



CHALMERS



Miljöpåverkan- och kostnadsanalys för stomsystem i Grön betong och KL-trä

Examensarbete inom högskoleingenjörprogrammet Samhällsbyggnadsteknik

**ABDULRAHMAN MOHANID AKRAM
GENT REXHA**

**INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
AVDELNINGEN FÖR BYGGNADSTEKNOLOGI**

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2021
www.chalmers.se

Examensarbete 2021

Miljöpåverkan- och kostnadsanalys för stomsystem i Grön betong och KL-trä

Abdulrahman Mohanid Akram
Gent Rexha



CHALMERS

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för byggnadsteknologi

Chalmers Tekniska Högskola

Göteborg, 2021

Miljöpåverkan- och kostnadsanalys för stomsystem i Grön betong och KL-trä

ABDULRAHMAN MOHANID AKRAM
GENT REXHA

©ABDULRAHMAN MOHANID AKRAM, GENT REXHA

Examinator: Yutaka Goto, Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, avdelningen för Byggnadsteknologi

Handledare: Shea Hagy, Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, avdelningen för Byggnadsteknologi

Institution för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Byggnadsteknologi

Chalmers Tekniska Högskola

SE-412 96 Gothenburg

Sverige

Telefon: +46 (0)31 – 772 1000

www.chalmers.se

Omslag: Rendering av Bäverhyddan i Trollhättan. Upphovsrätt: Nils Andréassons arkitektkontor AB. Ansvarig Arkitekt: Anders Flygare. Publicerat med medgivande.

Göteborg, Sverige 2021

SAMMANFATTNING

Kritik gentemot byggbranschen har blivit alltmer omfattande och beställare idag är mycket mer miljömedvetna. Idag investeras väldigt mycket i forskning för att optimera resursanvändning, minska miljöpåverkan och hitta nya miljövänligare byggnadsmaterial.

Ett sådant material är Skanskas Gröna betong som togs fram våren 2019. I den Gröna betongen ersätts delar av cementet med restprodukter såsom slagg från metallurgiska processer. Skanska påstår att den Gröna betongen bidrar med cirka 50% mindre koldioxidutsläpp än vanlig konventionell betong.

Ett byggnadsmaterial som på senare år har fått sätta sin prägel på marknaden är KL-trä. Trä anses vara ett förnybart byggnadsmaterial, eftersom att med väl planerade avverkningar och planteringar kan mängden träd som avverkats ersättas av nya träd.

En miljö- och kostnadsanalys genomfördes för ett stomsystem i dessa byggnadsmaterial, för att avgöra vilket som är mest fördelaktigt att använda. Miljöpåverkansanalysen genomfördes med hjälp av LCA-verktyget ToSIA och underliggande data som tillhandahölls från Skanska EPD för Grön betong samt Martinsons EPD för KL-trä. Kostnadsunderlag erhöles i form av mailutbyten med ansvariga aktörer.

Resultatet visar att trots ersättningsprodukter i den Gröna betongen, så har betongen högre koldioxidutsläpp än KL-trä. Betongen beräknades generera ett koldioxidutsläpp som var dubbelt så stort som för KL-trä. Kostnaden däremot var i betongens favör, och KL-träet för stomsystemet beräknades vara 69% dyrare.

Slutsatsen som kan dras är att det handlar om en bedömningsfråga om vad som borde prioriteras. Med ovan i åtanke, är materialvalet för stomsystemet mer ett dilemma än en självklarhet då resultaten visar att båda materialen har sina för- och nackdelar.

Nyckelord: Grön betong, KL-trä, EPD, ToSIA, flerbostadshus, stomsystem.

ABSTRACT

Criticism against the building industry has become more extensive and customers are much more environmentally aware. Today a lot of investments are being done in research to optimize resource use, lower the environmental impact and find more environmentally friendly building materials.

Such a material is Skanska's Green concrete which was developed in the spring of 2019. In the green concrete, a part of the cement is replaced with slag from metallurgical processes. Skanska claims that the green concrete contributes with 50 percent less carbon dioxide emissions than usual concrete.

Another building material that has made its mark on the market is CLT-wood. Wood is considered a renewable building material, because with well-planned felling and planting the trees which were cut down can be replaced by new ones.

An environmental- and cost analysis was done for a frame system with these two building materials, to determine which material is the most beneficial to the environment and most cost effective. The environmental analysis was done with the help of the LCA tool called ToSIA and underlying data from Skanska's EPD for the green concrete and Martinson's EPD for CLT-wood. The cost analysis was mainly done through correspondence with responsible actors.

The results show that even though the replacement product in concrete lowered the amount of carbon dioxide released, it had a higher carbon footprint than CLT-wood. The green concrete generated more than twice the amount of carbon dioxide equivalents than CLT-wood. The cost however was in the favour of the green concrete. The CLT-wood building frame had a price tag which was 69 percent more expensive than concrete.

The conclusion that can be drawn is that there is no definite answer. It rather falls on the customers choosing and what price they are willing to pay since both materials have their pros and cons which this report examined.

Key words: Green concrete, CLT-wood, EPD, ToSIA, apartment buildings, frame system.

FÖRORD

Examensarbetet utfördes vid institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik på Chalmers tekniska högskola och arbetet motsvarar 15 högskolepoäng. Båda författarna studerar högskoleingenjörsprogrammet samhällsbyggnadsteknik. Det valda ämnet var av stort intresse då ett av de två byggnadsmaterialen arbetet omfattar är relativt nytt på marknaden. Att bygga hållbart är något som på senare tid även konsumenten kräver av entreprenörer, vilket detta arbete grundar sig på. Vi har under arbetets gång lärt oss hur miljöpåverkan samt kostnaden för ett byggnadsprojekt är beroende av valet av byggnadsmaterial. Detta är något som vi kommer att ha nytta av i framtiden oavsett vilken riktning vår karriär tar inom byggbranschen.

Vi vill tacka våra handledare hos Eidar AB, Stefan Jansson och Eleonor Olofsson som bidrog med underlag som la grunden för detta arbete. Ett stort tack till vår handledare Shea Hagy och examinator Yutaka Goto, vars engagemang, kunskaper och vägledning har lett oss till arbetets utformning. Vi vill även tacka Stig Axelsson från Martinsons Såg AB som försåg oss med essentiell information om KL-trä och gav oss tillåtelse att använda deras tabeller och diagram i arbetet, och Pierre Berg från Skanska, som tillhandahöll data om Grön betong samt gav oss tillåtelse att använda oss av Skanskas tabeller och diagram i arbetet.

Göteborg, juni 2021

Abdulrahman Mohanid Akram
Gent Rexha

Innehållsförteckning

1. INTRODUKTION	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Frågeställning	4
1.3 Mål och syfte	4
1.4 Avgränsningar	4
2. TEORI	5
2.1 LCA	5
2.1.1 LCA systemgränser	5
2.2 EPD	5
2.3 LCCA	6
3. METOD	7
3.1 Kvalitativ och kvantitativ studie	7
3.2 Om företaget	7
3.3 RevIt	7
3.4 LCA-verktyg	8
3.4.1 Vanliga LCA-verktyg	8
3.4.2 ToSIA	8
3.5 Analys av materialflöde	8
3.5.1 Grön betong	8
3.5.2 KL-trä	11
3.6 Analys av miljöpåverkan	13
3.6.1 EPD - Grön betong	13
3.6.2 ToSIA - Grön betong	15
3.6.3 EPD KL-trä	16
3.6.4 ToSIA - KL-trä	18
3.7 Analys av kostnad	19
3.7.1 Kostnad - Grön betong	19
3.7.2 Kostnad - KL-trä	21
4. RESULTAT OCH DISKUSSION	22
4.1 CO₂-utsläpp Grön betong	22
4.2 CO₂-utsläpp KL-trä	23
4.3 Kostnad - Grön betong	24
4.4 Kostnad - KL-trä	27
4.5 Diskussion	28
4.5.1 CO₂-utsläpp	28

4.5.2 Kostnad	29
5. SLUTSATS.....	31
5.1 Förslag på vidare studier	32
REFERENSER	33

1. INTRODUKTION

1.1 Bakgrund

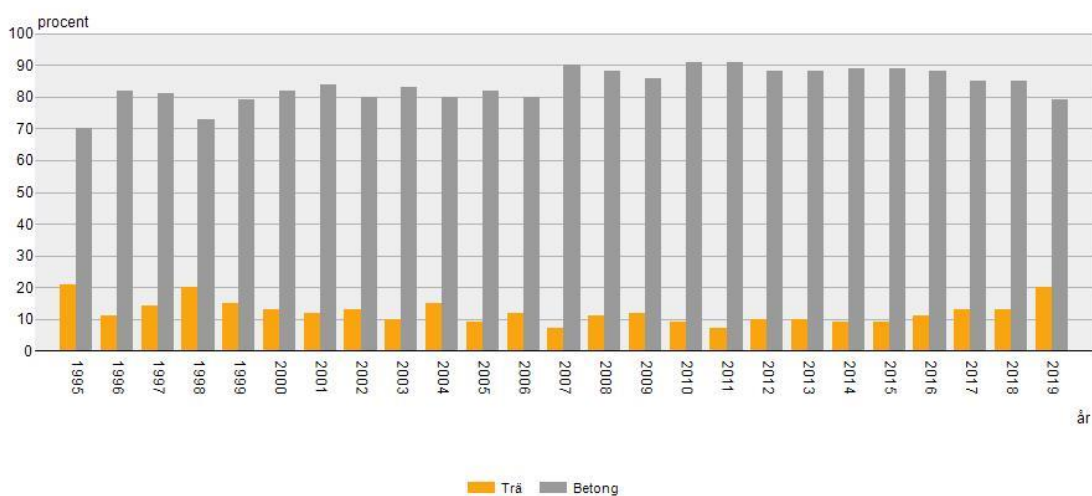
Samtidigt som världens befolkning ökar, så ökar också behovet av bostäder. I samband med detta har det uppstått en omfattande diskussion om byggbranschens klimatpåverkan. År 2018 stod bygg- och fastighetssektorn för 21 procent av Sveriges totala utsläpp av koldioxidekvivalenter vilket motsvarade 17,7 miljoner ton koldioxidekvivalenter (Boverket, 2018).

Sveriges befolkningmängd beräknas överstiga 11 miljoner människor år 2030 och drygt 12 miljoner år 2050 (Statistiska Centralbyrån [SCB], 2021). Enligt SCB (2021) finns idag 4,7 miljoner hushåll inklusive småhus, flerbostadshus, studentlägenheter och äldreboende. Boverkets (2020) prognos visar att det behöver byggas mellan 592 000–664 000 bostäder fram till år 2029 för att kunna tillgodose behovet av bostäder i landet, främst i storstadsområden.

Med ovan i åtanke kommer bygg-och fastighetssektorns totala utsläpp öka markant med rådande framtagning av råmaterial som behövs vid byggandet av bostäder. Därför är det viktigare än någonsin för ledande aktörer att lagstadga, främja innovation samt utveckla produktionsmetoder av olika byggnadsmaterial. 99 procent av alla nybyggda flerbostadshus har en stomme i antingen betong eller trä (SCB, 2019). Sedan 2014 har antalet flerbostadshus ökat årligen med undantag för år 2020 (SCB, 2020). Samtidigt som antalet flerbostadshus ökat så har andelen stommar i trä också ökat, vilket diagram 1 visar. Andelen trästommar har ökat årligen med några procent sedan 2014, och parallellt med denna trend har andelen betongstommar minskat med några procent sedan 2014. Detta tyder på att aktörer inom byggbranschen börjar bli mer och mer miljömedvetna och gör materialval som medför minskad klimatpåverkan.

Diagram 1 visar statistik om trä- och betongstommar för flerbostadshus från 1995.

