



CHALMERS

Jämförelsestudie av träkonstruktioner med avseende på LCA, LCC och resursåtgång

Examensarbete inom kandidatprogrammet Affärsutveckling och
Entreprenörskap inom Samhällsbyggnadsteknik

ISAK TAMM

OLIWER LUNDH

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2024

www.chalmers.se

EXAMENSARBETE ACEX20

Jämförelsestudie av träkonstruktioner med avseende på LCA, LCC och
resursåtgång

Examensarbete inom kandidatprogrammet

Affärsutveckling och entreprenörskap inom samhällsbyggnadsteknik

Isak Tamm
Oliwer Lundh

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för byggnadsteknologi
Forskargrupsnamn
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2024

Jämförelsestudie av träkonstruktioner med avseende på LCA, LCC och resursåtgång

Examensarbete inom kandidatprogrammet

Affärsutveckling och entreprenörskap inom samhällsbyggnadsteknik

ISAK TAMM

OLIWER LUNDH

© ISAK TAMM & OLIWER LUNDH, 2024

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2024

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Byggnadsteknologi

Forskargrupsnamn

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2024

Jämförelsestudie av träkonstruktioner med avseende på LCA, LCC och resursåtgång

Examensarbete inom kandidatprogrammet

Affärsutveckling och entreprenörskap inom samhällsbyggnadsteknik

ISAK TAMM

OLIWER LUNDH

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Byggnadsteknologi

Forskargrupsnamn

Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

Huvudfokuset i examensarbetet ligger på att utforska miljövänligt byggande i form av klimatavtryck och resurssnålhet hos olika bjälklagssystem åt företaget Masonite Beams, med huvudsyftet att optimera valet av byggmaterial i konstruktioner. Problematiken när man ska utveckla metoder är att byggbranschen generellt är skeptisk till nya innovationer, även om produkterna har en positiv påverkan gällande branschens utsläpp eller spendering. Detta gör att byggbranschen är långsam i sin utveckling och ofta hamnar i gamla spår. Vår forskningsfråga hamnar i att utforska skillnader i bjälklag som Masonite Beams tillverkar jämfört med andra typer och därmed bidra med insikter för hållbart och miljövänligt byggande.

Litteraturundersökning med livscykelanalys (LCA) och livscykelkostnadsanalys (LCC) används för att identifiera resultaten av klimatavtryck och ekonomiska aspekter. Undersökningen omfattar befintliga rapporter om relevanta material och processer som primär datakälla.

Resultatet är att valet av bjälklagssystem har signifikant inverkan på klimatavtrycket och dess resurssnålhet. Processerna och mängden material för de olika systemen ser olika ut och kommer därför att ha skillnader i klimatpåverkan och resurssnålhet. Ett system som kräver en mindre mängd resurser bör logiskt ha en mindre klimatpåverkan. Det är detta som ska utredas med en djupare analys för att kvantifiera resultaten då många variabler spelar in och det är detta som studien ska fastställa. Resultaten från denna studie ska ge klarhet till företaget som arbetet utförs tillsammans med, men de kan även agera som riktlinjer för flera olika projekt och företag inom branschen.

Nyckelord: livscykelanalys (LCA), livscykelkostnad (LCC), träkonstruktion, flerbostadshus, KL-trä, limträ, LVL, lättbalkar

Comparative study of timber constructions on the subject of LCA, LCC, and resource consumption

Degree Project in the Engineering Programme

Civil and Environmental Engineering

ISAK TAMM

OLIWER LUNDH

Department of Architecture and Civil Engineering

Division of Building Technology

Research Group Name

Chalmers University of Technology

Abstract

The main focus of this thesis is to explore environmentally friendly construction in terms of carbon footprint and resource efficiency of different floor systems for the company Masonite Beams, with the primary goal of optimizing the choice of construction materials. The challenge in developing methods is that the construction industry is generally skeptical of new innovations, even if the products have a positive impact on the industry's emissions or spending. This makes the construction industry slow in its development and often stuck in old habits. Our research question is to explore the differences in floor systems manufactured by Masonite Beams compared to other types, thereby contributing insights for sustainable and environmentally friendly construction.

A literature study with life cycle analysis (LCA) and life cycle cost analysis (LCC) is used to identify the results of carbon footprint and economic aspects. The review includes existing reports on relevant materials and processes as the primary data source.

The results of the study show that the choice of floor system has a significant impact on the carbon footprint and its resource efficiency. The processes and the amount of material for the different systems vary and will therefore have differences in climate impact and resource efficiency. A system that requires fewer resources should logically have a smaller climate impact. This is what is investigated with a deeper analysis to quantify the results as many variables play a role, and this is what the study aims to determine. The results of this study should also provide clarity to the company and they can serve as guidelines for various projects and companies within the industry.

Key words: life cycle analysis (LCA), life cycle cost analysis (LCC), wood construction, multi story housing, cross laminated timber (CLT), glue laminated timber (GLT), laminated veneer lumber (LVL), lightweight beam

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte.....	1
1.3 Problemformulering.....	2
1.4 Avgränsningar.....	2
2 Litteraturstudie	4
3 Teoretisk ram	6
3.1 LCA.....	6
3.2 LCC.....	7
4 Metod	9
4.1 Undersökningsstrategi.....	9
4.2. Undersökningsmetod.....	10
5 Datainsamling	11
5.1 Jämförelsestudie LCA Masonite Beams.....	11
5.1.1 Om referensen.....	11
5.1.2 LCA.....	12
5.2 Masonite Beams Lättbalkar.....	12
5.2.1 Om referensen.....	12
5.2.2 LCA.....	14
5.2.3 LCC.....	14
5.2.4 Resursåtgång.....	15
5.3 KL-trä.....	16
5.3.1 Om referensen.....	16
5.3.2 LCA.....	17
5.3.3 LCC.....	17
5.3.4 Resursåtgång.....	18
5.4 Limträ/LVL.....	18
5.4.1 Om referensen.....	18
5.4.2 LCA.....	19
5.4.3 Resursåtgång.....	19
6 Resultat	20
6.1 LCA.....	20
6.2 LCC.....	21
6.3 Resursåtgång.....	21
7 Diskussion	23
7.1 Resultatdiskussion.....	23
7.2 Metoddiskussion.....	24
8 Slutsatser	25
8.1 Slutsatser och rekommendationer.....	25
8.2 Förslag för framtida forskning.....	25
9 Referenser	26

Förord

Rapporten är resultatet av en noggrann undersökning inom hållbarhetsfrågor inom byggbranschen, där fokus har lagts på att utforska och analysera olika aspekter av livscykelanalyser.

Valet att skriva om detta ämne grundar sig i en övertygelse om att hållbarhet är en central fråga som måste integreras i alla aspekter av samhället, och framförallt byggindustrin. Genom att utforska och analysera olika aspekter av livscykelanalyser inom konstruktion har vi med detta arbetet strävat efter att bidra till ökad kunskap och medvetenhet kring vikten av att göra hållbara val i byggprocessen.

Vi vill tacka Masonite Beams för en intressant forskningsfråga och för all hjälp under arbetets gång.

Vi vill även tacka vår handledare och examinator Yutaka Goto för alla möten vi haft och vägledningen vi fått.

Rapporten är skriven vid Chalmers Johanneberg och representerar en ökad kunskap om hållbarhet och miljömedvetenhet inom byggbranschen.

Göteborg maj 2024, Isak Tamm och Oliwer Lundh

Begreppslista

BTA - bruttototalarea

EPD - environmental product declaration (miljövarudeklaration)

GWP-GHG - global warming potential greenhouse gasses

KLT - korslimmat trä

LCA - livscykelanalys

LCC - livscykelkostnadsanalys

LVL - laminated veneer lumber (fanérlaminatträ)

OSB - oriented strand board

1 Inledning

Examensarbetet fokuserar på att utforska miljövänligt byggande i form av klimatavtryck och resurssnålhet hos olika bjälklagssystem för träkonstruktioner åt företaget Masonite Beams. Företaget producerar lättbalkar med OSB- och spånskivor, en metod som kräver en mindre mängd material än andra vanligt förekommande produkter på marknaden. Det är med tanke på den ökande betydelsen för hållbarhet och miljövänligt byggande som arbetet utforskar skillnader i bjälklag som Masonite Beams tillverkar jämfört med andra typer och därmed bidra med kunskap inom området. Detta ska ligga till grund för rekommendationer om bjälklagssystem för att optimera valet av byggmaterial i konstruktioner, specifikt för flerbostadshus. Byggbranschen är långsam i sin utveckling och skeptisk till nya metoder. Trögheten skapar problem för nya innovationer på marknaden, även för produkter med positiv påverkan. Därför utforskar och tydliggör detta examensarbete eventuella skillnader gällande miljöpåverkan, kostnad och resursåtgång mellan vanligt förekommande träprodukter inom byggbranschen.

1.1 Bakgrund

Andelen träkonstruktioner av alla nybyggda flervåningshus har ökat under åren och var på sin höjd 19,9% år 2019, medan den siffran år 2015 var 8,7% (TMF, 2023). Det är en positiv utveckling som ses när mer miljövänliga material får ökad relevans i byggbranschen, då den ansvarar för en stor del av Sveriges totala utsläpp. 21,7% av landets utsläpp av växthusgaser kommer från byggbranschen och då branschen utgör en så stor del av landets ekonomi samt att potentialen för förbättring gällande utsläpp finns, är detta ett problem som förtjänar mer uppmärksamhet (Boverket, 2024). Då det skulle göra en stor del av landets ekonomi mer hållbar.

Trä har naturliga egenskaper som är gynnsamma för miljön och byggprocessen, vilket är något som branschen har börjat utnyttja. Fördelar för miljön syns genomgående i en byggnads livscykel. Biprodukten från produktionen av träprodukter kan användas som biobränsle, trä är koldioxidbindande, vilket innebär att trä i byggnader lagrar koldioxid och när byggnader rivs kan träprodukterna användas som biobränsle (Svenskt Trä, u.å.a.). Trä är ett lätt material vilket gör att transporter kan bära större mängd av varan, prefabricering kortar ner byggtiden, vilket sparar pengar för byggbolagen (Svenskt Trä, u.å.b.). Ämnet är dock mer komplicerat än så och därför ämnar detta examensarbete att fördjupa kunskaper kring olika träkonstruktioner.

