



CHALMERS



En jämförelse mellan KL-trä och betong som stommaterial för flerbostadshus: Miljö och kostnadsperspektiv

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik

Asmaa Alloch
Reem Zawahri

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2025
www.chalmers.se

EXAMENSARBETE ACEX20

En jämförelse mellan KL-trä och betong som stommaterial för flerbostadshus: Miljö och kostnadsperspektiv

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

Asmaa Allouch

Reem Zawahari



CHALMERS

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för avdelningsnamn
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2025

En jämförelse mellan trä och betong som stommaterial för flerbostadshus: Miljö och kostnadsperspektiv

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

Asmaa Alloch

Reem Zawahri

© REEM ZAWAHRI/ASMAA ALLOCH, 2025

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2025

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för avdelningsnamn

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Omslag:

Ev figurtext till omslagsbilden, ev referens till utförligare information i rapporten.

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2025

A comparison between wood and concrete as structural materials for multi-family residential buildings: Environmental and cost perspectives.

*Degree Project in the Engineering Programme
Business Development and Entrepreneurship*

Asmma Alloch

Reem Zawahri

Department of Architecture and Civil Engineering

Division of Division Name

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The construction sector in Sweden has set the goal of achieving net-zero greenhouse gas emissions by the year 2045, which requires a significant transition in building materials and construction techniques. Currently, large construction projects are dominated by concrete frames due to their high strength and good fire resistance. Despite these advantages, concrete production is associated with high carbon dioxide emissions, primarily from cement manufacturing, which presents a major challenge in meeting climate goals.

Cross-laminated timber (CLT) has been highlighted as a more environmentally friendly alternative to concrete in multi-family housing, particularly due to its lower carbon footprint and reduced climate impact. CLT also offers benefits such as lower weight—which reduces transport-related emissions—shorter construction times, and good load-bearing capacity compared to traditional timber. These qualities make CLT an attractive material both environmentally and structurally.

Despite these positive aspects, the transition to CLT presents several challenges. The production costs of CLT are significantly higher than those of concrete, which can affect the economic viability of construction projects. Moreover, CLT generally has a shorter lifespan and requires regular maintenance and repairs to ensure sufficient strength and fire resistance over time.

The present study aims to quantify and analyze the total carbon dioxide emissions from concrete and CLT based on previous studies, focusing on the construction phase A1–A5 according to life cycle assessment (LCA). The objective is to evaluate whether the replacement of concrete with CLT is justified from a climate and economic perspective.

The results show that concrete is more economically advantageous, while CLT is more environmentally friendly.

Key words: CLT, LCA, Net Zero Emissions, Concrete Frame, Economic Perspective, Carbon Emissions, 2045

En jämförelse mellan trä och betong som stommaterial för flerbostadshus: Miljö och kostnadsperspektiv

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

Asmaa Alloch

Reem Zawahri

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för byggnadsteknologi

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Byggsektorn i Sverige har satt upp målet att uppnå netto noll utsläpp av växthusgaser senast år 2045, vilket kräver en betydande omställning av byggmaterial och konstruktionstekniker. I dagsläget domineras större byggprojekt av betongstommar på grund av deras höga hållfasthet och goda brandsäkerhet. Trots dessa fördelar är betongtillverkning förknippad med stora koldioxidutsläpp, främst från cementtillverkningen, vilket utgör en betydande utmaning för att nå klimatmålen.

Korslimmat trä (KL-trä) har lyfts fram som ett mer miljövänligt alternativ till betong i flerbostadshus, särskilt med hänsyn till dess lägre koldioxidavtryck och reducerade klimatpåverkan. KL-trä erbjuder även fördelar såsom lägre vikt, vilket minskar transportrelaterade utsläpp, kortare byggtid samt god bärförmåga i jämförelse med traditionellt trä. Dessa egenskaper gör KL-trä till ett attraktivt material ur både miljö- och som en konstruktion.

Trots dessa positiva aspekter innebär övergången till KL-trä dock flera utmaningar. Produktionskostnaderna för KL-trä är betydligt högre än för betong, vilket kan påverka ekonomisk lönsamhet i byggprojekt. Dessutom har KL-trä generellt en kortare livslängd och kräver regelbundet underhåll och reparationer för att säkerställa tillräcklig hållfasthet och brandsäkerhet över tid.

Den aktuella studien avser att kvantifiera och analysera de totala koldioxidutsläppen från betong och KL-trä utifrån tidigare studier med fokus på byggskedet A1–A5 enligt livscykelanalys (LCA). Syftet är att utvärdera om ersättning av betong med KL-trä är motiverad utifrån ett klimatmässigt och ekonomiskt perspektiv.

Resultatet visar att betong är mer ekonomiskt fördelaktigt, medan KL-trä är mer miljövänligt.

Nyckelord: KL-trä, LCA, Netto noll utsläpp, Betongstomme, Koldioxidutsläpp, Ekonomiskt perspektiv, 2045

INNEHÅL:	
ABSTRACT	I
FÖRORD	V
1. INLEDNING	VIII
1.1 Bakgrund	VIII
1.2 Syfte	VIII
1.3 Frågeställning	VIII
1.4 Avgränsningar	IX
1.5 Metod	IX
2 ARMERAD BETONG SOM STOMMATERIAL	1
2.1 Betong Historia	1
2.2.1 Platsgjuten betong och Prefabricerad betong	2
2.2.2 Armerad betongstomme	2
2.2.3 Hållbar betong	2
2.3 LCA Betong	3
2.4 LCA studier	5
2.5 Återanvändning av betong	6
2.6 Ekonomiska aspekter för betong	7
3 TRÄBYGGANDETS SOM STOMMATERIAL	8
3.1 historisk av träbyggnad	8
3.2 Korslimmat trä	8
3.3 Stommar av KL-trä	9
3.4 Träs livscykelanalys (LCA)	9
3.5 LCA studier:	11
3.6 Återanvändning av kl trä	13
3.7 Ekonomiska aspekter för korslimmat trä	13
4 INTERVJUER:	15
4.1 Planering av intervjuer	15
5 RESULTAT	16
5.1 Kostnadsanalys av KL-trä och betong	16
5.2 Livscykelanalys (LCA) – klimatpåverkan från byggskedet	16
5.3 Resultat från Intervjustudie	18

6	DISKUSSION OCH ANALYS	20
7	SLUTSATS	22
8	REFERENSER	23
9	BILAGOR	28

Förord

Detta examensarbete markerar avslutningen på vår högskoleingenjörsutbildning inom samhällsbyggnadsteknik vid Chalmers tekniska högskola. Arbetet har genomförts under vårterminen 2025, inom avdelningen för Byggnadsteknologi.

Vi vill rikta ett varmt tack till vår examinator, Bijan Adl-Zarrabi, som har väckt vårt intresse för ämnet och stöttat oss med värdefulla insikter och inspirerande idéer under hela arbetets gång.

Ett särskilt tack riktar vi också till civilingenjör Dina Ahmad och företaget RT Bygg i Väst AB, som har genomfört intervjuer med oss. Dina insatser har varit ovärderliga för att ge oss en djupare förståelse och praktisk inblick i ämnet.

Göteborg maj 2025

Reem Zawahri & Asmaa Alloch

Beteckningar

LCA: En metod för att bedöma miljöpåverkan från en produkt eller ett system under hela dess livscykel – från utvinning av råmaterial, produktion och användning till avfallshantering. Inom byggbranschen används LCA för att jämföra olika material och konstruktioners klimatpåverkan, till exempel mellan betong och trä.

KL-TRÄ: Ett konstruktionsmaterial uppbyggt av flera lager träskivor som limmas korsvis. Detta ökar hållfastheten i flera riktningar. KL-trä används ofta i väggar, golv och tak i flerbostadshus och andra byggnader, och är ett alternativ till betong och stål inom hållbart byggande.

VCT: Ett mått på förhållandet mellan mängden vatten och mängden cement i en betongblandning. Det påverkar betongens hållfasthet, täthet och beständighet. Lägre VCT ger oftast starkare och tätare betong.

PEFC: En internationell certifiering för hållbart skogsbruk. PEFC-märkta träprodukter kommer från skogar som förvaltas enligt strikta miljö-, sociala och ekonomiska krav.

FSC: Annan global certifiering för hållbart skogsbruk. FSC garanterar att skogen brukas på ett sätt som är miljöanpassat, socialt ansvarstagande och ekonomiskt livskraftigt.

Atemp: Den totala golv arean i en byggnad som värms till mer än 10 °C. Används för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan per kvadratmeter. (Enligt BBR)

EPD: Environmental Product Declaration (Miljövarudeklaration). Ett dokument som redovisar en produkts miljöpåverkan enligt standardiserade LCA-data.

BTA: Bruttoarea. Den totala ytan som mäts från ytterväggarnas utsida, inklusive trapphus, teknikutrymmen och väggar.

CaCO: Kalciumkarbonat

CaO: Kalciumoxid

1. Inledning

I detta inledande kapitel presenteras studiens bakgrund, syfte och metod. Kapitlet innehåller även studiens frågeställningar samt de avgränsningar som har gjorts.

1.1 Bakgrund

Trä och betong är två av de vanligaste byggmaterialen i världen för konstruktioner. Valet av byggmaterial påverkar inte bara byggnadens struktur och hållbarhet utan även dess kostnadseffektivitet och energianvändning vid tillverkningen. I takt med att världens befolkning växer ökar även efterfrågan på bostäder, vilket ställer högre krav på byggsektorn att möta behoven samtidigt som klimatpåverkan måste minimeras. Enligt statistik från 2022 stod bygg- och fastighetssektorn för cirka 22,1 procent av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser, vilket motsvarade 10,8 miljoner ton koldioxidekvivalenter (Boverket, 2025).

Enligt Boverkets prognos från 2020 behöver cirka 664 000 nya bostäder byggas fram till år 2029 för att möta efterfrågan i hela landet (Boverket, 2020). Sverige har antagit Agenda 2030 som mål för hållbar utveckling, vilket innebär att samhället ska utvecklas på ett sätt som är hållbart ur sociala, miljömässiga och ekonomiska perspektiv (Sveriges miljömål, 2020). För att minska byggnaders klimatpåverkan har staten infört krav på att byggherrar ska upprätta klimatdeklarationer, där utsläpp av växthusgaser som uppstår under byggfasen redovisas (Boverket, 2021).

Valet av byggmaterial är en avgörande faktor för att fatta mer hållbara beslut och minska negativ miljöpåverkan. En viktig metod för att bedöma byggmaterialens miljöpåverkan är livscykelanalys (LCA), som ger en helhetsbild av hur ett material påverkar miljön från råvaruutvinning till avfallshantering. Analysen tar hänsyn till energiåtgång, utsläpp, transporter och avfall i alla faser av materialets livscykel (Boverket, 2022; Boverket, 2024).

Statistik från SCB visar att andelen flerbostadshus med trästomme har ökat med 14,5 procentenheter sedan 2010, och år 2025 uppskattas att hälften av alla nya flerbostadshus byggs med trästomme. Detta kan bidra till upp till 40 % minskade koldioxidutsläpp jämfört med likvärdiga hus i betong (Brege et al., 2017). KL-trä är ett förnybart, lätt och mångsidigt byggmaterial med god isoleringsförmåga och låg klimatpåverkan tack vare teknologiska framsteg inom träindustrin. Det är också enkelt att bearbeta och lämpar sig väl för stora byggprojekt. Jämfört med betong ger KL-trä betydligt lägre utsläpp av växthusgaser vid produktion, vilket gör det till ett starkt alternativ för hållbart byggande (Svenskt Trä, 2020).

1.2 Syfte

Syftet med denna studie är att analysera och jämföra trä och betongbyggnader för att bedöma vilket av dessa material som är mest lämpligt utifrån ett miljö- och hållbarhetsperspektiv. Detta ska göras genom att undersöka och fördjupa förståelsen av livscykelanalyser. Studien syftar även till att granska de ekonomiska aspekterna för båda materialen.

1.3 Frågeställning

Vilket av stommaterialen, KL-trä eller betong, är mest lämpligt att använda ur ett miljömässigt, hållbarhets- och ekonomiskt perspektiv?

1.4 Avgränsningar

1. Studien undersöker stommar av både armerad betong och korslimmat trä med fokus på bärande konstruktioner (bärande inner och yttervägg, bjälklag)
2. Fokus ligger enbart på flerbostadshus med en till åtta våningar inom Sveriges gränser
3. Studien fokuserar på produktions skedet A1-A5 i LCA analysen, andra delar i LCA antas ha samma energianvändning mängd.

1.5 Metod

Denna studie bygger främst på tre metoder: litteraturstudier, livscykelanalys (LCA) och kvalitativa intervjuer.

Litteraturstudien utgör den teoretiska grunden och bygger på en systematisk genomgång av tidigare forskning, vetenskapliga artiklar, myndighetsrapporter, miljövarudeklarationer samt facklitteratur. Informationsinsamlingen har genomförts med hjälp av databaser som Scopus och Google Scholar, där titlar, nyckelord och sammanfattningar granskats för att säkerställa att materialet är relevant för studiens syfte och frågeställningar. Syftet är att ge en heltäckande bild av byggmaterialens miljöpåverkan och ekonomiska aspekter.

En central metod i studien är livscykelanalys (LCA), som används för att jämföra klimatpåverkan från KL-trä och betong under byggskedet (A1–A5). Data för LCA har hämtats från tidigare publicerade studier och miljövarudeklarationer. Analysen följer den europeiska standarden SS-EN 15978, som delar in byggnadens livscykel i flera faser. Studien fokuserar på modul A, särskilt faserna A1–A5, vilka omfattar råmaterialutvinning, tillverkning, transport samt bygg- och installationsfasen.



