



HÖGSKOLAN  
DALARNA

## Examenarbete

Kandidatarbete

### Jämförelse mellan återbrukat och nytillverkat bärande element av KL-trä med fokus på klimatpåverkan

---

#### Fallstudie på en modell av ett flervåningshus

Författare: Mahdi Gulami  
Handledare: Jonn Are Myhren  
Examinator: Tina Wik  
Ämne/huvudområde: Byggteknik  
Kurskod: BY2016  
Poäng: 15 hp  
Examinationsdatum: 2023-05-25

Vid Högskolan Dalarna finns möjlighet att publicera examensarbetet i fulltext i DiVA. Publiceringen sker open access, vilket innebär att arbetet blir fritt tillgängligt att läsa och ladda ned på nätet. Därmed ökar spridningen och synligheten av examensarbetet.

Open access är på väg att bli norm för att sprida vetenskaplig information på nätet. Högskolan Dalarna rekommenderar såväl forskare som studenter att publicera sina arbeten open access.

Jag/vi medger publicering i fulltext (fritt tillgänglig på nätet, open access):

Ja

Nej

## **Sammanfattning:**

Byggsektorn står för en stor del av klimatpåverkan i världen och behöver därför hitta sätt att minska sina utsläpp av växthusgaser. En LCA visar att användning av KL-trä som bärande element ger minst klimatpåverkan jämfört med andra byggsystem. Att återbruka bärande element av KL-trä är en ytterligare metod för att minska byggsektorns miljöpåverkan och öka dess hållbarhet. Trots de hindren för återbrukad bärande element av KL-trä visar en studie att det är tekniskt möjligt att återanvända dem. Syftet med denna fallstudie är att genomföra en teoretisk klimatberäkning av nyttillverkad respektive återbrukad bärande element av KL-trä för en modell av flervåningshus. Resultatet visar att återbrukade bärande element av KL-trä är ett betydligt bidrag till klimatpåverkan genom att lagra CO<sub>2</sub>e-bio över 100 år vilket är avgörande för att minska utsläpp av växthusgaser i ljuset av klimatförändringarna. Dessutom visar resultatet att återbrukade bärande element av KL-trä kan minska de fossila utsläppen med upp till 54% och 67%. De faktorer som påverkar klimatpåverkan mest vid återbruk av bärande element av KL-trä är transport och rekonditionering under byggande process.

## **Abstract:**

The construction sector accounts for a large part of the climate impact in the world and therefore needs to find ways to reduce its greenhouse gas emissions. An LCA shows that the use of CLT as a load-bearing element gives the least climate impact compared to other building systems. Reusing load-bearing elements of CLT is a further method to reduce the environmental impact of the construction sector and increase its sustainability. Despite the obstacles for reusing load-bearing elements of CLT, a study shows that it is technically possible to reuse them. The purpose of this case study is to conduct a theoretical climate calculation of newly manufactured and reused load-bearing elements of CLT for a model of multi-storey buildings. The result shows that reused load-bearing elements of CLT are a significant contribution to the climate impact by storing CO<sub>2</sub>e-bio over 100 years, which is crucial for reducing greenhouse gas emissions in light of climate change. In addition, the result shows that reused load-bearing elements of CLT can reduce fossil emissions by up to 54% and 67%. The factors that affect the climate impact most when reusing load-bearing elements of CLT are transport and reconditioning during the construction process.

**Nyckelord:** KL-trä, Återbruk, Klimatberäkning, Flervåningshus

**KL-trä:** Korslimmat trä är en strukturell träkomposit som består av ett varierande antal hyvlade träskikt, vanligtvis tre till nio, som är sammanfogade med lim.

**CO<sub>2</sub>:** Koldioxid är en av de främsta växthusgaserna som förekommer i atmosfären.

**CO<sub>2</sub>e:** Koldioxidekvivalent är ett måttetal som används för att jämföra utsläppen av olika växthusgaser genom att bedöma deras globala uppvärmningspotential i förhållande till koldioxid.

**CO<sub>2</sub>e-bio:** Biogen karbonlagring är när CO<sub>2</sub> lagras i biologiska material, som till exempel trä, genom fotosyntesprocessen.

**LCA:** Livscykelanalys är en metod som används för att mäta miljöpåverkan av en byggnad under dess livscykel.

**EPD:** Environmental Product Declaration är en standardiserad rapport som ger en detaljerad redovisning av en produkts miljöpåverkan under dess livscykel.

**GWP:** Global Warming Potential är en kvantifiering av hur mycket en växthusgas bidrar till global uppvärmning under en tidsperiod på 100 år.

## Innehållsförteckning

1. Inledning .....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte .....	3
1.3 Avgränsning .....	4
2. Teori.....	4
2.1 Livscykelanalys.....	5
2.2 Livscykelanalys av byggnader .....	6
2.2.1 Bygg och installationsprocessen modul A5 .....	7
2.2.2 Återbruk i EN 15978.....	7
2.3 Klimatberäkning .....	8
2.3.1 Biogent CO <sub>2</sub> .....	9
2.4 Sammanfogning av KL-trä-vägg-bjälklag .....	9
2.4.1 Demonterbara KL-träelement .....	12
3. Beskrivning av flervåningshusmodellen.....	12
3.1 Design av planlösning.....	13
3.2 Design av byggsystem .....	13
4. Metod .....	14
4.1 Beräkning av nyttillverkat bärande element .....	15
4.2 Beräkning av återbrukat bärande element.....	16
4.2.1 Alternativ A .....	17
4.2.2 Alternativ B.....	18
5. Resultat .....	19
6. Diskussion.....	23
6.1 Diskussion om resultat.....	23
6.2 Diskussion om metod.....	24
6.3 Diskussion om avgränsning .....	26
7. Slutsatser .....	26
8. Referenslista.....	28
9. Bilagor.....	1

# 1. Inledning

I detta avsnitt presenteras bakgrunden, syftet och avgränsningarna för denna fallstudie. Fallstudien syftar till att kvantifiera klimatpåverkan av en modell av ett flervåningshus som byggs med bärande element av KL-trä. Denna konstruktionsteknik har en avgörande betydelse för att minska klimatpåverkan. Fallstudien undersöker både nyttillverkade och återbrukade bärande element av KL-trä och jämför deras klimatpåverkan under olika faser i livscykeln. Fallstudien baseras på principerna för cirkulär ekonomi, som innebär att materialen används så effektivt och hållbart som möjligt. Genom att återbruka bärande element av KL-trä kan man spara resurser, lagra CO<sub>2</sub> i träet och minska behovet av nyproduktion.

## 1.1 Bakgrund

Det finns omfattande dokumentation som bekräftar den betydande klimatpåverkan som byggbranschen har och dess signifikanta roll i den globala uppvärmningen. Det existerar ett brådskande behov av forskning och högre utbildning för att främja hållbar utveckling inom byggsektorn och minska dess negativa klimatpåverkan.

Mänskliga utsläpp av växthusgaser bidrar till en förstärkt växthuseffekt som påverkar hela jordens klimat och ökar medeltemperaturen. Växthusgaserna kommer inte bara från transporter eller industrier, utan även från människors vardagliga beteenden som har en inverkan på den globala uppvärmningen. (Gröndahl & Svanström, 2011)

Världen står inför en omställningsutmaning för att motverka fattigdom och ojämlikhet, samt minska den klimatpåverkan som nu hotar planetens livsvillkor. I ljuset av den aktuella situationen antog FN:s medlemsstater en gemensam agenda med globala hållbarhetsmål, Agenda 2030. Sverige ansluter sig till och arbetar efter dessa avtal, regeringen har fattat beslut om att Sverige ska vara ett ledande land och att alla politiska beslut ska baseras på Agenda 2030. (Regeringskansliet, 2022)



Figur 1: Agenda 2030 för hållbar utveckling. (Regeringskansliet. 2020)

Sveriges Byggindustrier presenterar en jämförelse av livscykelanalyser med syfte att utvärdera klimatpåverkan av likvärdiga konstruktioner som är uppförda med olika byggsystem. Analyserna konstateras att KL-trä i stomme ger minst klimatpåverkan jämfört med övriga byggsystem. En jämförelse mellan platsgjuten betong med kvarsittande form och KL-trä i stomme visar att den senare har en 67 % lägre CO<sub>2</sub> påverkan i byggskedet. Resultat för klimatpåverkan av olika byggsystem presenteras i figur 2. (Erlandsson & Malmqvist, 2018)

Byggplattform	A1-3 Produktskede	A4 Transport	A5 Bygg- och installationsprocessen	B1 Karbonatisering	B2,4 Underhåll och utbyte 50 år	B6 Driftenergi 50 år	C1-4 Slutskede	Summa livscykeln A-C	A1-5 Byggskede
1) Platsgjuten betongstomme och yttervägg med kvarsittande form	279	11	42	-4	17	188	18	550	331
2) Platsgjuten betongstomme med lätta utfackningsväggar i trä och stål	234	11	45	-3	17	188	14	506	290
3) Prefabricerad betongstomme med bärande ytterväggar och håldäcksbjälklag	214	24	34	-3	18	188	6	482	272
4) Volymelement i trä	176	18	29	-1	24	188	10	445	223
5) Massiv stomme i KL-trä	167	19	37	-1	22	188	8	441	223