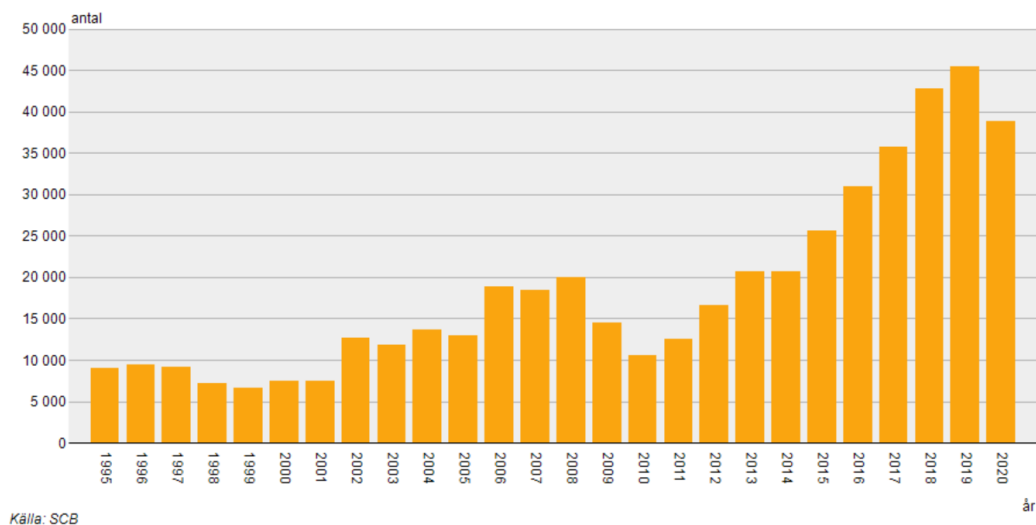
Lägenheter i nybyggda ordinära flerbostadshus, procent efter material i husens stomme och år.



Källa: SCB

Diagram 2 visar antalet flerbostadshus byggda sedan 1995.

Färdigställda lägenheter i nybyggda hus efter år. flerbostadshus.



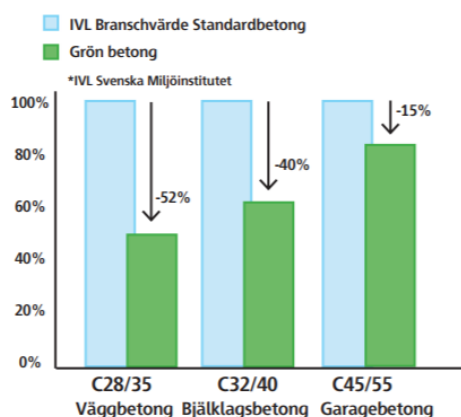
Valet av byggnadsmaterial är den viktigaste aspekten att ha i åtanke när man bygger klimatsmart. Längre har kostnaden varit den styrande faktorn när det kommer till valet av byggnadsmaterial, men idag är kostnaden tillsammans med hållbarhet den styrande faktorn. Därför har många företag riktat in sig på att bygga mer hållbart då beställaren är mycket mer miljömedveten.

Grön betong är benämningen på en ny betongsammansättning tillverkat av Skanska AB (Skanska AB, 2019). Skanska menar att deras betong kan minska koldioxidutsläppen med över 50%. Detta kan åstadkommas genom att de ersätter delar av cementet med slagg, en biprodukt från metallurgiska processer. På så sätt minskar mängden cement som behövs och koldioxidutsläppen halveras (Skanska AB, 2019). Dock så används anläggningsbetong för att kunna nå de högre klimatklasserna (Kryssbo & Spasovski, 2020). Skanska (2019) har skapat tre olika sammansättningar för betongen beroende på vilket användningsområde betongen kommer ha, Grön väggbetong, Grön bjälklagsbetong och Grön garagebetong. Värt att notera är att Skanskas Gröna betong endast kan platsgjutas och inte prefabriceras (personlig kommunikation, 13 april 2021).

Utifrån EPD-filen som Skanska (2019) tagit fram kan man avläsa hur sammansättningen för de olika betongtyperna är. Väggbetongen består av 7,1% slagg och 5,5% cement. Bjälklagsbetongen består av 5,6% slagg och 9,3% cement. Garagebetongen består av 2,3% slagg och 16,1% cement. Hur mycket mindre CO₂-utsläppen blir för respektive betongsammansättning som Skanska uppger kan avläsas från diagram 3.

Diagram 3 visar Skanskas beräknade reduktion av CO₂-utsläpp ©Skanska AB.

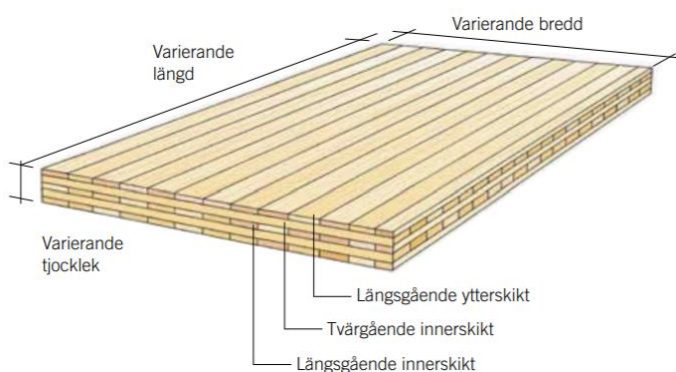
Reducering av CO₂ utsläpp



Att bygga i trä börjar bli mer och mer populärt. Träkonstruktioner reducerar klimatpåverkan från byggnadsmaterial med minst 50 procent jämfört med betong (Instalco, 2019). Trä är även förnyelsebart och binder till sig koldioxid.

Med dagens teknik kan trä användas för att bygga starka och stabila konstruktioner (StoraEnso, u.å). En ekonomisk fördel är att vid installation av träkomponenter så behövs inte avancerade infästningar och specialutbildad personal, vilket bidrar till att det blir mer kostnadseffektivt. Samtidigt blir arbetsmiljön bättre på grund av mindre buller (StoraEnso, u.å). Ett typiskt material är *korslimmat trä*.

KL-trä är skivor som är korslimmade med varandra för att ge en ökad formstabilitet (Martinsons, 2019). Eftersom skivan är korslimmad påverkas den inte av varierande fukthalter i luft, utan behåller sin strukturella integritet. KL-trä kan användas för att producera både bjälklag och väggar. På grund av materialets formbarhet kan KL-trä prefabriceras till en hög grad. Större urtag för fönster, dörrar och installationer görs i fabrik, medan mindre urtag för installationer utförs på konstruktionsplatsen. Detta bidrar till en god arbetsmiljö och bra arbetbarhet, då enklare verktyg kan användas för mindre håltagning och kapning på plats (Martinsons, 2019). Se figur 1 för uppbyggnaden av KL-trä (Martinsons Såg AB, 2019).



Figur 1 visar uppbyggnaden av KL-trä, ©Martinsons Såg AB.

1.2 Frågeställning

Nedanstående frågor kommer rapporten att besvara.

- Hur stor blir miljöpåverkan ifall ett flerbostadshus byggs i Grön betong kontra KL-trä?
- Vad kommer kostnadsskillnaden bli mellan dessa två byggnadsmaterial?

1.3 Mål och syfte

Målet med studien är att avgöra vilket av byggnadsmaterialen Grön betong och KL-trä som är bäst lämpad med hänsyn till miljövänlighet och kostnad. Detta med tanke på att kunden lägger allt större fokus på hållbart byggande och är ofta villig att betala en högre kostnad om byggnaden har en mindre miljöpåverkan än andra alternativ.

1.4 Avgränsningar

Studien kommer att omfatta ett flerbostadshus med fem våningar och är mest relevant för liknande byggnader. Studien kommer avgränsas till stomsystemet för byggnaden såsom bärande ytterväggar, bärande innerväggar och bjälklag. Trapphuset och hisschaktet kommer att utföras i betong för både betong- och trämotvarigheten. Därför kommer studien att exkludera miljöpåverkan och kostnaden från trapphus och hisschakt för de båda byggnadsmaterialen. Taket har inte beaktats för någon motsvarighet på grund av dess komplexitet, då taket inte kan byggas plant om det byggs i trä på grund av eventuella sättningar.

Som utgångspunkt har Skanskas Gröna betong tillverkat i Göteborg använts som byggnadsmaterial och Martinsons såg AB kommer att användas som referenspunkt för byggnadens motsvarighet i KL-trä. Andra indikatorer än koldioxidutsläpp och kostnad har inte beaktats. Då data är otillräcklig har en dialog med berörda parter utförts och antaganden har gjorts. Studien kommer endast ha flerbostadshusets byggskede i åtanke och inte dess användningsskede samt slutskede.

2. TEORI

2.1 LCA

Livscykelanalys (LCA) är en metod att få fram en produkts miljöpåverkan från produktens tillverkning i form av råmaterial, till dess att produktens användningstid upphör (Ramböll, u.å). Begreppet “*från vagga till grav*” brukar ofta förknippas med en LCA, då begreppet förklarar i stora drag vad en LCA går ut på. En livscykelanalys sätter mätbara värden på produktens olika skeden under dess livscykel (Boverket, 2019; Ramböll, u.å). Detta ger konsumenten ett bättre underlag vid val av material om konsumenten vill att valet ska vara klimatsmart, då man visuellt kan hitta brännpunkter med särskilt stor miljöpåverkan och hitta möjligheter att åtgärda dessa.

En LCA talar dock inte om var dessa utsläpp sker utan talar bara om mängden utsläpp som sker under produktens olika livsskeden. Med detta i åtanke kan dessa utsläpp påverka miljön i olika grad beroende på var utsläppen sker, vilket kräver ytterligare analyser för att kunna fastställas (Ramböll, 2019).

En tidigt utförd LCA för ett byggnadsprojekt skapar möjligheten för konsumenten att hitta bättre konstruktionslösningar som påverkar miljön mindre än andra materialval (Boverket, 2019).

2.1.1 LCA systemgränser

Byggskedet innefattar systemgränserna A1-A5 och dessa står för följande:

- A1 - råvaruförsörjning
- A2 - transport till produktion
- A3 - tillverkning
- A4 - transport till byggnationsplats
- A5 - bygg- och installationsprocessen.

A1-A3, dvs skedet från materialutvinning, transport till produktionsanläggningen och själva produktionen av byggnadsmaterialen, brukar ofta skrivas och dokumenteras ihop och benämnas produktskede. Det är också vanligt att A4-A5 benämns som byggproduktionsskede, vilket då innefattar transporten till byggarbetsplatsen samt uppresandet av byggnaden (Boverket, 2019). En livscykelanalys beaktar också en byggnads förvaltningsskede som benämns B1-B7, som innefattar allt från användning och reparationer till ombyggnader och drift. Byggnadens slutskede benämns C1-C4 och innefattar skedet från demontering av byggnaden till avfallshantering av byggnadsmaterialen (Boverket, 2019).

2.2 EPD

Environmental Product Declaration (EPD) är en livscykelanalys som gjorts för en produkt (Boverket, 2019). EPD är en sammanslagning av *Product Category Rules* (PCR) och LCA. I en EPD ska det framgå hur stor miljöpåverkan är för en produkt. EPD kan göras för ett byggnadsmaterial, en komponent i ett byggnadselement eller en fabrik om man så vill (Boverket, 2019). För att den ska gälla måste den ha granskats och godkänts av en oberoende part. Detta görs för att informationen som finns tillgänglig i en EPD ska vara trovärdig (Boverket, 2019).