Nya innovationer inom träprodukter förbättrar miljöpåverkan och löser problem som tidigare metoder inte kunnat. Informationen kring dessa material är för spridd och det krävs mer kunskap inom branschen om produkternas fördelar och nackdelar samt hur bolagen kan dra nytta av att utöka sina kataloger av material och metoder med dessa.

1.2 Syfte

Målet med detta examensarbete är att fördjupa kunskaper om variationen av träkonstruktioner och påvisa skillnader mellan dem. Dessa skillnader är miljömässiga och kostnadsmässiga och påvisas genom en sammanställning av enskilda LCA- och LCC:er.

Urvalet av de inkluderade material har gjorts i samarbete med Masonite Beams med anledning att göra en aktuell studie där de material som konkurrerar med varandra ska jämföras. Syftet med detta är att bidra till den omställning som sker i dagens byggbransch där större vikt läggs på hållbart byggande. Trä är det enda förnybara konstruktionsmaterialet på marknaden. Att utesluta betong och stål är ett medvetet val då det istället är viktigare att se på den träprodukt som kan vara i framkant för omställningen.

I en strikt miljöfokuserad studie kan man se på LCA för att få fram GWP-GHG per träkonstruktion och avgöra det uppenbart mest miljövänliga. Materialen behöver dock vara kostnadseffektiva för att locka byggbolagen och därför genomförs också en jämförelse på LCC:er för att påvisa möjligheter till ekonomisk lönsamhet.

För att en produkt ska anses vara ledande behöver man även se på resursåtgång. Trots att trä är förnybart och Sverige har mycket skog så finns det inte oändliga resurser att tillgå vid en given tidpunkt. Branschen står trots allt idag för 25% av den globala fällningen av skog (Dossche m.fl., 2017). Metoden måste därför använda resursen på ett effektivt sätt.

Träkonstruktion är ett begrepp som innefattar en mängd olika metoder där nästa steg för branschen är att urskilja de olika metoderna och se skillnad på dess för- och nackdelar. Det inkluderar miljöpåverkan, kostnader, resursåtgång, användningsområden och kapacitet vilket kommer att introduceras och analyseras i detta examensarbete.

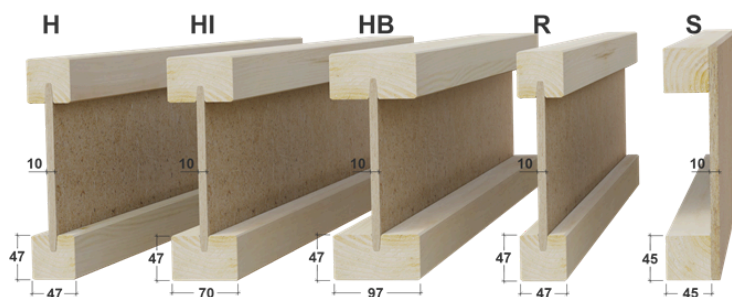
1.3 Problemformulering

Målet med examensarbetet kan beskrivas med att försöka svara på de tre följande frågorna:

- Hur kan olika träkonstruktioner utvärderas utifrån ekonomiska och miljömässiga aspekter?
- Vilket material kan anses mest fördelaktigt utifrån utvärderingen?
- Hur bör resursåtgången för produktion av material påverka den slutgiltiga bedömningen?

1.4 Avgränsningar

Avgränsningar som utförts i detta examensarbete är att se på flerbostadshus med byggsystem av trä, dessa avgränsningar har gjorts i samarbete med Masonite Beams. De olika systemen som jämförs är KL-trä, limträ, LVL och Masonite Beams egna lättbalkar, som kan ses nedan i figur 1.



Figur 1. Masonite Beams lättbalkar. (Masonite Beams, u.å.).

För att göra detta möjligt används referensobjekt och tidigare studier där en LCA, LCC eller båda genomförts på flervåningshus med 4-6 våningar.

Flervåningshus innebär större tekniska utmaningar än en- och tvåvåningshus, inklusive frågor kring struktur, stabilitet, brandsäkerhet och ljudisolering. Flerbostadshus har en större total miljöpåverkan än enskilda bostäder, både vad gäller materialanvändning och energikonsumtion. Därför är det viktigt att genomföra livscykelanalyser (LCA) och livscykelkostnadsanalyser (LCC) på dessa byggnader för att få en helhetsbild av aspekter gällande miljö och ekonomi för de olika byggsystemen. Genom att använda flerbostadshus som referensobjekt i arbetet kan man generera resultat som både är praktiskt användbara och vetenskapligt givande, med potential att påverka byggindustrin och därmed miljön positivt.

2 Litteraturstudie

Användningen av LCA:er inom byggbranschen ökar i takt med att det blir större fokus på hållbarhet. För utformning av dessa analyser finns det standarder att följa, dessa utgör till stor del enbart vägledning till en generell utformning och lämnar rum för egna tolkningar (Crawford & Cadorel, 2017). Studien anser att det är de egna tolkningarna som utgör ett problem gällande livscykelanalyser. När en LCA är färdigställd ger den ett resultat, men jämförbarheten och möjligheten att återskapa samma resultat för ett annat projekt är osäkert. Det finns för många faktorer som påverkar detta resultat och det betyder att det inte går att se på ett tidigare fall för att kunna utgöra vad utfallet av ett annat projekt kommer att bli. Det kan underlätta att göra en känslighetsanalys för att jämna ut osäkerheter, men det är en aspekt som förlänger tiden för en LCA samt ökar kostnaderna och det kan stoppa bolag från att vilja göra dem.

För att förtydliga problemen med livscykelanalyser så räcker det att se över datan som ligger till grund för olika LCA:er. När ett företag ska skapa en LCA förlitar de sig ofta på databaser med registrerade siffror för material och komponenter (Dossche m.fl., 2017). Beroende på vilken databas som används kan slutresultatet skilja sig, då testerna av miljöpåverkan för att registrera att material kan skilja sig. Samma sak är därför även sant för EPD:er, då de utformas på liknande sätt.

Det är ett bra verktyg, men det finns felaktigheter i dagsläget. Felaktigheter som kan försvåra en rättvis jämförelse mellan olika LCA:er. De kan vara användbara i processen för att göra byggbranschen mer hållbar genom att hjälpa beslutsfattare se fördelar med miljövänliga val.

Ett annat verktyg som kan stödja en omställning till miljövänligare byggande är analysera kostnader för en byggnads livscykel, men som med LCA finns det även problem med LCC. Där data kring miljöpåverkan kan vara relativt stabil över flera år, då den största påverkan där är nya innovationer och tekniker för analys, påverkas LCC:er av priser för varor och tjänster, något som kan fluktuera och drastiskt påverka möjligheten till jämförelse (Biolek & Hanák, 2019). När en LCC genomförs krävs att vissa enskilda funktioner beräknas separat, vilket kan skapa ytterligare ojämlikheter. Det gäller också för vilka funktioner som inkluderas, som exempelvis energiberäkningar eller vattenåtgång. Mer djupgående kring LCA och LCC introduceras i kapitel 3.

De två verktygen kan användas tillsammans och viktas för att få ett gemensamt värde vid jämförelse mot andra material eller konstruktioner, det saknar dock en aspekt när det kommer till detta ämne. När träkonstruktioner jämförs är det viktigt att se över resursen, vilket är skog och skogsbruk, då det inte är ett förnybart material som jämförs med ett icke-förnybart material (Crawford & Cadorel, 2017). Det går då att gå ett lager djupare, genom att titta på resursåtgången och hållbarheten gällande resursen.

Globalt ansvarar byggsektorn för 25% av skogsskörd (Dossche m.fl., 2017). Vilket förtydligar betydelsen av att se över hur denna resurs används, speciellt när det blir vanligare att den används. Eftersom fokus i detta examensarbete ligger på den svenska byggbranschen är det viktigare att se på svenskt skogsbruk.

Av Sveriges totala yta utgörs cirka 70% av skog (Skogsindustrierna, 2024). Andelen skog är en av de högsta i världen. Det handlar inte enbart om att Sverige har tillräckligt med skog för att förse alla byggen med träkonstruktion med timmer, utan om det är hållbart att skörda den mängd skog som

krävs (Kozak, 2023). Det är svårt att påpeka att träkonstruktioner är hållbara och miljövänliga när det sker på bekostnad av svenska naturresurser och dess ekosystem. Trä är ett hållbart material, men processen fram till att timmer anländer till fabriken är viktig. Att köpa timmer från certifierade skogsbruk kan försäkra att skogen brukas på ett sätt som är nyttigare för produktion och miljö då en viss kravsättning måste uppfyllas (Svenskt Trä, u.å.c).

Sett till litteraturen enas studier i att det finns vissa generella fördelar med att bygga med trä. Några av dessa fördelar är att det är ett material som är mer flexibelt att arbeta med, det är mer anpassningsbart till olika projekts specifika behov från fabriken men även enklare att anpassa på plats (Svenskt Trä, u.å.d). Materialets mekaniska egenskaper innebär en hög hållfasthet relativt till den egna vikten. Ur ett miljöperspektiv är trä ett förnybart material till skillnad från exempelvis betong. Koldioxid lagras i trä och träkonstruktioner agerar därför som en kolsänka under sin livstid (Younis & Dodoo, 2022). Vid eventuell rivning av en byggnad kan material också återanvändas, antingen i en ny byggnad eller som biobränsle. Att trä är lättare gör att större mängd kan transporteras på samma gång, vilket sänker utsläppen vid frakt. Det finns också en ekonomisk fördel att bygga med trä, exempelvis går det snabbare att montera de prefabricerade komponenterna när de anländer till bygget. En annan ekonomiska faktor är att det även blir en lättare konstruktion totalt, vilket sänker dimensioneringskraven för bottenplattan (Hansted Andersen m.fl., 2022).