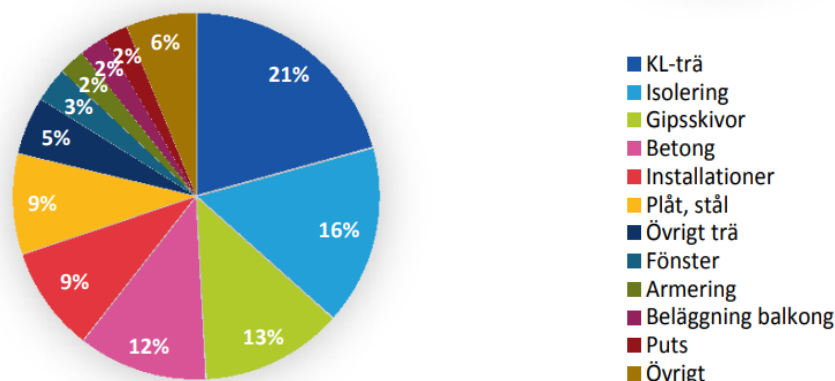
Figur 2: Resultaten av mängden CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> för de olika byggsystemen. (Erlandsson & Malmqvist, 2018)

Huvudmaterialet är en väsentlig aspekt vid konstruktionsval, vilket illustreras i figur 2 där trä uppvisar lägre koldioxidutsläpp än betong. Dessutom varierar miljöpåverkan beroende på lösningens materialåtgång. Detta innebär att olika konstruktionsalternativ kan ha olika optimala materialval ur ett klimatperspektiv (Erlandsson & Malmqvist, 2018). För att minska byggsektorns miljöbelastning krävs en övergång till mer hållbara material och metoder. KL-trä är ett material som har potential att bidra till denna övergång, eftersom det har lägre koldioxidutsläpp än andra byggmaterial.

Cirkulär ekonomi bidrar till att uppnå de globala hållbarhetsmålen i Agenda 2030 genom att optimera materialflödena i samhället. Genom att förlänga produkters användningstid och återanvända eller återvinna material minskas både resursförluster och avfallsmängder. Detta leder till ett minskat behov av nyproduktion av produkter (Regeringskansliet, 2020). KL-trä har även möjlighet att återanvändas i nya konstruktioner, vilket kan minska avfallet och resursförbrukningen. Det är därför relevant att utforska hur återbruk av KL-trä kan stimuleras i byggbranschen och vilka miljöfördelar det kan generera.

För en mer ingående analys av byggplattform figur 2 med massiva stommar i KL-trä har Erlandsson och Malmqvist identifierat samtliga material som ingår i analysen och deras individuella utsläpp. Figur 3 redovisar resultatet av denna analys, där det framgår att KL-trä står för 21 % av de totala utsläppen under

byggande processen. Andra material som har stor påverkan är isolering, gipsskivor och betong. (Erlandsson & Malmqvist, 2018)



Figur 3: De material och byggnadsdelar som har störst påverkan på klimatet under byggskedet modul A1-A5. (Erlandsson & Malmqvist, 2018)

För att effektivt möta klimatutmaningarna är det nödvändigt att införa en cirkulär tankeprocess i byggsektorn. Enligt en studie av Ingvarsson & Örabäck för att främja ökad återanvändning och underlätta detta behövs en tydligare lagstiftning som klargör gällande regler. Bättre riktlinjer och rekommendationer är också av betydelse. För närvarande ställs samma krav på återanvända material som på nyproducerade material, vilket utgör ett hinder för att välja återanvändning. Återanvändning av KL-trä kan vara möjlig under förutsättning att specifika villkor är uppfyllda. Dock är dessa villkor ofta vagt formulerade, och det krävs vanligtvis att KL-träelementet testas för sin hållfasthet vid en auktoriserad fabrik för att fastställa dess lämplighet. (Ingvarsson & Örabäck, 2022)

Med anledning av det ökade behovet av att minska avfall och resursförbrukning från byggsektorn är det av intresse att undersöka möjligheterna till återbruk av KL-trä som bärande element. Detta kan bidra till att minska byggsektorns miljöbelastning. Trots de utmaningar som finns vid återbruk av KL-trä som bärande element, finns det ett stort intresse för att utvärdera de potentiella miljöfördelarna som kan uppnås. Detta intresse beror på en höjd medvetenhet om vikten av att begränsa byggsektorns miljöpåverkan.

Denna fallstudie antar, i likhet med Erlandsson och Malmqvist, att KL-trä utgör 20% av byggnadens ingående material. Detta värde kan variera beroende på byggnadens utformning. Resultatet av fallstudien påverkas inte av detta antagande, eftersom det inte förändrar den relativa skillnaden mellan nyttillverkat och återbrukat KL-trä. Dock påverkas den absoluta klimatpåverkan från byggnaden, vilket bör tas i beaktande vid tolkningen av resultaten. Det betyder att den totala klimatpåverkan från byggnaden kommer att öka eller minska i samma grad som man antar ett högre eller lägre värde för KL-trä andel i byggnaden.

## 1.2 Syfte

Syftet med denna fallstudie är att genomföra en teoretisk klimatberäkning av nyttillverkat respektive återbrukat bärande element av KL-trä för en modell av

flervåningshus. För att uppnå syftet kommer en LCA att genomföras för att undersöka miljöpåverkan.

1. Hur stor är skillnaden i klimatpåverkan mellan nytillverkade och återbrukade KL-träelement i modellbyggnaden?
2. Vilka faktorer påverkar klimat från återbrukade KL-träelement mest?
3. Hur kan återbruk av KL-träelement optimeras för att minska klimatpåverkan ytterligare?

### 1.3 Avgränsning

Fallstudie fokuserar på bärande element av KL-trä vilket utesluter andra delar såsom isolering, väggbeklädd, ventilationssystem och liknande. Denna fallstudie syftar inte till att undersöka de juridiska och praktiska svårigheter som är kopplade till användningen av återbrukat bärande element av KL-trä.

I denna fallstudie har energiprestandan för drift inte faktiskt mätts för modellen. Därför är det olämpligt att inkludera energiprestandan i analysen. Att genomföra en fullständig livscykelanalys för byggnadsverk är en komplex och resurskrävande uppgift som kräver tillgång till en stor mängd data. Att skapa realistiska scenarier för reparation, utbyte och renovering av en byggnad är en utmanande uppgift. Det är problematiskt att förutse framtida händelser och beslut som kan påverka byggnadens livscykel. Det kan röra sig om förändringar i lagstiftning, tekniska innovationer eller andra faktorer som påverkar byggnadens prestanda.

Förutom de utmaningar som är förknippade med insamling och tolkning av tillförlitliga data, kan klimatberäkningar av byggproduktion vara vilseledande om man bara fokuserar på bärande element av KL-trä. På grund av bristfälliga data avgränsas fallstudien till byggskedet A1-A5.1. Mer information om dessa moduler finns i avsnitt 2.2 och 2.2.1.

Fallstudie begränsar tydligt undersökningsområdet till enbart klimatpåverkan. Bokförings-LCA tillämpas för att undersöka hur produkten påverkar miljön. För att jämföra utsläppen av olika växthusgaser vid klimatberäkningar används mätetal i form av CO<sub>2</sub>e. En närmare beskrivning av CO<sub>2</sub>e-begreppet och dess bas i GWP finns i avsnitt 2.3 för att förstå mätningen av olika växthusgaser.

Detta innebär att andra relevanta aspekter, till exempel byggnadsteknik, projektkonometri och livscykelkostnader, inte systematiskt undersöks eller analyseras för att uppnå en heltäckande utvärdering av byggmaterialen.

## 2. Teori

I de kommande avsnitten kommer LCA inom byggsektorn att presenteras som en metod för att bedöma klimatpåverkan. LCA möjliggör jämförelser av olika byggmaterial och -system för att optimera materialval och minska den totala miljöpåverkan från byggnader. Vidare presenteras kortfattat CO<sub>2</sub>e, CO<sub>2</sub>e-bio konceptet, montage av KL-träelement och demonterbara KL-träelement.



## 2.1 Livscykelanalys

LCA är en metod för att bedöma både resursanvändning och klimatpåverkan av en produkt eller tjänst genom hela dess livscykel, från utvinning av råmaterial till hantering av avfall. Genom att tillämpa LCA kan man få en övergripande bild av de potentiella klimatpåverkningarna vid olika skeden av livscykeln för produkter och tjänster. En LCA vanligtvis består av fyra steg som tillämpas iterativt i överensstämmelse med ISO 14044. (Svenskt trä. 2015) Figur 4 illustrerar dessa fyra steg på ett tydligare sätt och hur de är sammanlänkade där tolkning framstår som ett centralt begrepp i hela livscykelanalysen.



