betong. (2018b). *Betong ger god ljudmiljö inomhus*. <https://www.svenskbetong.se/component/edocman/betong-ger-god-ljudmiljo/viewdocument/61> (Hämtad 2024-03-22)

Svensk Vindkraft. (2021). *Hållbart byggande kräver god tillgång på el*. <https://svenskvindkraft.com/hallbart-byggande-kraver-god-tillgang-pa-el/> (Hämtad 2024-04-16)

Svenskt trä. (2024a). *Om trä*. <https://www.traguiden.se/om-tra/> (Hämtad 2024-03-15)

Svenskt trä. (2024b). *Om KL-trä*. <https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/om-kl-tra/> (Hämtad 2024-03-18)

Svenskt trä. (2024c). *Småhus och flervåningshus*. <https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/byggande/olika-trakonstruktioner/smahus-och-flervaningshus/> (Hämtad 2024-03-18)

Svenskt trä. (u.å.). *Spara pengar*. <https://www.svensktra.se/bygg-med-tra/byggande/varfor-tra/spara-pengar/> (Hämtad 2024-04-16)

Sveriges geologiska undersökning. (2023). *Cement och betong*. <https://www.sgu.se/mineralnaring/industrimineral/cement-och-betong> (Hämtad 2024-04-09)

Swedish Environmental Research Institute. (2021). *Calculation of CO2 uptake in concrete structures by carbonation* <https://www.ivl.se/projekt/co2-concrete-uptake/calculation/calculation-of-co2-uptake> (Hämtad 2024-03-22)

Sydsten. (u.å.). *Kunskapsbanken*. <https://www.sydsten.se/kunskapsbanken/betong>. (Hämtad 2024-05-07)

Södra. (2021a). *Korslimmat trä från Södra kan minska klimatpåverkan med upp till 80 procent*. <https://www.sodra.com/sv/se/skog-medlem/aktuellt/sodrakontakt/nyhetsartiklar/2021/nummer-1/korslimmat-tra-fran-sodra-kan-minska-klimatpaverkan-med-upp-till-80-procent/> (Hämtad 2024-04-05)

Södra. (2021b). *Lim i korslimmat trä*. Södra, Kommunikationsavdelningen (2021-05-18)

Södra. (2023). *Energieffektivitet och Hållbarhet i Centrum: Bygg flervåningshus med korslimmat trä för energi- och kostnadsbesparing*. <https://www.sodra.com/sv/se/byggsystem/nyheter/2023/energieffektivitet-och-hallbarhet-i-centrum-bygg-flervaningshus-med-korslimmat-tra-for-energi--och-kostnadsbesparing/> (Hämtad 2024-03-22)

Thomas Betong. (u.å.a). *Thomas miljöstomme, ett unikt byggsystem*. <https://thomasbetong.se/produkter/thomas-miljoestomme> (Hämtad 2024-05-15)

Thomas Betong. (u.å.b). *Betong och Koldioxid* <https://thomasbetong.se/hallbarhet/betong-och-koldioxid> (Hämtad 2024-04-16)

Tillväxtverket. (2019). *Tillväxtresan: Det svenska träbyggandets återuppståndelse*. <https://tillvaxtverket.se/tillvaxtverket/sokfinansiering/finansieradeprojekt/finansieradeprojektu/tillvaxtresandetsvenskatrabyggandetsateruppstandelse.2780.html> (Hämtad 2024-03-15)

TräGuiden. (2017). *Materialegenskaper för KL-trä*. <https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/dimensionering-av-kl-trakonstruktioner/3.2-materialegenskaper-for-kl-tra/materialegenskaper-for-kl-tra/> (Hämtad 2024-04-02)

TräGuiden. (2021). *Densitet träprodukter*. <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/traets-egenskaper-och-kvalitet/densitet1/densitet-traprodukter/> (Hämtad 2024-04-02)

TräGuiden. (u.å.). *Stomme*. <https://www.traguiden.se/konstruktion/konstruktiv-utformning/stomme/> (Hämtad 2024-05-15)

8 Bilagor

8.1 Bilaga 1 – Intervjuplan, Intervjufrågor

Mailutkast:

Hej,

Vi heter Alice och Erika och skriver just nu examensarbete i byggt teknik med arkitektur på Lunds universitet. Eftersom miljö-, energi- och kostnadsaspekter är viktiga för byggbranschens framtid, och att valet av byggmaterial är en av de avgörande faktorer som påverkar dessa aspekter, vill vi med vårt arbete undersöka under vilka förutsättningar KL-trä respektive betong är bäst som stommaterial för flerbostadshus.