2.3 LCCA

Life-cycle cost analysis, LCCA, är en kostnadsanalys-metod som kan användas för byggnader för att ge en förväntad kostnad från vagga till grav. Skeden som innefattas är alltså bland annat uppförande av byggnad, driftskostnader, underhållskostnader och demontering av byggnad (Kubba, 2010). Analysen är användbar vid jämförelse av olika projekt för att ta reda på vilket alternativet som är mest lönsamt ur ekonomiskt perspektiv.

3. METOD

3.1 Kvalitativ och kvantitativ studie

“I kvantitativ forskning vill man kunna mäta begrepp och då är det nödvändigt att begreppet har en [...] definition som exakt preciserar hur begreppet ska mätas” (Björklund & Paulsson, 2020, s. 17).

Björklund & Paulsson (2020) menar att en kvantitativ studie är en studie som baseras på siffror, beräkningar, mätbara data och liknande. U. Paulsson understryker också vikten av att bestämma hur mätningen sker, vilket kan påverka resultatet avsevärt.

“Vid en *kvalitativ forskningsstrategi* är studien inriktad på att tolka och troliggöra snarare än på att fastställa “sanningar”” (Paulsson, 2020, s. 17).

Björklund & Paulsson (2020) menar att en kvalitativ studie inte har konkreta resultat i former av siffror och liknande såsom en kvantitativ studie har, utan att resultatet kan tolkas olika beroende på hur frågeställningen är ställd.

Studien är utförd med en kvantitativ metod då resultatet förväntas vara specifikt och data som hämtas för studien är exakta siffror, som beräknas fram med hjälp av programvaror och egna beräkningar av data.

3.2 Om företaget

Eidar AB är ett bostadsbolag beläget i Trollhättan med cirka 6000 lägenheter i deras förvaltning. På senare år har företaget gjort omfattande renoveringar, ombyggnader, byte av stomsystem samt nybyggnation på många av sina fastigheter. Företaget ska bygga ett nytt bostadskvarter i Trollhättan. Bostadsområdet kommer att kallas för *Bäverhyddan*. I kvarteret *Bäverhyddan* kommer det ingå fem separata huskroppar. Två av dessa är identiska flerbostadshus med fem våningar inklusive bottenvåning. Ett annat hus är ett flerbostadshus med fyra våningar inklusive bottenvåning, och två radhus med en våning vardera.

Markarbetet är påbörjat men inte byggnationen av husen. Styrelsen för företaget har beslutat att husen skall utföras på ett så miljövänligt sätt som möjligt, samtidigt som kostnaden ska beaktas. Därför har företaget bestämt att en studie ska utföras där kostnaden samt miljövänligheten ska användas som bedömningsgrund. Företaget föredrog också att en studie skulle utföras på en av de två identiska huskropparna. Under studiens gång kommer denna huskropp att benämnas som *Bäverhyddan*.

3.3 RevIt

RevIt är ett modelleringsprogram för byggnadskonstruktioner. Då programmet är väldigt mångsidigt kan den användas tidigt i projekteringsskede fram till färdigställande av byggnad och av alla involverade parter där emellan såsom arkitekter, konstruktörer, ingenjörer och VVS-installatörer (Autodesk, u.å). I *RevIt* kan byggnadskomponenter redigeras och byggas enligt användarens önskemål. En viktig funktion *RevIt* har är mängdning för önskade byggnadskomponenter. Mängdningen kan fås fram i enheten kubikmeter, kvadratmeter, längd eller antal om

man så önskar. Detta ger beställaren en god möjlighet att precisera kostnaden för konstruktionen redan i ett tidigt skede.

3.4 LCA-verktyg

3.4.1 Vanliga LCA-verktyg

Då många beställare strävar efter att certifiera sina byggnader med miljömärkning såsom *Breeam*, *Svanenmärket*, och *Leed*, krävs det att en livscykelanalys har gjorts på byggnaden i fråga, då alla nämnda märken kräver att en LCA har utförts.

Idag finns det ett flertal olika LCA-verktyg på marknaden, såsom *Anavitor*, *GaBi*, *SimaPro*, *One Click LCA*, *Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg* och *ToSIA* (Beemsterboer et al, 2018; Boverket, 2019; Lindner et al., 2010). Flertalet av dessa verktyg har egna databaser som använder sig av olika miljödata vid en livscykelanalys och därför kan resultatet variera beroende på vilket verktyg som används. Verket som används i studien är *ToSIA*.

3.4.2 ToSIA

Tool for Sustainability Impact Assessment (ToSIA) är ett LCA-verktyg utvecklat av European Forest Institute (EFI). Programmet använder sig av tre huvudsakliga indikatorer, ekologiska-, sociala- och ekonomiska, som sedan är indelade i respektive subkategorier. Data för varje indikator inklusive subkategorierna måste samlas in och skrivas in i verktyget manuellt (Lindner et al., 2010). *ToSIA* behandlar sedan värdena som skrivits in i verktyget och tar fram en modell som visar hur stor påverkan de olika skedena på indikatorerna som valts ger. Med *ToSIA* kan man följa materialåtgången och hitta brännpunkter där indikatorerna visar betydande utslag. Trots att *ToSIA* är ett verktyg skapat för träindustrin, kan programmet användas för att göra en miljöpåverkansanalys för betong, dvs. programmet skiljer inte på betong och trä, utan kalkylerna utförs på samma sätt. Indikatorerna som används i *ToSIA* utför beräkningar per kubikmeter av materialet. Inmatningen i programmet måste anges i procentandelar. I kombination med ett beräkningsverktyg som till exempel Excel, kan data som fås fram från *ToSIA* beräknas för hela byggnaden. I *ToSIA* finns ett brett urval av indikatorer, men i studien användes endast den ekologiska indikatorn då miljöpåverkan var av intresse.

3.5 Analys av materialflöde

3.5.1 Grön betong

En RevIt-fil tillhandahölls från arkitektfirman som hade hela kvarteret modellerad. När byggnaden i fråga isolerades, raderades resterande byggnader från filen, se figur 2 för flerbostadshusets utseende. Det gjordes för att mängdningen i RevIt skulle bli korrekt samt för att endast en byggnad var av intresse. En analys av flerbostadshuset inleddes för att se om några komponenter i byggnaden hade blivit duplicerade. De duplicerade komponenterna raderades från modellen för att korrekt volym av materialåtgången skulle kunna fastställas. Sedan användes volymfunktionen i RevIt

för att få fram mängdningen av relevanta byggnadsdelar. Se tabell 1 & 2 för volymen av de olika byggnadsdelarna.



Figur 2 visar flerbostadshusets utseende, ©Nils Andréassons Arkitektkontor AB.

Tabell 1 visar tjockleken, längden, arean och volymen av de olika väggarna, ©Nils Andréassons Arkitektkontor AB.

A	B	C	D	E	F	G
Väggtyp			Mängd			
Typ	Littera	Väggtjocklek	Längd	Area	Volym	Antal
IV 120		120 mm	327648 mm	752,217 m ²	90,26 m ³	121
IVB 200		200 mm	288110 mm	773,931 m ²	154,79 m ³	68
YVB 300		300 mm	79060 mm	974,110 m ²	288,54 m ³	10
Grand total: 199			694818 mm	2500,258 m ²	533,59 m ³	199

Tabell 2 visar tjockleken, arean samt volymen av bjälklagen, ©Nils Andréassons Arkitektkontor AB.

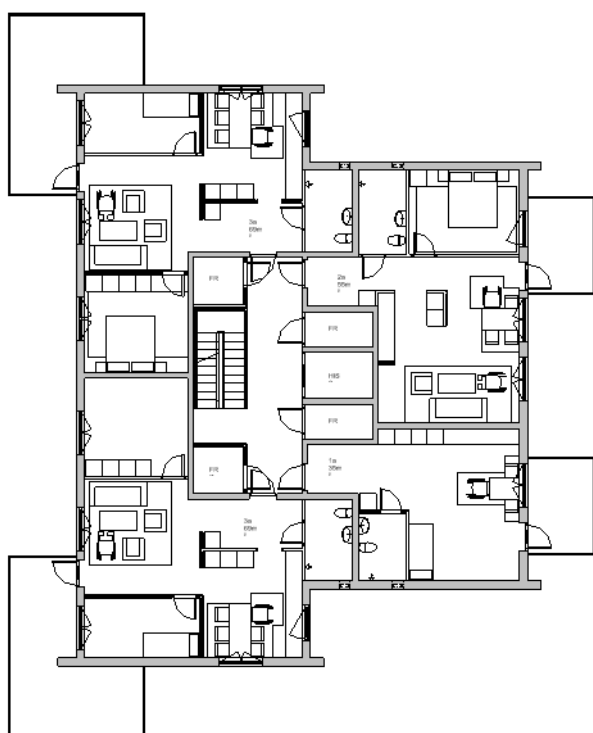
A	B	C	D	E	F
Level	Type	Default Thickness	Area	Volume	Count
Plan 1 +93,0	Bjälklag 250 mm	250	299,0 m ²	74,75 m ³	1
Plan 2 +95,9	Bjälklag 250 mm	250	345,8 m ²	86,44 m ³	1
Plan 3 +98,8	Bjälklag 250 mm	250	345,8 m ²	86,44 m ³	1
Plan 4 +101,7	Bjälklag 250 mm	250	345,8 m ²	86,44 m ³	1
Plan 5 +104,6	Bjälklag 250 mm	250	345,8 m ²	86,44 m ³	1
Grand total: 5				420,52 m ³	

Volymen betong för trapphuset och hisschaktet mättes fram i RevIt-modellen, se tabell 3. För träkonstruktionen antogs trapphuset och hisschaktet vara i betong. Anledningen till antagandet var för att få en stabilare konstruktion vid horisontella laster som uppstår på i form av vind. Då den Gröna väggbetongen och Gröna bjälklagsbetongen bestod av olika sammansättningar av betong fick de räknas separat. Väggarna för trapphuset och hisschaktet mättes för att sedan subtraheras från totala volymen väggbetong. Trapphusets volym för bjälklag mättes och subtraherades från den totala mängden bjälklagsbetong. Volymerna subtraherades för att deras bidrag till miljöpåverkan hade blivit lika stor oavsett om byggnaden utförs i betong eller KL-trä. Tabell 3 visar också den totala volymen av de olika betongsammansättningarna med

trapphusets volymer subtraherade. Figur 3 visar den preliminära planlösningen för Bäverhyddan.

Tabell 3 visar totala volymen för trapphusets väggar och bjälklag, samt volymen betong som krävs för väggar och bjälklag exklusive trapphus och hisschakt.

Volym trapphusväggar & hisschakt	89,98 m ³
Volym trapphus bjälklag	27,55 m ³
Väggbetong trapphus & hissch. exkluderad	353,35 m ³
Bjälklag trapphus exkluderad	392,97 m ³



Figur 3 visar Bäverhyddans planlösning, ©Nils Andréassons Arkitektkontor AB.

Eftersom ingen armeringsmängd fanns angiven i RevIt fick en litterär studie utföras för att hitta relevant information. En studie utförd av Nilsson & Svensson (2019) hade ett delmoment om ett flerbostadshus utfört med platsgjuten betong. Flerbostadshuset bestod av armeringskvalité NK500AB-W. Studien anger också en generell vikt för bjälklagets armering på 6,7 kg/m² och väggarnas armering på 4,1 kg/m². Densiteten på bjälklag och väggar togs fram från EPD för Grön betong, för att sen multipliceras med tjockleken på bjälklaget respektive väggarna, för att erhålla en vikt per kvadratmeter. Då kunde armeringsandelen räknas ut för bjälklaget genom att dividera vikten på armeringen med vikten på bjälklaget. Samma metod användes för väggarna och sedan räknades ett medelvärde ut. Detta för att erhålla en genomsnittlig armeringsandel för väggar av dimension 200- respektive 300 mm. Resultaten framgår i tabell 4.

Tabell 4 visar andelen armering i bjälklag och väggar.