De olika typerna av produkter, som används till träkonstruktioner, som är i fokus skiljer sig på flera olika sätt och det börjar med hur de utformas. Metoderna medför olika tekniska egenskaper som lämpar sig bättre till vissa ändamål. KL-trä tillverkas genom att limma ihop skikt av brädor i korslagda skikt (Svenskt Trä, u.å.e.). Ett lager limmas alltså vinkelrätt mot det föregående och efterkommande lagret, vilket ger en ökad hållfasthet och stabilitet jämfört med många andra träprodukter. Dessa egenskaper innebär att KL-trä är ett bra alternativ för stora spännvidder och höga belastningar. Materialet används främst inom byggindustrin för olika konstruktioner, inklusive balkar, pelare, takstolar och golvbjälklag. Majoriteten av det KL-trä som används i de nordiska länderna utgör bärande delar i stommar till bland annat flervåningshus (TräGuiden, 2017a). Limträ liknar KL-trä i utformningen, då materialet utgörs av ihoplimmade plankor, men de limmas istället i samma riktning (Svenskt Trä, u.å.f.). Det finns en stor frihet i dimensionering och användningsområden för limträ. När lamellerna limmas i samma riktning möjliggör det för böjda balkar, vilket har nyttjats av arkitekter som ett designelement. Utöver detta används limträ vanligtvis i en mängd olika konstruktioner, från småhus och flervåningshus till idrottsarenor och broar (TräGuiden, 2017b). LVL eller fanérträbalk är mest likt limträ, då materialet består av tunna lameller eller faner som limmas ihop vilket bidrar till dess höga elasticitet (TräGuiden, 2021). Hållfastheten är fortfarande god och LVL används därför ofta i bjälklag. Den sista produkten är lättbalkar, specifikt Masonite Beams lättbalkar. Dessa består av ett liv med antingen OSB- eller spånskiva och med fläns av konstruktionsvirke (Masonite Beams, 2021a). Likt andra trämaterial kan lättbalkar dimensioneras för lång spännvidd och en hög hållfasthet relativt till vikten. Designen ger produkten bättre motstånd mot köldbryggor. Produkten är anpassningsbar och passar i hela stomsystemet och används till villor, flerbostadshus, lagerlokaler med mera.

Utformningen av materialen kräver också olika mängd resurser, där KL-trä tillverkas med tjockare plankor än LVL kräver det även en högre standard på timmer för tillverkning vilket begränsar urvalet. Lättbalkarna tillverkas med OSB- eller spånskivor som tillåter en mer miljövänlig resurshantering genom att bruka spån, likt plywood (Svenskt Trä, u.å.g.).

3 Teoretisk ram

Den teoretiska ramen utgör grunden för att förstå de olika aspekterna av träkonstruktioner med avseende på LCA, LCC, och resursåtgång. Den teoretiska ramen omfattar en genomgång av relevanta teorier, modeller och tidigare forskningsresultat inom dessa områden.

3.1 LCA

LCA är den metod som används när man ser över miljöpåverkan av en produkts hela livscykel. Det vanligaste uttrycket för metoden är att den går från vaggan till grav. Det innebär att en mätning sker från det att naturresurserna utvinns till att produkten bryts ner och inte längre används (Boverket, 2019). I en LCA bryts miljöpåverkan ut i olika skeden där man sedan tar resultatet för att projektera och bygga med mindre miljöpåverkan i framtiden.

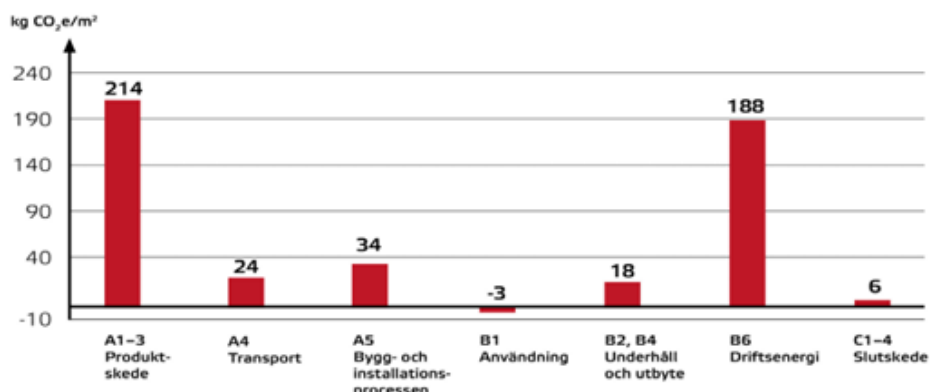
Att planera och konstruera ett hus med låg miljöpåverkan spelar en avgörande roll i strävan mot ett mer hållbart samhälle. En viktig förståelse är att en byggnads miljöpåverkan under dess livscykel oftast domineras av två huvudfaktorer: konstruktionsfasen och driftfasen energianvändning. Vanligtvis är byggskedet och energiförbrukningen under driftfasen de största källorna till miljöpåverkan, men med energisnåla hus och ökad användning av förnybar energi förväntas byggfasens bidrag bli allt viktigare (Boverket, 2019). Därför är det avgörande att från början välja material och metoder som minskar energi- och resursbehovet. Genom att integrera hållbarhet i alla steg av byggprocessen kan vi skapa mer miljövänliga hus och främja en hållbar framtid.

En byggnads livscykel delas oftast in i 3 huvudsakliga skeden: byggskedet, användningsskedet och slutskedet. Dessa skeden delas i sin tur in i så kallade informationsmoduler som beskriver processerna under livscykeln. Det gör att LCA-resultatet kan redovisas på ett likformigt sätt, vilket underlättar tolkningen av resultatet. Detta kan man se tydligt i figur 2 nedan.

A1-5 Byggskede		
A1-3 Produktskede	A1	Råvaruförsörjning
	A2	Transport
	A3	Tillverkning
A4-5 Byggproduktionskede	A4	Transport
	A5	Bygg- och installationsprocess
B1-7 Användningsskede	B1	Användning
	B2	Underhåll
	B3	Reparation
	B4	Utbyte
	B5	Ombyggnad
	B6	Driftsenergi
	B7	Driftens vattenanvändning
C1-4 Slutskede	C1	Demontering, rivning
	C2	Transport
	C3	Restproduktsbehandling
	C4	Bortskaffning
D Fördelar och belastningar utanför systemgränsen		

Figur 2. En byggnads livscykel i de olika skedena. (Boverket, 2019).

Vissa skeden påverkar klimatet mer än andra. Figur 3 illustrerar tydligt att de största källorna till klimatpåverkan för en produkt är under produktskede (A1-A3) och driftenergifasen (B6). Dessa två faser står för majoriteten av de totala utsläppen, vilket innebär att insatser för att minska klimatpåverkan bör fokusera på att förbättra effektiviteten och minska utsläpp i dessa områden. Transport, bygg- och installationsprocessen samt underhåll och utbyte bidrar i betydligt mindre omfattning än de två stora. Användningsfasen visar en negativ påverkan, vilket kan tyda på att produkten under sin användning bidrar till att minska klimatpåverkan, exempelvis genom energibesparing, energigenerering eller andra effektivitetsvinster. Slutskedet har en relativt låg påverkan vilket ofta visar vikten av effektiv avfallshantering och återvinning.



Figur 3. Exempel på en livscykelanalys av klimatpåverkan för ett flerbostadshus med en beräkningsperiod på 50 år. (Boverket, 2023).

3.2 LCC

Livscykelkostnadsanalyser är en ekonomisk term som används för att beskriva den totala kostnaden för en produkt eller tjänst under hela dess livscykel, från tillverkning till avyttring. Det inkluderar kostnader för inköp, drift, underhåll och avveckling. Genom att inkludera alla kostnader som är förknippade med en produkt eller tjänst över hela dess livscykel kan företag göra mer välgrundade beslut när de väljer mellan olika alternativ. Att ha en klar bild av livscykelkostnader kan hjälpa till att minimera kostnader, optimera prestanda och maximera värdet under hela livscykeln för en produkt eller tjänst (Upphandlingsmyndigheten, u.å.).

LCC för byggnader kan genomföras med fyra olika perspektiv på livslängden. Det ekonomiska perspektivet fokuserar på den tidsperiod under vilken det är ekonomiskt fördelaktigt att behålla en byggnad. Den tekniska livslängden indikerar hur länge de tekniska systemen i en byggnad förväntas fungera optimalt. Det fysiska livslängdsperspektivet tar hänsyn till den tidsram då en byggnad kan användas innan den kräver betydande reoveringar eller omfattande underhåll. Slutligen, det prestationsbaserade livslängdsperspektivet vilket avser den tid det tar för en byggnad att upprätthålla eller överträffa förväntningar gällande standard och funktionalitet. Genom att väga dessa olika perspektiv kan beslutsfattare få en mer omfattande förståelse för den totala kostnaden och livslängden för en byggnad. Det leder till mer informerade beslut gällande investeringar och underhållsplanering (Schneiderova Heralova, 2017).

En LCC tar hänsyn till mer än den initiala investeringskostnaden för en byggnad, såsom driftskostnaderna som uppstår under hela byggnadens livslängd. Detta ger en mer omfattande och

realistisk bild av de totala kostnaderna jämfört med en traditionell investeringskalkyl, då den vanligtvis endast fokuserar på initiala utgifter (Gluch & Bachmann, 2004). Genom att inkludera driftskostnader kan en LCC assistera med att uppskatta de långsiktiga kostnaderna för att äga och underhålla en byggnad över hela dess livstid. Denna mer överblickande syn på kostnader skapar ett större värdeskapande när investeringsbeslut ska fattas.

Då denna rapport hanterar bjälklagssystem tar man inte hänsyn till underhållskostnader då dessa inte är relevanta för ett stomsystem. Kalkylräntan ligger på 2% enligt Riksbankens inflationsmål 2024 (Riksbanken, 2023) Byggnadens livslängd är oftast beräknad med en dimensionerande livslängd på 50 år. Detta är en uppskattning av hur länge en byggnad förväntas användas för sitt avsedda syfte under normala förhållanden och minimala reparationer (Svenskt Trä, 2019). Efter denna tid kan byggnaden behöva omfattande reparationer eller uppgraderingar för att fortsätta att vara funktionell och säker. Energikostnaden är beräknad från ett snittvärde av vad ett genomsnittligt hus kostar. Denna kostnad hamnar på 0.72 kr/kWh enligt SCB (SCB, u.å). Ekvationen nedan beskriver uträkningen av livscykelkostnaden.

$$LCC = G + R * (1 + r)^n + E * (1 + r)^n$$

LCC = Livscykelkostnad

G = Grundinvestering

R = Rivningskostnad

r = Kalkylränta

n = Året för rivning

E = Energikostnad

(1)

4 Metod

I detta kapitel redogörs för den metodik som använts för att genomföra studien. Valet av metod har styrts av studiens syfte och forskningsfrågor, med målet att skapa en djupgående förståelse för de undersökta systemen och deras processer. Studien använder en kombinerad metodstrategi, där både kvalitativa och kvantitativa ansatser tillämpas för att samla in och analysera data. Detta tillvägagångssätt möjliggör en omfattande och mångfacetterad analys, där kvalitativa insikter kompletteras och verifieras med kvantitativa data.