Figur 4: En sammanfattning av processen för livscykelanalys. (Svenskt trä. 2015)

Det inledande steget i en LCA innebär att definiera syftet och avgränsningarna för att säkerställa att LCA-designen är konsekvent med dess syfte och mål. En LCA är en abstrakt representation av verkligheten, och det finns flera metodologier för att modellera systemet, vilket ger utrymme för en hög grad av frihet i designen. Det är dock viktigt att alla beslut är noggrant motiverade. Detta förutsätter att relevanta faktorer inte exkluderas utan motivering, och att fullgoda förklaringar ges för de faktorer som inte omfattas. Resultatet av en LCA är således endast giltigt under de antaganden som specificeras i avgränsningarna. Av denna anledning är det nödvändigt att noggrant överväga och dokumentera alla avgränsningar och deras underliggande antaganden. (Svenskt trä. 2015)

Andra steget i LCA används inventeringsanalys för både datainsamling och beräkningsprocedurer. Det modellerade systemet som har definierats i syfte och avgränsning, konverteras till ett processträd där alla aktiviteter i trädet är indelade i enhetsprocesser. Data som samlas in i enlighet med syfte och avgränsning relateras sedan till varje enhetsprocess och vidare till den funktionella enheten. På detta sätt kan data aggregeras för varje enhetsprocess utifrån den funktionella enheten. (Svenskt trä. 2015)

Miljöpåverkansbedömningen är den tredje och avgörande fasen i en LCA. Syftet med denna fas är att analysera och värdera data som har samlats in under livscykelinventeringen. Genom att bedöma miljökonsekvenserna av modellerade systemet kan man identifiera vilka miljöaspekter som bidrar mest till den totala miljöpåverkan. Målet är att få en djupare förståelse på systemets miljöpåverkan för

att ta välgrundade beslut till att minska miljöpåverkan. På så sätt kan miljöpåverkansbedömningen spela en avgörande roll i att utveckla hållbarhet. (Svenskt trä. 2015)

En korrekt tolkning av en LCA är avgörande för att få en rättvisande bild av miljöpåverkan från det undersökta systemet. Tolkningen av resultatet beror på syftet och målet och bör inte nödvändigtvis vara en förbättringsanalys. I stället är målet att diskutera hela analysen, inklusive datakvalitet, avgränsningar, systemgränser, giltighet av studie och känslighetsanalys, för att få en helhetsbild av systemets miljöpåverkan. En noggrann tolkning ger en inblick i hur det undersökta systemet påverkar miljön från råvaruproduktion till avfallshantering. En väl genomförd tolkning är viktig för att fatta välgrundade beslut om miljöpåverkan. (Svenskt trä. 2015)

## 2.2 Livscykelanalys av byggnader

För att möjliggöra en rättvis jämförelse av byggnaders miljöprestanda har en europeisk standard utvecklats, som även fungerar som den svenska standarden EN 15978. Denna standard specificerar egenskaper för den funktionella enheten, livstid och studietid, samt delar in byggnadens livscykel i olika stadier, som benämns moduler. (SIS. 2011)

Livscykelinformation byggnad													Övrig information			
Byggprocessen (byggandet)					B 1-7 Driftskede							C 1-4 Slutskede			D Övrig miljöinfo	
A 1-3 Produktskede			A 4-5 Byggskede													
A1 - Råmaterial	A2 - Transport	A3 - Tillverkning	A4 - Transport	A5 - Byggproduktion	B1 - Användning	B2 - Underhåll	B3 - Reparation	B4 - Utbyte	B5 - Renovering	B6 - Energianvändning	B7 - Vattenanvändning	C1 - Rivning	C2 - Transport	C3 - Avfallshantering		C4 - Sluthantering

Figur 5: En översikt av byggnadens systemgränser uppdelade i informationsmoduler enligt EN 15978. (Erlandsson & Malmqvist, 2019)

Enligt figur 5 avgränsar modulerna A1 till A3 produktskedet för material som används i konstruktionen. Modul A1 avser utvinning av råvaror, A2 avser transport av råvaror till fabriken och A3 avser tillverkning av produkter i fabrik. Modulerna A4 och A5 avser byggskedet där A4 avser transport till byggarbetsplatsen av material från fabrik, utrustning och arbetsmaskiner. Modul A5 avser produktion av konstruktion och installation i den färdiga byggnaden. (SIS. 2011)

Modulerna B1-B7 avser driftskede för en byggnad, från dess färdigställande till rivning och nedmontering. B1 till B5 inkluderar Användning av installerade

produkter, underhåll, reparationer och ersättning av material inkluderar modulerna B1-B5. Modul B6 avser energianvändning under byggnadens livstid, medan vattenanvändning täcks av modul B7. (SIS. 2011)

Efter driftskede definieras slutskede med hjälp av modulerna C1-C4, som inleds när byggnad inte längre har någon annan användning. Modulerna C1-C4 avser miljöpåverkan från rivning, transport av avfall till platsen och slutgiltig hantering av materialet. Rivning av byggnaden kan ses som en källa för återbruk och återvinning av materiel. Resurser som kan utvinnas som återbruk ska tas upp i modul D. (SIS. 2011)

Modulerna A-D sätter ram för vilka delprocesser som bör inkluderas för att få en transparent jämförelse mellan olika byggnader samt underlättar beslutsprocesser genom att ge en rättvis jämförelse av byggnaders miljöprestanda enligt EN 15978. (SIS. 2011)

### 2.2.1 Bygg och installationsprocessen modul A5

I Sverige implementeras en tilläggskomponent till standarden EN15978, vilket syftar till att öka transparensen kring modul A5. Figur 6 presenterar modul A5 som uppdelas i fem olika aspekter av miljöpåverkan under produktionen. Modul A5.1 avser klimatpåverkan som är förknippad med spill av materiel på byggarbetsplatsen samt hanteringen av dess avfall. Beräkning av spill och avfallshantering baseras på angivna spillprocent i kalkyl. (Erlandsson & Malmqvist, 2019)

Modulerna A5.2-A5.4 avser all energi- och bränsleanvändning på byggarbetsplatsen. Modul A5.2 avser användningen av till exempel torn- och mobilkran för att resa stommen och bygghissar på byggarbetsplats bland annat. Modul A5.3 avser el- och uppvärmningsbehovet för bygg- och kontorsbodas under etableringsperioden. Modul A5.4 inkluderar övriga energikällor på byggarbetsplatsen. (Erlandsson & Malmqvist, 2019)

Modul	Omfattning
A5.1	Spill, emballage och avfallshantering
A5.2	Byggarbetsplatsens fordon, maskiner och apparater
A5.3	Tillfälliga bodar, kontor, förråd och andra byggnader
A5.4	Byggprocessens övriga energivaror (som gasol och diesel för värmare och dyligt, köpt el, fjärrvärme o.s.v.)
A5.5	Övrig miljöpåverkan från byggprocessen, inklusive övergödning vid sprängning, markexploatering, kemikalieanvändning o.s.v.

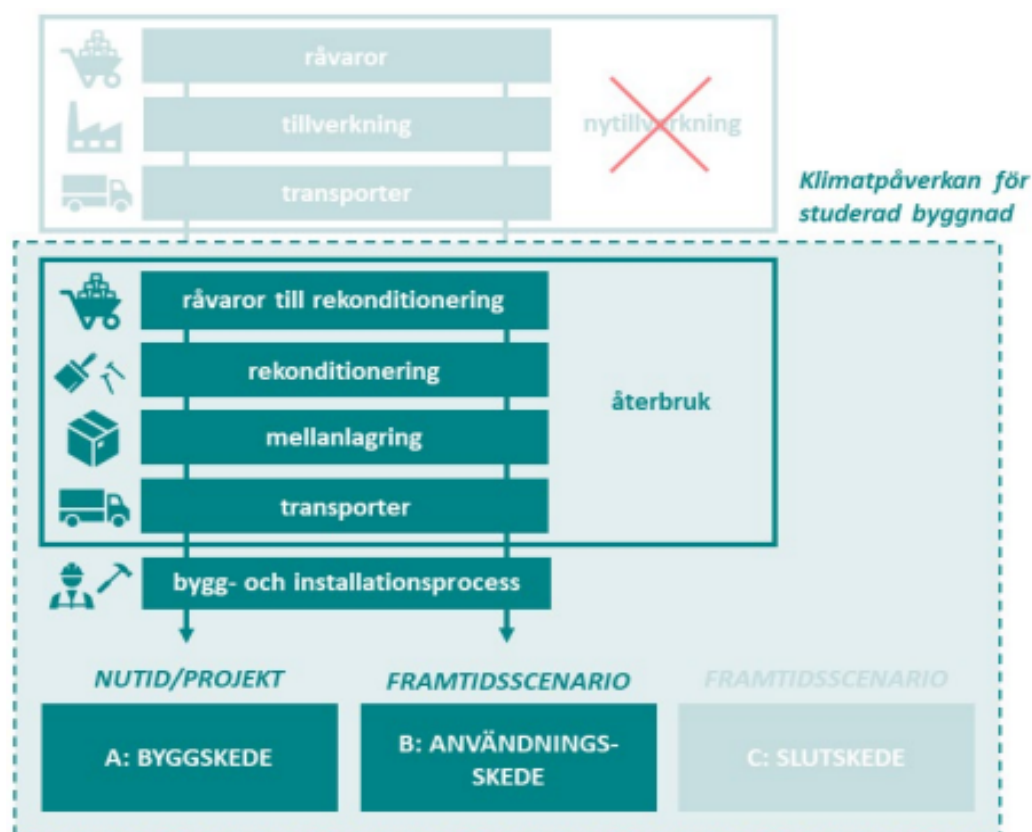
Figur 6: Modul A5 uppdelas i fem olika aspekter. (Erlandsson & Malmqvist, 2019)