Figur 1: Byggnadens livscykelanalys (Boverket, 2024)

För att komplettera litteraturstudien och LCA med praktiska insikter har två kvalitativa intervjuer genomförts. Den första intervjun var med Dina Ahmad, civilingenjör inom konstruktion på Aqua Floating Group, som har över 12 års erfarenhet av byggbranschen och främst arbetar med betong och stål som stommaterial. Den andra intervjun var med Rabi Altaha, byggnadsingenjör och egenföretagare på RT Bygg i Väst AB, som har bred erfarenhet från olika byggprojekt och insikter i de praktiska och ekonomiska aspekterna av materialval och hållbarhetsarbete i små byggföretag.

Studien baseras på tillförlitliga och vetenskapligt granskade källor, såsom forskningsartiklar, rapporter från myndigheter som Boverket och statistik från SCB, miljövarudeklarationer samt tidigare examensarbeten. Den systematiska litteraturgenomgången har säkerställt att endast relevant och kvalitativ information har använts för att besvara studiens frågeställningar. En fullständig referenslista återfinns i slutet av arbetet för att möjliggöra verifiering och vidare studier.

2 Armerad Betong som stommaterial

I detta kapitel behandlas betongens historiska användning som byggmaterial samt utvecklingen av armerad, prefabricerad och platsgjuten betong som stommaterial.

2.1 Betong Historia

Etruskerna, som bodde i Italien omkring 500 år före Kristus, var de första som använde betong i byggnationer. Deras version av betong var dock mycket olik än den som vi använder idag, eftersom de tillverkade ett liknande material baserat på kalk. Betong används även under romarrikets tid, men den skilde sig både från dagens moderna betong och den som etruskerna använde. Romarna betong var en typ av antikens betong som kallades romersk cement som består av kiselsyra och bärande kalk. (Betongdesign, u.å.)

Betong var ett betydelsefullt byggmaterial under flera århundraden både före och efter Kristi födelse. I samband med romarrikets fall upphörde dock dess användning, men under 1400-talet återkom betongen i historiska sammanhang. Än idag finns viktiga byggnadsverk kvar, särskilt i Rom, som uppfördes med denna tidiga form av betong (Betongdesign u.å.)

2.2 Betong som byggmaterial

Betong är ett av världens mest använda samt viktigaste material och har spelat en central roll i utvecklingen av vårt moderna samhälle. Betong som byggmaterial består av sand, grus, vatten och cement som bindande material. Betong är ofta det enda materialet som kan uppfylla de höga krav på kvalitet och hållfasthet för många konstruktioner och har långa livslängd, låga underhållsbehov samt höga beständighet vilket är en fördel, där mängden betong som används är mindre än exempelvis KL-trä, dessa egenskaper medför även miljövänliga fördelar (svensk betong, u.å.e). Enligt hemsidan återvinns 100% av betongen.

Betong är ett material med hög livslängd med upp till 100 år, bra brandmotstånd samt hög tryckhållfasthet. Dessutom har betong en god förmåga att lagra värme och har ljuddämpande effekter. Betong innehåller inte organiska material vilket i sin tur minskar fuktskador och mögel tillväxt vilket kan ses som fuktsäkert material, samtidigt kan betong absorbera vatten, vilket kan leda till rost i armeringen och i sin tur försämrar betongens hållfasthet. (Skoogh, 2009).

Betong styrkan beror främst på cementpasta-kvalitet som i sin tur binder materialet samman. Ökas mängden vatten i förhållande till cement, försämras då hållfastheten enligt VCT förhållandet, det vill säga lägre VCT ger starkare betong. (Burström, 2021).

En viktig egenskap hos betong är dess förmåga att absorbera och lagra koldioxid. Under hela sin livslängd tar betongen upp koldioxid från luften, en process som kallas karbonatisering. Forskning visar att denna upptagning av koldioxid ökar ytterligare efter att byggnaden rivits och betongen krossats (Dodoo, Gustavsson & Sathre, 2008). Genom karbonatisering kan upp till cirka 23 % av den koldioxid som släpptes ut vid cementtillverkningen återabsorberas. Även om detta ger en viss miljöfördel, medför karbonatisering också nackdelar. Processen sänker betongens pH-värde, vilket ökar risken för armeringskorrosion och därmed försämrar hållfasthet. (Heidelberg Materials, u.å.).

Betong kännetecknas av sin höga värmetröghet, vilket innebär att materialet kan lagra överskottsvärme inomhus och frigöra den när temperaturen sjunker särskilt i tunga byggnader. Denna egenskap gör att betongens fördelar främst blir tydliga under byggnadens

bruksskede. Det bidrar både till minskade energikostnader och en mer hållbar energianvändning. (Svensk Betong, u.å.)

2.2.1 Platsgjuten betong och Prefabricerad betong

Det finns två huvudsakliga sätt att använda betong i byggprojekt, platsgjuten betong samt prefabricerad betong. Platsgjuten betong med plattbärlag är den vanligaste metoden för att bygga flerbostadshus idag. Detta innebär att betong transporteras till byggplatsen sedan den gjuts på plats. Denna typ har flera fördelar såsom effektivare användning av utrymme vilket slutligen kan leda till kostnadseffektivitet. Denna typ bidrar även till minskade värme- och kylförluster om det inte finns öppningar, vilket resulterar i ökad energieffektivitet. (Svensk betong, u.å.). Platsgjuten betong gör det möjligt att skapa starkare och kreativa byggnader. Man kan även anpassa mängd armering och betong efter behov på byggplatsen vilket kan medföra ekonomiska fördelar (Heidelberg Materials, u.å.)

Prefabricerad betong innebär att betongelement produceras i förväg i en fabrik och sedan transporteras till byggarbetsplatsen för att sättas ihop (Svensk betong, u.å.). Att välja prefabricerade betong kan öka mängden byggprojekt som utförs, snabbare byggprocess, minskar problem vid vintertid, sparar material samt minskar mängden spill och avfall på byggplatsen vilket är bra för både ekonomin och miljö. (Nybetong,u.å.).

2.2.2 Armerad betongstomme

Betong armeras för att stärka dess förmåga att stå emot dragkrafter, eftersom betong i sig är svag vid töjning och har låg draghållfasthet. Armeringen, som består av stålstänger, gör betongen starkare och bättre på att stå emot krafter från sidan, böjning och skjuvning. Genom armeringen ökar också konstruktionens hållbarhet, livslängd och motstånd mot yttre påverkan som väder och jordbävningar. (Svensk betong, u.å.)

2.2.3 Hållbar betong

Bygg anläggnings och fastighetssektorn står i dag för cirka en femtedel av Sveriges totala växthusgasutsläpp. Målet är att uppnå noll nettoutsläpp senast 2045. Detta innebär att branschen måste ställa om till mer hållbara lösningar (Neste, u.å.).

Genom att planera byggprojekt noggrant och använda flera effektiva metoder kan koldioxidutsläppen reduceras. Att tänka på resurssnåla konstruktionslösningar redan i planeringsfasen minskar mängden betong som tillverkas och transporteras med upp till 30 % (Trafikverket.se, 2022). Genom att undvika att använda mer betong än nödvändigt av säkerhetsskäl kan man bygga byggnader som påverkar miljön mindre. Det är också viktigt att alla som arbetar med ett byggprojekt samarbetar i ett tidigt skede, eftersom det är mycket svårare att göra förändringar senare i projektet (Svensk Betong, 2024).

Att välja klimatförbättrande betong är en annan lösning. Svensk Betong påpekar att det finns en betydande möjlighet att minska koldioxidutsläpp som uppkommer på grund av cementtillverkning genom att ersätta en del av cementen med slagg och flygaska, vilket kan halvera koldioxidutsläppen (Svensk Betong, u.å.). Skanska har utvecklat en betong med reducerad koldioxidpåverkan. Genom att ersätta en del av cementen med slagg från stålindustrin kan koldioxidutsläppen minskas med upp till 50 % (Skanska, 2024).

För att göra betongen mer miljövänlig och hållbar utvecklas nu "grön" betong för att minska klimatpåverkan. En ny teknik gör det möjligt att binda in koldioxid direkt i betongen under tillverkningen, vilket både reducerar utsläppen och stärker materialets hållbarhet (RISE, u.å.).

För att ytterligare minska klimatpåverkan rekommenderas, enligt Trafikverkets hemsida, en förbättring av betongreceptet i enlighet med de nya riktlinjerna. Man bör även se över hela tillverkningsprocessen, till exempel att sakta ner torkningsprocessen (Trafikverket.se, 2022).

2.3 LCA Betong

I detta kapitel kommer fas A1-A5 att användas för att analysera och förstå hur betong påverkar miljön under byggskedet.

A1: Råvaruförsörjning

Betong består av cement, ballast och vatten, där cement utgör den mest betydelsefulla råvaran i betongproduktionen. Kalksten har en central funktion i tillverkningen av cement. För att utvinna kalkstenen bryts berggrunden, vanligtvis genom att borrhål anläggs följt av sprängning för att frigöra materialet (European Lime Association, u.å.).

Ballast utgör en annan väsentlig komponent. Framställningen av ballast inleds med sprängning i en bergtäkt, vilket lossar stora stenmassor. Dessa krossas därefter till mindre kornstorlekar, benämnda som makadam (Heidelberg Materials, u.å.).

A2: Transport till tillverkare

Efter att sprängningen har genomförts transporteras det brutna materialet med hjälp av exempelvis dumpers, lastbilar eller transportband till de första krossarna. Där bearbetas det genom krossning eller malning till olika kornstorlekar, anpassade efter det specifika användningsområdet (EuLA, u.å.).

A3: Tillverkning

Den huvudsakliga beståndsdel i cement är kalciumoxid, även känt som bränd kalk. Kalkstenen bryts, krossas och torkas, varefter den omvandlas till ett fint pulver. Pulvret förs in i roterande ugnar med en temperatur på omkring 1450 grader Celsius. Vid denna höga temperatur sker en kemisk omvandling där kalkstenen förlorar koldioxid och omvandlas till kalciumoxid (CaO), eller bränd kalk. Den brända kalken som framställts blandas därefter med material såsom lera för att slutligen bli cementpulver. Den största delen av koldioxidutsläppen uppstår under denna bränningsprocess, eftersom koldioxid frigörs från kalkstenen vid den termiska nedbrytningen (Heidelberg Materials, u.å.).

Cementtillverkning står för cirka 90 % av koldioxidutsläppen från betongtillverkning och utgör 7 % av de totala globala koldioxidutsläppen (IEA, 2018). Utsläppen från cementproduktion kommer från två huvudsakliga källor: dels från användningen av fossila bränslen under tillverkningsprocessen, och dels från kalcineringsprocessen där koldioxid frigörs (Svensk Betong, u.å.). När det gäller energianvändning förbrukar cementtillverkning omkring 300 GWh per år samt har ett effektbehov på 45 MW (Svensk Vindkraft, 2021).

A4: transport till bygge

Transporter spelar en roll i betongkonstruktioners klimatpåverkan, både vid platsgjutning och prefabricering. Färdiga betongelement transporteras från fabriker till byggarbetsplatser med lastbil eller tåg. Vid platsgjutning levereras den färska betongen med roterande betongbilar, som har en lastkapacitet på mellan 5,5 och 7,5 kubikmeter (Svensk Betong, 2023).

Utöver de utsläpp som uppstår vid tillverkningen av betong bidrar transporterna till ökad klimatpåverkan, främst på grund av användningen av fossil diesel som drivmedel. Fossilfritt Sverige framhåller att ökad användning av förnybara bränslen inom transportsektorn är avgörande för att minska byggbranschens klimatavtryck. En del av utsläppen skulle även kunna reduceras genom förbättrad logistik, då det fortfarande är vanligt att transportfordon körs utan last. Effektivare samordning av transporter kan därför bidra till minskad miljöpåverkan (Neste, u.å.).

Svensk Betong (2024) betonar att användningen av omlastningsterminaler i utkanten av större städer kan vara en åtgärd. Där kan tunga fordon bytas ut mot miljövänliga transportmedel, exempelvis eldrivna lastbilar, för den sista sträckan in till staden. Vid omfattande byggprojekt rekommenderas även transport med tåg, särskilt eldrivna, eller sjöfart med båt, då dessa alternativ har lägre energiförbrukning och därmed lägre utsläpp per enhet.