Armeringsvikt bjälklag	6,7 kg/m ²
Armeringsvikt väggar	4,1 kg/m ²
Densitet bjälklag	2412 kg/m ³
Densitet väggar	2464 kg/m ³
Bjälklag 250 mm	603 kg/m ²
Väggar 200 mm	492,8 kg/m ²
Väggar 300 mm	739,2 kg/m ²
Andel armering bjälklag	0,011111 => 1,11 %
Andel armering väggar 200 mm	0,00832
Andel armering väggar 300 mm	0,005547
Andel armering väggar	0,006933 => 0,69 %

Den slutgiltiga volymen betong som är avsedd för väggar respektive bjälklag framgår i tabell 5. Då har andelen armering extraherats.

Tabell 5 visar slutgiltiga volymen betong för väggar och bjälklag, exklusive armering.

Volym väggbetong exklusive armering	350,896 m³
Volym bjälklagsbetong exklusive armering	388,605 m³

3.5.2 KL-trä

För att få motsvarigheten i KL-trä, till byggnaden i Grön betong, studerades olika träbyggnader för att få en så noggrann jämförelse som möjligt. Särskilt hjälpsam var ett dokument med färdigställda flerbostadshus i KL-trä, där olika konstanter fanns dokumenterade med hjälp av totala mängden trä samt totala golvarean för olika byggnader (Landel, 2018). Konstanten har räknats fram genom att dividera totala mängden trä för en viss byggnad med totala golvarean för samma byggnad.

En byggnad som Eidar fann särskilt intressant och relevant för Bäverhyddan var Åsbovägen, byggt av Fristadbostäder AB (personlig kommunikation, 2 mars 2021). Åsbovägens dimensioner bedömde Eidar skulle bli snarlika på grund av likheterna i storlek. En annan gemensam faktor är att Åsbovägens hiss och trapphus också är byggt i betong, precis som antagandet i denna studie. Åsbovägen fanns också dokumenterad i studien Landel (2018).

Efter en bedömning konstaterades det att konstanten 0,4 som var dokumenterad för Åsbovägen kunde användas som en indikation. Detta för att räkna ut mängden trä som behövs utefter golvarean för Eidars flerbostadshus som denna studie handlar om (personlig kommunikation, 19 mars 2021). Den totala golvarean för Bäverhyddan multiplicerades med konstanten 0,4 för att få en uppskattning av mängden KL-trä som kommer behövas, se tabell 6 för totala mängden KL-trä.

Tabell 6 visar konstanten 0,4, totala golvarean och totala volymen KL-trä som behövs för Bäverhyddan.

Konstant	0,4 m
Total golvarean	1435,2 m ²
Totalvolym trä	574,08 m ³

För att beräkna förhållandet mellan väggar och bjälklag i KL-trä var det inte möjligt att utgå från förhållandet som betongen hade i RevIt modellen, eftersom materialen skiljer sig konstruktionsmässigt från varandra. Därför användes dokumentet från Landel (2018), och Åsbovägen användes som referenshus för att beräkna förhållandet mellan väggar och bjälklag i KL-trä, då Eidar bedömde att Bäverhyddan och Åsbovägen skulle ha liknande dimensioner. Våningarna jämfördes med varandra och de var alla uppbyggda på samma sätt, med samma tjocklek på väggar och bjälklag med undantag för bottenvåningen som var annorlunda uppbyggd, då den låg på grundplattan. Därför valdes våning två som mest representativt för Bäverhyddan. Alla ytterväggar var uppbyggda på samma sätt på Åsbovägen. Alla ytterväggarnas längd, inklusive fönster och dörrar adderades. Anledningen till att fönster och dörrar inte subtraherades är för att i LCA-verktyget ToSIA skrivs uttag in manuellt. Längden för innerväggar med samma tjocklek adderades sedan ihop som för ytterväggarna.

Våningshöjden var tre meter för Åsbovägen. För ytterväggarna multiplicerades längden med tre meter och tjockleken 128 mm för att få volymen KL-trä som behövs för ytterväggar. Innerväggarnas höjd var inte detsamma som för ytterväggarna då väggarna placerades på bjälklaget under. Höjden för bjälklaget blev då tre meter minus tjockleken för bjälklaget som var 117 mm. Därför multiplicerades den totala längden för innerväggar med samma tjocklek, med innerväggshöjden som var 2,883 m och väggarnas respektive tjocklek för att få fram volymen KL-trä som behövdes för innerväggar. Den totala volymen KL-trä som behövdes för innerväggar och ytterväggar adderades sedan ihop för att få fram totala volymen för väggar i KL-trä för våning två.

För bjälklaget adderades arean för hela våning två exklusive trapphus och hisschakt. För tjockleken av KL-trä för bjälklag analyserades detaljer för hur golvet är uppbyggt och enligt detaljritningar från Landel (2018) var tjockleken 117 mm. Tjockleken multiplicerades med arean för att få fram volymen KL-trä som åtgår för att tillverka ett KL-bjälklag för en våning, för Åsbovägen.

Därefter adderades den totala volymen för väggar med bjälklagsvolymen för att få fram den totala volymen KL-trä som behövdes för en våning. För att få fram förhållandet dividerades den sammanlagda volymen KL-trä för väggar, med totala volymen KL-trä för en våning. Detta förhållande som beräknades fram användes sedan för att få fram förhållandet mellan väggvolym och bjälklagsvolym för Bäverhyddan, för att få en mer representativ kostnad för Bäverhyddans flerbostadshus. Se tabell 7 för förhållandet mellan bjälklag och väggar för Åsbovägen. Tabellen visar också materialåtgången för Bäverhyddans bjälklag och väggar.

Tabell 7 visar andelen betong för bjälklag och väggar samt komponenternas volym.

Total volym trä	574,08 m ³
Andel vägg	0,6426
Andel bjälklag	0,3574
Volym vägg	368,88 m ³
Volym bjälklag	205,20 m ³

3.6 Analys av miljöpåverkan

3.6.1 EPD - Grön betong

LCA resultaten analyserades från EPD-filen för Skanskas Gröna betong för att fastställa vilken miljöpåverkan den Gröna betongen har. Figur 4 visar flödesschemat och vilka skeden EPD omfattar. I tabellerna för respektive systemgräns redovisas materialklasserna för väggbetong, C28/35, och bjälklagsbetong, C32/40.

Systemgränser (X = inkluderad, MID = modul inte deklarerad, MIR = modul inte relevant)																
Produktfas			Byggprocessskedet		Användningsskedet							Slutskede				Utanför systemgränserna
Råmaterial	Transport	Tillverkning	Transport	Konstruktions- och installationsprocessen	Användning	Underhåll	Reparation	Utbyte	Renovering	Driftsenergi	Driftens vattenförbrukning	Demontering	Transport	Avfallsbehandling	Avfallshantering	Potential för återanvändning och/eller återvinning uttryckt som nettopåverkan och miljönytta
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	X	MID	MID	MID	MID	MID	MID	MID	MID	MID	MID	MID	MID	MID

Figur 4 visar LCA-skeden som ingår i EPD för Grön betong, ©Skanska AB.

I tabell 8 redovisas miljöpåverkan för respektive skede. Data som extraherades från tabellen var den globala uppvärmningspotentialen (GWP) för respektive materialklass och skede. Endast GWP togs till hänsyn då denna faktor var relevant för studien. Materialet antogs också vara tillverkat i Göteborg då sträckan från Stockholm till byggnationsplatsen hade tagit för lång tid och betongen skulle hinna stelna i betongbilen.

Tabell 8 visar olika parametrar av miljöpåverkan betongen bidrar till, ©Skanska AB.

Miljöpåverkan		Grön betong Storstockholm			Grön betong Göteborg			
Parameter	Enhet per m ³	C28/35	C32/40	C45/55	C28/35	C32/40	C45/55	A4
GWP	kg CO ₂ -ekv	118	175	288	120	180	298	9.85
ODP	kg CFC11-ekv	3.69E-06	3.40E-06	2.83E-06	3.40E-06	3.25E-06	3.07E-06	1.65E-06
POCP	kg C ₂ H ₄ -ekv	2.39E-02	3.01E-02	4.25E-02	2.39E-02	3.41E-02	5.33E-02	5.55E-04
AP	kg SO ₂ -ekv	2.96E-01	3.33E-01	4.06E-01	4.71E-01	6.16E-01	9.04E-01	2.24E-02
EP	kg PO ₄ ³⁻ -ekv	6.12E-02	6.84E-02	8.43E-02	8.31E-02	1.08E-01	1.54E-01	3.90E-03
ADPM	kg Sb-ekv	2.32E-04	3.76E-04	6.50E-04	3.39E-02	2.64E-02	1.12E-02	-
ADPE	MJ	3.67E+02	5.21E+02	8.82E+02	4.27E+02	5.93E+02	9.96E+02	-

GWP Global uppvärmningspotential; ODP Potential för nedbryting av stratosfäriskt ozon; POCP Potential för fotokemiskt ozonbildande; AP Försurningspotential för land och vatten; EP Övergödningspotential; ADPM Abiotisk uttömningspotential för icke-fossila resurser; ADPE Abiotisk uttömningspotential för fossila resurser

Tabell 9 visar ett genomsnittligt värde av hur mycket avfall som produceras av respektive materialklass. Data som hämtades från tabellen var icke farligt avfall (NHW) på grund av att resterande värden var försumbara. Värdena lästes av för väggbetong och bjälklagsbetong i Göteborg.

Tabell 9 visar mängden avfall som produceras för respektive materialklass, ©Skanska AB.

Avfall		Grön betong Storstockholm			Grön betong Göteborg			
Parameter	Enhet per m ³	C28/35	C32/40	C45/55	C28/35	C32/40	C45/55	A4
HW	kg	3.94E+00	3.07E+00	1.32E+00	7.03E-02	7.03E-02	7.04E-02	-
NHW	kg	2.60E+01	2.65E+01	2.74E+01	4.74E+01	4.76E+01	4.80E+01	-
RW	kg	4.86E-02	5.81E-02	7.74E-02	3.78E-03	5.83E-03	1.07E-02	-

HW Farligt avfall; NHW Icke farligt avfall; RW Radioaktivt avfall

Det sista som togs ut från Skanskas EPD var transportdata, vilket redovisas i tabell 10. I tabellen finns bränsleförbrukning och fordonskapacitet dokumenterat. GWP från tabell 8 för skede A4 dividerades med distansen 35 km från tabell 10. Sedan multiplicerades kvoten med 75 km, en sträcka från Göteborg till Trollhättan, för att erhålla GWP för skede A4. Tabell 11 visar utsläpp per kubikmeter transporterad betong samt tillhörande beräkningsunderlag.

Tabell 10 visar transportsträcka samt en lastkapacitet på 6 m³, ©Skanska AB.

Typ	Kapacitetsutnyttjande inkl. retur (%)	Fordonstyp	Distans km	Bränsle l/tkm
Betongbil	100%, tom retur, tomgång, utrullning, tvätt	Betongbil, 6 m ³	35	0.026

Tabell 11 visar distanser, samt förväntad CO₂-utsläpp per kubikmeter betong.

A4 från EPD grön betong	9,85 kg CO ₂ -ekv/m ³
Referensdestination	35 km
Avstånd Gbg-Thn	75 km
CO ₂ -utsläpp	21,10714286 kg/m ³

Eftersom Gröna väggbetongen och bjälklagsbetongen består av olika sammansättningar måste de transporteras separat. Den totala mängden väggbetong dividerades med fordonskapaciteten för att få fram antal körningar som krävs. Samma sak gjordes för bjälklagsbetongen. Se tabell 12 för antalet körningar som krävs för respektive betongsammansättning.

Tabell 12 visar antalet körningar som krävs.