### 2.2.2 Återbruk i EN 15978

Enligt EN 15978 kan återbruk bedömas på två sätt, antingen inom den studerade byggnaden eller i samband med en annan byggnad. Återbruk som sker inom den studerade byggnadens livscykel utvärderas med hjälp av bokföringsmoduler A-C

medan återbruk som sker i samband med en annan byggnad utvärderas med hjälp av konsekvensmodul D. (Gerhardsson & Andersson, 2020)

Om återbruk av material integreras i den studerade byggnaden så kan klimatpåverkan för produktskede elimineras enligt EN 15978. Vid återbruk kan det uppstå andra former av klimatpåverkan, såsom rekonditionering, transporter och lagerhållning. Standarden ger utrymme för tolkning angående hur dessa processer ska fördelas mellan livscyklerna. Figur 7 illustrerar detta utrymme som skapas med återbruk i standarden vid återanvändning av ett material inom den undersökta byggnaden. Vid återbruk av ett material kan det fungera annorlunda jämfört med nytt material gällande användningsförhållande. Återbrukat material kan ha ett ökat behov av underhåll och reparationer vilket leder till högre energibehov. (Gerhardsson & Andersson, 2020)



Figur 7: Vid återbruk av ett material inom den studerade byggnaden livscykel elimineras klimatpåverkan från råvaror, transport och tillverkning. (Gerhardsson & Andersson, 2020)

## 2.3 Klimatberäkning

Inom klimatstudier är GWP-faktorn en frekvent diskuterad term i samband med klimatfrågor. GWP-faktorn används för att kvantifiera den klimatpåverkan som en växthusgas har i förhållande till koldioxid, mätt i kilogram. En GWP-faktor indikerar hur mycket ett kilo av en viss växthusgas påverkar klimatet jämfört med en kilo koldioxid under 100 år. (Naturvårdsverket. 2022)

För att kunna mäta den totala klimatpåverkan av olika utsläppsgaser på ett enhetligt sätt används begreppet CO<sub>2</sub>e med CO<sub>2</sub> som referens. Eftersom olika växthusgaser har olika förmåga att absorbera och hålla kvar värme i atmosfären, används CO<sub>2</sub>e för att kvantifiera den totala klimatpåverkan av blandade utsläpp från växthusgaser. För att omvandla utsläppet av en växthusgas till CO<sub>2</sub>e multipliceras utsläppsmängden med gasens GWP-faktor. Till exempel metan bidrar 28 gånger mer till växthuseffekten än CO<sub>2</sub>. Det innebär att en ton metanutsläpp motsvarar 28 ton CO<sub>2</sub>e. (Naturvårdsverket. 2022)

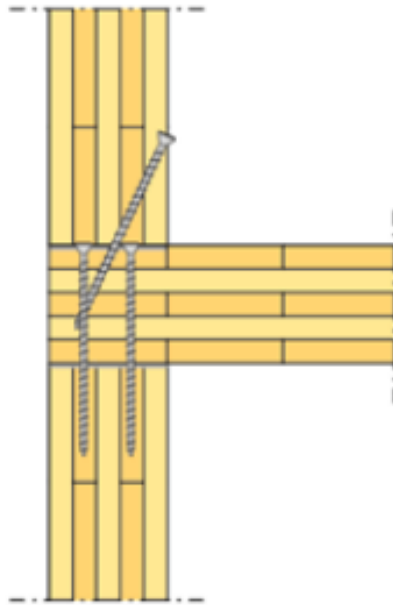
### 2.3.1 Biogent CO<sub>2</sub>

Traditionellt sätt har LCA av träbaserade produkter gjort en förenklad antagande att dessa produkter har ett netto nollbidrag till den globala uppvärmningen med undantag för utsläpp från transporter och tillverkningsprocesser av träprodukter. Träprodukter antas förbrännas vid slut av livscykel och släpper ut samma mängd CO<sub>2</sub> som absorberas under tillväxt av trä, vilket gör att de har en netto noll påverkan på utsläppen av växthusgaser. Men ett antal aspekter gör bedömningen av på klimatet mer komplicerad vid träbaserade produkter. (Erlandsson & Malmqvist, 2019)

För att hantera utsläpp av CO<sub>2</sub>e-bio på ett vetenskapligt sätt bör en analysmodell vara tidsupplöst och inkludera en redovisning av när upptag och utsläpp av CO<sub>2</sub>e-bio sker. En EPD beräknar klimatpåverkan över ens hela livscykel där CO<sub>2</sub>-bio lagras under tillväxt vilket resulterar negativ siffra i produktskede. Samma mängd CO<sub>2</sub>-bio frigörs vid slutskede vilket resulterar en netto noll utsläpp. Enligt standarderna EN 15804 och EN 15978 bör CO<sub>2</sub>e-bio redovisas separat i rapportering om utsläpp av växthusgaser. (Erlandsson & Malmqvist, 2019)

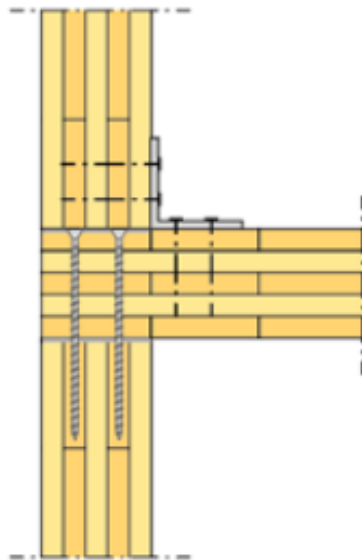
## 2.4 Sammanfogning av KL-trä-vägg-bjälklag

Skruvning är en enkel metod för att förbinda bjälklag och väggelement i KL-trä. Det kräver att skruvarna är tillräckligt långa, starka och placerade på ett sätt som undviker skruvning i ändträ. Detta ger tillräckliga förankringslängder som visas i figur 8. (Svenskt trä. 2017)



Figur 8: Skråskruvning mellan KL-vägg och bjälklag (Svenskt trä, 2017)

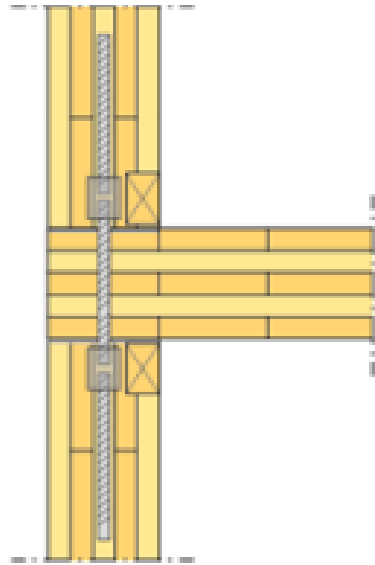
Vinkelbeslag kan också användas för att förbinda bjälklagsplattor och väggskivor. Detta visas i figur 9. En fördel med vinkelbeslag jämfört med skruvning är att vinkelbeslagen kan motstå större tvärkrafter. (Svenskt trä, 2017)



Figur 9: Kombination av skruvning och användning av vinkelbeslag (Svenskt trä, 2017)

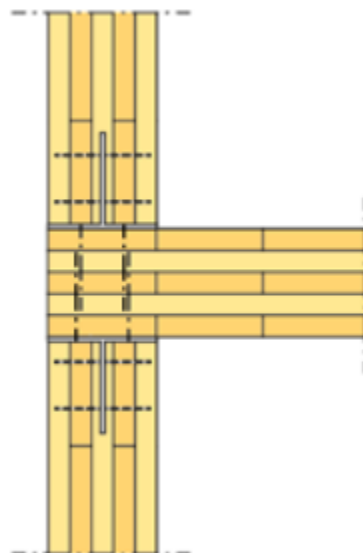
En annan metod för att förbinda bjälklagsplattor och väggskivor är att använda helgängade skruvar med olika längder som borrar och limmas i väggskivan

tillsammans med gängade hylsor. Detta visas i figur 10. Detta system är särskilt lämpligt för stommar i KL-element. Genom att använda gängade skruvar som är lika långa som vägg höjden kan lyftkrafter i konstruktionen överföras till grunden. (Svenskt trä. 2017)



Figur 10: Infästning med helgängade skruvar (Svenskt trä, 2017)

Om man vill ha ett dolt montage med hög hållfasthet kan man också använda in-slitsade beslag. Beslaget fästs först på bjälklagsplattan med dymlingar och sedan på väggskivan. Detta visas i figur 11. (Svenskt trä. 2017)



Figur 11: Infästa beslag (Svenskt trä, 2017)

### 2.4.1 Demonterbara KL-träelement

KL-element bör ha kopplingar som gör det möjligt att demontera dem på ett enkelt, smidigt och skonsamt sätt. Det är viktigt att kopplingen är lättillgänglig för att undvika att ta bort inre eller yttre beklädnad när elementet ska demonteras, vilket främjar och underlättar återanvändning av elementen. (Palmer, E. 2021)

En enkel demontering är också fördelaktig vid reparation eller ombyggnad av en byggnad när vissa element kan behöva ersättas med liten påverkan på närliggande element. Syftet med en koppling som är skonsam mot träet är att montering och demontering ska kunna utföras flera gånger utan att skada träet, vilket skulle kräva individuella lokala reparationer vid återanvändning av träelementet. (Palmer, E. 2021)