A5: Bygg och installation

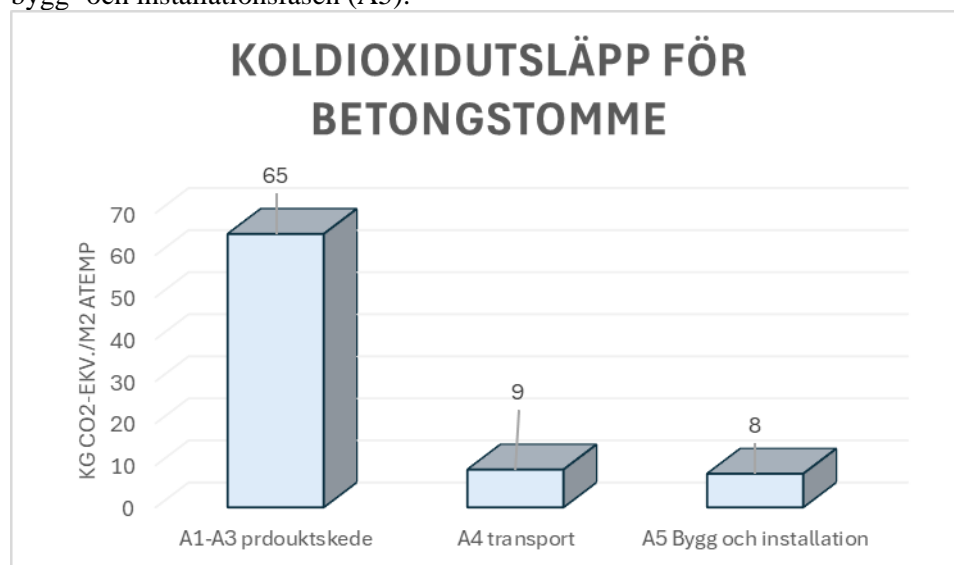
Vid uppförande av betongkonstruktioner används huvudsakligen två produktionsmetoder: platsgjutning och prefabricering. Platsgjutning innebär att betongen gjuts direkt på byggarbetsplatsen. Vid denna metod pumpas färsk betong in i förmonterade armeringsramar med hjälp av betongpumpar, vilket möjliggör en effektiv och kontrollerad gjutningsprocess (Svensk Betong, 2023).

Den andra metoden, prefabricering, innebär att betongelement tillverkas i en kontrollerad fabriksmiljö innan de transporteras till byggarbetsplatsen. Där monteras de samman med hjälp av lyftutrustning, vanligtvis i form av mobila kranar. Vid byggnation av höga konstruktioner används ofta tornkranar som är permanent installerade på arbetsplatsen, då dessa är bättre lämpade för att hantera tunga lyft på större höjd och med högre säkerhet (Svensk Betong, 2023).

2.4 LCA studier

I examensarbetet vid Lunds universitet (2023) utförde Sleman och Afzali en jämförande studie av klimatpåverkan och miljöprestanda för betongstommar i flerbostadshus. Studien baseras på en livscykelanalys (LCA) enligt den europeiska standarden SS-EN 15978, där hela livscykeln från råmaterialutvinning till slutavfall (A1–C4) analyseras med hjälp av verktyget One Click LCA.

Som framgår av diagrammet nedan fördelas klimatpåverkan från betongstommen under byggskedet på delskedena råmaterialutvinning och tillverkning (A1–A3), transport (A4) samt bygg- och installationsfasen (A5).

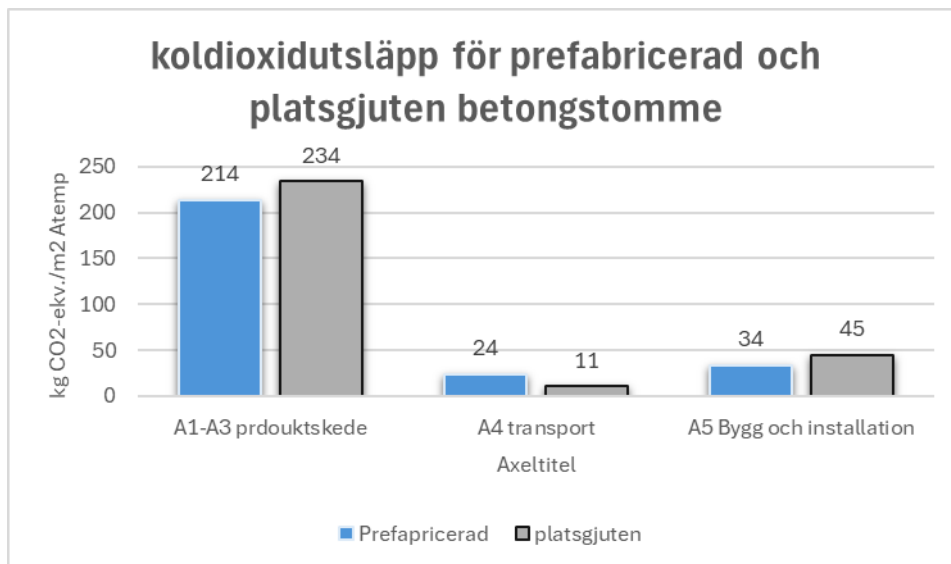


Figur 2: Koldioxidutsläpp för betongstomme under byggskedet, (Sleman och Afzali, 2023).

Resultaten visar att klimatpåverkan från betongstommen uppgår till cirka 65 kg CO₂e per kvadratmeter Atemp under faserna A1–A3, medan transportfasen (A4) står för cirka 9 kg CO₂e per kvadratmeter Atemp. Bygg- och installationsfasen (A5) bidrar med cirka 8 kg CO₂e per kvadratmeter Atemp under byggskedet. Totalt genererar betongstommen därmed cirka 82 kg CO₂e per kvadratmeter Atemp under byggskedet. Diagrammet ger en tydlig visuell översikt över utsläppens fördelning och illustrerar klimatpåverkan från betongstommen under byggskedet.

I studien av Erlandsson, Martin (2018) med titeln Minska klimatpåverkan från nybyggda flerbostadshus – LCA av fem byggsystem analyserades klimatpåverkan från fem olika konstruktionsmetoder för ett flerbostadshus med sex våningar och 22 lägenheter i Hökarängen, Stockholm. Studien genomfördes med hjälp av livscykelanalys (LCA) för att jämföra klimatpåverkan från prefabricerad betongstomme, platsgjuten betongstomme samt KL-trästomme. Utsläppen beräknades över en period på 50 år och samtliga konstruktioner utvärderades under likvärdiga förhållanden vad gäller värmeisolering, ljudkrav och energiprestanda.

Diagrammet nedan visar den beräknade klimatpåverkan från byggfasen (A1–A5) för prefabricerad och platsgjuten betongstomme under den 50-åriga analysperioden. Resultaten tydliggör skillnaderna i miljöpåverkan mellan de två betongbyggsystemen.



Figur 3: koldioxidutsläpp för prefabricerad och platsgjuten betongstomme (Erlandsson, Martin, 2018)

Resultaten visar att klimatpåverkan under byggfasen (A1–A5) för prefabricerad betongstomme uppgår till 214 kg CO₂e/m² Atemp i produktionskedet (A1–A3), 24 kg CO₂e/m² Atemp i transportfasen (A4) och 34 kg CO₂e/m² Atemp under bygg- och installationsfasen (A5). För platsgjuten betongstomme är motsvarande utsläpp 234 kg CO₂e/m² Atemp för produktion, 11 kg CO₂e/m² Atemp för transport och 45 kg CO₂e/m² Atemp för bygg- och installation.

2.5 Återanvändning av betong

Genom att välja material med låg resursförbrukning och hög återvinningsbarhet kan de totala utsläppen från byggprojekt minskas samtidigt som principer för cirkulär ekonomi främjas. Betong är ett exempel på ett material med lång livslängd, vilket möjliggör dess återanvändning även efter att en byggnad tagits ur bruk eller rivits. Återanvändning av betong i nya konstruktioner bidrar till att spara resurser, minska kostnader och reducera miljöpåverkan. I vissa fall kan hela delar av tidigare använda betongelement tas tillvara och användas direkt i nya byggnadsprojekt. (Trafikverket.se, 2022).

För att uppnå effektiv återanvändning och återvinning är det dock avgörande att materialet sorteras noggrant och inte blandas med andra avfallsfraktioner från bygg- och rivningsverksamhet. Detta påtalas i studien av Sadagopan och Malaga (u.å.), där korrekt sortering lyfts fram som en viktig förutsättning för ett lyckat återvinningsresultat.

En ytterligare miljöfördel med återvunnen betong är dess ökade förmåga att binda koldioxid genom karbonatisering som är en kemisk process där koldioxid från luften reagerar med kalciumhydroxid i betongen. Denna process bidrar till att minska mängden koldioxid i atmosfären, men är samtidigt komplex och behöver fortsatt forskning. Hur mycket koldioxid som kan binds beror bland annat på hastigheten i karbonatiseringsprocessen och hur stor andel av betongytan som är exponerad för luftens påverkan enligt Pade och Guimaraes forskning från 2007.

2.6 Ekonomiska aspekter för betong

Att bygga med prefabricerade metoder är generellt sett mer kostnadseffektivt än att uppföra ett hus med hjälp av traditionella byggsätt på plats. Detta beror främst på att byggarbetet är koncentrerat till en fabrik. När produktionen sker på en fast plats minskas behovet av transporter både för material och personal där större volymer material kan transporteras direkt till fabriken. Dessutom kan flera moment i byggprocessen utföras med hjälp av maskiner, vilket sparar både tid och arbetskraft, något som gör hela byggprojektet snabbare och billigare (Spasio.2022).

Svensk betong (u.e.å) betonar att byggnader med stomme och ytterväggar av betongelement har goda möjligheter att bli energieffektiv. Enligt hemsidan betong lämpar sig väl för att uppfylla standarder som passivhus enligt de krav som Energimyndigheten ställer på grund av dess höga täthet, vilket medför mindre läckage samt mindre värmeförluster. Betongens egenskaper att lagra värme gör det lättare att hålla en stabil inomhustemperatur vilket i sin tur minskar energibehovet vilket i sin tur är mer kostsamt.

Enligt en studie av Berglund och Hedlund (2021) analyserades de totala materialkostnaderna för en prefabricerad betongstomme i ett flerbostadshus. Studien baserades på en verklig byggnad med stomme i betong, där kostnadsberäkningar utfördes med hjälp av kalkylprogrammen BidCon och Calculatis. Den totala kostnaden för betongstommen uppskattades till cirka 3 961 032 kronor, varav 240 000 kronor utgjorde arbetskostnader kopplade till transport och montering från fabrik till byggplats. Resterande del av beloppet avsåg själva materialkostnaden.

3 Träbyggandets som stommaterial

I detta kapital behandlas träets historiska användning som byggmaterial samt utvecklingen av korslimmat trä (KL-trä) som stomme.

3.1 historisk av träbyggnad

Trä har använts som byggmaterial i Sverige i många århundraden och har länge varit det främsta materialet för husbyggen (Trä Gudien). Sverige har en rik tradition av trähus, som är en viktig del av vårt kulturarv. Genom historien har flera byggtekniker utvecklats, såsom skiftesverk, timmerverk, stolpverk och korsvirke (Svenskt Trä). Trä har i århundraden varit ett av de mest betydelsefulla byggnadsmaterialen i Sverige, särskilt med tanke på landets omfattande skogsbestånd. Byggnadsteknikerna har utvecklats i samklang med de material som funnits tillgängliga, där barrträdsrika områden främst har präglats av knuttimring, medan lövträdsdominerade regioner har använt skiftesverk och korsvirke. Furu har varit ett föredraget val för bärande konstruktioner på grund av sin höga styrka och kådriktedom, medan gran har använts till golv och paneler på grund av sin ljusa färg och jämna struktur. Andra träslag, såsom ek, al och lärk, har använts där särskilda krav på hållfasthet och fuktbeständighet förelegat (Statens Fastighetsverk, 2005).

Statens Fastighetsverk (SFV) ställer strikta krav på trä som används i statliga byggnadsprojekt. Endast fullmogen furu, där kärnveden utgör minst 50 % av stockens toppdiameter, får användas. Avverkning ska ske under vintern för att minimera risken för mikrobiella angrepp, och timret ska hanteras varsamt för att undvika mekaniska skador. Vidare får timret inte vattenlagras, då detta kan öka risken för bakterieangrepp och försämra dess beständighet. Efter sågning ska virket genomgå en kontrollerad kammar-torkningsprocess och torkas till en fuktkvot på 12 ± 2 % för att säkerställa optimal stabilitet och lång livslängd (Statens Fastighetsverk, 2005).

3.2 Korslimmat trä

KL-trä, eller korslimmat trä, är ett modernt och hållbart byggmaterial som består av träskivor där plankor limmats ihop i korslagda lager. Det används ofta i väggar, bjälklag, pelare och balkar i allt från flerbostadshus och skolor till småhus och industribyggnader. KL-trä har snabbt blivit populärt eftersom det är starkt, lätt och miljövänligt. Byggnad med KL-trä är både smidigt och effektivt. Eftersom byggelementen prefabriceras kan de monteras på plats som stora pusselbitar, vilket minskar byggtiden avsevärt. Dessutom kan anpassningar göras direkt på byggarbetsplatsen med vanliga verktyg. (Svenskt Trä)

KL-trä tillverkas genom att flera lager träplankor, oftast av gran eller furu, limmas ihop i kors. Minst tre skikt behövs för att skapa en KL-träskiva. Denna korslagda konstruktion gör materialet starkare och minskar risken för sprickor och deformationer. (Borgström & Fröbel, 2017).

Vid produktionen väljs virke ut baserat på dess hållfasthet. Valet av lim anpassas efter träets fukthalt och vilken typ av byggnad materialet ska användas till. För att optimera styrkan placeras de mest hållbara träbitarna där påfrestningarna förväntas vara störst. (Borgström & Fröbel, 2017).

KL-trä tillverkas av konstruktionsvirke som är hållfasthetssorterat enligt den europeiska standarden SS-EN 14081-1, vilket garanterar att materialet uppfyller de krav som ställs på bärförmåga och kvalitet. Varje producent har sina egna specifikationer när det gäller vilka hållfasthetsklasser och tjocklekar som används, vilket gör att vissa variationer i dimensioner och skiktens orientering kan förekomma mellan olika tillverkare. I Sverige är gran och furu de vanligaste träslagen i tillverkningen, men andra träslag kan också förekomma beroende på tillgång och önskade egenskaper. KL-träskivor består alltid av minst tre korsvis limmade skikt, men vanligtvis innehåller de upp till sju skikt. Genom att lägga brädorna i kors förstärks

materialets stabilitet och gör tvärsnittet symmetriskt, vilket bidrar till en jämnare och mer förutsägbar bärförmåga i olika riktningar. (Burström, P-G. (2007).