Antal körningar som behövs	
Väggbetong	58,5
Bjälklagsbetong	64,8

För att få fram armeringens miljöpåverkan användes en studie utförd av Erlandsson et al. (2018). Studien visar att armeringen bidrar med cirka 6% av den totala mängden CO₂-ekv/m²Atemp, som platsgjuten betong bidrar med under skede A1-A5. Atemp är all area innanför klimatskärmen som ska värmas upp till mer än 10°C (Boverket, u.å.). Den totala utsläppen som studien räknat fram är 332 kg CO₂-ekv/m²Atemp. Detta värde multiplicerades med 6% för att få fram en uppskattning av armeringens miljöpåverkan per m²Atemp.

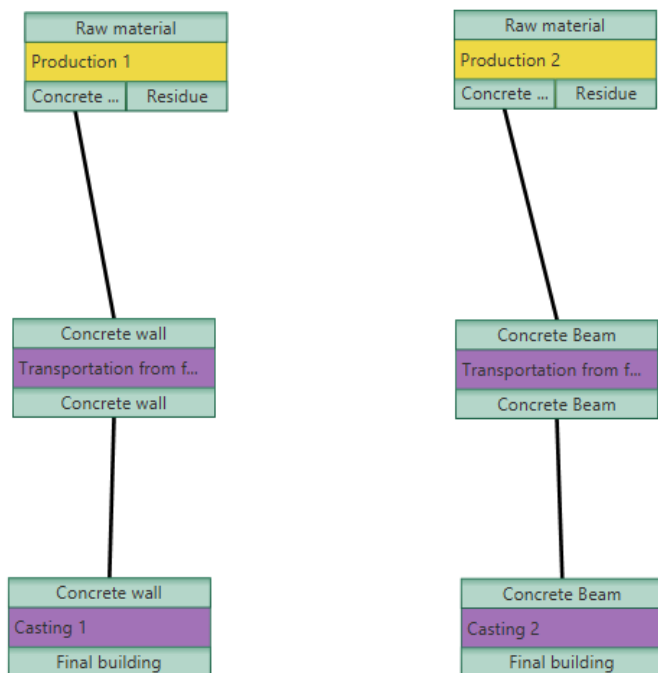
Trots att studien av Erlandsson et al. (2018) är utförd för ett annat flerbostadshus, kommer armeringens miljöpåverkan vara någorlunda lika eftersom byggnaderna är avsedda för samma ändamål.

3.6.2 ToSIA - Grön betong

Indikatorn som var valdes för studien var *19.1.1 Greenhouse gas emissions from machinery*. Denna indikator valdes eftersom att allt från materialutvinning, transport av råmaterial, produktion av de olika betongsammansättningarna, transport till byggnationsplats och resandet av byggnaden sker med hjälp av maskiner.

När EPD-filen för Grön betong analyserats och relevant information extraherats påbörjades inmatningen i ToSIA. Då väggar och bjälklag bestod av olika materialsammansättningar skapades två olika kedjor i ToSIA. Första länken i kedjan för båda materialsammansättningarna visar materialutvinning, transport till fabrik och produktion, dvs. skede A1-A3. Värdet som skrevs in i första länken togs från tabell 8 för Grön väggbetong respektive Grön bjälklagsbetong. Den första länken visar ett output benämnt *Residue*. Residue är avfallet NHW som produceras från skede A1-A3 taget från tabell 9. Andra länken visar transporten från fabrik till byggnationsplats, skede A4. Data som användes för den andra länken togs från tabell 11. Tredje länken står för uppresandet av byggnadselementen, skede A5.

I studien från Erlandsson et al. (2018) angavs ett värde för skede A5 för platsgjuten betong, som var 42 kg CO₂-ekv/m²Atemp. Detta värde multiplicerades med 0,94 för att exkludera armeringens miljöpåverkan under skede A5, då armeringens miljöpåverkan redan beräknats i kapitel 3.6.1. Ett värde på 39,48 kg CO₂-ekv/m²Atemp erhöles och användes i fortsatta beräkningar. Då värdet är angivet per m²Atemp kan det inte skrivas in i ToSIA, eftersom värdet måste vara angivet i m³. Beräkningen utfördes manuellt och adderades sedan med resultatet från den första och andra länken från ToSIA. Figur 5 visar länkarnas uppbyggnad inklusive tredje skedet, A5, för att få en bättre överblick av hela byggskedet.



Figur 5 visar kedjorna för Grön bjälklagsbetong respektive Grön väggbetong, som togs fram i ToSIA.

3.6.3 EPD KL-trä

Till skillnad från Skanskas Gröna betong bestod inte väggar och bjälklag av annorlunda materialsammansättningar utan de båda benämns endast som KL-trä. Miljöpåverkan från skede A1-A3 var summerad i EPD-filen och benämns A1-A3 på samma sätt som för Skanskas Gröna betong. Skede A4 fanns inte med i någon tabell. Tabell 13 visar miljöpåverkan för skede A1-A3, här användes GWP för beräkning. Tabellen visar ett negativt värde på -672 kg CO₂-ekv för KL-trä. I detta värde har träets bindningsförmåga av koldioxid iakttagits och dess bidrag till klimatpåverkan har subtraherats. Värdet som var av intresse är KL-träets bidrag till klimatpåverkan utan hänsyn till träets bindningsförmåga av koldioxid, dvs GWP-värdet på 45,6 kg CO₂-ekv/m³ som finns angiven i tabell 13.

Tabell 13 visar miljöpåverkan från KL-trä, ©Martinsons Såg AB.

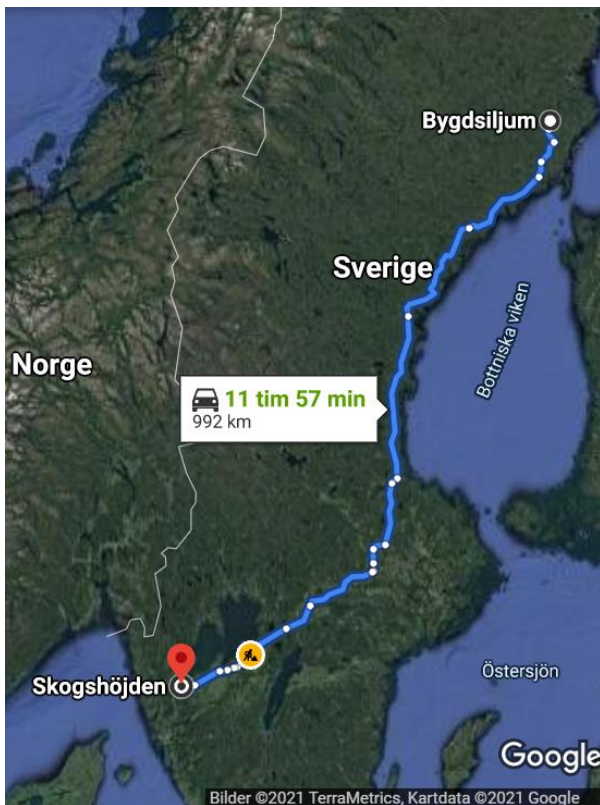
Miljöpåverkan		
Parameter	Unit	A1 - A3
GWP _{Bio+GHG}	kg CO ₂ -ekv	-672
derav biogent karboninnehåll, GWP _{Bio}		-718
derav bidrag till klimapåv., GWP _{GHG}		45,6
ODP	kg CFC11-ekv	4,5E-06
POCP	kg C ₂ H ₄ -ekv	0,035
AP	kg SO ₂ -ekv	0,29
EP	kg PO ₄ ³⁻ -ekv	0,061
ADPM	kg Sb-ekv	7,7E-05
ADPE	MJ	713

Tabell 14 visar hur mycket avfall som produceras under skede A1-A3. Endast värdet för NHW användes då resterande avfall var försumbara.

Tabell 14 visar mängden avfall som produceras för KL-trä ©Martinsons Såg AB.

Livsløpets slutt - Avfall		
Parameter	Unit	A1- A3
HW	kg	0,004
NHW	kg	15,8
RW	kg	0,004

Eftersom EPD-filen inte hade tillgängliga data för bränsleförbrukning användes istället ett verktyg skapat av *Institut Technologique FCBA* för beräkning av miljöpåverkan från transporten av KL-trä, från fabrik till konstruktionsplats (Berg et al., 2011). För att säkerställa trovärdigheten för verktyget tillhandahölls en underliggande studie (Berg et al., 2011). I verktyget antogs maximal möjlig last samt ett avstånd på 922 km från Bygdsiljum, fabriken läge, till byggnationsplats för Bäverhyddan (Google maps, 13 april 2021). Figur 6 visar att snabbaste ruten var via väg. Då gjordes ett antagande att hela transporten skulle ske via väg.



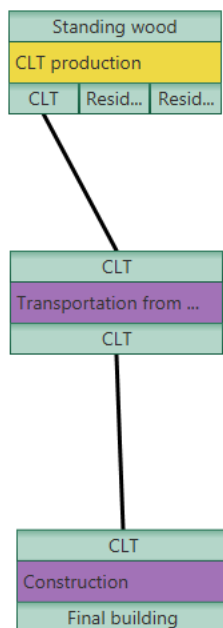
Figur 6 visar transportsträckan från Bygdsiljum till byggnationsplatsen för Bäverhyddan.

Ingen data fanns tillgänglig för skede A5 i EPD för KL-trä. Då antogs en konstant på 37 kg CO₂-ekv/m²Atemp från Erlandsson et al. (2018).

3.6.4 ToSIA - KL-trä

Väggar och bjälklag bestod av samma material men hade endast olika tjocklekar och därför skapades inte två olika kedjor som för betongen. Den första länken visar materialutvinning, transport till fabrik samt produktion, dvs. skede A1-A3. Värdet som skrevs in i första länken togs från tabell 13. Länken visar två outputs benämnda *Residue 1* och *Residue 2*. *Residue 1* talar om hur stor mängd som hyvlas bort av råmaterialet för att tillverka skivorna som limmas ihop till KL-trä, vilket var 30% (personlig kommunikation, 5 maj 2021). *Residue 2* är uttag för fönster, dörrar och större installationer som behövs, vilket var 13% (personlig kommunikation, 5 maj 2021). I *Residue 2* ingår också NHW taget från tabell 14. Uttagen görs i fabrik och tillhör därför skede A1-A3. Andra länken visar transporten från fabrik till byggnationsplats, skede A4. Tredje länken visar uppresandet av byggnaden, skede A5.

Enligt Erlandsson et al. (2018) är konstanten 37 kg CO₂-ekv/m²Atemp avsedd för ett flerbostadshus i KL-trä. Konstanten multiplicerades med Bäverhyddans area på 1435,2 m² för att få fram totala utsläppen för skede A5. Då värdet är angivet per m²Atemp kan det inte skrivas in i ToSIA, eftersom värdet då måste vara angivet i m³. Beräkningen utfördes manuellt och adderades sedan med resultatet från den första och andra länken från ToSIA. Figur 7 visar länkarnas uppbyggnad inklusive tredje skedet, A5, för att få en bättre överblick av hela byggskedet.



Figur 7 visar kedjan för KL-trä som togs fram i ToSIA.

3.7 Analys av kostnad

3.7.1 Kostnad - Grön betong

Skanska kontaktades för att få fram prissättningen för betongens olika materialklasser samt pris för transport. Kostnaderna för skede A1-A3 samt A4 redovisas i tabell 15 (personlig kommunikation, 13 april 2021). Ju längre färdsträcka desto dyrare blir kostnaden för transport. Då endast ett minimum gavs antogs en kostnad på 1284 kr per lass från fabriken i Göteborg till Trollhättan, en sträcka på drygt 75 km. Antalet körningar som krävs för respektive betongsammansättning, vilket redovisas i kapitel 3.6.1 tabell 12, multiplicerades med kostnaden för ett lass, för att erhålla sammanlagda kostnaden för transporten.