KL-element kan förbindas med olika metoder, men de mest använda är träskruv och beslag. Det finns även specialiserade lösningar som kan underlätta montering och demontering av KL-element, men de har inte blivit så vanliga på den svenska marknaden. Skruvförband är enkla att montera, men de kan skada träet om de används om och om igen, vilket kan försämra förbandets hållfasthet. Spikade förband är svåra att demontera, eftersom man måste ta bort spikarna med våld. (Palmer, E. 2021)

En annan möjlighet är att använda bultar eller helgängade stänger som infästningsdon, vilket kan förbättra demonterbarheten av trä-element. En annan fördel med specialiserade lösningar är att de kan vara självlåsande och minska användningen av metallfästdon, vilket är bättre för träet. (Palmer, E. 2021)

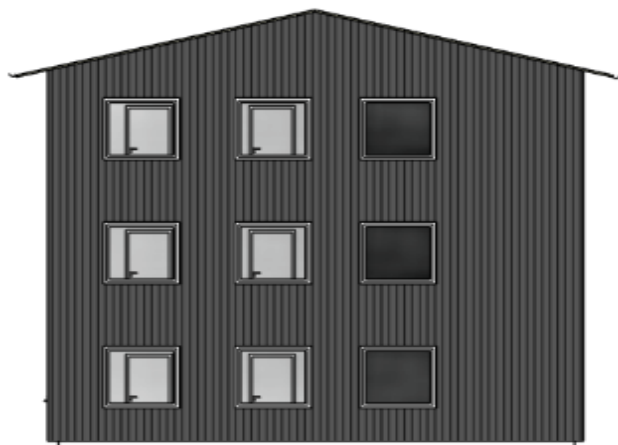
## 3. Beskrivning av flervåningshusmodellen

I detta avsnitt presenteras en modell av ett flervåningshus som används för att kvantifiera dess klimatpåverkan. Modellen representerar ett typiskt bostadshus med 12 lägenheter med en total boyta på 806 m<sup>2</sup> och en bruttoarea på 1090 m<sup>2</sup>. Modellen är baserad på ritningar från ett verkligt byggprojekt och har anpassats för att passa studiens syfte. Figur 12 och 13 nedan visar modellens fasader mot söder respektive öster.



Figur 12: Fasad mot söder.



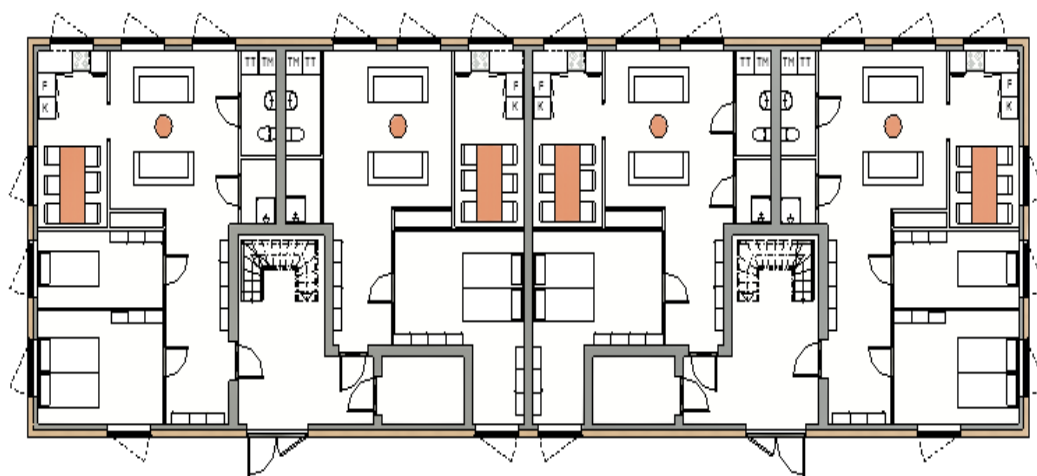


Figur 13: Fasad mot öster.

### 3.1 Design av planlösning

Modellen som studeras representerar ett flervåningshus med totalt 12 lägenheter, som varierar i storlek och antal rum. Figur 14 visar planlösningen av bottenvåningen, där det finns fyra lägenheter med tre eller fyra rum. De övriga åtta lägenheterna är fördelade på de två översta våningarna, från plan 0 till plan 2. I byggnaden finns det även olika tekniska utrymmen, såsom teknikrum, undercentral, el-central och förråd/fläktrum. Dessa utrymmen är nödvändiga för att garantera en effektiv och säker drift av byggnadens system, inklusive uppvärmning, ventilation och elsystem.

De olika storlekarna på lägenheterna ger en variation av boendeanternativ för de som vill bo i byggnaden. Att erbjuda olika lägenhetsstorlekar kan bidra till att attrahera en bredare grupp av potentiella hyresgäster och därmed öka chansen att hitta en lägenhet som passar deras behov och preferenser. Detta kan i sin tur leda till en högre efterfrågan och en lägre vakansgrad för byggnaden. Dessutom kan variationen av lägenhetsstorlekar främja en social mångfald och integration bland de boende, vilket kan förbättra livskvaliteten och trivselen i byggnaden.



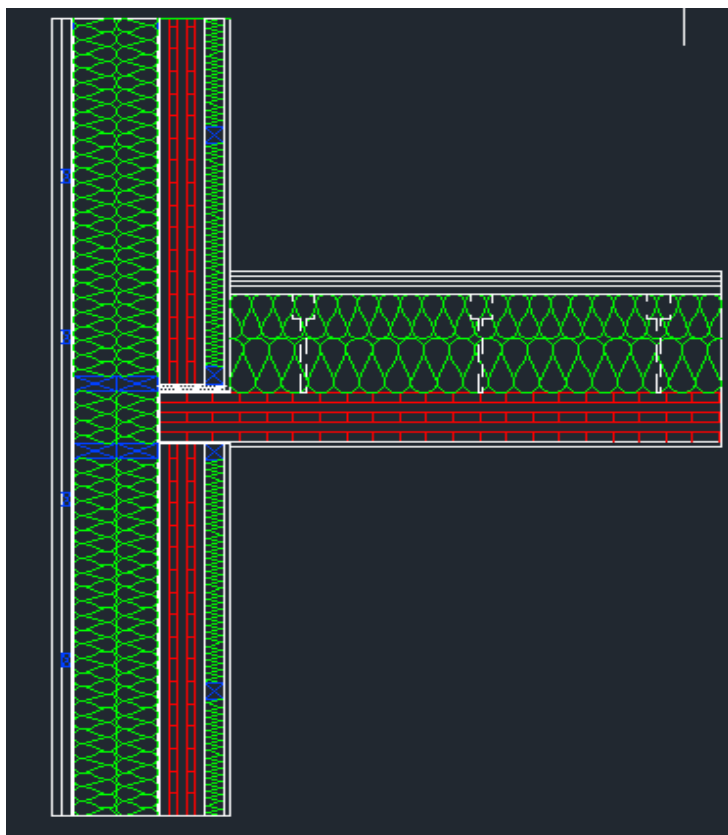
Figur 14: Planlösning av botten våning.

### 3.2 Design av byggsystem

Figur 15 visar en detaljerad ritning av en yttervägg och ett bjälklag med bärande elementen i KL-trä. Ritningen visar hur de bärande elementen är sammanfogade och förankrade med varandra och med andra delar av konstruktionen. Bilaga 6 ger en ingående insikt i konstruktionens uppbyggnad och placeringen av de bärande elementen. Bilagan innehåller även information om de material och dimensioner som används för de bärande elementen och andra komponenter i konstruktionen.

Den yttre väggstrukturen av byggnaden visar en väll isoleringsförmåga, med ett u-värde på endast 0.15 W/m<sup>2</sup>K och en total tjocklek av 409 mm. Vidare uppfyller kraven för brandklass REI60, vilket är en indikator på dess kapacitet att motstå brand i minst 60 minuter Dessutom har den även en betydande ljudisolering på 41 decibel, vilket bidrar till att skapa en lugn och bekväm inomhusmiljö. (Gustafsson, A. 2017).

I motsvarande bemärkelse har bjälklaget av byggnaden en total tjocklek på 493 mm och uppfyller ljudklass B. Detta tyder på dess förmåga att erbjuda hög ljudisolering och dämpar överföringen av ljud från andra våningar (Gustafsson, A. 2017). På det hela taget kan det hävdas att såväl yttervägg som bjälklagsstrukturen är konstruerade för att säkerställa en hög grad av isolering och ljudkontroll, vilket i sin tur resulterar i en mer bekväm och trygg inomhusmiljö.



Figur 15: Detaljer ritning på yttervägg och bjälklagen.

## 4. Metod

Datainsamling, beräkningsmetoder och antaganden presenteras i detta avsnitt. Det finns olika verktyg på marknaden som är utformade för att underlätta LCA-beräkningar inom bygg- och fastighetssektorn. I denna fallstudie används verktyget One Click. One Click är en webbaserad mjukvara som enkelt möjliggör livscykelanalyser genom att använda produktdata från certifierade EPD. Mjukvaran är helt i linje med gällande standarder för LCA och uppfyller höga kvalitetskrav för sådana analyser. Alla beräkningarna är handberäknad i enlighet med One Click och dessa beräkningar kommer att redovisas i bilagor 1, 2 och 3.