3.3 Stommar av KL-trä

KL-trä används i första hand för byggnader med mellan 2 och 8 våningar, och är särskilt utvecklat för att uppfylla höga krav på brandsäkerhet, ljudisolering och energieffektivitet – både enligt gällande byggregler och kundspecifika önskemål. Skivor av KL-trä tillverkas i längder från 3 upp till 16 meter, med möjlighet att nå upp till 20 meter i vissa fall. Dessa skivor används både för väggblock och bjälklag, och kan anpassas för att optimera hantering och logistik under byggprocessen (Martinsons, 2024).

KL-trä, eller korslimmat trä, är ett modernt och hållbart byggmaterial som lämpar sig väl för flerbostadshus. Det består av flera lager hyvlat trä som limmas ihop i korslagda riktningar, vilket ger materialet hög bärförmåga och formstabilitet, och gör det lämpligt som bärande stomme. En stor fördel är att KL-trä kan förtillverkas i fabrik med hjälp av precisionsstyrda maskiner som CNC, vilket möjliggör exakta mått och minimerar behovet av justeringar på byggplatsen. Detta bidrar till att effektivisera byggprocessen och minska resursanvändningen (Martinsons, 2024).

Eftersom trä är ett organiskt material, uppvisar KL-trä även gynnsamma egenskaper vid brand. Ett förkolnat ytskikt bildas vid brandpåverkan, vilket skyddar de inre lagren från snabb antändning. När KL-trä kombineras med brand skyddande material som mineralull och gipsskivor, kan konstruktionen uppfylla kraven på både brandmotstånd, ljudisolering och värmeisolering (Martinsons, 2024).

Ur miljösynpunkt är KL-trä ett av de mest hållbara byggmaterialen på marknaden. Det lagrar koldioxid under hela byggnadens livslängd, och har ett avsevärt lägre klimatavtryck än traditionella material som betong och stål. Enligt företaget Martinsons används dessutom restprodukter från tillverkningen som förnybar energi, vilket bidrar till minskat behov av fossila bränslen (Martinsons, 2024).

KL-trä ett framtidsmaterial som förenar miljömässiga fördelar med teknisk prestanda och effektivt byggande. Det är ett klokt val i övergången till ett mer hållbart byggande och spelar en viktig roll i att uppnå nettonollutsläpp till år 2045 (Martinsons, 2024).

3.4 Träs livscykelanalys (LCA)

I detta kapitel kommer fas A1-A5 att användas för att analysera och förstå hur KL-trä påverkar miljön under byggskedet.

A1: Råvaruförsörjning

Användning av trä i byggnaden börjar med den första fasen A1, där de mogna träden fallts och tas bort från skogen. Trädstammarna delas sedan upp i olika delar, såsom rotstock, mellan stam och toppstam. Efter att träden fallts, behandlas trädstammarna i sågverket där de omvandlas till färdiga träprodukter. På sågverket genomgår stammarna en kvalitet. Nästa, där varje stam mäts och sorteras baserat på sin tjocklek och kvalitet. Nästa steg är barkning, där barken tas bort för att förbereda träet för vidare bearbetning (svenskt trä,2020). Slutligen genomgår trädstammarna en rad ytterligare processer, inklusive sågning, grovsortering, ströläggning, torkning, avlägsnande av fukt, justering och slutlig sortering för att säkerställa att träprodukterna uppfyller de önskade kvalitetskraven (svenskt trä, 2020). KL-trä är ett hållbart och miljövänligt alternativ inom byggsektorn, där den mängd trä som skördas inte överstiger skogens naturliga tillväxt, vilket säkerställer en kontinuerlig förnyelse av skogarna. Dessutom spelar KL-trä en viktig roll i energiutvinning, då biprodukter som

sågspån och träavfall används för att värma torkrum, vilket minskar behovet av fossila bränslen (svenskt trä, u.å.d).

A2: Tillverknings transport

Inom ett livscykelanalysskede A2 analyseras de miljömässiga konsekvenserna av transporten av trä till produktionsanläggningar. Enligt Svenskt Trä (2020) exporteras cirka två tredjedelar av det trä som avverkas i Sverige till andra länder, medan den återstående tredjedelen används inom olika industrisektorer på den svenska marknaden.

Transporten sker med olika transportslag, såsom lastbil, tåg och fartyg. Dessa transporter medför betydande miljöpåverkan, i form av växthusgasutsläpp, luftföroreningar och energiförbrukning. Miljöpåverkan varierar beroende på transportavstånd, fordonstyp samt vilken typ av bränsle som används. Användning av fossila bränslen resulterar i högre utsläpp jämfört med förnybara alternativ (svenskt trä,2020).

A3: Tillverkning

Tillverkningen av korslimmat trä (KL-trä) är en energieffektiv process där träbrädor limmas ihop för att bilda lameller (Svenskt Trä, u.å,b). Dessa lameller genomgår en process där de fingerskarvas och limmas för att skapa stora, stabila träelement (Svenskt Trä, u.å.). Denna metod gör det möjligt att tillverka träkomponenter som är både hållbara och har lång livslängd (Svenskt Trä, u.å.c).

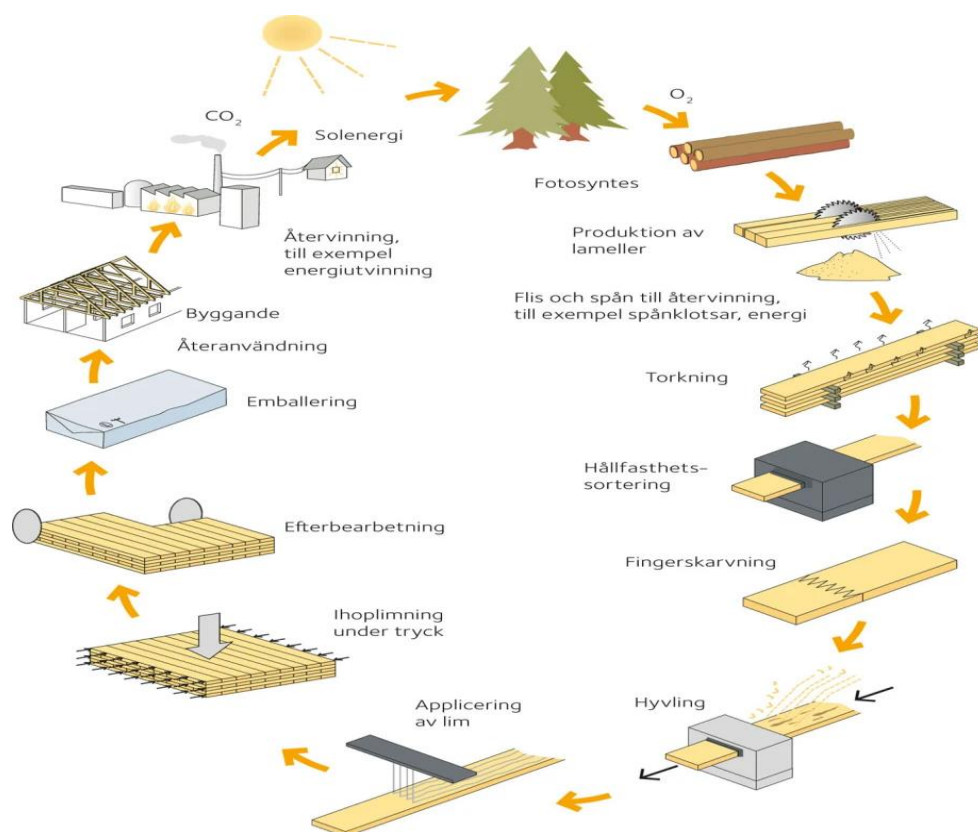
En av fördelarna med KL-träproduktionen är att den använder biprodukter som sågspån och trärester för att generera energi, vilket minskar behovet av fossila bränslen och gör tillverkningsprocessen mer hållbar (Svenskt Trä,u.å, b). Träets förmåga att lagra koldioxid är också betydande – en kubikmeter trä kan binda upp till 0,9 ton koldioxid, vilket motsvarar 900 kg CO₂ (Setra, u.å.). Enligt hållbarhetsstudier från Setra Group AB har en kubikmeter sågat trä en inlåsningseffekt på 800 kg koldioxid (Setra, u.å.).

Även om träproduktionen medför utsläpp, är dessa betydligt lägre än för andra byggmaterial, såsom betong. Enligt Svenskt Trä beräknas produktionen av 1m³ sågat trä ge upphov till 21,615 kg CO₂-utsläpp (Svenskt Trä, 2015 a). När man jämför med betong minskar koldioxidutsläppen från träproduktionen och återvinningen med mellan 1 och 1,5 ton per kubikmeter (Svenskt Trä, 2015 b), vilket gör trä till ett mer miljövänligt alternativ.

För att ytterligare minska den miljöpåverkan som produktionen kan ha, används också olika pressmetoder som vakuum- och hydraul pressning. Detta gör att produktionen av träelementen sker effektivare och med mindre spill (Svenskt Trä, u.å,b). Dessutom används CNC-maskiner för att bearbeta träkomponenterna, vilket gör hela byggprocessen mer effektiv och hållbar (Svenskt Trä, u,å,b).



Figur 4: Bearbetning av KL-träskiva i CNC-maskin, Computer Numerical Control, Foto Anders Gustafsson (svenskt trä,u,å,b)



Figur 5: Schematisk bild över KL-träproduktion.

A4: Byggtransport

KL-trä är ett hållbart och miljövänligt alternativ inom byggsektorn, där den mängd trä som skördas inte överstiger skogens naturliga tillväxt, vilket säkerställer en kontinuerlig förnyelse av skogarna. Dessutom spelar KL-trä en viktig roll i energiutvinning, då biprodukter som sågspån och träavfall används för att värma torkrum, vilket minskar behovet av fossila bränslen (svenskt trä,2017).

A5: Bygg och installationsprocess

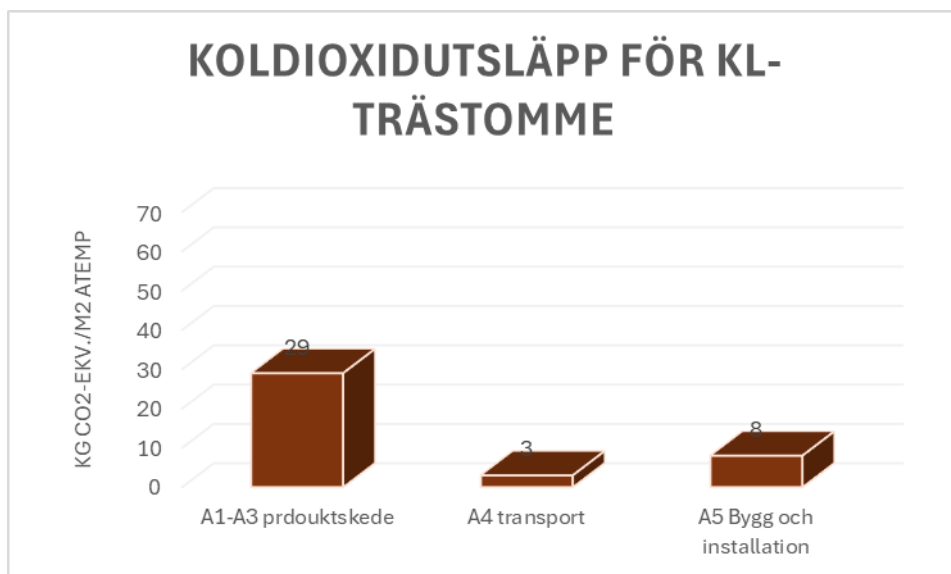
Denna fas uppvisar låga koldioxidutsläpp jämfört med andra byggmaterial, vilket främst beror på att KL-trä har en låg vikt. Detta leder till minskade utsläpp vid transport till byggarbetsplatsen. Enligt Svenskt Trä innebär detta att KL-trä är ett logistiskt mer effektivt alternativ.

När KL-trä-element förtillverkas i fabrik bidrar det dessutom till att snabba upp monteringsprocessen på plats, samtidigt som det minskar både materialspill och byggtid. Detta förbättrar ytterligare materialets miljöprestanda under byggskedet (Svenskt Trä, u.å.d). Enligt Boverket (2022) är det också viktigt att använda tillförlitliga miljövarudeklarationer (EPD:er) för att beräkna klimatpåverkan på ett korrekt och transparent sätt. Sådana deklarerationer ska ligga till grund för klimatberäkningar i klimatdeklarerationer för byggnader – särskilt under byggskedet – där olika material och installationsmoment kan ha betydande påverkan. Användning av verifierade EPD:er säkerställer att beräkningarna baseras på jämförbara och kvalitetssäkrade data

3.5 LCA studier:

Enligt en studie av Sleman och Afzali har klimatpåverkan för KL-trä som stommaterial i flerbostadshus analyserats genom en livscykelanalys (LCA) enligt den europeiska standarden SS-EN 15978. Analysen omfattar hela livscykeln från råmaterialutvinning till slutavfall (A1–C4) och har genomförts med hjälp av verktyget One Click LCA. Figuren nedan visar

fördelningen av klimatpåverkan mellan olika faser under byggskedet (A1–A5) för en ytterväggskonstruktion i KL-trä i ett enplans flerbostadshus.