Tabell 15 visar kostnaden för Grön väggbetong och Grön bjälklagsbetong. Kostnaden för skede A4 framgår också.

Väggbetong	1392 kr/m ³
Bjälklagsbetong	1429 kr/m ³
Transport (min)	1284 kr/lass

En bedömning gjordes och det ansågs vara ett rimligt antagande att kostnaden för vanlig betong och Grön betong borde vara snarlika vid uppresande (personlig kommunikation, 22 april 2021). Kostnaden för betong i skede A5 beräknades fram med hjälp av tabeller från Nilsson och Svensson (2019). Studien jämförde kostnader för prefabricerade stommar och platsgjutna stommar. I studien framgick totala kostnaden för olika typer av byggnadskomponenter, väggar med olika tjocklekar och bjälklag av olika tjocklekar. Tabellerna från Nilsson och Svensson som användes för denna studie var de tabeller som hade samma tjocklek som Bäverhyddans väggar och

bjälklag tagna från RevIt. I tabellerna illustreras de enskilda kostnaderna för betong, betongbil, armering, valvformelement och personal, för olika tjocklekar av väggar och bjälklag.

A5-kostnad bjälklag

Tabellen från Nilsson och Svensson (2019) som visade kostnader för ett bjälklag med tjockleken 250 mm användes som underlag då Bäverhyddans bjälklagstjocklek också var 250 mm. I tabellen från Nilsson och Svensson beräknades kostnaden för ett bjälklag för en byggnad med arean 3069,12 m². Den totala golvarean för Bäverhyddan dividerades med 3069,12 m² för att få fram ett förhållande mellan Bäverhyddan och Nilsson och Svenssons flerbostadshus. Denna kvot användes sedan genom att multipliceras med antalet arbetstimmar och materialåtgång som framgår i tabell från Nilsson och Svensson, för att bli mer representativt för Bäverhyddan.

Tabellen från Nilsson och Svensson (2019) visar kostnaden för maskinell torrslipning. Denna kostnad bortsågs då torrslipning måste ske om betong är blottad för ögat. För flerbostadshus kommer betongen inte att synas på grund av att parkett, kakel, eller laminat kommer läggas på bjälklaget.

I tabellen från Nilsson och Svensson framgår kostnaden för avjämning med sloda och laser. Denna kostnad inkluderades då betongen måste jämnas ut. Antalet arbetstimmar togs med i kostnadsberäkningen.

Kostnaden för betong och betongbil framgår också i tabellen från Nilsson och Svensson (2019). Dessa bortsågs med anledningen att kostnaden för betong och betongbil redan var framtagna från Skanska. Endast kostnaden för betongarbetarens arbetstimmar togs med i kostnadsberäkningen.

I tabellen från Nilsson och Svensson framgår kostnaden för 1 m² armering som behövs för bjälklaget. Denna kostnad multiplicerades med Bäverhyddans golvarean. Mängden distanser som användes multiplicerades med kvoten för att få fram hur många distanser som kommer gå åt för Bäverhyddan. Kostnaden för betongarbetare togs också med i beräkningen.

I tabellen från Nilsson och Svensson (2019) framgår antalet m² som åtgår för att göra valvformselement för byggnaden som Nilsson och Svensson studerat. Mängden valvformselement, fästmaterial, formolja och antalet arbetstimmar för träarbetaren multiplicerades med kvoten för att få fram mängderna som kommer behövas för Bäverhyddan.

A5-kostnad väggar

I Nilsson och Svenssons (2019) studie framgår också kostnadsberäkningar för platsgjutna väggar med tjocklek 200 mm och 300 mm. Bäverhyddans bärande ytterväggar har en tjocklek på 300 mm och de bärande innerväggarna har en tjocklek på 200 mm. Kostnadsberäkningen utfördes identiskt för de två olika tjocklekarna och därför redovisas beräkningsgången endast för väggar av tjockleken 200 mm.

Då väggar med tjockleken 200 mm för Bäverhyddan hade en större yta än det givna i tabellen för väggar med 200 mm tjocklek som framgår i Nilsson och Svensson,

dividerades väggytan för Bäverhyddan med väggytan från Nilsson och Svenssons tabell. Kvoten multiplicerades sedan med materialåtgången och antalet arbetstimmar från tabellen i Nilsson och Svensson för att bli mer representativt för Bäverhyddan.

Värt att notera i tabellen från Nilsson och Svensson (2019) är att formkostnaden är angiven två gånger. Det beror på att man behöver ha två skivor av former, en på vardera sida om väggen som ska gjutas. I kostnadsberäkningen togs detta i åtanke och kostnaderna för träarbetare, samt materialåtgången för byggandet av formen multiplicerades med två. Armeringskostnaden multiplicerades inte med två.

Då en kran kommer behövas för att fylla formen togs det med i beräkningen. Arbetskostnaden och krankostnaden taget från Nilsson och Svensson multiplicerades med kvoten för att få fram vad den totala krankostnaden skulle bli för Bäverhyddan.

I tabellen från Nilsson och Svensson (2019) framgår kostnaden för 1 m² armering som behövs för väggar. Denna kostnad multiplicerades med Bäverhyddans väggarea. Mängden distanser som användes i Nilsson och Svenssons studie multiplicerades med kvoten för att få fram hur många distanser som skulle gå åt för Bäverhyddan. Kostnaden för betongarbetare togs också med i beräkningen.

3.7.2 Kostnad - KL-trä

Tabell 16 visar kostnaden för bjälklag och bärande väggar i KL-trä (personlig kommunikation, 1 april 2021). I kostnaden ingår skede A1-A3. Kostnaden för skede A4 visas också i tabellen.

I tabell 16 redovisas kostnaden för bjälklag och väggar samt kostnaden för transport.

KL-skiva bjälklag 200-5s	4600 kr/m ³
KL-skiva bärande vägg 140-5s	5300 kr/m ³
Transport	370 kr/m ³

För att beräkna kostnaden för A5 antogs en kostnad för en byggnadsarbetare på 425 kr/timme (Jabrael, Leimo, 2019). Enligt Jabrael och Leimo (2019) kan ett arbetslag på fyra byggnadsarbetare färdigställa cirka 10 m² av KL-väggar och KL-bjälklag per timme. Kostnaden för en byggnadsarbetare multiplicerades med fyra för att få fram kostnaden för ett arbetslag per timme. En sammanlagd yta för alla väggar, inklusive ytter- och innerväggar, samt bjälklag räknades fram. Den totala arean dividerades sedan med 10 m² för att få fram hur många timmar det hade tagit för att färdigställa byggnaden med ett arbetslag på fyra byggnadsarbetare. Timmarna som beräknades fram multiplicerades sedan med kostnaden för fyra byggnadsarbetare och en total kostnad framgick. Denna kostnad exkluderar ställningar som vanligtvis behövs när man sammanställer KL-element (Jabrael, Leimo, 2019). Utöver kostnaden för arbetslaget måste en kostnad för hyrning av kran beräknas för montering av KL-komponenterna. Enligt Jabrael och Leimo (2019) kostar en kran cirka 1600 kr/h. Denna kostnad multiplicerades sedan med totala antal timmar som hade behövts för att montera alla KL-träelement.

4. RESULTAT OCH DISKUSSION

4.1 CO₂-utsläpp Grön betong

CO₂-utsläppen för skede A1-A3 samt A4 beräknades i ToSIA och finns dokumenterad i tabell 19. Resultatet för skede A5 framgår i tabell 17.

Tabell 17 visar ingående data och resultat för beräkning av skede A5.

Area 1 våning	287,04 m ²
Area hela byggnaden	1435,20 m ²
Utsläpp	39,48 kg CO ₂ -ekv/m ² Atemp
Total utsläpp	56,66 ton CO₂-ekv

Tabell 18 visar mätvärden och mängden CO₂-utsläpp som armeringen skulle bidra med.

I tabell 18 redovisas utsläppen från armeringen

Utsläpp	19,92 kg CO ₂ -ekv/m ² Atemp
Area Bäverhyddan	1435,2 m ²
Total utsläpp	28,59 ton CO₂-ekv

Den totala CO₂-utsläppen som stomsystemet i Grön betong skulle bidra till är 215,15 ton. I tabell 19 visas bidragen från den Gröna bjälklagsbetongen och den Gröna väggbetongen från skede A1-A4 som beräknades i ToSIA, skede A5, samt armeringens bidrag för skede A1-A5.

Tabell 19 visar CO₂-utsläpp för de olika betongsammansättningarna och armeringen, samt den totala utsläppen.

Skede	Betongsammansättning	ton CO ₂ -ekv
A1-A3	Bjälklag	71,355
	Väggar	42,933
A4	Bjälklag	8,202
	väggar	7,406
A5	Bjälklag & väggar	56,662
	Armeringstyp	
A1-A5	Armering NK500AB-W	28,589
	Total	215,148

4.2 CO₂-utsläpp KL-trä

Tabell 20 visar mängden CO₂-utsläpp som verktyget Institut Technologique FCBA beräknat fram med relevant data som skrevs in i verktyget. Beräkningen tillhör skede A4.

Tabell 20 visar mängden CO₂-utsläpp för skede A4.

Kapacitet	39,00 ton
Utsläpp	43,65 kg CO ₂ -ekv/ton KL-trä
Utsläpp per körning	1702,35 kg CO ₂ -ekv/ton KL-trä
Totalvikt trä för bygget	222,77 ton
Antal körningar som behövs	6,00 st
Total utsläpp av CO₂ eq	10214,10 kg

Tabell 21 visar CO₂-utsläppen skede A5 hade bidragit med.

Tabell 21 visar ingående data för beräkning av skede A5.

Area 1 våning	287,04 m ²
Area hela byggnaden	1435,20 m ²
Utsläpp	37,00 kg CO ₂ -ekv/m ² Atemp
Total utsläpp	53,10 ton CO₂-ekv

Tabell 22 visar vad de olika skedena A1-A5 för KL-trä hade bidragit med för CO₂-utsläpp, med andra ord den totala utsläppen för stomsystemet i KL-trä.

Tabell 22 visar utsläppen från de olika skedena samt den totala utsläppen för Bäverhyddan byggt i KL-trä.

Skede	KL-trä	ton CO ₂ -ekv
A1-A3	Bjälklag & väggar	42,985
A4	Bjälklag & väggar	10,214
A5	Bjälklag & väggar	53,102
	Total	106,302

4.3 Kostnad - Grön betong

Kostnaden för mängden Grön väggbetong och Grön bjälklagsbetong redovisas i tabell 23, med tillhörande transportkostnader.

Tabell 23 visar kostnaden för Grön väggbetong och Grön bjälklagsbetong, samt transportkostnaden för dessa.

Väggbetong	488,45 tkr
Bjälklagsbetong	555,32 tkr
Transport vägg	75,09 tkr
Transport bjälklag	83,16 tkr
Total	1202,02 tkr

Tabell 24 visar vad som inkluderades i A5 kostnaden för bjälklagen i Grön betong tillhörande Bäverhyddan, samt den totala kostnaden för bjälklagen.

Tabell 24 visar delkostnader samt total kostnad för bjälklagen.