Figur 16 visar en sammanställning av den totala volymen av KL-trä som används i modellen. Sammanställningen inkluderar bara de komponenter som har en bärande funktion i modellen. Andra icke-bärande element är inte medräknade i volymen. För att beräkna volymen av KL-trä har varje komponent mätts manuellt med hjälp av programmet Revit, som är ett verktyg för att skapa och visualisera byggmodeller.

Våningsplan	Väggarnas volym	Bjälklagens volym
Entréplan	20,86 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>
Plan 1	21,25 m <sup>3</sup>	45,54 m <sup>3</sup>
Plan 2	21,25 m <sup>3</sup>	45,54 m <sup>3</sup>
Tak	2,4 m <sup>3</sup>	47,26 m <sup>3</sup>
Totalt	201.7 m <sup>3</sup>	

Figur 16: Sammanställning av modellens volym baserat på bärande element av KL-trä.

En separat beräkning och rapportering av lagring av CO<sub>2</sub>e-bio utförs i resultaten, i enlighet med standarderna EN 15804 och EN 15978. I avsnitt 2.3.1 presenteras ytterligare information om CO<sub>2</sub>e-bio, vilket kan vara till hjälp för att förstå dess bidrag till den totala klimatpåverkan.

### 4.1 Beräkning av nytillverkat bärande element

Livscykelanalysen baseras på standarden EN 15978 där modul A1-A3 sammanfattar klimatpåverkan av produktionsfasen. De bärande elementen transporteras sedan till byggplatsen. I denna fallstudie beaktas spill av KL-trä på byggplatsen och dess avfallshantering. Figur 17 visar hur beräkningen är uppdelad.



Figur 17: Livscykel delad under flera moduler vid nytillverkat bärande element av KL-trä enligt EN 15978.

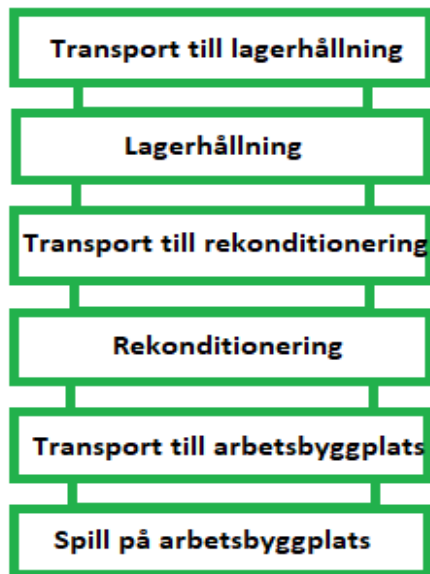
1. Enligt de metodologiska principerna i EN 15978-standarden kan produktskedets livscykelbedömning modul A1-A3 rapporteras i aggregerad form. För att utföra denna bedömning har en EPD från Stora Enso tillhandahållit nödvändiga data för modul A1-A3.
2. Modul A4, som avser transport av produkter till byggplatsen, beräknas med hjälp av en formel från One Click. För produkter som levereras till Borlängeområdet antas en transportsträcka på 250 km med tåg och 10 km med lastbil. Stora Enso producerar KL-trä i sin fabrik i Gruvön, Värmland, vilket innebär att avståndet från fabriken till byggplatsen är detsamma.
3. Modul A5.1, som omfattar spill och avfallshantering på byggplatsen, beräknas med hjälp av faktorer från One Click. Klimatpåverkan från denna modul baseras på ett antaget standardvärde för svinn på 16,7 % enligt One Click.

Bilaga 1 visar detaljerade beräkningar för nytillverkat bärande element.

## 4.2 Beräkning av återbrukat bärande element

Vid återbruk av byggprodukter kan modulerna A1-A3, som avser produktskedets livscykelbedömning, anses vara lika med noll. Det krävs dock en bedömning av den eventuella miljöpåverkan som orsakas av återbruksprocessen. Standarden ger inte entydiga anvisningar om hur denna process ska fördelas mellan olika livscykler.

Klimatpåverkan från återbrukade bärande element beräknas genom en systematisk process som består av följande steg som figur 18 nedan visar. Elementen transporteras från sin ursprungliga användningsplats till en lagringsplats där de sorteras och förvaras i en månad. Därefter skickas de återbrukade bärande elementen till Stora Ensa för rekonditionering och anpassning och följer sedan modulerna A4 och A5.1 i livscykelkedjan.



Figur 18: Livscykel delad under flera moduler vid återbrukat bärande element av KL-trä.

Klimatberäkning för återbruk är en komplex process som innebär osäkerhet i både lägre och högre antaganden. För att uppnå en hög nivå av transparens och tillförlitlighet bör osäkerhetsanalysen presenteras i samband med resultatet. Återbruk av bärande element är en process som innebär flera osäkerhetsfaktorer, till exempel variation i transportavstånd, materialkvalitet och rekonditionering. Dessa faktorer påverkar klimatpåverkan från återbruket och kan inte bestämmas med exakthet. För att kunna göra en klimatbedömning av återbruket behövs därför antaganden om olika parametrar som påverkar klimatpåverkan. För att visa hur känslig klimatpåverkan är för olika antaganden konstrueras två scenarier som representerar lägre och högre klimatpåverkan.

I alternativ A antas att materialkvaliteten är hög vid demontering, transportavståndet är kort och rekonditionering är i mindre behov. I alternativ B antas att materialkvaliteten är låg vid demontering, transportavståndet är långt och rekonditionering är i större behov. Dessa två scenarier ger en intervall för klimatpåverkan från återbruket som visar det bästa och det sämsta fallet. Den faktiska klimatpåverkan antas ligga mellan dessa två scenarier, beroende på de verkliga förhållandena för återbruket.

#### 4.2.1 Alternativ A

1. För att beräkna utsläppen från transporten till lagringsplatsen antas ett transportavstånd på 5 km. Detta antagande baseras på att det finns flera lagringsplatsen inom stads innerkärnan inklusive Borlänge. För att frakta produkterna till lagringsplatsen används lastbilar med en lastkapacitet på 19 ton.
2. Klimatpåverkan från lagringen av produkterna beräknas utifrån att de lagras i en varmlagerlokal som är 4 meter hög, under en månad. Energianvändningen för uppvärmning av lagerlokalen baseras på ett referensvärde på 115 kWh/m<sup>2</sup> per år med en felmarginal på +/- 10%,

enligt Boverkets föreskrifter. I detta scenario antas ett lägre värde på 105 kWh/m<sup>2</sup> per år.

3. Från lagringsplatsen skickas de bärande elementen till Stora Enso för rekonditionering och anpassning. Stora Enso har sin produktionsanläggning i Gruvön, Värmland, vilket innebär en transportsträcka på cirka 35 km från Karlstad som är den närmaste staden. Transporten utförs med lastbilar som har en lastkapacitet på 19 ton.
4. Osäkerhet kring uppskattningen av klimatpåverkan från rekonditionering av materialen beror på bristande data. Rekonditioneringens klimatpåverkan baseras på antagandet att materialen har hög kvalitet vid demontering och behöver färre åtgärder. Detta innebär att rekonditioneringens miljöpåverkan är hälften av den för nyttillverkning av bärande element. För att kvantifiera rekonditioneringens klimatpåverkan används EPD från Stora Enso som datakälla.
5. Modul A4, som beskriver transporten av produkterna till byggplatsen, beräknas med en ekvation från One Click. Transportsträckor och transportmedel antas vara desamma som för nyproduktion. För produkter som levereras till Borlängeområdet antas en transportsträcka på 250 km med tåg och 10 km med lastbil. KL-trä produceras av Stora Enso i deras fabrik i Gruvön, Värmland.
6. Modul A5.1, som behandlar spill och avfallshantering på byggplatsen, beräknas med faktorer från One Click. Denna modul bidrar till klimatpåverkan med ett standardvärde för svinn på 16,7 % enligt One Click.

Bilaga 2 visar detaljerade beräkningar för alternativ A återbrukat bärande element.

#### 4.2.2 Alternativ B

1. För att beräkna utsläppen från transporten till lagringsplatsen antas ett transportavstånd på 15 km. Detta antagande baseras på att det finns flera lagringsplatsen inom stads ytterskärnan inklusive Borlänge. För att frakta produkterna till lagringsplatsen används lastbilar med en lastkapacitet på 19 ton.
2. Klimatpåverkan från lagringen av produkterna beräknas utifrån att de lagras i en varmlagerlokal som är 4 meter hög, under en månad. Energianvändningen för uppvärmning av lagerlokalen baseras på ett referensvärde på 115 kWh/m<sup>2</sup> per år med en felmarginal på +/- 10%, enligt Boverkets föreskrifter. I detta scenario antas ett lägre värde på 125 kWh/m<sup>2</sup> per år.
3. Från lagringsplatsen skickas de bärande elementen till Stora Enso för rekonditionering och anpassning. Stora Enso rekonditionerar och anpassar de bärande elementen i sin fabrik i Gruvön, Värmland. För att transportera dem från Borlänge används tåg för den största delen av sträckan, som är ungefär 250 km. Vid tågstationerna kör de en kortare bit på 10 km med lastbil som har en lastkapacitet på 19 ton.
4. Osäkerhet kring uppskattningen av klimatpåverkan från rekonditionering av materialen beror på bristande data.