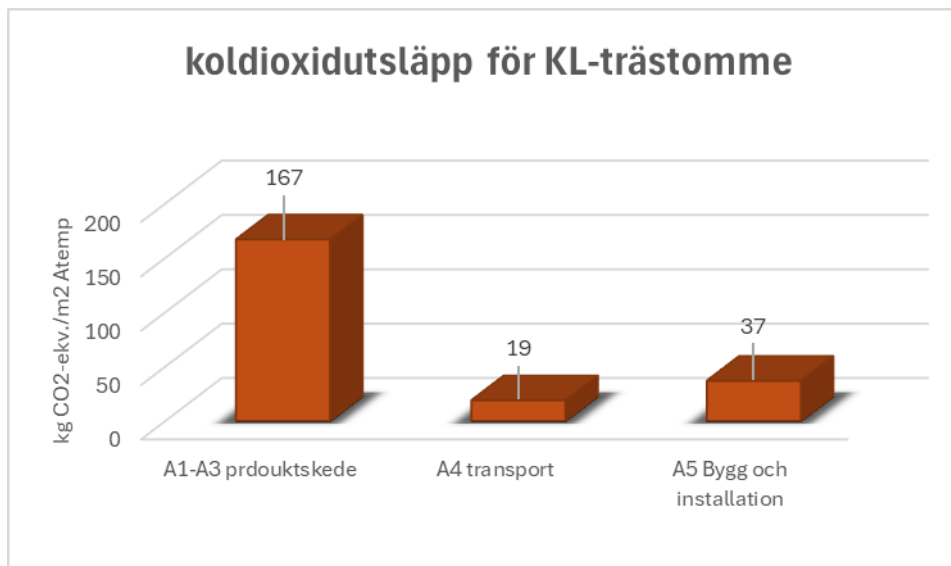


Figur 6: Mängd CO2e utsläpp för olika delar av trä LCA (Sleman och Afzali, 2023)

Resultaten visar att en KL-trästomme genererar totalt cirka 40 kg CO₂e/m² Atemp. Den största andelen av utsläppen uppstår i produktionsfasen (A1–A3) med 29 kg CO₂e/m² Atemp. Transporten till byggarbetsplatsen (A4) står för ytterligare 3 kg CO₂e/m² Atemp, medan själva bygg- och installationsfasen (A5) bidrar med 8 kg CO₂e/m² Atemp. Detta understryker att majoriteten av klimatpåverkan sker i de tidiga skedena av byggprocessen, särskilt vid tillverkningen av KL-trä.

Enligt Erlandsson (2018), i rapporten Minska klimatpåverkan från nybyggda flerbostadshus – LCA av fem byggsystem, har klimatpåverkan från KL-trästommar i ett flerbostadshus med sex våningar och 22 lägenheter i Hökarängen, Stockholm, analyserats med hjälp av en livscykelanalys (LCA). Analysen omfattar en tidshorisont på 50 år och inkluderar byggskedets olika faser enligt den europeiska standarden SS-EN 15978, från råmaterialutvinning och tillverkning (A1–A3), via transport till byggarbetsplatsen (A4), till bygg- och installationsfasen (A5).

Som framgår av diagrammet nedan, fördelas klimatpåverkan från KL-trästommen under byggskedet på följande sätt: råmaterialutvinning och tillverkning (A1–A3), transport (A4) samt bygg- och installationsfasen (A5).



Figur 7: koldioxidutsläpp för KL-trästomme (Erlandsson, Martin, 2018)

Resultaten visar att klimatpåverkan från KL-trästommen uppgår till 167 kg CO₂e per kvadratmeter Atemp under faserna A1–A3, medan transportfasen (A4) bidrar med 19 kg CO₂e per kvadratmeter Atemp. Bygg- och installationsfasen (A5) står för 37 kg CO₂e per kvadratmeter Atemp. Totalt uppgår utsläppen under byggskedet därmed till cirka 223 kg CO₂e per kvadratmeter Atemp. Diagrammet ger en tydlig visuell presentation av utsläppens fördelning mellan de olika faserna och illustrerar KL-trästommens klimatpåverkan under byggskedet.

3.6 Återanvändning av kl trä

Det är i princip möjligt att återanvända KL-trä-element efter demontering, vilket kan bidra till en mer hållbar livscykel för byggnader. Dock krävs det att vissa förutsättningar är uppfyllda, särskilt att träet inte har utsatts för fukt, eftersom fukt kan leda till försämrade mekaniska egenskaper och påverka materialets bärförmåga Brismark (2021).

Enligt Brismark (2021) är en av de största utmaningarna vid återbruk av KL-trä att det är svårt att bedöma materialets inre skick enbart genom visuell inspektion, vilket gör det osäkert att garantera dess prestanda i nya byggprojekt. Ytterligare ett praktiskt hinder är att KL-trä-elementen ofta är sammanfogade med starka lim och spik, vilket gör demontering utan att skada elementen mycket svårt. Detta innebär att återanvändning i praktiken kan kräva specialiserade metoder för nedmontering och bearbetning, vilket kan begränsa möjligheterna till effektivt återbruk i vissa fall.

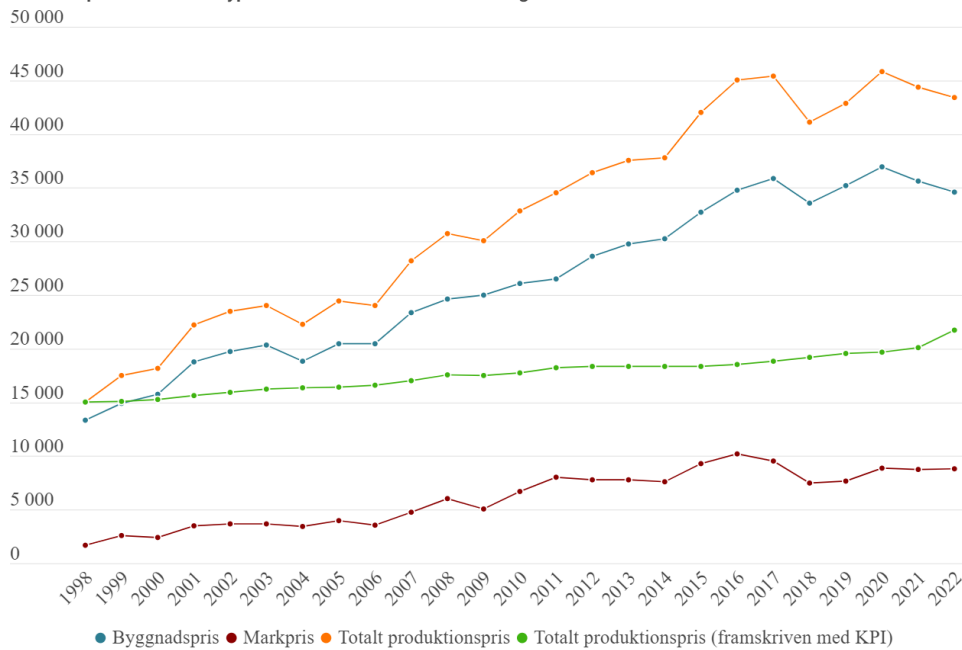
3.7 Ekonomiska aspekter för korslimmat trä

Inom byggbranschen finns det flera sätt att beskriva vad ett projekt kostar, men det mest övergripande begreppet är den totala produktionskostnaden. Den innefattar alla kostnader som uppstår för att färdigställa byggprojektet – inklusive mervärdesskatten (moms) som slutkunden står för (Hansson et al, 2015).

Produktionskostnaden delas vanligtvis upp i två delar: markkostnader och byggkostnader. Byggkostnaderna står för den största delen av utgifterna. De omfattar inte bara själva byggarbetet utan även kostnader för projektering, som till exempel arkitekt- och ingenjörsarbeten, samt entreprenörens kostnader för att genomföra byggprojektet (Hansson et al, 2017).

Produktionskostnadens utveckling

Kostnad per kvm för ett nyproducerat flerbostadshus i Sverige



Figur 8: Produktionskostnadens utveckling per kvm för ett nyproducerat flerbostadshus i Sverige (Byggföretagen, 2024)

Mellan år 2000 och 2023 ökade byggkostnadsindex (BKI) för flerbostadshus med totalt 132 procent, vilket motsvarar en genomsnittlig årlig ökning på 3,5 procent. Under denna period var det materialkostnaderna som steg mest – de ökade med hela 176 procent, vilket innebär ett genomsnitt på 4,6 procent per år. Lönerna för arbetskraften ökade i en lugnare takt och steg med 72 procent under samma tidsperiod, vilket motsvarar en årlig ökning på i genomsnitt 2,4 procent. (byggföretagen, 2024).

För att bygga en KL-trästomme krävs det att man följer Boverkets byggregler (BBR), som ställer strikta krav på ljudisolering och brandskydd. För att uppfylla dessa krav behöver man lägga till brandklassade gipsskivor och extra isoleringsmaterial, vilket i sin tur leder till en ökad kostnad för stommen jämfört med mer traditionella konstruktionslösningar. (svenskt trä, 2017.b)

Enligt en studie utförd av Berglund och Hedlund (2021) jämfördes de totala materialkostnaderna för en prefabricerad betongstomme och en stomme i korslimmat trä (KL-trä) i ett flerbostadshus. I denna studie beräknades kostnaden för kl-trästomme, där den totala kostnaden uppgick till 5 594 122 Kr. Av detta belopp utgjorde 819 000 kronor arbetskostnader för transport och montering från fabrik till byggplats, medan resterande belopp avsåg materialkostnader.

4 intervjuer:

I detta avsnitt presenteras planeringen och genomförandet av intervjuer med en civilingenjör samt ett renoveringsföretag, som genomfördes i syfte att komplettera arbetet med praktiska perspektiv.

4.1 Planering av intervjuer

Inför intervjuerna skickades en kortfattad sammanställning av examensarbetets syfte och innehåll till respektive intervjuperson. Detta gjordes i syfte att ge en tydlig inramning för intervjun och förbereda deltagarna på de tematiska områden som skulle behandlas. Parallellt utformades särskilda frågebatterier, anpassade efter varje intervjupersons yrkesroll och kompetensområde, i syfte att säkerställa relevanta och fokuserade samtal kopplade till studiens övergripande mål. När medverkan bekräftats från båda parter genomfördes intervjuerna enligt plan, antingen digitalt. Frågorna var strukturerade och kretsade kring centrala aspekter som val av stommaterial, miljöpåverkan, återbruk samt ekonomiska faktorer.

Två yrkesverksamma personer med praktisk erfarenhet inom byggbranschen intervjuades: Dina Ahmad, civilingenjör, samt Rabi Altaha, företagare och verksam inom RT Bygg i Väst AB. Totalt ställdes åtta frågor till Dina Ahmad och sju frågor till Rabi Altaha. Frågorna och svaren redovisas i Bilaga 1. Svartmaterialet har analyserats kvalitativt och används som ett komplement till den teoretiska referensramen. Intervjuerna har tillfört värdefulla insikter i hur hållbarhetsaspekter och val av stommaterial hanteras i praktiken inom byggsektorn.

Två yrkesverksamma personer intervjuades:

Dina Ahmad – Civilingenjör inom konstruktion på Aqua Floating Group

Dina Ahmad är civilingenjör med över 12 års erfarenhet från teknik- och byggbranschen. Hon har främst arbetat med nyproduktion och är verksam som konstruktör på Aqua Floating Group. I sin roll har hon arbetat med projektledning, teknisk planering och samordning. Dina har omfattande erfarenhet av att arbeta med betong och stål som stommaterial, medan hennes kunskap om KL-trä är mer begränsad. Hennes insikter bidrog med ett tekniskt perspektiv kring traditionella byggmaterial och utmaningar vid implementering av nya lösningar.

Rabi Altaha – Byggnadsingenjör och egenföretagare RT Bygg i Väst AB

Rabi Altaha är utbildad byggnadsingenjör med över 10 års erfarenhet inom byggbranschen. Sedan tre år tillbaka driver han sitt eget företag, RT Bygg i Väst AB. Under intervjun berättade han om sin breda erfarenhet från olika typer av byggprojekt, där han har varit verksam både som yrkesarbetare och arbetsledare. Han lyfte särskilt vikten av god planering, kvalitetssäkring och hänsyn till hållbarhet i alla delar av byggprocessen. Genom sin roll som småföretagare har han god insikt i de praktiska och affärsmässiga utmaningar som entreprenörer ställs inför. Hans perspektiv gav en viktig praktisk dimension till studiens undersökning av byggmaterialval och hållbarhetsarbete i mindre byggföretag.

5 Resultat

I detta avsnitt presenteras skillnader mellan betong och korslimmat trä (KL-trä) som stommaterial i flerbostadshus. Analysen fokuserar på tre huvudsakliga perspektiv: ekonomisk kostnad, livscykelanalys (LCA) med avseende på klimatpåverkan under byggskedet, samt tekniska och praktiska egenskaper. Resultaten baseras på tidigare livscykelanalyser, litteraturstudier samt studier som beräknat koldioxidutsläpp (CO₂) och kostnader med hjälp av specifika analysverktyg.

5.1 Kostnadsanalys av KL-trä och betong

Enligt Berglund och Hedlund (2021) visar kostnadsberäkningar att användningen av korslimmat trä som stommaterial resulterar i en cirka 42 % högre totalkostnad jämfört med en prefabricerad betongstomme. Den största kostnadsskillnaden återfinns i mellanbjälklagen, där KL-trä kräver flera lager av kompletterande material för att uppfylla brand- och ljudisoleringskrav. Dessutom är monteringstiden per kvadratmeter längre för KL-trä, vilket medför ökade arbetskostnader.