Vikt armering	6,7 kg/m ²
Golvarea Bäverhyddan	1435,2 m ²
Kostnad armering	88,41 kr/m ²
Total kostnad armering	126886 kr
Korrelationsfaktor	0,4676
Betongkloss h=25 mm, d=50 mm	
Mängd	7176 st
Kostnad	1,79 kr/st
Total kostnad klossar	12845 kr
Betongarbetare armering	
Uppskattad tid	71,762 h
Kostnad	420 kr/h
Total kostnad arbetare	30140 kr
Betongarbetare pump/roterbil	
Uppskattad tid	69,966 h
Kostnad	420 kr/h
Total kostnad arbetare	29386 kr
Träarbetare formning	
Uppskattad tid	373,15 h
Kostnad	420 kr/h
Total kostnad arbetare	156724 kr
Valvform av element	
Mängd	1507 m ²
Kostnad	60 kr/m ²
Total kostnad formning	90418 kr
Fästmaterial	
Mängd	7176 st
Kostnad	1 kr/st
Total kostnad fästmaterial	7176 kr
Bruksfärdig formolja	
Mängd	100,46 l
Kostnad	55,02 kr/l
Total kostnad olja	5527,6 kr/l
Sammanlagd kostnad	459,1 tkr

Tabell 25 visar vad som inkluderades i kostnaden för 200- och 300 mm tjocka väggar för Bäverhyddan. Totala kostnaden för A5 skedet för väggarna finns också dokumenterat i tabellen.

Tabell 25 visar delkostnader samt totala kostnaden för väggar med dimensionen 200 mm respektive 300 mm.

Vikt armering	4,1 kg/m ²	Vikt armering	4,1 kg/m ²
Väggarea Bäverhyddan (200 mm)	773,93 m ²	Väggarea Bäverhyddan (300 mm)	974,11 m ²
Kostnad armering	47,46 kr/m ²	Kostnad armering	47,46 kr/m ²
Total kostnad armering	36731 kr	Total kostnad armering	46231 kr
Korrelationsfaktor	2,0583	Korrelationsfaktor	322,55
Väggdistans, täcksikt, 15-20 mm		Väggdistans, täcksikt, 15-20 mm	
Mängd	3869,6 st	Mängd	4877 st
Kostnad	0,8 kr/st	Kostnad	0,8 kr/st
Total kostnad väggdistans	3095,7 kr	Total kostnad väggdistans	3901,6 kr
Betongarbetare armering		Betongarbetare armering	
Uppskattad tid	46,436 h	Uppskattad tid	58,06 h
Kostnad	420 kr/h	Kostnad	420 kr/h
Total kostnad arbetare	19503 kr	Total kostnad arbetare	24385 kr
Betongarbetare kran		Betongarbetare kran	
Uppskattad tid	167,18 h	Uppskattad tid	158,05 h
Kostnad	420 kr/h	Kostnad	420 kr/h
Total kostnad arbetare	70214 kr	Total kostnad arbetare	66381 kr
Träarbetare formning (2 sidor)		Träarbetare formning (2 sidor)	
Uppskattad tid	263,14 h	Uppskattad tid	329 h
Kostnad	420 kr/h	Kostnad	420 kr/h
Total kostnad arbetare	110517 kr	Total kostnad arbetare	138182 kr
Väggform av element (2 sidor)		Väggform av element (2 sidor)	
Mängd	1547,9 m ²	Mängd	1948,2 m ²
Kostnad	71,5 kr/m ²	Kostnad	71,5 kr/m ²
Total kostnad formning	110672 kr	Total kostnad formning	139298 kr
Fästmaterial (2 sidor)		Fästmaterial (2 sidor)	
Mängd	7739,3 st	Mängd	9754 st
Kostnad	1 kr/st	Kostnad	1 kr/st
Total kostnad fästmaterial	7739,3 kr	Total kostnad fästmaterial	9754 kr
Bruksfärdig formolja (2 sidor)		Bruksfärdig formolja (2 sidor)	
Mängd	108,35 l	Mängd	135,47 l
Kostnad	55,02 kr/l	Kostnad	55,02 kr/l
Total kostnad olja	5961,4 kr	Total kostnad olja	7453,7 kr
Sammanlagd kostnad	364,4 tkr	Sammanlagd kostnad	435,6 tkr

Tabell 26 visar den sammanlagda kostnaden för Bäverhyddans stomsystem i Grön betong.

I tabell 26 framgår kostnaderna för olika skeden samt totala kostnaden.

Skede	Betongtyp	Kostnad
A1-A3	Bjälklag	555,32 tkr
	Väggar	488,45 tkr
A4	Bjälklag	83,16 tkr
	Väggar	75,09 tkr
A5	Bjälklag	459,10 tkr
	Väggar	800,02 tkr
Total kostnad		2461,14 tkr

4.4 Kostnad - KL-trä

I tabell 27 redovisas kostnaden för mängden bjälklag och väggar i KL-trä som krävs för Bäverhyddan, samt transportkostnaden för dessa.

Tabell 27 visar kostnaden för väggar, bjälklag samt transport.

KL-trä väggar	1955,06 tkr
KL-trä bjälklag	943,92 tkr
Transport	212,41 tkr
Total	3111,39 tkr

Tabell 28 visar vad som inkluderades i kostnaden för uppresandet av byggnaden, dvs. skede A5.

Tabell 28 visar kostnaden för skede A5 samt underliggande data.

Kostnad/arbetare	425,00 kr/h
Kostnad 4 arbetare	1700,00 kr/h
Areaor för Bäverhyddan:	
Total area bjälklag	1435,20 m ²
Area IVB	777,90 m ²
Area YVB	974,11 m ²
Total väggarea	1752,01 m ²
Sammanlagd area	3187,21 m ²
Timmar för att slutföra bygget	318,72 h
Total kostnad för arbetare	541825,19 kr
Kostnad kran	1600,00 kr/h
Total kostnad för kran	509953,12 kr
Sammanlagd kostnad	1051,78 tkr

Tabell 29 visar den sammanlagda kostnaden för Bäverhyddan i KL-trä.

I tabell 29 framgår kostnaderna för olika skeden samt totala kostnaden.

Skede	Byggnadsdel(ar)	Kostnad
A1-A3	Bjälklag	943,92 tkr
	Väggar	1955,06 tkr
A4	Bjälklag & väggar	212,41 tkr
A5	Bjälklag & väggar	1051,78 tkr
Total kostnad		4163,17 tkr

4.5 Diskussion

4.5.1 CO₂-utsläpp

CO₂-utsläppen för Bäverhyddan byggt i betong var cirka 102% större än om det skulle byggas i KL-trä. Detta trots att träfabriken låg cirka 922 km bort från byggarbetsplatsen, till skillnad från betongfabriken som låg ungefär 75 km bort. Om det skulle finnas en träfabrik 100 km bort istället för 922 km, så skulle resultatet istället visa att betongbyggets CO₂-utsläpp skulle vara 121% större än träets.

En annan faktor som kan ha haft en påverkan på resultatet är användningen av transportverktyget för beräkning av A4 utsläppen från trä. Även om den ger pålitliga värden så skulle beräkningen vara noggrannare om Martinsons hade transportdata dokumenterat i EPD. Då skulle värdena vara mer tillförlitliga och relevanta för just Martinsons trä.

En annan sak som kan poängteras är att endast hänsyn har tagits till KL-trä och Grön betong, och inte resten av materialen som kommer ingå i väggar och bjälklag, såsom gips, isolering osv. Tillverkning av väggens resterande element bidrar också till koldioxidutsläpp, vilket inte har beaktats. Men resultatet är ändå relevant och koldioxidutsläppen kommer säkerligen i slutändan vara i träets favör, med en någorlunda avvikelse från studiens siffror om allt skulle tas i hänsyn och den skulle vara mer omfattande.

En annan aspekt som kan diskuteras är miljöförstörelsen vid framställning av de båda byggnadsmaterialen. Stenbrott och kalkbrott har en irreversibel påverkan på miljön då marken förändras djupgående. Marken runt dessa brott är obeboeliga för naturliv och människoliv i decennier framöver och även då kan frågan ställas om vem som skulle vilja bo nära ett stenbrott eller ett kalkbrott. Trä å andra sidan betraktas som en förnyelsebar resurs, men marken där träden huggits ner påverkas också avsevärt. Kalhyggenas areal blir mycket större för träkonstruktioner jämfört med stenbrott och kalkbrott som kräver en mindre areal för att få fram mängden som en betongkonstruktion i samma storlek skulle kräva. Kalhyggen påverkar också naturliv och människoliv då återplantering på kalhyggen inte är naturlig utan människogjord.

4.5.2 Kostnad

En kostnad som inte beaktats för de båda byggnadsmaterialen är kostnaden för installationer såsom WC, ventilation, fönster, dörrar, el mm. För vissa av dessa installationer krävs det ofta att man borrar på plats. Martinsons anläggning i Bygdsiljum är modernt och har CNC-robotar som utför uttagen i fabrik med exakta mått och lämnar endast mindre uttag till arbetare att göra på plats. Uttagen för betongen kräver ofta att man borrar på plats med tunga maskiner som klarar av att borra igenom betongen hårdhet. Trots att trä idag är dyrare att bygga i än betong kommer den procentuella skillnaden bli mindre om man bygger ett flerbostadshus eller kvarter i trä efter att alla installationer har tagits med i den slutgiltiga kostnadsberäkningen. Tillverkningsmetoderna för KL-trä kan också komma att effektiviseras i framtiden vilket kommer leda till prisreduktioner för komponenter i KL-trä.

En annan del som inte beaktats är grunden för de båda byggnadsmaterialen. Om byggnaden konstrueras i betong innebär det att den är väsentligt mycket tyngre än om den skulle byggas i KL-trä. Detta innebär då att grunden måste ha en större volym för att kunna bära lasten från betonghuset. Eftersom grunden måste byggas i betong, kommer kostnaden också bli väsentlig på grund av vikten för betongbyggnaden ovan.

Att skydda trä vid brand för att bibehålla den strukturella integriteten är väldigt kostsamt då man måste täcka över bärande beståndsdelar i trä med ett flertal lager gips, isolering, och brandskyddande färg för att uppfylla brandkraven från Boverket. Betong o andra sidan är ett material som inte kräver dyra insatser för att skydda den mot brand, eftersom betong inte kan brinna eller smälta. Detta innebär att man endast behöver göra mindre insatser på betongens ytskikt för estetikens skull, vilket är sparsamt.

För att förhindra stomljud krävs åtgärder i form av ljudabsorbenter. Då den Gröna betongen har en densitet som är fyra gånger större än KL-träets så fungerar den väldigt bra som ljudabsorbent. KL-trä å andra sidan måste tilläggsisoleras för att uppfylla ljudkraven från Boverket.

KL-trä har fördelen med att alla komponenterna produceras i fabrik vilket innebär att tiden för att resa byggnaden är kortare än för den Gröna betongen som måste platsgjutas. Hela konstruktionen i KL-trä kommer att färdigställas snabbare än för den Gröna betongen, då varje våning måste stelna innan man kan gjuta nästa våning. Det innebär att hyresgäster kan flytta in snabbare och det genererar mer pengar åt företaget. Men eftersom stomsystemet i Grön betong är nästan hälften så kostsamt som för KL-trä kan det bidra till att hyrorna blir lägre, vilket i sin tur hade lett till att fler hyresgäster skulle vilja bosätta sig i fastigheten. Risken blir då lägre att lägenheter står tomma tills hyresgäster är villiga att betala priset som krävs.

Då ToSIA inte använder sig av en databas, dvs. mätvärden måste skrivas in manuellt, kan det påverka resultatet. Ofta har andra LCA-verktyg egna databaser med mätvärden som används. Det innebär att beroende på vilket LCA-verktyg som används så kan resultatet variera. Eftersom att i studien så användes Martinsons respektive Skanskas egna EPD för ToSIA, så blir resultatet helt och hållet beroende på vad som står i företagets EPD. Hade ett annat LCA-verktyg än ToSIA använts så är det mycket sannolikt att resultatet hade avvikit sig en del från ToSIA.