Rekonditioneringens klimatpåverkan baseras på antagandet att materialen har låg kvalitet vid demontering och behöver åtgärder som liknar nyproduktion. Detta innebär att rekonditioneringens miljöpåverkan är lika med nyproduktion av bärande element. För att kvantifiera rekonditioneringens klimatpåverkan används EPD från Stora Enso som datakälla.

5. Modul A4, som beskriver transporten av produkterna till byggplatsen, beräknas med en ekvation från One Click. Transportsträckor och transportmedel antas vara desamma som för nyproduktion. För produkter som levereras till Borlängeområdet antas en transportsträcka på 250 km med tåg och 10 km med lastbil som har en lastkapacitet på 19 ton.
6. Modul A5.1, som behandlar spill och avfallshantering på byggplatsen, beräknas med faktorer från One Click. Denna modul bidrar till klimatpåverkan med ett standardvärde för svinn på 16,7 % enligt One Click.

Bilaga 3 visar detaljerade beräkningar för alternativ B återbrukat bärande element.

## 5. Resultat

I det här avsnittet redovisas klimatberäkningarnas resultat. Resultaten illustreras med fyra figurer som visar klimatpåverkans storlek och fördelning. Figurerna ger en värdefull visuell representation av beräkningarna och ger en överblick över klimatpåverkan under byggproduktionen.

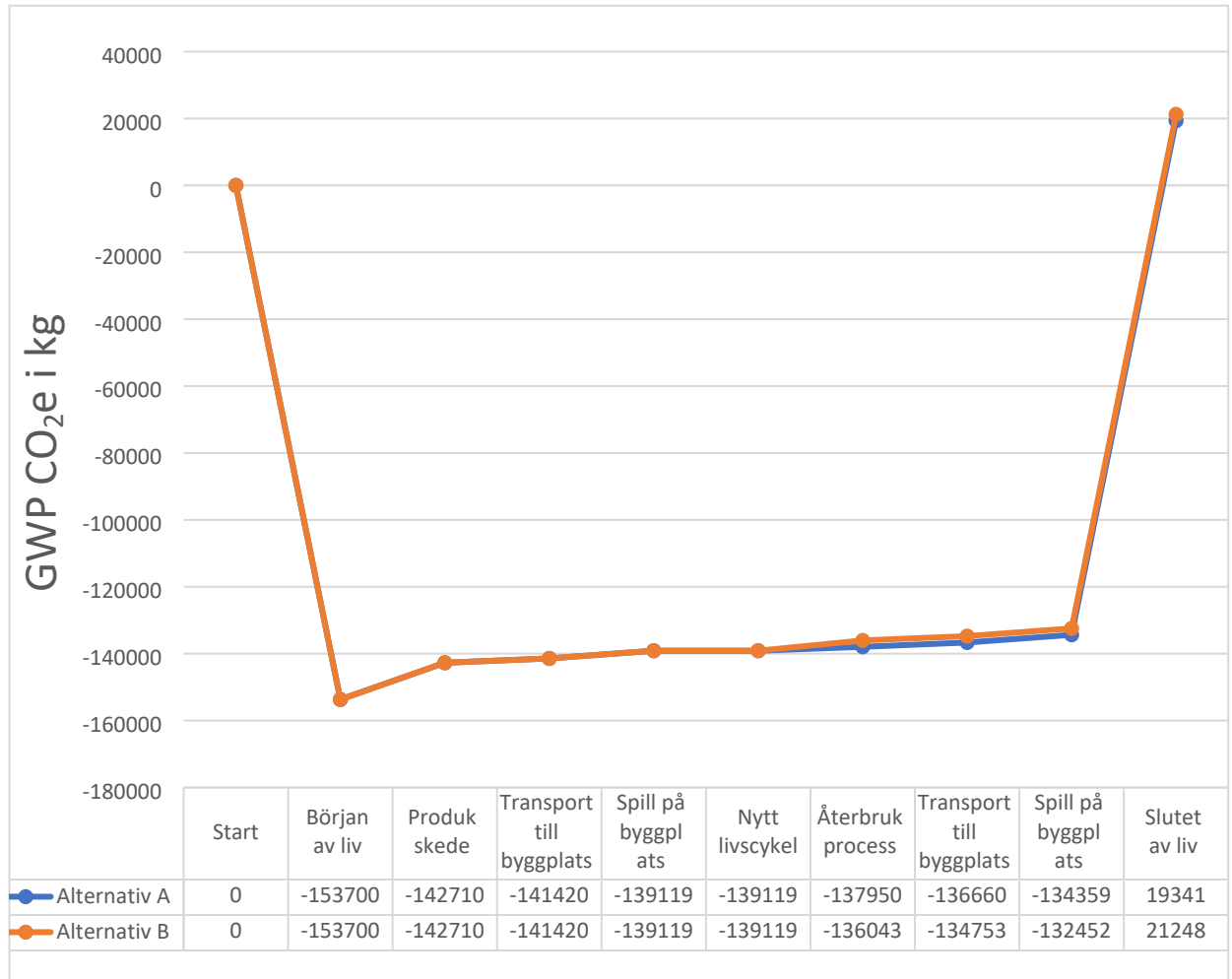
Figur 19 illustrerar den globala uppvärmningspotentialen GWP i CO<sub>2</sub>e per kilogram under byggande processen som är kopplad till KL-trä. Den fossila CO<sub>2</sub>e-utsläppen visas med blå staplar och den biogena CO<sub>2</sub>e-lagringen med orangea staplar. Kategorin för CO<sub>2</sub>e-bio rapporteras separat från den fossila CO<sub>2</sub>e kategorin på grund av dess särskilda status. Den fossila CO<sub>2</sub>e andelen av GWP under byggande processen som är kopplad till KL-trä utgör 9 % vid nyproducerade bärande element och kan reduceras till 4 % respektive 3 % vid återanvändning av bärande element.



Figur 19: GWP CO<sub>2</sub>e i kg över byggande processen som är kopplad till KL-trä för nytillverkad och återbrukad bärande element.