Nedanstående tabell sammanfattar material- och arbetskostnader för respektive stomlösning enligt Berglund och Hedlunds beräkningar:

stomsystem	materialkostnad(kr)	Arbetskostnad(kr)	Total kostnad(kr)
pacificerad betongstomme	3 721 032	240 000	3 961 032
kl-trästomme	4 775 122	819 000	5 594 122

Tabell 1. Total kostnad för stommar i flerbostadshus (Berglund & Hedlund, 2021)

Skillnaden i total kostnad uppgick till 1 633 090 kronor, vilket tydligt pekar på att betong framstår som det mer kostnadseffektiva alternativet för stommar i flerbostadshus. Även om båda materialsystem kan kräva särskilda åtgärder – exempelvis skydd mot fukt för KL-trä och i vissa fall ökad tjocklek för betong – visar den sammantagna analysen att betong ger en lägre totalkostnad både vad gäller material och arbetsinsats. Tabellen visar att KL-trästommen har cirka 42 % högre total kostnad än den prefabricerade betongstommen. Den största skillnaden ligger i arbetskostnaden, vilket beror på längre monteringstid och krav på extra material som gipsskivor för brandskydd. Detta visar att betong i nuläget är mer kostnadseffektivt för större flerbostadshus.

5.2 Livscykelanalys (LCA) – klimatpåverkan från byggskedet

Resultat från livscykelanalyser (LCA) av byggskedet (A1–A5) visar tydliga skillnader i klimatpåverkan mellan stommar i betong och korslimmat trä (KL-trä). KL-trä är ett träbaserat byggmaterial som inte bara har låg klimatpåverkan i tillverkningskedet, utan även fungerar som en kolsänka under hela sin livslängd. Enligt företaget Setra kan varje kubikmeter KL-trä lagra mellan 800 och 900 kg koldioxid, vilket gör materialet till ett aktivt verktyg i klimatneutral byggnation. Vid korrekt underhåll kan KL-trä bidra till långvarig koldioxidlagring i över 100 år.

Figur 1 illustrerar koldioxidutsläpp i olika skeden av byggprocessen – produktionsfasen (A1–A3), transportfasen (A4) samt bygg- och installationsfasen (A5) – för platsgjuten betong, prefabricerad betong och KL-trä i flerbostadshus med sex våningar (Erlandsson, 2018).

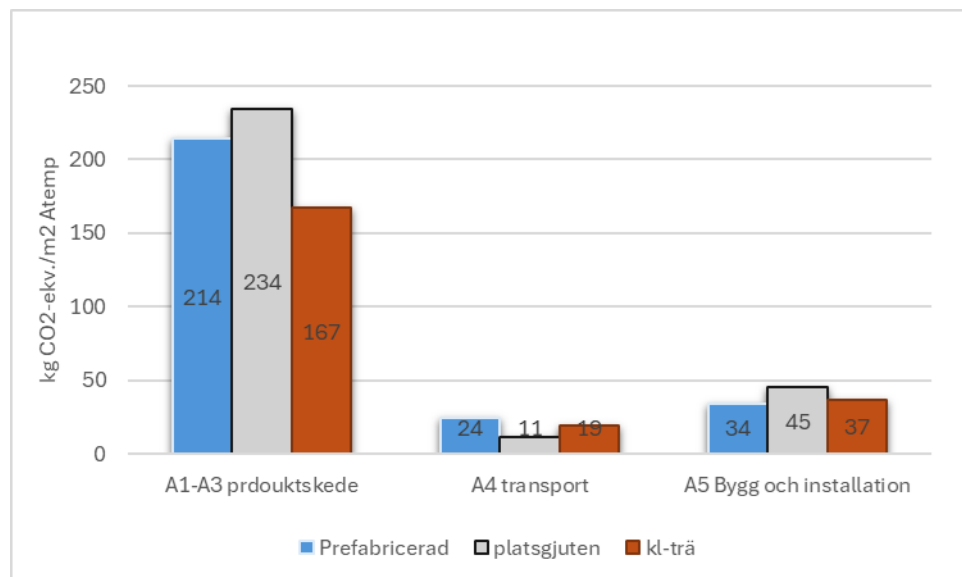


Bild 9: Koldioxidutsläpp (kg CO₂e/m² Atemp) i byggskedet för olika stommaterial

Figuren visar att platsgjuten betong har högst utsläpp under produktionsfasen (A1–A3), medan prefabricerad betong har högre utsläpp i transportfasen (A4) jämfört med både platsgjuten betong och KL-trä. KL-trä uppvisar lägre utsläpp under produktionsfasen men något högre utsläpp i transport- och installationsfasen jämfört med platsgjuten betong. Detta stödjer slutsatsen att KL-trä är ett mer miljövänligt alternativ under byggskedet, särskilt i projekt med prefabricering.

Vidare visar Figur 2 koldioxidutsläpp i byggskedets olika faser för kl-trästomme och betongstomme i en yttervägg för ett enplanshus (Sleman & Afzali, 2023).

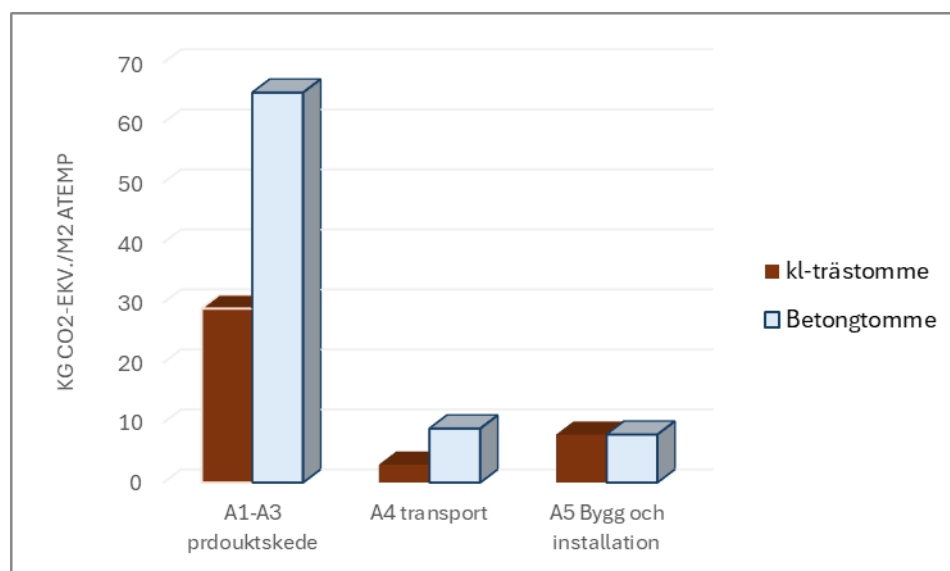


Bild 10: Koldioxidutsläpp (kg CO₂e/m² Atemp) för yttervägg i enplanshus.

Denna figur visar att betongstommen har högre utsläpp än KL-trä under produktionsfasen (A1–A3) och transportfasen (A4), medan utsläppsnivåerna är jämförbara under bygg- och installationsfasen (A5). Resultaten visar att klimatpåverkan från betongstommen uppgår till cirka 65 kg CO₂e/m² Atemp under faserna A1–A3, vilket motsvarar nästan 80 % av de totala

utsläppen under byggskedet. Detta tyder på att majoriteten av klimatpåverkan sker redan under produktionen, främst kopplat till cementtillverkningen. Transport- och installationsfaserna bidrar i jämförelse med lägre utsläpp, vilket visar att förbättringar i A1–A3 har störst potential för att minska betongens klimatpåverkan.

Erlandsson (2018) anger att produktionsfasen (A1–A3) är den mest utsläppsintensiva under byggskedet, med cirka 167 kg CO₂e/m² Atemp för KL-trä. Sleman och Afzali (2023) uppskattar för en trästomme ett totalt utsläpp på 40,07 kg CO₂e/m² Atemp, där 72,9 % av utsläppen sker i produktionsfasen och resterande fördelas på transport (A4) och montering (A5). Skillnaderna mellan studierna kan förklaras av att Sleman och Afzali analyserade en yttervägg i ett enplanshus, medan Erlandsson studerade ett sexvåningshus med större materialmängder. I Erlandssons studie uppgick KL-träs totala utsläpp till 232 kg CO₂e/m² Atemp, där 75,9 % kommer från produktionsfasen.

För betong visar Sleman och Afzali (2023) en klimatpåverkan på 81 kg CO₂e/m² Atemp, vilket är betydligt lägre än de 272 kg CO₂e/m² Atemp (prefabricerad betong) och 290 kg CO₂e/m² Atemp (platsgjuten betong) som rapporteras av Erlandsson. I samtliga fall står produktionsfasen (A1–A3) för den största delen av utsläppen (78–81 %), vilket understryker att cementproduktion och råmaterialutvinning är de mest klimatbelastande momenten i betongkonstruktioner.

Tabell 2 sammanfattar klimatpåverkan från olika stommaterial under byggskedet, samt andelen utsläpp kopplat till produktionsfasen.

Stomtyp	Totala utsläpp (kg CO ₂ e/m ² Atemp)	Andel från A1-A3	Källor
KL-trä	40.07	72,9%	Sleman och Afzali (2023)
KL-trä	232	75,9%	Erlandsson, Martin (2018)
Betong	81	79,9%	Sleman och Afzali (2023)
prefabricerad betongstomme	272	78,7%	Erlandsson, Martin (2018)
platsgjuten betongstomme	290	80,7%	Erlandsson, Martin (2018)

Tabell 2. Sammanställning av klimatpåverkan från olika stomtyper under byggskedet (A1–A5), samt andel utsläpp som härleds till produktionsfasen (A1–A3).

Tabellen visar att KL-trä har den lägsta totala klimatpåverkan, särskilt i mindre konstruktioner som i Sleman och Afzalis studie. Betong uppvisar avsevärt högre utsläpp, särskilt i platsgjutna konstruktioner. Den höga andelen utsläpp i produktionsfasen för alla stomtyper bekräftar att materialproduktion och råvaruhantering är avgörande faktorer för byggskedets klimatavtryck.

5.3 Resultat från Intervjustudie

Respondenten från RT BYGG I VÄST AB uppgav att trä i vissa fall kan vara billigare än betong, särskilt vid lättare eller tillfälliga byggnationer, medan betong är starkare och mer hållbart i större och mer permanenta projekt. Företaget använder idag typer av betong med lägre koldioxidutsläpp, exempelvis sådana som innehåller återvunnet material eller naturliga tillsatser. Dessa typer har börjat få genomslag i branschen. Valet mellan trä och betong styrs enligt respondenten av flera faktorer såsom projektets kostnad, typ, tidsramar, tekniska krav samt väderförhållanden, vilket är särskilt relevant i Sverige.

För att minska miljöpåverkan används i vissa projekt alternativ till traditionell betong, såsom grön betong, kompositmaterial och återvunna lecablock. Vid hantering av överblivet material återanvänds rent trä medan betong krossas och återbrukas som fyllnadsmaterial, exempelvis som grus i infrastrukturprojekt. I renoveringsarbeten används främst svenskt trä, certifierat från hållbara källor (FSC eller PEFC), och typen av trä – exempelvis furu eller gran – väljs beroende på projektets behov. Baserat på företagets erfarenhet används trä oftare än betong vid renoveringar eftersom det är lättare att arbeta med, går snabbare att montera och har lägre miljöpåverkan. Trä anses vara ett förnybart material med lägre koldioxidutsläpp, särskilt om det kommer från naturliga och hållbara källor, vilket gör att det föredras i många projekt.

Enligt respondenten 2, en byggnadsingenjör, visar att KL-trä erbjuder flera fördelar jämfört med betong, särskilt ur miljö- och tidsaspekt. Trä är förnybart, binder koldioxid och möjliggör kortare byggtider tack vare prefabricering och låg vikt, vilket också underlättar logistiken. Däremot kräver det mer noggrann projektering när det gäller brandskydd, ljudisolering och fuktsäkerhet. Betong har starka tekniska egenskaper som hög bärförmåga, god ljudisolering och lång livslängd, men är miljöbelastande och kräver tyngre logistik samt längre byggtid. På lång sikt kan ökade klimatkrav påverka betongens kostnader negativt, medan KL-trä har potential att bli mer konkurrenskraftigt.

Respondenten 2 bedömer att KL-trä kan ersätta betong i många typer av byggnader i framtiden, men att betong fortsatt kommer vara viktig i konstruktioner med extrema krav. En kombination av materialen ses som en trolig väg framåt.

6 Diskussion och Analys

Studien har visat att klimatpåverkan från KL-trä och betong som stommaterial kan variera avsevärt beroende på byggnadens typ, storlek och omfattning av livscykelanalyserna (LCA). Erlandssons studie (2018), som undersökte ett flerbostadshus i sex våningar, rapporterar högre utsläpp för KL-trä jämfört med Sleman och Afzalis (2023) studie som analyserade en yttervägg i ett enplanshus. Denna skillnad kan förklaras av byggnadens större materialåtgång och komplexitet i flerbostadshus jämfört med mindre byggnader.

För att underlätta förståelsen av skillnaderna mellan KL-trä och betong har egna diagram och tabeller tagits fram. Dessa visualiseringar gör det enklare att tydligt jämföra klimatpåverkan under byggskedet (A1–A5) för olika byggnadsprojekt och materialval. Genom att presentera resultaten visuellt blir det lättare att identifiera mönster och variationer, vilket bidrar till en mer nyanserad och lättillgänglig analys. Diagrammen och tabellerna fungerar därför som viktiga verktyg för att kommunicera studiens resultat på ett tydligt och strukturerat sätt.