4.1 Undersökningsstrategi

Arbetet genomförs som en jämförelsestudie för att skapa en helhetssyn för olika system som sedan används för att kunna urskilja deras olika processer och därmed resultaten utifrån de undersökningsenheter som undersöks (Denscombe, 2018).

Forskningen använder en flermetodsforskning med en kombination av kvalitativa och kvantitativa metoder. Även kvalitativa dialoger med företaget för att få djupgående insikter och förtydliga syftet. På detta sätt delges information från mer kunniga inom området. Den kvantitativa delen utförs genom litteraturundersökning.

Anledningen till att använda metodkombinationer med kvalitativ och kvantitativ data, då informationen från det kvalitativa kommer att forma den efterföljande datainsamlingen och analysen, så kallat sekventiella bidrag (Denscombe, 2016). Det medför en anpassningsbarhet som är viktig för att få en tillräcklig grund att slutföra arbetet. Där kommer objektiva och reproducerbara data stå som grund för resultatet av arbetet. Att få fram tillförlitlig data och att tydliggöra kontexten för datan är av yttersta vikt för arbetet.

En central del av arbetet har involverat dialog med Masonite Beams, vilket har hjälpt till att forma undersökningens inriktning och metodologi. Genom att förstå deras behov och förväntningar har man kunnat anpassa forskningen för att leverera värdefulla insikter. Under datainsamlingsfasen har dialogen med Masonite Beams hjälpt identifiera vilka specifika material och metoder som är mest relevanta att inkludera i studien.

Arbetet har varit en iterativ process där metodologi och analys kontinuerligt förfinas. Detta innebär att resultatet av LCA:er och LCC:er ständigt har utvärderats, och nödvändiga justeringar har utträttats för att förbättra studiens noggrannhet och relevans. Genom kontinuerlig dialog med Masonite Beams och handledare har man aktivt kunnat anpassa och förbättrad metodologi baserat på insikter och feedback som erhålls under hela forskningsprocessen. Dessa diskussioner har också hjälpt att justera metodologi baserat på feedback och nya insikter och sett till så att arbetet håller en hög vetenskaplig standard.

4.2. Undersökningsmetod

Metoden för datainsamling är baserad på undersökningar som omfattar befintliga rapporter och studier om de relevanta materialen och processerna. Detta används som primär datakälla. Utifrån undersökningsstrategin har dokumentanalysen utförts på så sätt att relevanta och jämförbara studier har identifierats som sedan använts för att jämföra miljöpåverkan, kostnader och resursåtgång för de olika typerna av träkonstruktioner. Framställningen av data utifrån detta renderar i kompletta indata till jämförelser med metoder som livscykelanalys och livscykelkostnadsanalys, eller ligger till grund för justeringar som tillåter jämförelse.

5 Datainsamling

Detta kapitel redogör för den insamlade datan som ligger till grund för jämförelsen. Den är samlad från studier där en LCA och/eller LCC genomförts på ett eller flera material. Datat kommer att presenteras för respektive material.

5.1 Jämförelsestudie LCA Masonite Beams

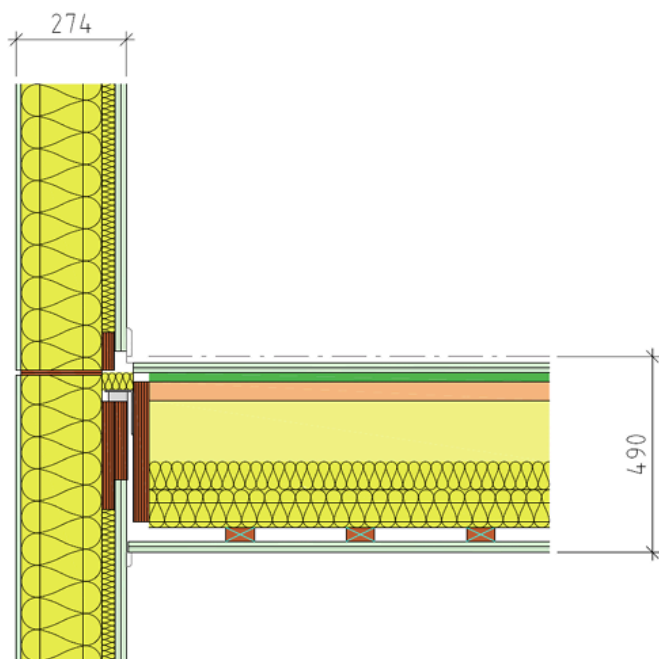
Jämförelsestudien som presenteras är en tidigare utförd LCA som refereras i den studien, samt i denna, som Blå Jungfrun.

5.1.1 Om referensen

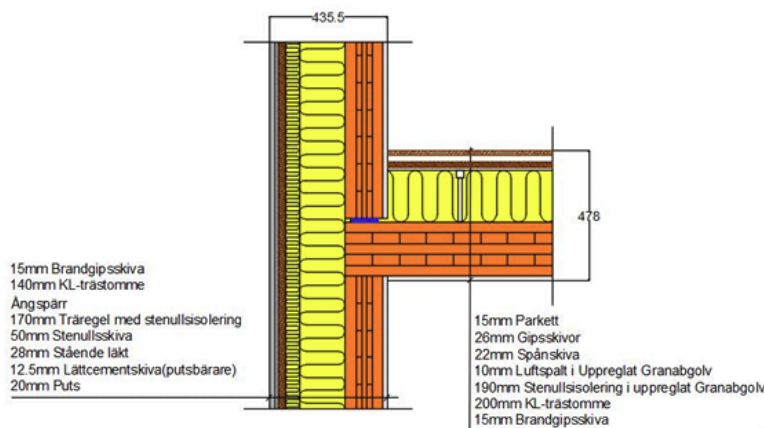
Studien är utförd av Erlandsson (2020), och jämför klimatpåverkan i form av LCA beräkningar för sju olika byggsystem för samma byggnad. I studien förklaras det att byggnaden är ett flerbostadshus i sex våningar med ytan $2198 \text{ m}^2 A_{temp}$. För att förenkla jämförelsen mellan de olika systemen som presenteras i studien är ytan omräknad enligt ekvationen (Sveby, 2009):

$$BTA = \frac{A_{temp}}{0,9} \quad (2).$$

Systemen som tas i beaktning från studien är KL-trä och lättbalkar från Masonite Beams, då dessa är de relevanta för detta examensarbete. Uppbyggnaden av dessa system visas i figur 4 och 5.



Figur 4. Snitt på uppbyggnaden av systemet med Masonite Beams lättbalkar. (Erlandsson, 2020).



Figur 5. Snitt på uppbyggnaden av massiv stomme i KL-trä. (Erlandsson, 2020)

5.1.2 LCA

Genom att använda lättbalkar med I-profiler minskar värmeförlusterna från köldbryggor med cirka 75 % jämfört med massivt trä. Lättbalkssystemet bidrar till att uppnå ett genomsnittligt 15 % lägre U-värde än traditionella träregelstrukturer. Detta byggsystem är utformat för industriellt byggande och använder innovativa anslutningar mellan bjälklag och vägg med fjäderupphängningar. Dessutom är installationerna integrerade i systemet, vilket medför en hög grad av färdigställande på fabriken. Datan för de olika skeden i studiens LCA för lättbalkar och KL-trä kan ses i tabell 1.

Tabell 1. LCA från skede A-D för Blå Jungfrun.

Blå Jungfrun

	Skede	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Lättbalkar			124,2		8,1	26,1	-0,9		21,6			169,2			4,5			-162,0
KL-trä i stomme med yttervägg			150,3		17,1	33,3	-0,9		19,8			169,2			7,2			-355,0

5.2 Masonite Beams Lättbalkar

Referensobjektet och dess indata gällande LCA, LCC och resursåtgång.

5.2.1 Om referensen

Referensobjektet för lättbalkar är projektet Telegrafvägen 9, som är konstruerat med Grönbos egenframställda Grönbo Building System. Ett system som använder Masonite Beams lättbalkar som stomsystem och Termoträ som isoleringsmaterial (Grönbo, u.å.).

Projektet består av tre separata flerbostadshus som är 4-5 våningar med en totalyta på 5289 m² BTA. För beräkningar till LCA har kg CO₂ ekv/m²BTA räknats ut separat och sedan lagts samman för att få fram ett medelvärde, som sedan använts till jämförelserna.

Det är viktigt att notera att på Telegrafvägen 9 är solceller installerade på taken, vilket påverkar senare LCC-beräkningar gällande kostnader för energi under byggnadens livscykel.

Den exakta konstruktionen för projektet finns inte tillgänglig att använda i studien för demonstration. Istället finns typbilder för systemet tillgängliga och visar hur lättbalkarna används i denna konstruktion. Dessa visas i figurerna 6-9 nedan.

TAKBJÄLKLAG – REI 60 – Diffusionsöppet

500	Termoträ Fireprotect (träfiberisolering). Tjockare isolering möjlig + bärande stomme: Masonite Beams lättbalk
34	Glespanel
12,5	Fermacell Firepanel A1 (fibergipsskiva)
12,5	Fermacell Firepanel A1 (lufttät ångbroms)

Figur 6. Typbild för uppbyggnaden av takbjälklag. (Grönbo, 2019).

MELLANBJÄLKLAG – REI 60 – Ljudklass A vid fältmätningar

Tot 532	15	Parkett alt 12 spånskiva + 3 matta.
	32	Installationsutrymme
	39	LVL träskiva
	350	Termoträ Fireprotect (träfiberisolering) + bärande stomme: Masonite Beams lättbalk
	37	Mellanrum för ljudbegränsning (speciell ljuddämpningslösning m. upplag på fjädrar)
	34	Glespanel
	12,5	Fermacell Firepanel A1
	12,5	Fermacell Firepanel A1

Figur 7. Typbild för uppbyggnaden av mellanbjälklag. (Grönbo, 2019).

LÄGENHETSSKILJANDE VÄGG – REI 90

Tot min 280	12,5	Fermacell Firepanel A1
	12,5	Fermacell Firepanel A1
	15	K-plywood
	200–260	Termoträ Fireprotect (träfiberisolering) + träregelstomme
	15	K-plywood
	12,5	Fermacell Firepanel A1
	12,5	Fermacell Firepanel A1

Figur 8. Typbild för uppbyggnaden av lägenhetsskiljande vägg. (Grönbo, 2019).