Syftet med examensarbetet är att undersöka och jämföra korslimmat trä och betong som stommaterial, där vi studerar för- och nackdelar ur miljö-, energi- och kostnadssynpunkt för flerbostadshus av respektive material. Då ni är väldigt insatta i just KL-trä/betong, så undrar vi ifall någon hos er skulle vara intresserade av att ställa upp på en intervju och därmed bidra till vårt arbete och ge oss en bredare inblick över valet av stommaterial? Vi skulle vara väldigt tacksamma.

Intervjun skulle i så fall bestå av cirka 10 frågor och kommer att pågå i cirka 45 minuter. Den kommer att genomföras via zoom eller motsvarande och ni kommer att vara anonyma och listas som "Respondent 1, 2, 3" osv. Vi önskar dessutom att spela in ljudet från intervjun för att kunna transkribera och sammanställa svaren, så vänligen meddela oss om ni inte vill bli inspelade.

Med vänliga hälsningar,

Alice och Erika

Respondent: För- och Efternamn Företag

Bakgrundsfrågor:

Vilken yrkesroll har du?

Hur många års erfarenhet har du inom din yrkesroll?

Hur mycket erfarenhet har du med att jobba med KL-trä/betong?

Frågor till KL-träbranschen:

1. Vad är de största fördelarna med att bygga med KL-trä?
2. Vad är fördelarna med KL-trästommar ur ett miljöperspektiv?
3. På vilket sätt är en KL-trästomme förnybar?
4. Hur ser ni på framtiden för hållbart byggande och vilken roll tror ni att KL-trä kommer att spela i detta sammanhang?
5. Vad är fördelarna med KL-trästommar ur energiperspektiv?

6. Vad är fördelarna med KL-trästommar ur kostnadsperspektiv?
7. Vilka är de största kostnadsdrivande faktorerna för byggprojekt som använder KL-trästommar, och finns det några strategier för att optimera dessa kostnader?
8. Vad skulle exempelvis en stomme för ett trevåningshus med bottenplatta på 200 kvm kosta?
9. Varför anser ni att man borde välja KL-trä i stället för betong vid val av stomme för ett flerbostadshus?
10. Finns det några nackdelar med KL-trä?

Frågor till betongbranschen:

1. Vad är den största fördelen med att bygga med betongstomme?
2. Vad är fördelarna med betong ur ett miljöperspektiv?
3. Det sägs att betong är 100% återvinningsbart - stämmer detta och i så fall på vilket sätt?
4. Hur ser ni på framtiden för hållbart byggande och vilken roll tror ni att betong kommer att spela i detta sammanhang?
5. Vilka utmaningar eller möjligheter ser ni för att främja en mer hållbar användning av betong?
6. Vad är fördelarna med betongstommar ur ett energiperspektiv?
7. Vad är fördelarna med betongstommar ur ett kostnadsperspektiv?
8. Vilka är de största kostnadsdrivande faktorerna för byggprojekt som använder betongstommar, och finns det några strategier för att optimera dessa kostnader?
9. Vad skulle exempelvis en stomme för ett trevåningshus med bottenplatta på 200 kvm kosta?
10. Varför anser ni att man borde välja betong i stället för KL-trä vid val av stomme för ett flerbostadshus?
11. Finns det några nackdelar med betong?
12. Ställer ni krav på era tillverkare av KL-trä/betong, i så fall vilka?

Avslutande frågor till samtliga respondenter:

Finns det något ni skulle vilja tillägga som ni anser vara relevant för studien?

Kan vi återkomma om vi skulle ha kompletterande frågor?