Vidare påverkar systemgränser och metodologiska val i LCA-analysen resultaten. Till exempel kan inkludering av transport, montering och avfallshantering i analysen göra stor skillnad i klimatpåverkan jämfört med analyser som endast omfattar råmaterialutvinning och tillverkning. Skillnader i datakällor och regionala förhållanden bidrar också till att resultaten inte alltid är direkt jämförbara. Detta understryker vikten av att tolka LCA-resultat utifrån projektets specifika kontext och undvika generaliseringar.

Intervjuer med yrkesverksamma inom byggbranschen tillför ytterligare perspektiv och kompletterar de teoretiska resultaten väl. Representanten från RT Bygg i Väst AB betonade att trä ofta är ett kostnadseffektivt och miljövänligt alternativ för mindre eller renoveringsprojekt, medan betong föredras i större och mer hållbara konstruktioner. Denna praktiska erfarenhet ligger i linje med LCA-studiernas resultat, där trä visar fördelar särskilt vid lättare byggnader med prefabricering och kortare byggtid.

Civilingenjören från Aqua Floating Group lyfte fram KL-träs miljömässiga fördelar men pekade också på tekniska utmaningar såsom brandskydd, ljudisolering och fuktsäkerhet. Dessa utmaningar begränsar i nuläget KL-träs användning i större flerbostadshus och understryker behovet av fortsatt utveckling och innovation inom träbyggnadsteknik.

Intervjuerna visade även att byggbranschen är i en pågående omställning mot mer hållbara materialval, inklusive användning av grön betong och återvunna material. Detta påverkar valen av stommaterial och bör beaktas i framtida livscykelanalyser.

Begränsningar och osäkerheter

Studien har vissa begränsningar. LCA-studierna som analyserats använder olika systemgränser och datakällor, vilket gör det svårt att göra helt rättvisa jämförelser. Intervjuerna bygger på två respondenter, vilket inte kan ses som representativt för hela byggbranschen. Därför bör resultaten tolkas med viss försiktighet.

Slutsats och rekommendationer

Sammanfattningsvis visar resultaten att KL-trä generellt innebär lägre klimatpåverkan än betong under byggskedet, särskilt i mindre och prefabricerade byggprojekt. Dock är valet mellan trä och betong komplext och påverkas av flera faktorer, såsom byggnadstyp, tekniska krav, kostnader och miljöaspekter.

Framtiden för hållbart byggande ligger sannolikt i hybrida konstruktioner som kombinerar träs miljöfördelar med betongens styrka och hållbarhet. För att underlätta detta krävs fortsatt forskning och teknisk utveckling, särskilt inom brandskydd och fuktsäkerhet för trä.

Det rekommenderas även att framtida livscykelanalyser inkluderar bredare data från praktiska projekt och nya material, för att ge mer rättvisande och aktuella bedömningar.

7 Slutsats

Denna studie har jämfört KL-trä och betong som stommaterial i flerbostadshus utifrån miljö-, energi- och kostnadsperspektiv, med stöd av litteraturstudier, livscykelanalyser (LCA) och intervjuer med yrkesverksamma inom byggbranschen. Resultaten visar att KL-trä generellt har en lägre klimatpåverkan och kan bidra till kortare byggtider tack vare prefabricering och lägre vikt, vilket även bekräftas av både LCA-studier och intervjuer.

Samtidigt framkommer att skillnader i LCA-resultat delvis beror på vilken byggdel eller byggnadstyp som analyserats — studier som fokuserar på yttre väggar eller mindre byggprojekt visar ofta större fördelar för KL-trä, medan flerbostadshus med komplexare krav kan ge mindre tydliga skillnader. Detta understryker vikten av att tolka LCA-data i kontext och att projektets karaktär har stor betydelse för materialvalet.

Intervjuerna med en civilingenjör och ett mindre byggföretag visar att val av stommaterial i praktiken styrs av flera faktorer: tekniska krav, kostnad, byggtid, samt miljöaspekter. Trä föredras ofta i renoverings- och lättare byggprojekt på grund av dess snabbhet och lägre miljöpåverkan, medan betong används där hög hållfasthet och lång livslängd prioriteras. Respondenterna betonar också att både betong och trä utvecklas mot mer hållbara alternativ, vilket pekar på att framtidens byggande sannolikt kommer att bestå av hybrida lösningar som kombinerar materialens styrkor.

Sammanfattningsvis visar studien att KL-trä är ett lovande och mer klimatvänligt alternativ till betong i många byggprojekt, särskilt när hänsyn tas till prefabricering och materialets förnybara egenskaper. Dock kvarstår tekniska utmaningar och behov av anpassning för att säkerställa funktion och säkerhet. Byggbranschens praktiska erfarenheter och pågående utveckling bör integreras i framtida livscykelanalyser för att ge mer heltäckande och relevanta rekommendationer för hållbart byggande.

8 Referenser

- Burström P.G (2021). Byggmateriel, tillverkning, egenskaper och användning. Studentlitteratur
- Boverket.se. (2024). Klimatdeklaration Omfattning. Hämtades från <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/omfattning/>
- Betongdesign (u.å). Historien bakom betong. hämtades från <https://betongdesign.se/lilla-betongskolan/historien/>
- Boverket(2025). Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn . Hämtades från <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/>
- Boverket (2020). Bostadsbyggnadsbehov 2020–2029. Hämtades från <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publikationer/2020/bostadsbyggnadsbehov-20202029/>
- Boverket (2022). God bebyggd miljö – fördjupad utvärdering av miljö kvalitetsmålet. <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2022/god-bebyggd-miljo---fordjupad-utvardering-av-miljokvalitetsmalet.pdf>
- Boverket (2024). Introduktion till livscykelanalysen. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/>
- Boverket(2021). Klimatdeklaration av byggnader. Hämtades från <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/klimatdeklaration/>
- Brege, S., Nord, T., & Stehn, L. (2017). Industriellt byggande i trä - nuläge och prognos mot 2025. Svenskt Trä. Hämtad från <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1153498/FULLTEXT01.pdf>
- Burström, P-G. (2007). Byggnadsmaterial: Uppbyggnads, tillverkning och egenskaper. 2. uppl. Lund: Studentlitteratur AB.
- Borgström, E., & Fröbel, J. (2017). KL-trä handbok: Fakta och projektering av KL-träkonstruktioner. *Svenskt Trä*. <https://www.svensktra.se/siteassets/5-publikationer/pdfer/svt-kl-trahandbok-2017.pdf> (Hämtad 2025-02-22)
- Byggföretagen (2024). Byggekostnader <https://byggforetagen.se/statistik/byggekostnader/> (hämtad 2025-05-01)

Boverket.se. (2024). Introduktion till livscykelanalys (LCA) <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/>

Brismark, J. (2020). Återbruk och återbrukbarhet inom byggbranschen – en studie av hinder och utvecklingsmöjligheter med fokus på korslimmat trä. Examensarbete inom intuitionen för teknik och samhälle, Lund: Lunds tekniska högskola, <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=9005214&fileOid=9005215>

Carbon implications of end-of-life management of building materials. Resources, Conservation and Recycling, Nr. 53, ss. 276-286.

Ekvall, T. (2006). Miljöaspekter på val av stommaterial i byggnader. Göteborg: IVL Svenska Miljöinstitutet.

European lime association (u.å.). How lime is made. Hämtat från : <https://eula.eu/production/>

Gustafsson, A. (2017). KL-trähandbok: Fakta och projektering av KL-träkonstruktioner. Stockholm: Skogsindustrierna Svenskt Trä

Heidelberg Materials. (u.å.c). Platsgjutet byggande. Hämtades från <https://www.betong.heidelbergmaterials.se/sv/betongindustri-platsgjutet-byggande>

Heidelberg Materials (u.å. a), Tillverkning av ballast. Hämtat från: <https://www.ballast.heidelbergmaterials.se/sv/Jehander-produktionsprocessen>

International Energy Agency. (2018). Cement technology roadmap plots path to cutting CO2 emissions 24% by 2050. Hämtades från <https://www.iea.org/news/cement-technology-roadmap-plots-path-to-cutting-co2-emissions-24-by-2050>

Martin Berglund, Robert Hedlund. (2021). *Ekonomisk jämförelse av prefabricerad betong och korslimmat trä – Totalkostnad av materialen i stommarna* (Examensarbete, Högskolan Dalarna). DiVA. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1565820/FULLTEXT01.pdf>

Martinsons. (2024). Stomsystem i limträ. https://www.martinsons.se/globalassets/travaror/martinsons/7490_martinsons-broschyr_stomsystem-i-limtrae_16-sid-compressed2.pdf

Miljö och utveckling, (2018). Gammal betong kan bli som ny. Hämtades från <https://miljo-utveckling.se/gammal-betong-kan-bli-som-ny/>

Nybetong.(u.å.a). Välj en byggnad i betong eftersom den. Hämtades från <https://nybetong.se/valj-ratt/>

Naturskyddsföreningen (2022). Cement, klimat och miljö
<https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/cement-klimat-och-miljo/>

Pade, C. & Guimaraes, M. (2007). The CO2 uptake of concrete in a 100 year perspective. Cement and concrete research, Nr. 37, ss. 1348-1356.

Sleman, S., & Afzali, M. (2023). *Livscykelanalys av KL-trä och betong – en jämförelse av klimatpåverkan för ytterväggar i flerbostadshus* [Examensarbete, Lunds universitet]. DiVA.
<https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=9128834&fileOid=9128889>

Statens Fastighetsverk. (2005). *Trä som byggnadsmaterial – krav och riktlinjer*.
<https://www.sfv.se/media/h3xfv4fs/sfv-tra-som-byggnadsmaterial-2005.pdf>
(Hämtad 2025-02-15)

Svenskt Trä. (u.å.). *Om KL-trä*. från <https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/om-kl-tra/>
(Hämtad 2025-02-23)

Södra. (2020, november 18). *Korslimmat trä minskar klimatpåverkan upp till 80 procent*. Hämtad från <https://www.sodra.com/sv/se/om-sodra/pressrum/pressmeddelanden/korslimmat-tra-minskar-klimatpaverkan-upp-till-80-procent/>

Svenskt Trä (2015 a). Miljöprofil för sågad vara. Hämtad från:
<https://www.traguiden.se/om-tra/miljo/miljodeklarationer-och-markning/miljodeklarationer-och-markning/miljoprofil-for-sagad-vara/>
Svenskt Trä (2015 b). Träprodukter lagrar kol. Hämtad från:
<https://www.traguiden.se/om-tra/miljo/miljoeffekter/miljoeffekter/traprodukter-lagrar-kol/>

Setra.se (u.å.). Klimatpåverkan. Hämtad från:
<https://www.setragroup.com/sv/hallbarhet/klimatpaverkan/>

svenskt trä(u.å. b) Tillverkning och tillverkare. Hämtad från:
<https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/om-kl-tra/tillverkning-och-tillverkare/>

Svenskt Trä (u.å. c). Limträ och miljön. Hämtad från:
<https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/om-limtra/limtra-och-miljon/>

svenskt trä (u.å.d). KL-trä och miljön. Hämtad från:
<https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/om-kl-tra/kl-tra-och-miljon/>

svenskt trä (2017). KL-trä i kretsloppet
<https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/kl-tra-som-konstruktionsmaterial/1.4-kl-tra-i-kretsloppet/kl-tra-i-kretsloppet/>

svenskt trä (2017.b). 5.5 Ljud <https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/bjalklag/5.5-ljud/ljud/>

Sveriges miljömål (2020). Sveriges miljömål och de globala hållbarhetsmålen. Hämtades från <https://sverigemiljomal.se/sa-fungerar-arbetet-med-sveriges-miljomal/sveriges-miljomal-och-de-globala-hallbarhetsmalen/>

Statistiska centralbyrån. (2020). Nybyggda flerbostadshus i betong eller trästomme. <https://www.scb.se/>

Skoog, M. & Hilding, A. (2009). Stommateriäl för villor – trä eller betong? Examensarbete. Jönköping: Högskolan i Jönköping, Hämtades från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:223571/FULLTEXT01.pdf>

Svensk Betong. (u.å.a). Därför behöver vi betong. Hämtades från <https://www.svenskbetong.se/om-betong/darfor-behover-vi-betong>

Svensk Betong. (u.å.a). Fakta/egenskaper. Hämtades från <https://www.svenskbetong.se/om-betong/fakta-egenskaper>

Svensk Betong. (u.å.a). Bygga med platsgjutet. Hämtades från <https://www.svenskbetong.se/om-betong/platsgjutet>

Svensk Betong. (u.å.a). Bygga med prefab. Hämtades från <https://www.svenskbetong.se/om-betong/prefab>

Svensk betong. (u.å) värmelageringsförmågan. Hämtades från <https://www.svenskbetong.se/om-betong/prefab/miljo-och-hallbarhet/energieffektivitet/varmelagringsformaga>

Svensk betong. (u.å.). Varför armerar man betong. <https://svensktbygg.se/varfor-armerar-man-betong/>

Svensk betong. (2023). Produktionsmetoder [s://www.svenskbetong.se/om-betong/fakta-egenskaper/produktionsmetoder](https://www.svenskbetong.se/om-betong/fakta-egenskaper/produktionsmetoder)

Svensk betong. (2023). Transport. <https://www.svenskbetong.se/om-betong/fakta-egenskaper/transporter>

Svensk Betong. (u.å.i). Koldioxidutsläpp. Hämtades från <https://www.svenskbetong.se/om-betong/prefab/miljo-och-hallbarhet/koldioxidutslapp>