YTTERVÄGGAR – REI 90 – Diffusionsöppen

10	Fasadskiva (andra fasader möjliga)
22	Luftspalt (djup beroende på fasadbeklädnad)
12,5	Vindskyddsskiva
395 *	Termoträ Fireprotect (träfiberisolering) + bärande stomme: Masonite Beams lättregel
15	K-plywood
12,5	Fermacell Firepanel A1 (Fibergipsskiva)
12,5	Fermacell Firepanel A1 (lufttät ångbroms)

* Isolertjocklekar 295, 345, 395, 445, 495 och 545 mm möjliga

Figur 9. Typbild för uppbyggnaden av yttervägg. (Grönbo, 2019).

5.2.2 LCA

Som underlag till LCA för detta projekt har klimatdeklarationer använts. Dessa är överlämnade från Venum Fastigheter och visar klimatpåverkan för de enskilda byggnaderna, dock endast för skeden A1-A5. Som komplettering har data använts för B1-D från referens Blå Jungfrun, vilken är presenterad tidigare.

Tabell 2. LCA från skede A-D för Telegrafan [kgCO₂ekv/m²].

Lättbalkar Telegraf	Skede	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
kgCO ₂ ekv/m ² BTA		112,7			8,0	41,6	-0,9		21,6			169,2			4,5			-162,0

5.2.3 LCC

Indata för att genomföra LCC:en för Masonite Beams lättbalkar finns i Tabell 3 nedan. Där kostnaden för grundinvestering gäller för projekteringsbudgeten för projektet Telegrafvägen 9. Energiåtgång är även den från Telegrafvägen 9 och är baserad på energiberäkningar tillhandahållna från Värnum Fastigheter. Rivningskostnaden är tagen från Bidcon och priset per kWh är ett snitt från SCB (u.å.).

Tabell 3. LCC av lättbalkar.

LCC Lättbalk

Grundinvestering	15 789,62
Underhåll	0,00
Kalkylränta	2%
Rivningskostnad	250,00
Livscykel	50 år
Energiåtgång/m ² ,år	32,5
Kostnad/kWh	0,72

LCClättbalk 19 611,67

Uträkningen för LCC är utförd enligt följande:

$$LCC_{\text{Lättbalk}} = 15\,789,62 + 250 * (1,00 + 0,02)^{50} + (32,5 * 0,72 * (1,00 + 0,02)^{50}) * 50$$

$$LCC_{\text{Lättbalk}} = 19\,611,67 \frac{\text{kr}}{\text{m}^2} \text{ för } 50 \text{ år} \quad (3)$$

Varav kostnaden för att bygga projektet blir $16\,462,52 \frac{\text{kr}}{\text{m}^2}$ och kostnaden för energi under hela byggnadens livscykel blir $3\,149,16 \frac{\text{kr}}{\text{m}^2}$.

5.2.4 Resursåtgång

Data för mängden träprodukt som krävs för att tillverka Masonite Beams lättbalkar kommer från EPD:er från företagets hemsida. Data för lättbalkar med OSB kommer från Masonite Beams (2021b) och för spån kommer data från Masonite Beams (2021c). I dessa EPD:er visas materialen i kg/m, men detta räknas om till kg/m³, för att kunna jämföra med de andra materialen, då de presenteras i kg/m³ i deras respektive EPD:er.

Lättbalkarnas resursåtgång räknas ut enligt följande:

$$\text{Material} * \left(\frac{1}{0,047}\right) * \left(\frac{1}{0,3}\right) \quad (4)$$

Där materialet har enheten kg/m, 0,047 är bredden av en balk i meter och 0,3 är höjden av en balk i meter. Resultatet redovisas i följande tabell.

Tabell 4. Resursåtgång för lättbalkar.

Resursåtgång

Lättbalk OSB	104,26 kg/m ³
Timmer	130,50 kg/m ³
Lättbalk Partikel	131,21 kg/m ³
Timmer	130,50 kg/m ³

Resultatet visar åtgång för två olika typer av lättbalk, den ena med ett liv tillverkat av OSB och den andra med partikel/spånskiva, båda har en fläns tillverkad av timmer.

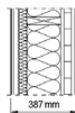
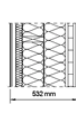
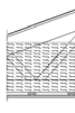
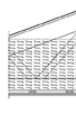
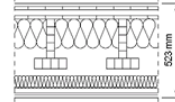
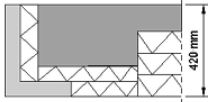
5.3 KL-trä

Referensobjektet och dess indata gällande LCA, LCC och resursåtgång.

5.3.1 Om referensen

Objektet som används som referens för KL-trä men även senare för Limträ/LVL, är en studie av Peñaloza m.fl. (2013). Studien ser till flerbostadshuset Wälludden, som är fyra våningar högt med en uppvärmd yta på 1190 m² och boarea på 928 m². I studien utforskas olika konstruktioner med både normal design och passivhusdesign.

Uppbyggnaden av de två olika konstruktionerna med KL-trä ses i figur 10.

Exterior walls	
<p>Standard Design</p>  <p>Ventilated plaster facade system 28 x 95 mm wood lath C 600 mm 50 mm stone wool, 45 kg/m³ 195 mm stone wool, 28 kg/m³ 45x195 mm timber studs, C 600 mm 0.2 mm plastic film, PE 82 mm CLT, 400 kg/m³ 15 mm gypsum plasterboard, 825 kg/m³</p>	<p>Passive House Design</p>  <p>Ventilated plaster facade system 28 x 70 mm wood lath C 600 mm 50 mm stone wool, 45 kg/m³ 170 mm stone wool, 28 kg/m³ 45x170 mm timber studs, C 600 mm 170 mm stone wool, 28 kg/m³ 45x170 mm timber studs, C 600 mm 0.2 mm plastic film, PE 82 mm CLT, 400 kg/m³ 15 mm gypsum plasterboard, 825 kg/m³</p>
Roof-Ceiling	
<p>Standard Design</p>  <p>Asphalt sheeting, two layer 16 mm T&G wood panels Roof trusses 500 mm stone wool (loose wool), 28 kg/m³ 0.2 mm plastic folio, PE 28x70 mm wood battens C 400 mm 2x13 mm gypsum plasterboard, 720 kg/m³</p>	<p>Passive House Design</p>  <p>Asphalt sheeting, two layer 16 mm T&G wood panels Roof trusses 550 mm stone wool (loose wool), 28 kg/m³ 0.2 mm plastic folio, PE 28x70 mm wood battens C 400 mm 2x13 mm gypsum plasterboard, 720 kg/m³</p>
Floor-ceiling	
<p>Both Designs</p>  <p>14 mm laminated wood flooring 2 mm expanded polyethylene 70 mm CLT, 400 kg/m³ 45x220 mm glulam beams C 450 mm 56x180 glulam flange C 450 mm 170 mm stone wool, 28 kg/m³ 70 mm stone wool, 28 kg/m³ 28x70 mm wood panels C 300 mm 2x13 mm gypsum plasterboard, 720 kg/m³</p>	
Foundation	
<p>Both Designs</p>  <p>120 mm concrete, reinforced 300 mm XPS, 32 kg/m³</p>	

Figur 10. Snitt på uppbyggnaden av Wälludden. (Peñaloza m.fl., 2013).

5.3.2 LCA

Studiens LCA har sammanställts med kompletterande data från andra studier, men presenteras i detta fall enbart data från Wälludden. Detta för både standarddesignen och passivhusdesignen. Båda fallens resultat för de olika skeden i studien ses i tabell 5.

Tabell 5. LCA från skede A-D för Wälludden [kgCO₂ekv/m²].

KL-trä Wälludden																		
	Skede	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Standard			142,0			10,9	0,0	25,9				587,0			66,8			-307,2
Passivhus			148,6			11,1	0,0	25,9				276,3			66,8			-321,8

5.3.3 LCC

Studien som använts till LCA har inte inkluderat kostnadskalkyler och då energiåtgång inte är tydligt specificerat kompletteras dessa med två ytterligare studier. För kostnaderna kommer data från en studie av Hansted Andersen m.fl. (2022) och för energibehov är data från en studie av Dodoo m.fl. (2014) som kan ses i figur 11. Resultatet för uträkningen för KL-trä samt indata för den ses i tabell 6.

Kostnaderna i studien är från två svenska projekt som slagits samman för att ge ett medelvärde och detta används som grundinvestering i kalkylen. Rivningskostnaden är tagen från Bidcon och priset för kWh är detsamma som använts för LCC för lättbalkar.

I studien av Dodoo m.fl. (2014) där data för energibehov är taget ifrån har man undersökt hur dessa skiljer sig beroende på klimat och design. För möjligheten att jämföra används värden för en låg-energi lösning och ett medelvärde från de tre olika platserna i Sverige. Uträkning för energibehovet samt resterande indata följer:

$$\text{Energi behov: } \frac{25+37,5+55}{3} = 39,2 \quad [\text{kWh/m}^2/\text{år}] \quad (5)$$

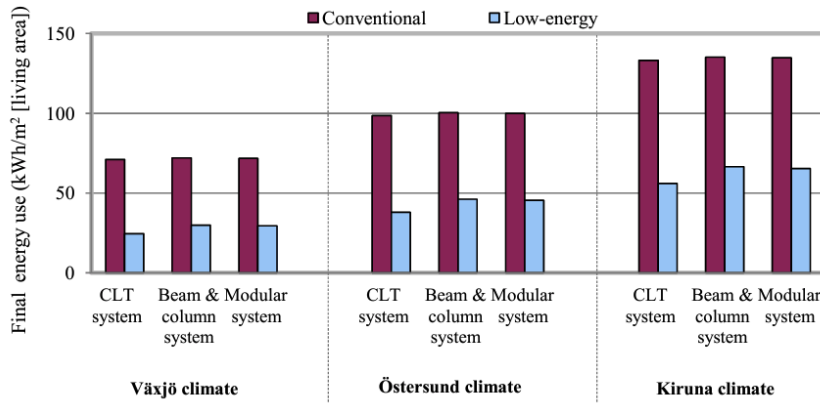
Tabell 6. LCC för KL-trä

LCC KL-trä	
Grundinvestering	22 704,05
Underhåll	0,00
Kalkylränta	2%
Rivningskostnad	370,00
Livscykel	50 år
Energiåtgång/m ² ,	39,2
Kostnad/kWh	0,72
LCCkl	27 498,30

$$LCC_{KLT} = 22\,704,05 + 370,0 * (1,00 + 0,02)^{50} + (39,2 * 0,72 * (1,00 + 0,02)^{50}) * 50$$

$$LCC_{KLT} = 27\,498 \frac{kr}{m^2} \text{ för } 50 \text{ år} \quad (6)$$

Varav byggkostnad blir $23\,699,9 \frac{kr}{m^2}$ och kostnaden för energi under hela byggnadens livscykel blir $3\,798,4 \frac{kr}{m^2}$.