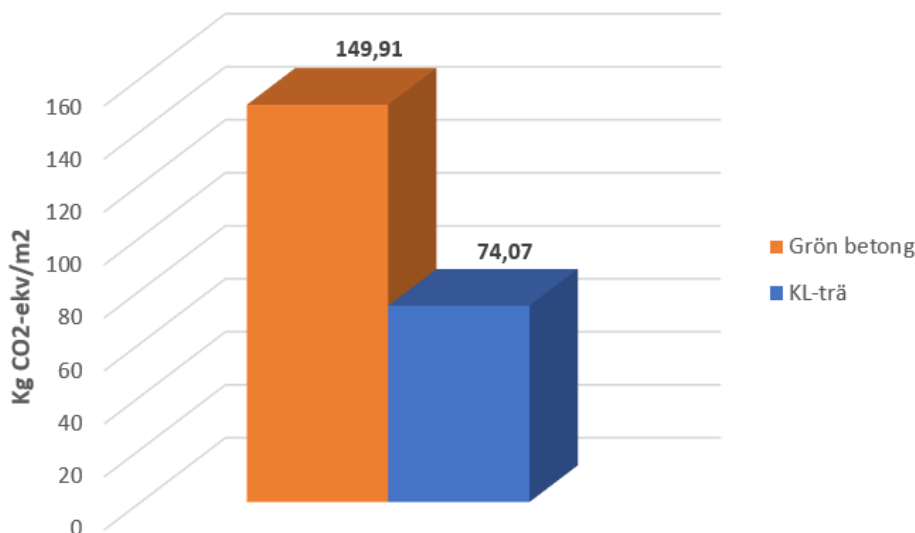
Om hänsyn hade tagits till förvaltningsskedet samt slutskedet så hade också resultaten varierat. Betong är ett väldigt tungt material och kräver mycket energi för att bibehålla en god termisk miljö, medan trä är lättare och kräver inte alls lika mycket energi. Men betong å andra sidan är bättre på att hålla en jämn temperatur inomhus ifall temperaturen på utsidan fluktuerar, på grund av dess termiska tröghet. Trä är känsligare för varierande utomhustemperaturer. Det innebär att under förvaltningsskedet har båda dessa material sina för- och nackdelar. Om man vill värma upp byggnaden snabbt så är trä det bättre alternativet, medan om man föredrar ett material som är bättre på att bibehålla temperatur är betong att föredra.

Vid bedömning av slutskedet av byggnaden så är trä att föredra. Nästan alla KL-träkomponenter i stomsystemet görs i fabrik, vilket skapar möjligheten att snabbt kunna demontera byggnaden när byggnaden ska tas ur bruk. Det skapar en god arbetsmiljö för arbetare som är ansvariga för demonteringen. Platsgjuten betong har inga betongkomponenter som sitter löst utan alla komponenter är sammanfogade med varandra. Ofta måste en tryckluftborr och andra tunga och högljudda verktyg användas för att demontera ner en platsgjuten konstruktion. Har man dock underhållit den platsgjutna betongbyggnaden och byggt rätt från början så finns det en möjlighet att konstruktionen kommer stå längre än vad träbyggnaden kommer göra. Då kan det ändå vara ekonomiskt lönsamt ifall byggnaden är gjord i betong.

5. SLUTSATS

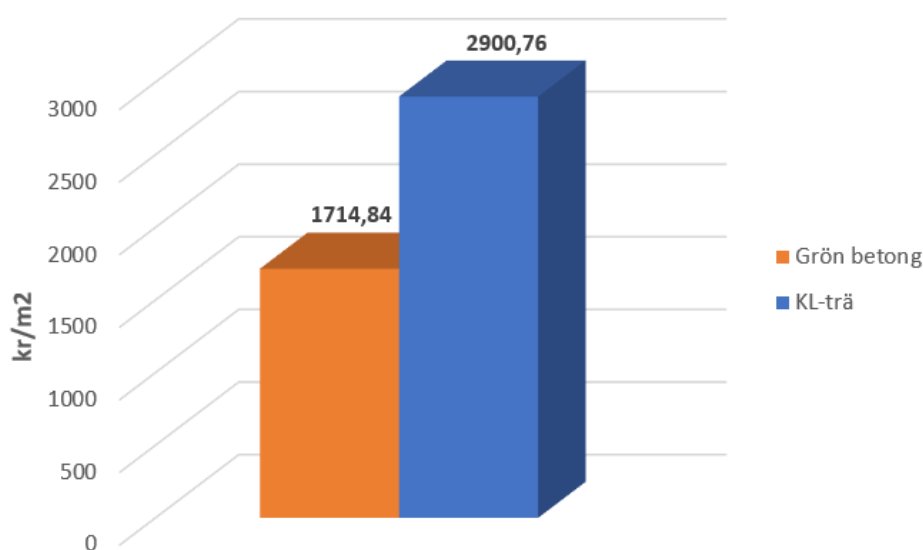
Trots den innovativa lösningen med att ersätta delar av cementet i betongen med slagg, så bidrar ändå betongen till drygt dubbelt så högt koldioxidutsläpp som KL-trä. Om Bäverhyddan hade konstruerats i vanlig betong hade koldioxidutsläppen varit markant mycket högre. Diagram 4 visar en jämförelse mellan de två byggnadsmaterialens koldioxidutsläpp per kvadratmeter.

Diagram 4 visar utsläppen av koldioxid per kvadratmeter för respektive byggnadsmaterial.



Kostnaden per kvadratmeter för respektive material framgår i diagram 5. Kostnaden för betong är betydligt mindre än för KL-trä. Men värt att ha i åtanke är att detta gäller enbart stomsystemet och kostnaden för installationer är inte inräknade. Stomsystemet i KL-trä är ungefär 69% dyrare än i Grön betong.

Diagram 5 visar kostnaden per kvadratmeter för respektive byggnadsmaterial.



I slutändan blir det en bedömningsfråga om vilket byggnadsmaterial stomsystemet ska konstrueras i. Resultaten motstrider varandra beroende på vilken aspekt som prioriteras. Om kostnaden är den styrande faktorn är den Gröna betongen att föredra. Om miljöpåverkan prioriteras är KL-trä att föredra. Därför är det upp till beställaren att avgöra vilket byggnadsmaterial som är mest gynnsamt för företaget.

5.1 Förslag på vidare studier

Då denna studie inte omfattade komplexa byggnadsdelar såsom grund och tak kan en studie utföras där man tar med dessa i kostnadsberäkningen, för att få en bättre helhetsbild av den verkliga kostnaden med fler byggnadsdelar inräknade.

I stället för att jämföra två olika byggnadsmaterial kan en studie utföras om en hybrid av stomsystemet i KL-trä och betong, då det börjar bli alltmer vanligt med träkonstruktioner.

Eftersom studien handlade om ett flerbostadshus, kan en liknande studie göras för småhus.

REFERENSER

Autodesk. (u.å). *RevIt*. <https://www.autodesk.se/products/revit/overview?term=1-YEAR>

Berg, S., Chesneau, J., Le Net, E. (2011). *A transport tool to evaluate sustainability impact of transport processes within the Forest Wood Chain*.
<https://doi.org/10.1007/s10342-011-0530-4>

Beemsterboer. S., Ek, K., Dahlgren, L., Heincke, C. (2018, 8 oktober).
Livscykelanalyser – vägledning vid val av verktyg.
<https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/bfb45784-3c19-49e7-a542-26cc031b419e/FinalReport/Slutrapport%2013461%20Utv%C3%A4rdering%20av%20LCA-verktyg.pdf>

Björklund. M., & Paulsson. U. (2012). *Seminariet boken: att skriva, presentera och opponera* (2 uppl.). Studentlitteratur.

Boverket. (2021, 17 februari). *Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn*.
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuellt-status/vaxthusgaser/>

Boverket. (2020, 17 februari). *Regionala byggnadsbehovsberäkningar*.
<https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/bostadsmarknad/bostadsmarknaden/behov-av-bostadsbyggande/byggbehovsberakningar/>

Boverket. (2019, 20 februari). *Introduktion till livscykelanalys (LCA)*.
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/>

Boverket. (2019, 20 februari). *Verktyg för LCA*.
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/miljodata-och-lca-verktyg/verktyg-for-lca/>

Castellani, V., Fitzgerald, J., Lindner, M., Martire, S., Toumasjukka, D. (2015). *Sustainability impact assessment for local energy supplies' development – The case of the alpine area of Lake Como, Italy*. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.08.020>

Erlandsson. M, Francart. N, Kellner. J, Malmqvist. T. (2018). *Minskad klimatpåverkan från flerbostadshus*. <https://www.ivl.se/publikationer/publikationer/minskad-klimatpaverkan-fran-flerbostadshus.html>

European Forest Institute. (2014, 14 maj). *ToSIA – Tool for Sustainability Impact Assessment*. <http://tosia.efi.int/>

Google. (2021). [Google maps vägbeskrivning för att köra bil mellan Bygdsiljum och Trollhättan]. Hämtad 13 april, 2021, från <https://google.se/maps>

Instalco. (2019, 15 maj). *Hållbart byggande i massivt trä*. <https://instalco.se/nyheter/haallbart-byggande-i-massivt-trae>

- Jabrael, P., Leimo, A. (2019). *Jämförelse mellan regel- och KL-trä stomsystem i prefabricerade flervåningshus*. [Examensarbete, Chalmers tekniska högskola]. Chalmers Research. <https://hdl.handle.net/20.500.12380/257371>
- Kubba, S. (2010). *Green design and construction economics*. Science Direct. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/life-cycle-cost-analysis>
- Landel, P. (2018). *Swedish Technical Benchmarking of Tall Timber Buildings*. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-37720>
- Martinsons Såg AB. (2019). *KL-tre* [Produktblad]. https://www.martinsons.se/wp-content/uploads/2020/01/NEPD-345-236-NO_KL-tre.pdf
- Martinsons Såg AB. (2019, 20 oktober). *Materialguide för Martinsons KL-trä*. https://martinsons.se/wp-content/uploads/2020/10/Mson_Materialguide_KL_Tra_201019.pdf
- Nilsson, J., & Svensson, R. (2019). *En jämförelse mellan prefabricerad och platsgjuten stomme: Ur ett ekonomiskt och miljömässigt perspektiv*. [Examensarbete, Högskolan i Jönköping]. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hj:diva-45182>
- Ramböll. (u.å). *Vad är en livscykelanalys?* <https://se.ramboll.com/press/artiklar/vad-ar-livscykelanalys>
- Skanska AB. (u.å). *Skanskas Gröna betong* [Produktblad]. [produktblad-gron-betong.pdf \(skanska.se\)](https://www.skanska.se/produkter/och-tjanster/betong/gron-betong/epd-gron-betong.pdf)
- Skanska AB. (2019). *Grön betong* [Produktblad]. <https://www.skanska.se/4a58b3/siteassets/vart-erbjudande/produkter-och-tjanster/betong/gron-betong/epd-gron-betong.pdf>
- Statistikmyndigheten SCB. (2021, 28 april). *Befolkningsprognos för Sverige*. <https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/manniskorna-i-sverige/befolkningsprognos-for-sverige/>
- Statistikmyndigheten SCB. (2019). *Lägenheter i nybyggda ordinära flerbostadshus, procent efter material i husens stomme och år*. https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_BO_BO0201_BO0201M/MaterialiStommeFN/chart/chartViewColumn/
- Statistikmyndigheten SCB. (2020). *Färdigställda lägenheter i nybyggda hus efter hustyp och år*. https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_BO_BO0101_BO0101A/LghReHus typAr/chart/chartViewColumnStacked/
- Stora Enso. (u.å). *Nya nivåer av hållbar byggnadskonstruktion*. <https://www.storaenso.com/sv-se/products/wood-products/massive-wood-construction>

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2021
www.chalmers.se



CHALMERS