Skanska. (2024). Betong med lägre klimatpåverkan. Hämtades från <https://www.skanska.se/495b5e/contentassets/b8028c4e82ec41959304804147bf57b2/produktblad-skankas-betong-med-lagre-klimatpaverkan-2024.pdf>

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

Svenskabetong.se (2024). Vägledningens klimat förbättrat betong. Hämtades från <https://www.svenskbetong.se/component/edocman/?task=document.viewdoc&id=106&Itemid=>

Svensk betong. (u.e.å). Betongens klimatpåverkan hämtades från <https://www.svenskbetong.se/hallbarhet/betong-och-klimat>

Spassio. (2022). Vad är prefabricerat? Hämtades från <https://spassio.com/sv/vad-ar-prefabricerad/>

Svenska betong. (u,e,å). Energieffektivitet. Hämtades från <https://www.svenskbetong.se/om-betong/prefab/miljo-och-hallbarhet/energieffektivitet>

Svensk Betong (u.å.) Miljö och klimat <https://www.svenskbetong.se/om-betong/fakta-egenskaper/miljo-och-klimat>

Sveriges geologiska undersökning (2021). Cement och betong. Hämtat från: <https://www.sgu.se/mineralnaring/industrimineral/cement-och-betong/>

Svensk betong (2024). Klimat förbättrat betong. Hämtades från <https://www.svenskbetong.se/hallbarhet/klimatforbatttrad-betong>

Study on Recycling of Concrete in Swede. Hämtades från <https://hb.diva-portal.org/smash/get/diva2:1184901/FULLTEXT01.pdf>

Trafikverket.se. (2022). Vägledning klimatförbättrat betong. Hämtades från https://fudinfo.trafikverket.se/fudinfoexternwebb/Publikationer/Publikationer_007301_007400/Publikation_007400/svensk-betong-vagledning-klimatforbatttrad-betong-utgava-2022-webb.pdf

9 Bilagor

Bilaga 1: Intervjuplan och frågor

Intervjuguide – Examensarbete

Denna intervjuguide används som stöd för genomförandet av semistrukturerade intervjuer inom ramen för ett examensarbete som jämför KL-trä och betong som stommaterial i flerbostadshus. Syftet är att få praktisk insikt i klimatpåverkan, kostnad, tekniska aspekter och framtida potential

1. Bakgrundsfrågor

1. Kan du börja med att berätta kort om dig själv och din yrkesbakgrund?
2. Vad har du för utbildning inom bygg- eller teknikområdet?
3. Vilken yrkesroll har du idag, och på vilket företag arbetar du?
4. Hur länge har du arbetat inom byggbranschen?
5. Vilken typ av projekt arbetar du oftast med – nyproduktion, renovering, bostäder, kommersiella byggnader?
6. Har du erfarenhet av att arbeta med både KL-trä och betong som stommaterial?

Frågor till civilingenjör

1. Vad anser du vara de största för- och nackdelarna med KL-trä respektive betong i flerbostadshus?

KL-trä

Fördelar:

1. **Miljövänligt och koldioxidbindande:**
 - Trä binder koldioxid under sin livscykel och ger lägre klimatpåverkan jämfört med betong.
 - Förnybart material.
2. **Låg vikt:**
 - Lättare än betong, vilket kan minska behovet av grundläggning.
 - Lämpligt vid svaga markförhållanden eller för påbyggnader.
3. **Snabb byggtid:**
 - Elementen prefabriceras, vilket ger snabbare montage på byggplatsen.
 - Mindre beroende av väderförhållanden.
4. **God arbetsmiljö:**
 - Tystare och renare arbetsplats jämfört med betonggjutning.
5. **Estetik:**
 - Naturligt utseende och varm känsla invändigt.

Nackdelar:

1. **Brandkrav:**
 - Kräver noggrann brandprojektering, även om KL-trä brinner kontrollerat.
 - Vissa beställare eller myndigheter kan ha förutfattade meningar.
2. **Ljudisolering:**
 - Sämre ljudisolering än betong, särskilt mot stegljud – kräver extra åtgärder.
3. **Fukt och röta:**
 - Känsligt för långvarig fukt. Kräver god fuktsäkring under både byggskede och bruk.
4. **Begränsad bärförmåga:**
 - Jämfört med betong begränsas spännvidder och antal våningar, även om detta ständigt utvecklas.

2. Hur påverkar stommaterialet byggtid, logistik och tekniska lösningar i större projekt?

Stommaterialet (t.ex. betong, stål, trä) har en betydande påverkan på byggtid, logistik och tekniska lösningar i större byggprojekt. Här är en sammanställning av hur olika stommaterial påverkar dessa tre aspekter:

1. Byggtid

Betong (platsgjuten):

- Lång byggtid på grund av formbyggnad, armering, gjutning och härdning.
- Kräver god väderplanering (särskilt vintertid).

Prefabricerad betong:

- Kortare byggtid tack vare industriell tillverkning och snabb montering.
- Kräver noggrann samordning med leveranser och lyftkranar.

Trä (t.ex. KL-trä):

- Kort byggtid vid prefabricering.
- Torr bygghet som minskar torktider, vilket effektiviserar fortsatt inredningsarbete.

2. Logistik

Betong (platsgjuten):

- Kräver stora materialmängder på plats (cement, ballast, vatten, armering).
- Tätt byggtrafik och utrymmeskrävande logistik.

Prefabricerad betong:

- Kräver tunga transporter och stora lyftkranar.
- Färre leveranser totalt men känsligt för leveransföreningen.

Trä:

- Lättare material – enklare transporter.
- Fördelaktigt vid svåråtkomliga byggplatser (t.ex. i innerstäder).
- Kräver skydd mot fukt under transport och lagring.

3. Tekniska lösningar

Betong:

- God bärförmåga och brandsäkerhet.
- Tunga konstruktioner – kräver stabil grundläggning.
- Bra ljudisolering och termisk massa.

Trä:

- Lätt att bearbeta och anpassa.
- Begränsade spännvidder jämfört med stål.
- Kräver noggrann fukt- och brandsäkring.
- Miljövänligt och bra för klimatdeklaration.

3. Har du märkt ett ökat fokus på klimatpåverkan i val av stommaterial de senaste åren?

Ja, det har definitivt skett ett ökat fokus på klimatpåverkan i valet av stommaterial under de senaste åren.

4. Vilka tekniska utmaningar upplever du med KL-trä när det gäller brandskydd, ljudisolering och fuktsäkerhet?

1. Brandskydd

Utmaningar:

- Ytans antändlighet: Trä är ett brännbart material. Exponerade trätytor kan bidra till en snabbare brandutveckling.
- Risk för glödbrand: Efter att ytan brunnit kan det finnas glöd i materialet, vilket kan återantända branden.
- Delaminering: Vid brand kan limfogar mellan skikten i KL-trä skadas, vilket gör att

skyddande förkolningslager faller av och exponerar nytt trä – detta kan snabba upp brandförloppet.

Lösningar och hantering:

- Dimensionera KL-trä-skivor så att ett förkolningslager skyddar bärigheten.
- Täcka exponerade ytor med brandklassade skivor eller brandskyddsfärg.
- Använd limtyper och tillverkningsmetoder som är testade för brandsäkerhet.

2. Ljudisolering

Utmaningar:

- Ljudläckage genom skivskarvar: KL-trä har låg massa jämfört med betong, vilket gör det sämre på att blockera ljud.
- Stomljud och vibrationer: Stela KL-trä-element kan lätt överföra stomljud (t.ex. steg eller slag).
- Resonansproblem: Tunna, homogena träskivor kan ge upphov till resonanser i vissa frekvenser.

Lösningar och hantering:

- Använda flerlagars konstruktioner med mellanliggande isolering.
- Flytande golv, akustiska mattor eller avkopplade innerväggar kan minska ljudöverföring.
- Tätning av alla fogar och skarvar är kritiskt.
- Kombination med tunga material som betong eller gipsskivor för att öka massa.

3. Fuktsäkerhet

Utmaningar:

- Fuktkänslighet hos trä: Trä sväller, krymper och möglar vid felaktig fuktexponering.
- Byggfukt: Om KL-trä utsätts för regn under byggskedet kan fukt tränga in i skikten.
- Lång torktid: Om fukt tränger in i skikten tar det lång tid att torka ut, särskilt i limmade partier.

Lösningar och hantering:

- Planera byggnationen med väderskydd under uppförandet.
- Se till att träet har rätt fuktkvot vid leverans (max ca 12–15 %).
- Använd fuktskyddande lager (t.ex. diffusionsöppna membran) i klimatskärmar.
- Kontroll och mätning av fuktnivåer före förslutning av konstruktionen.

5. Kräver KL-trä mer noggrann projektering än betong ur ett tekniskt perspektiv?

Ja, KL-trä kräver generellt mer noggrann projektering än betong, särskilt ur vissa tekniska perspektiv.

6. Hur ser du på den långsiktiga kostnadsutvecklingen för KL-trä jämfört med betong?

Den långsiktiga kostnadsutvecklingen för KL-trä (korslimmat trä) jämfört med betong påverkas av flera faktorer – både ekonomiska, teknologiska och miljömässiga. Här är en översiktlig jämförelse ur ett långsiktigt perspektiv:

Aspekt	KL-trä	Betong
Råmaterialkostnad	Potentiellt stigande, men stabil på sikt	Stabil idag, risk för ökning p.g.a. klimatregler
Produktionskostnad	Minskande tack vare industrialisering	Relativt stabil men högre arbetskostnad
Byggtid & logistik	Kortare och billigare i stadsmiljö	Längre byggtid, tunga transporter
Underhåll/livslängd	Kräver planering, men hanterbart	Lång livslängd, men visst underhåll krävs
Klimatpåverkan	Låg – kan ge ekonomisk fördel	Hög – risk för dyrare framtida reglering

Tabell 3: en jämförelse mellan KL-trä och betong

7. Tror du att KL-trä kan ersätta betong i större skala i framtiden? Varför eller varför inte?

Det är möjligt att KL-trä (korslimmat trä) kan ersätta betong i vissa tillämpningar i större skala i framtiden, men det kommer sannolikt inte att ersätta betong helt. KL-trä kommer troligen att spela en allt större roll, särskilt i låga till medelhöga byggnader, skolor, kontor och bostäder. Men betong kommer att fortsätta vara nödvändigt i vissa konstruktioner, särskilt där extrem hållfasthet, fuktsäkerhet eller höjd krävs. Framtidens byggande kommer sannolikt att kombinera båda materialen smart för att balansera hållbarhet, funktion och ekonomi.

Frågor till renovering företag RT BYGG I VÄST AB

1-Är trä mer kostnadseffektivt än betong i vissa projekt?

Ja, i vissa projekt är trä billigare, särskilt vid lätt eller tillfällig byggnation, men betong är starkare och har längre livslängd i större projekt.

2-Använder ni typer av betong med låga koldioxidutsläpp eller miljövänlig betong?

Det finns nu typer av betong med lägre koldioxidutsläpp, såsom sådana som innehåller återvunnet material eller naturliga tillsatser, och många företag har börjat använda dem.

3-Ur ett ekonomiskt perspektiv, vilka faktorer avgör användningen av betong istället för trä?

Det beror på kostnaden, typen av projekt, tidsramen och de tekniska kraven. Även vädret spelar en roll, särskilt i Sverige.

4-Finns det alternativ till traditionell betong som ni använder i era projekt för att minska miljöföroreningar?

Det finns nya lösningar som grön betong, kompositmaterial och även användning av återvunna lecablock.

5-Återvinns den betong eller det trä som används eller blir över från projekten? Och hur?

Om det återstående träet är rent, återanvänds det. Betongen krossas och används som fyllnadsmaterial (grus) för infrastruktur.

6-Vilken typ av trä använder ni i renoveringsprojekt? Och kommer det från hållbara källor?

Det mesta är svenskt trä som är certifierat från hållbara källor (FSC eller PEFC). Typen beror på behovet: till exempel furu eller gran vid renoveringar.

7-Utifrån er erfarenhet av renoveringsprojekt, vilket material använder ni mest – trä eller betong? Och vilket material föredrar ni när det gäller effektivitet och miljöpåverkan?

Genom vår erfarenhet av renoveringsprojekt använder vi trä oftare än betong eftersom det är lättare att arbeta med, går snabbare och dessutom är bättre ur ett miljöeffektivitets perspektiv. Trä är ett förnybart material med lägre koldioxidutsläpp, särskilt om det kommer från naturliga källor, vilket gör att vi föredrar det i många fall, särskilt vid renoveringar.

Bilaga 2: Klimatpåverkan enligt LCA A1-A5

Stomtyp	Totala utsläpp (kg CO ₂ e/m ²)	Andel från A1-A3	Källor
Kl-trä	40,07	72,9%	Sleman och Afzali (2023)
Kl-trä	232	75,9%	Erlandsson, Martin (2018)
Betong	81	79,9%	Sleman och Afzali (2023)
prefabricerad betongstomme	272	78,7%	Erlandsson, Martin (2018)
platsgjuten betongstomme	290	80,7%	Erlandsson, Martin (2018)

Bilaga 3: kostnadsjämförelse – Betong vs. KL-trä

Stomtyp	Material kostnad(kr)	Arbetskostna(kr)	Total kostnad (kr)	Källa
Prefabricerad Betong	3 721 032	240 000	3 961 032	Berglund och Hedlund (2021)
Kl-trä	4 775 122	819 000	5 594 122	Berglund och Hedlund (2021)

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2025
www.chalmers.se



CHALMERS