Figur 11. Energianvändning för system med KL-trä i olika klimat. (Dodoo m.fl., 2014).

5.3.4 Resursåtgång

Resursåtgången för tillverkning av KL-trä är baserad på data från en generell EPD gällande KL-trä (EPD-Norway, 2020). Denna data ses i tabell 7.

Tabell 7. Resursåtgång för KL-trä

Resursåtgång

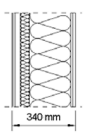
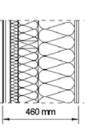
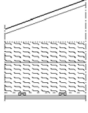

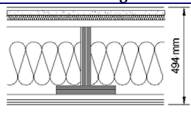
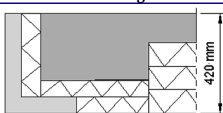
KL-trä	384,00 kg/m³
---------------	--------------------------------

5.4 Limträ/LVL

Referensobjektet och dess indata gällande LCA, LCC och resursåtgång.

5.4.1 Om referensen

Konstruktionen med limträ/LVL som används för jämförelse kommer också från studien med referensobjektet Wälludden, som används för KL-trä. Uppbyggnaden av denna referens ses nedan i figur 12. På samma sätt som för KL-trä, använder studien två olika typer av design, en standard och en enligt kraven för passivhus.

Exterior walls	
<p>Standard Design</p>  <p>Ventilated plaster facade system 28 x 70 mm wood lath C600 mm 50 mm stone wool, 45 kg/m³ 220 mm stone wool, 28 kg/m³ 45x220 mm timber studs, C 600 mm 0.2 mm plastic film, PE 2 x 13 mm gypsum plasterboard, 720 kg/m³</p>	<p>Passive House Design</p>  <p>Ventilated plaster facade system 28 x 70 mm wood lath C600 mm 50 mm stone wool, 45 kg/m³ 120 mm stone wool, 28 kg/m³ 45x120 mm timber studs, C 600 mm 220 mm stone wool, 28 kg/m³ 45x220 mm timber studs, C 600 mm 0.2 mm plastic film, PE 2 x 13 mm gypsum plasterboard, 720 kg/m³</p>
Roof-Ceiling	
<p>Standard Design</p>  <p>Asphalt sheeting, two layer 45 mm LVL board, 480 kg/m³ 45x300 mm LVL beams C 600 mm 500 mm glass wool (loose wool), 15-30 kg/m³ 0.2 mm plastic folio, PE 28x70 mm wood battens, C 400 mm 13 mm gypsum plasterboard, 720 kg/m³ 15 mm gypsum plasterboard, 825 kg/m³</p>	<p>Passive House Design</p>  <p>Asphalt sheeting, two layer 45 mm LVL board, 480 kg/m³ 45x300 mm LVL beams C 600 mm 550 mm glass wool (loose wool), 15-30 kg/m³ 0.2 mm plastic folio, PE 28x70 mm wood battens, C 400 mm 13 mm gypsum plasterboard, 720 kg/m³ 15 mm gypsum plasterboard, 825 kg/m³</p>
Floor-ceiling	Foundation
<p>Both Designs</p>  <p>14 mm laminated wood flooring 3 mm expanded polyethylene 25 mm gypsum fibre board, 1176 kg/m³ 25 mm glass wool board, 160 kg/m³ 33 mm LVL board, 480 kg/m³ 220 mm glass wool, 16 kg/m³ 51x300 mm LVL beams C 600 mm, 480 kg/m³ 25 mm Sound insulation bars 13 mm gypsum plasterboard, 720 kg/m³ 15 mm gypsum plasterboard, 825 kg/m³</p>	<p>Both Designs</p>  <p>120 mm concrete, reinforced 300 mm XPS, 32 kg/m³</p>

Figur 12. Snitt på uppbyggnaden av Wälludden. (Peñaloza m.fl., 2013).

5.4.2 LCA

Resultatet från studiens LCA för konstruktion med limträ/LVL visas i tabell 8 nedan.

Tabell 8. LCA från skede A-D för LVL/Limträ [kgCO₂ekv/m²].

LCA LVL/Limträ

	Skede	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Standard			166,3			12,2	-1,2	26,6				592,3			63,3			-281,2
Passivhus			171,7			12,3	-1,2	26,6				306,9			69,5			-290,9

5.4.3 Resursåtgång

För resursåtgången för tillverkning av limträ (Setra, 2018). och LVL (Enso, S., 2023) presenteras data från två separata EPD:er på typexempel av dessa produkter. Åtgången för de båda presenteras i samma tabell som ses i tabell 9.

Tabell 9. Resursåtgång för LVL/Limträ.

Resursåtgång	kg/m ³
Limträ	430,00
LVL	478,00

6 Resultat

I resultatdelen presenteras LCA, LCC och resursåtgången i data i form av tabeller och diagram.

6.1 LCA

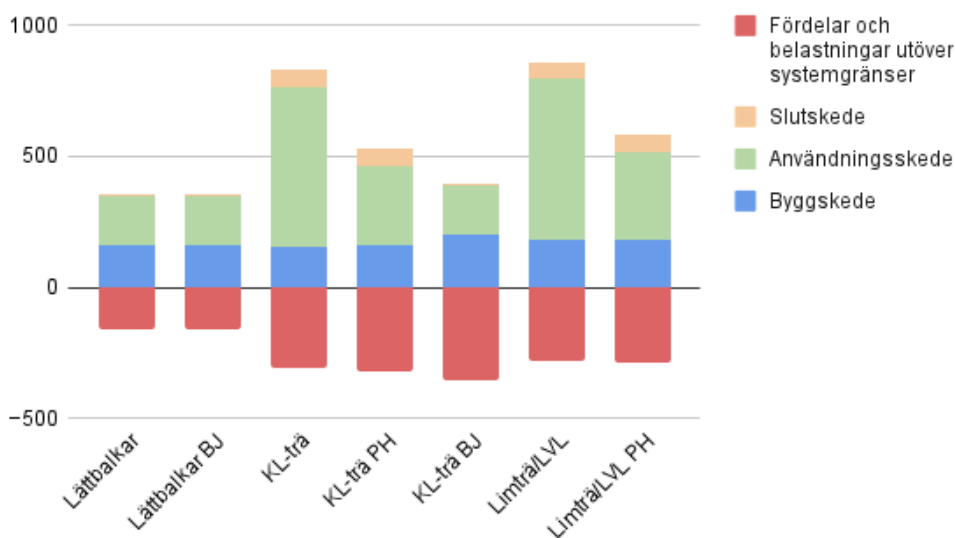
I denna del presenteras sammanställd data för LCA:er från de olika träkonstruktionerna i både tabell- och diagramform. Tabellen syns nedan i tabell 10, och diagrammet i figur 13.

Tabell 10. LCA för samtliga träsorter i skede A-D [$\text{kgCO}_2\text{ekv/m}^2$].

LCA																			
Skede	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	A1-C4	Total
Lättbalkar		112,7		6,0	41,6	-0,9		21,6			169,2			4,5			-162,0	354,7	192,7
Lättbalkar BJ		124,2		8,1	26,1	-0,9		21,6			169,2			4,5			-162,0	352,8	190,8
KL-trä		142,0			10,9	0,0	25,9				587,0			66,8			-307,2	832,6	525,4
KL-trä PH		148,6			11,1	0,0	25,9				276,3			66,8			-321,8	528,6	206,8
KL-trä BJ		150,3		17,1	33,3	-0,9		19,8			169,2			7,2			-355,0	396,0	41,0
Limträ/LVL		166,3			12,2	-1,2	26,6				592,3			63,3			-281,2	859,4	578,2
Limträ/LVL PH		171,7			12,3	-1,2	26,6				306,9			69,5			-290,9	585,8	294,9

Uppdelningen av skeden i resultatet är beroende på hur dessa har presenterats i respektive LCA:er, där de vanligtvis presenteras som moduler. Vissa exkluderar även skeden som andra studier har inkluderat. I tabellen visas även total påverkan, både för skeden A1-C4 och A1-D.

LCA - Skeden A-D

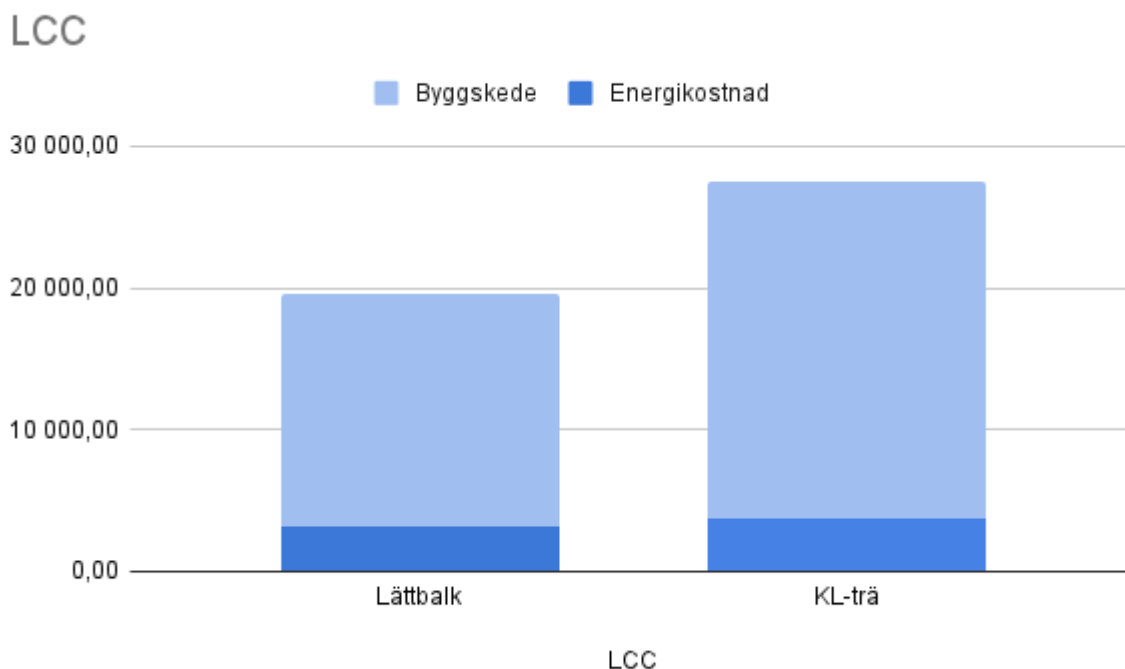


Figur 13. Diagram över LCA för samtliga träsorter i skede A-D, där BJ står för referensobjektet Blå Jungfrun och PH står för passivhus.

Resultaten för lättbalkar samt KL-trä för passivhus och Blå Jungfrun är jämförbara i total påverkan. Den största skillnaden mellan dessa är från skede D, där KL-trä har ett större upptag av koldioxid än lättbalkar. Anledningen till detta och eventuella effekter av detta diskuteras djupare i kapitel 7.

6.2 LCC

I denna del presenteras sammanställd data för LCC:er från de olika träkonstruktionerna i diagramform.



Figur 14. Diagram över LCC i byggskede och energikostnad för lättbalkar och KL-trä.

I figur 14 illustreras sambandet mellan kostnaden för lättbalkar och KL-trä i både byggskedet samt energikostnaden. Energikostnaden för lättbalkar är 3 149,16 kr/kvm under hela livscykeln för KL-trä är det 3 798,40 kr/kvm genom hela livscykeln. Under byggskedet är kostnaden för hela livscykeln per kvadratmeter 16 462,52 SEK för lättbalkar och 23 699,90 SEK för KL-trä.

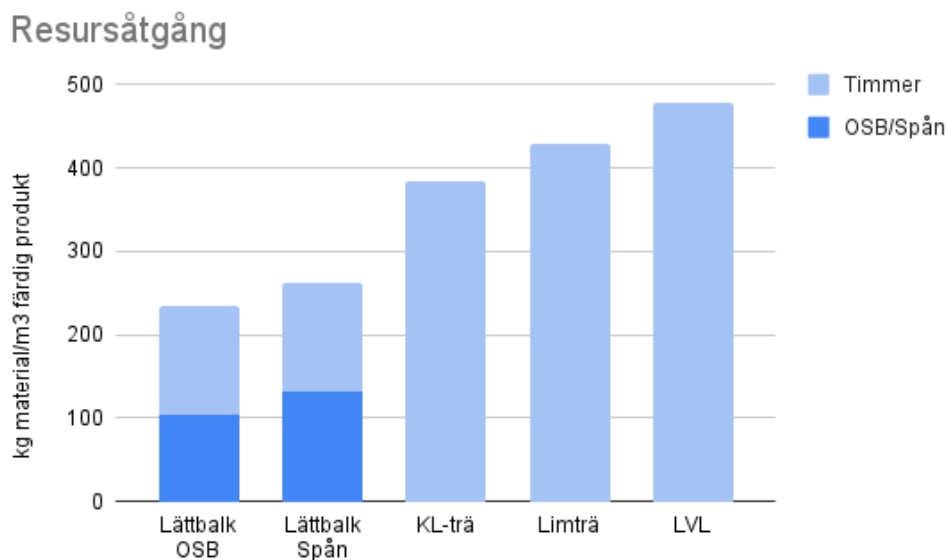
6.3 Resursåtgång

Resursåtgången presenteras först i tabell 11 för att illustrera åtgången för lättbalkar. Då dessa är uppbyggda från två olika trämaterial, där den ena lättbalken består av OSB och timmer medan den andra består av partikel-/spånskiva och timmer. Timmer är en rå träprodukt medan OSB samt partikel-/spånskiva är en processad träprodukt och mängden timmer som krävs för dessa skiljer sig.

Tabell 11. Resursåtgång för samtliga träsorter.

Resursåtgång	kg/m³
<i>Lättbalk OSB</i>	104,26
<i>Timmer</i>	130,50
<i>Lättbalk Partikel</i>	131,21
<i>Timmer</i>	130,50
<i>KL-trä</i>	384,00
<i>Limträ</i>	430,00
<i>LVL</i>	478,00

Från tabell 11 kan det utläsas att mängden OSB skiljer sig från mängden partikel-/spånskiva för lättbalkar. Mängden timmer utgör balkarnas fläns och är lika stora för båda produkterna.



Figur 15. Diagram över resursåtgången kg material per m³ färdig produkt.

I diagrammet i figur 15 kan det utläsas att lättbalkar kräver minst mängd resurser av de olika konstruktionerna, följt av KL-trä, limträ och till sist LVL.

7 Diskussion

I detta kapitel diskuteras det som tagits upp i rapporten samt går igenom för och nackdelar av den datan som nämnts.

7.1 Resultatdiskussion

Det som identifierats är att livscykelanalyser är en central del av hållbarhetsdiskussionen inom byggbranschen. Genom att analysera miljöpåverkan under en produkts hela livscykel, från råvaruutvinning till avfallshantering, kan det mest resurskrävande och miljöskadliga stegen i processen identifieras. På så sätt ger LCA en helhetsbild av en produkts miljöpåverkan, vilket gör det möjligt att fokusera på att minska denna påverkan genom hela livscykeln. Genom att identifiera de mest betydande källorna till miljöpåverkan kan man rikta in sig på att optimera dessa steg för att uppnå en mer hållbar produktion och användning av byggmaterial. LCA kan vara en komplex och resurskrävande process. Att samla in data, utföra analyser och tolka resultaten kräver tid och resurser, vilket kan vara en utmaning för många företag inom byggbranschen. Dessutom kan osäkerheter i data och tolkningar påverka resultatens tillförlitlighet och jämförbarhet mellan olika studier. Genom att använda LCA-resultat som underlag för beslut kan företag och organisationer fokusera på att utveckla mer hållbara produkter och processer. Det kan dessutom bidra till att öka medvetenheten om miljöfrågor och stimulera till en mer hållbar utveckling inom branschen. LCA är inte en isolerad process utan bör integreras i en bredare hållbarhetsstrategi. Genom att kombinera LCA med andra verktyg och metoder, såsom en livscykelkostnadsanalys, kan man skapa en mer heltäckande och effektiv strategi för att främja hållbarhet inom byggbranschen.

Utifrån alla för- och nackdelar med LCA är det fortfarande det verktyget som lämpar sig bäst för att påverka en omställning inom byggbranschen för att bygga mer miljövänligt.

Precis som med LCA har LCC sina för- och nackdelar. De faktorer som kan påverka slutresultatet av en kostnadsanalys behöver beaktas och kan inte tas från ett fall för att jämföras med ett annat. Det lämpar sig dock att användas i samband med en LCA för att få en djupare förståelse för den större helheten av branschen. För jämförelsen av dessa material saknas dock datan för att inkludera en kostnadsanalys av LVL/limträ, då användningen av denna konstruktionsmetod är begränsad i dagsläget.

Det vi anser i detta examensarbete är att det saknas en förståelse av resursen som ligger bakom möjligheten till en hållbar omställning. Att bygga med trä kräver en förståelse av hur skogsindustrin hanterar att förse branschen med timmer. Om processen inte är hållbar är inte heller träkonstruktioner tillräckligt hållbara i längden förrän processen är det. Certifierade skogar är därför en nyttig aspekt. Det handlar därför inte om mängden utan om kvaliteten på hur skogarna sköts och att avyttringar sker på ett ansvarsfullt sätt, så att skogen inte offras för att omvandlas till produkter.

För att tolka resultaten av LCA, LCC och resursåtgång framstår lättbalkar som det mest attraktiva alternativet när det gäller träkonstruktioner. Kostnaderna för ett projekt är lägre och det är det minst resurskrävande av alternativen. Miljöpåverkan i LCA är jämlik med det mest miljövänliga exemplet för KL-trä. För att omvandla den mindre mängd resurser som krävs till en nackdel kan det utläsas från datan att lättbalkar har en mindre kolsänka än KL-trä. Resultatet av detta kan ses som en nackdel i ett fall där alla framtida byggen utförs som träkonstruktioner och man antar att mängden träd i skogen

förblir densamma, för fallen att alla träkonstruktioner utförs i KL-trä eller att alla utförs med lättbalkar. Skulle detta vara fallet så bidrar KL-trä med en större kolsänka totalt sett och förbättrar därmed branschens miljöpåverkan i sin helhet. Ser man istället på dagens situation lämnar lättbalkar fler träd i skogen och bibehåller på så sätt den kolsänka eftersom skogen är mer intakt. Slutsatsen av detta kan undersökas vidare för att bekräfta vad det bättre alternativet faktiskt är, men det verkar utifrån dagens situation som att lättbalkar har större positiv effekt, trots den mindre mängden bunden biogen koldioxid.

7.2 Metoddiskussion

Som examensarbetet redovisar kan LCA- och LCC:er vara missvisande då resultaten av dem påverkas av små faktorer. Det krävs en del antaganden för att närma sig en rättvis och rimlig jämförelse mellan olika studier. Detta har även varit del i detta arbete, då tillgänglig jämförbar data är svår att hitta.

För LCA har en del faktorer behövts förbises och vissa korrigerats genom att ta fram snitt från flera olika fall gällande klimat för bostäderna. Att fokusera på passivhus i de studier där det funnits tillgängligt är ytterligare en sådan faktor då dessa är närmast jämförbara med referensen för lättbalkarna. Att den datan kompletterats med en tidigare LCA var en nödvändighet på grund av brist av aktuell data och det är troligt att klimatpåverkan bör vara lägre än vad som presenteras här, delvis på grund av nyttjandet av solceller. Hur resultatet skulle se ut om detta, och även andra skeden, såsom transporter, andra material för huset, maskiner och ytterligare klimattänk för varje bygge var jämförbart, går inte att dra en slutsats kring. Istället får arbetet representera verkliga fall och inte en direkt jämförelse för ett fall med samma referens.

Detta gäller förstås inte enbart LCA, utan även LCC. Det är inte bara stommen som inkluderas i jämförelserna, utan även andra material och skeden som inte involverar stommen. Att enbart se på flerbostadshus ska dock jämnas ut det resultatet, då de överlappande komponenter som krävs är många. Ännu en aspekt att ha i åtanke vid LCC är att analysen för lättbalkar är tagen från projekteringssiffror och det verkliga utfallet inte är fastställt. Ser man på trender inom byggbranschen går det dock att anta att den slutliga siffran egentligen är något högre.

Resursåtgången för LVL/limträ är inte heller exakt representativ för ett verkligt fall, då de presenteras separat men används tillsammans i konstruktioner. Något mer realistiskt hade varit att presentera en gemensam resursåtgång, men då krävs data och antaganden kring förhållandet i vilket de används. Ytterligare är resursåtgång en bidragande faktor till exkluderingen av en multikriterieanalys, vilket är något man kan göra för att kombinera resultaten av en LCA och LCC. Då vi menar att resursåtgång är något som förbises i både branschen och i en multikriterieanalys valde vi att inte genomföra en.

Det som hade förbättrat och förankrat resultatet hade varit att jämföra en större mängd data och referensobjekt för att jämnas ut resultat och ge en bättre insikt för trender kring materialen. Det är en möjlighet att de slumpvalda studier som använts ger en missvisande bild från verkligheten då valda projekt kan ha påverkats av faktorer som vanligtvis inte är aktuella.

8 Slutsatser

I det här kapitlet kommer slutsatser och rekommendationer kring dagsläget samt förslag till framtida forskning som kan bidra till att förstärka och fördjupa kunskaper och därmed förbättra branschens miljöpåverkan.

8.1 Slutsatser och rekommendationer

Gällande de frågor som skulle besvaras har vi kommit fram till följande:

Hur kan olika träkonstruktioner utvärderas utifrån ekonomiska och miljömässiga aspekter?

- Alternativen är att använda sig av LCA och LCC som verktyg för utvärdering, de har sina nackdelar, men de har fått spridning inom branschen och förbättringar kan komma.

Vilket material kan anses mest fördelaktigt utifrån utvärderingen?

- Utifrån dokumentanalysen i detta examensarbete är lättbalkar ett attraktivt alternativ att använda i dagsläget. Det tillåter billigare byggprojekt samtidigt som det har en lägre klimatpåverkan. Lättbalkarna brukar en mindre mängd skog, vilket kan bevisa sig vara värt mer i framtiden än vad det verkar idag.

Hur bör resursåtgången för produktion av material påverka den slutgiltiga bedömningen?

- Det verkar i dagsläget inte vara relevant nog för att byta typ av material för ett projekt med träkonstruktion. Det är dock relevant nog att ge mer uppmärksamhet då det troligtvis kommer att bli ett problem i framtiden. I ett skede när branschen vill agera mer miljömedvetet så är det inte fel att också vilja bevara de svenska skogarna i den utsträckning som det går.

8.2 Förslag för framtida forskning

Det vi föreslår för framtida forskning är att göra en liknande studie, fast större. Att se på verkliga exempel av byggprojekt och studera dessa, en större mängd kan bidra till att jämma ut resultaten från påverkan av de variabler som oftast förekommer vid byggen. Denna studie skulle även kunna bidra med insikter i vad de projekt som lyckats göra det så billigt och miljövänligt har gjort för att lyckas med detta.

Att även göra en bredare undersökning kring byggbranschens roll i svenskt skogsbruk hade varit nyttigt då det är nödvändigt att förstå hur denna resurs brukas och att den inte förstörs på bekostnad av hållbara byggnader.

9 Referenser

Biolek, V., & Hanák, T. (2019). LCC Estimation Model: A Construction Material Perspective. *Buildings*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/buildings9080182>

Boverket. (2019). *Introduktion till livscykelanalys (LCA)*.
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/>

Boverket. (2023). *Syftet med att klimatdeklarera byggnader*.
<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/om-klimatdeklaration/syfte/>

Boverket. (2024). *Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn*.
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser>

Crawford, R. H., & Cadorel, X. (2017). A Framework for Assessing the Environmental Benefits of Mass Timber Construction. *Procedia Engineering*, 196, 838-846. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.015>

Denscombe, M. (2016). *Forskningshandboken - För småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna (3. uppl.)*. Studentlitteratur.

Dodoo, A., Gustavsson, L., & Sathre, R. (2014). Lifecycle carbon implications of conventional and low-energy multi-storey timber building systems. *Energy and Buildings*, 82, 194-210.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.06.034>

Dossche, C., Boel, V., & De Corte, W. (2017). Use of Life Cycle Assessments in the Construction Sector: Critical Review. *Procedia Engineering*, 171, 302-311. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.338>

Enso, S. (2023). *Environmental Product Declaration*.
<https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/33d653d9-0d1e-4ace-cf4d-08dc5acebd38/Data>

EPD-Norge. (2020). *CLT (Cross Laminated Timber)*.
<https://www.epd-norge.no/epder/bygg/heltreprodukter/clt-cross-laminated-timber>

Erlandsson, M. (2020). *Referensbyggnaden Blå Jungfrun med träbaserade element med lättbalkar och cellulosaisolering - en klimatdeklaration för hela byggnaden och livscykeln*.

Gluch, P., & Baumann, H. (2004). The life cycle costing (LCC) approach: A conceptual discussion of its usefulness for environmental decision-making. *Building and Environment*, 39, 571-580.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2003.10.008>

Grönbo. (2019). *Grönbo Building Systems*.
https://www.blockark.se/sites/default/files/bilagor/gronbo_building_system_2019-04-15.pdf

- Grönbo. (u.å.). *Vårt gröna byggsystem*. <https://www.gronbo.com/vart-grona-byggsystem>
- Hansted Andersen, J., Englund, M., Goto, Y., Armann Hansen, K., Johansen, H., & Grotenfelt, D. (2022). *Construction cost of timber buildings*.
https://research.chalmers.se/publication/532727/file/532727_Fulltext.pdf
- Kozak, C. (2023). *SUSTAINABILITY OF MULTI-STORY WOOD BUILDINGS : Can the Swedish forestry keep up with the demand?* (Dissertation).
<https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:mau:diva-62327>
- Masonite Beams. (2021a). *Vad är en lättbalk?* <https://masonitebeams.se/nyheter/vad-aer-en-laettbalk/>
- Masonite Beams. (2021b). *EPD OSB Liv*.
<https://masonitebeams.se/media/7448/masonite-beams-epd-osb-liv.pdf>
- Masonite Beams. (2021c). *EPD Spån Liv*.
<https://masonitebeams.se/media/7449/masonite-beams-epd-spaan-liv.pdf>
- Masonite Beams. (u.å.). *Sortiment*. <https://masonitebeams.se/masonite-beams-laettbalk/sortiment/>
- Peñaloza, D., Norén, J., & Eriksson, P.-E. (2013). *Life cycle assessment of different building systems: the Wälludden case study*. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:962737/FULLTEXT01.pdf>
- Riksbanken. (2023). *Inflationsmålet*. <https://www.riksbank.se/sv/penningpolitik/inflationsmalet/>
- SCB. (u.å.). *Priser på el för hushåll efter förbrukarkategori. Halvår 2014H2 - 2023H2*.
https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_EN_EN0301_EN0301A/SSDHalvarEIHus/
- Schneiderova Heralova, R. (2017). Life Cycle Costing as an Important Contribution to Feasibility Study in Construction Projects. *Procedia Engineering*, 196, 565-570.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.031>
- Setra. (2018). *ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION*.
https://www.epd-norge.no/getfile.php/139532-1715677035/EPDer/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-1662-655_Spruce-glulam--untreated-.pdf
- Skogsindustrierna. (2024). *Skog och klimat - Statistik om svenskt skogsbruk och dess klimatnytta*.
<https://www.skogsindustrierna.se/om-skogsindustrin/branschstatistik/skog-och-klimat/>
- Sveby. (2009). *Brukarindata för energiberäkningar i bostäder*.
https://www.sveby.org/wp-content/uploads/2012/01/brukarindata_bostader.pdf
- Svenskt Trä. (2019). *Dimensionering av träkonstruktioner*.
<https://www.svensktra.se/siteassets/5-publikationer/pdfer/dimensionering-av-trakonstruktioner1-2019.pdf>

- Svenskt Trä. (u.å.a). *Bygg klimatsmart*.
<https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/byggande/varfor-tra/bygg-klimatsmart/>
- Svenskt Trä. (u.å.b). *Spara pengar*.
<https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/byggande/varfor-tra/spara-pengar/>
- Svenskt Trä. (u.å.c). *Skogen*. <https://www.svenskttra.se/hallbarhet/skogen/>
- Svenskt Trä. (u.å.d). *Varför trä?* <https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/byggande/varfor-tra/>
- Svenskt Trä. (u.å.e). *Tillverknings och tillverkare*.
<https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/om-kl-tra/tillverkning-och-tillverkare/>
- Svenskt Trä. (u.å.f). *Om limträ*. <https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/om-limtra/>
- Svenskt Trä. (u.å.g). *Träbaserade skivmaterial*.
<https://www.svenskttra.se/bygg-med-tra/byggande/tra-och-trabaserade-produkter/trabaserade-skivmaterial/>
- TräGuiden. (2017a). *KL-trähandboken, 1.1 Introduktion*.
<https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/kl-tra-som-konstruktionsmaterial/1.1-introduktion/introduktion/?previousState=1000000>
- TräGuiden. (2017b). *Limträ som konstruktionsmaterial*.
<https://www.traguiden.se/konstruktion/limtrakonstruktioner/projektering-av-limtrakonstruktioner/limtra-som-konstruktionsmaterial1/>
- TräGuiden. (2021). *2.3 Fanerträ*.
<https://www.traguiden.se/konstruktion/takstolshandboken/tra-och-miljo/2.3-fanertra/2.3-fanertra/>
- Trä- och Möbelföretagen (TMF). 2023). *Flerbostadshus*.
<https://www.tmf.se/bransch-naringspolitik/branschutveckling/statistik/trahus/flerbostadshus/>
- Upphandlingsmyndigheten. (u.å.). *LCC-verktyg*.
<https://www.upphandlingsmyndigheten.se/om-hallbar-upphandling/ekonomiskt-hallbar-upphandling/lcc-for-langsigtigt-hallbara-inkop/lcc-verktyg/>
- Younis, A., & Doodoo, A. (2022). Cross-laminated timber for building construction: A life-cycle-assessment overview. *Journal of Building Engineering*, 52, 104482. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104482>

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH
SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2024
www.chalmers.se



CHALMERS