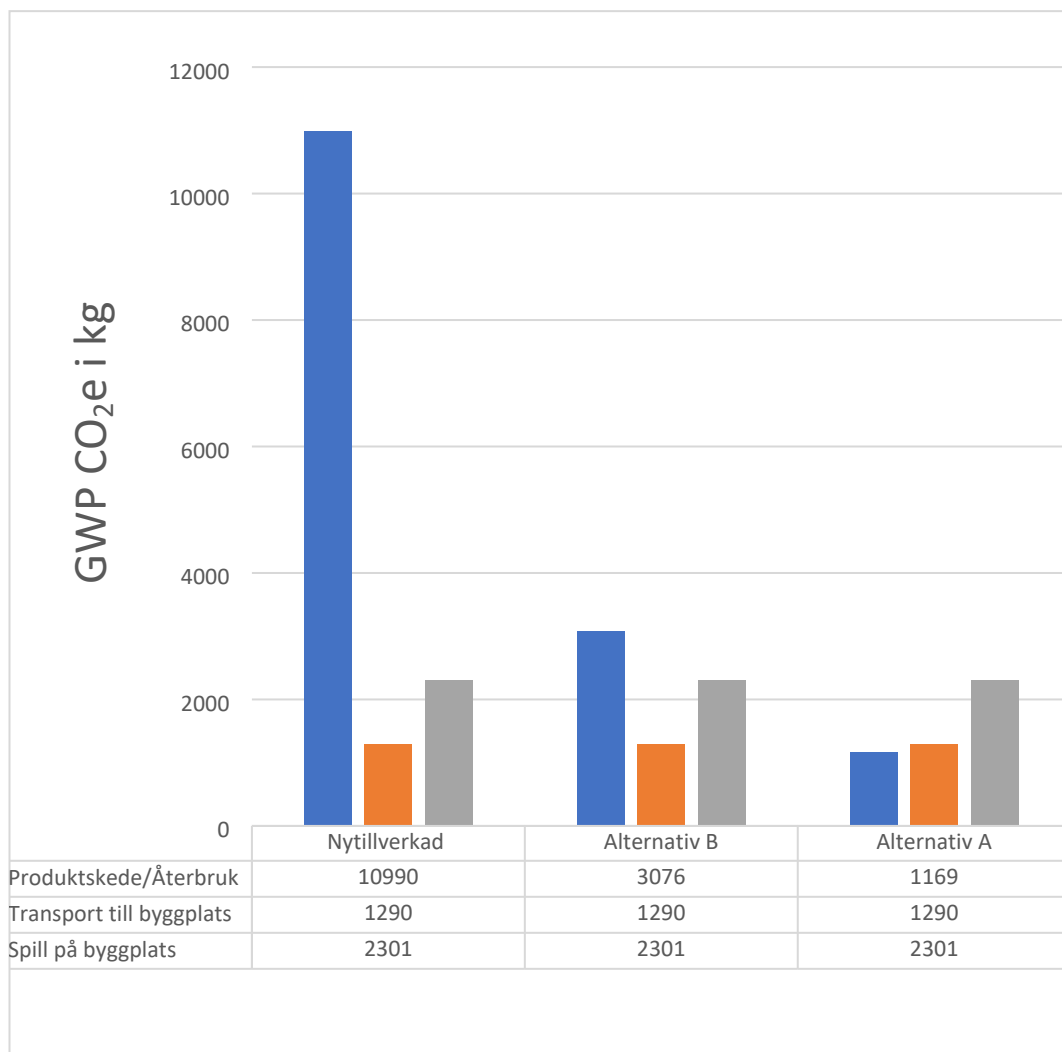


I figur 20 nedan illustreras GWP i CO<sub>2</sub>e per kilogram under byggande processen över två livscyklar som är kopplade till KL-trä. Den blå kurvan representerar CO<sub>2</sub>e-utsläppen vid alternativ A och den orangea kurvan representerar CO<sub>2</sub>e-utsläppen vid alternativ B. I början av livscykeln lagras KL-trä 153 700 kg CO<sub>2</sub>e-bio. Under den första livscykeln emitteras 14 581 kg fossilt CO<sub>2</sub>e från byggande processen. Under den andra livscykeln emitteras mellan 4 760 och 6 633 kg fossilt CO<sub>2</sub>e. I slutet av den andra livscykeln frigörs den CO<sub>2</sub>e-bio som KL-trä har lagrat under sin tillväxt, vilket resulterar i ett utsläpp med ett intervall mellan 19 341 och 21 248 kg CO<sub>2</sub>e.



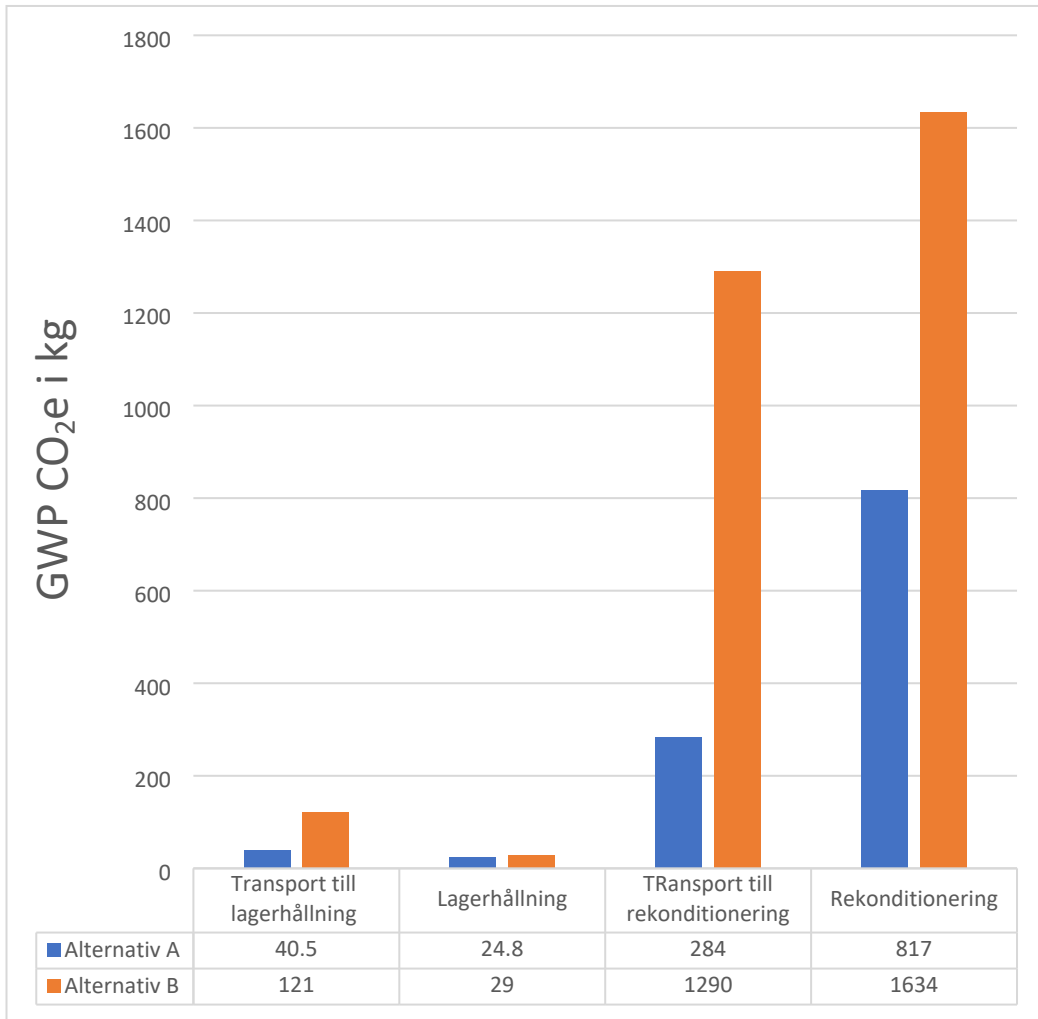
Figur 20: Klimatpåverkan av byggande processen i kg CO<sub>2</sub>e över två livscyklar.

Bärande element av KL-trä utgör 20 % av den totala GWP under byggande processen. Det innebär att 80 % av den totala GWP är kopplad till övriga byggnadsdelar. Figur 21 nedan presenterar den fossila GWP CO<sub>2</sub>e i kilogram fördelad mellan olika delprocesser som är kopplade till KL-trä. Den blå stapeln visar CO<sub>2</sub>e-utsläppen under produktskede samt återbruks processen, den orangea stapeln visar CO<sub>2</sub>e-utsläppen under transporten till byggplatsen och den gråa stapeln visar CO<sub>2</sub>e-utsläppen under spill- och avfallshanteringen på byggplatsen. CO<sub>2</sub>e-utsläppen under transporten till byggplatsen, spill- och avfallshantering på byggplatsen är lika för nyproducerade och återanvända bärande element. CO<sub>2</sub>e-utsläppen kan reduceras med 54 % till 67 % vid återanvändning av bärande element jämfört med nyproduktion under produktskede och återbruks processen.



Figur 21: Fossila GWP CO<sub>2</sub>e i kg fördelad mellan olika delprocesser.

I figur 22 nedan redovisas den fossila GWP i CO<sub>2</sub>e per kilogram vid återanvändning av KL-trä, uppdelad på olika delprocesser. Den blå stapeln anger CO<sub>2</sub>e-utsläppen under alternativ A och den orangea stapeln anger CO<sub>2</sub>e-utsläppen under alternativ B. Transporten till rekonditioneringen, med en känslighetsanalys på 65 %, står för 13 % till 59 % av den fossila klimatpåverkan. Rekonditioneringen, med en känslighetsanalys på 50 %, står för 36 % till 82 % av den fossila klimatpåverkan. Detta innebär en skillnad på 28 % i CO<sub>2</sub>e-utsläpp mellan alternativ A och B.



Figur 22: GWP CO<sub>2</sub>e i kg fördelad mellan olika återbruksprocesser.

## 6. Diskussion

I detta avsnitt kommer en omfattande diskussion att presenteras angående resultaten, metoden och avgränsningen. Diskussionen utgör en central del av denna fallstudie med syfte att genomföras en ingående analys av resultaten, metoden och avgränsningarna för att erhålla en helhetsbild av fallstudien.

### 6.1 Diskussion om resultat

Denna fallstudie visar att användning av KL-trä som bärande element har en positiv klimatpåverkan på grund av dess förmåga att lagra betydligt mer CO<sub>2</sub>e-bio än vad som släpps ut under byggande processen. Genom att införliva KL-trä som en central komponent i byggsektorn bidrar det till en betydande reduktion av CO<sub>2</sub> belastning. En betydande fördel med KL-trä är dess förmåga att fungera som en CO<sub>2</sub> lager. Genom att använda KL-trä som bärande element i byggprojekt låses CO<sub>2</sub> in under hela dess livslängd.

Resultaten visar att i början av livscykeln lagras 153 700 kilogram CO<sub>2</sub>e-bio i KL-träet. För att jämföra detta värde med andra källor till CO<sub>2</sub>-utsläpp används exemplet med flygresor mellan Stockholm och Göteborg för 200 personer. En genomsnittlig flygresor mellan dessa städer genererar ungefär 74 kg CO<sub>2</sub>e per person. Det innebär att mängden CO<sub>2</sub>e-bio som lagras i KL-träet motsvarar 10 flygresor från Stockholm till Göteborg för 200 personer.

Genom att använda återbrukade bärande element av KL-trä kan flera positiva effekter uppnås i kampen mot klimatförändringarna. En av dessa effekter är att lagringen av CO<sub>2</sub>e-bio förlängs under en betydligt längre tidsperiod, vilket kan vara över 100 år. En annan effekt är att behovet av att avverka nya träd minskas, vilket i sin tur leder till en minskning av avfallsmängden. Detta är särskilt viktigt med tanke på klimatförändringarna och behovet av att minska mängden CO<sub>2</sub> som släpps ut i atmosfären. Denna åtgärd utgör ett steg i rätt riktning mot en mer hållbar och klimatvänlig framtid. Dessa resultat understryker vikten av att överväga återbrukade bärande element som ett betydelsefullt verktyg för att minska klimatpåverkan och maximera lagringen av CO<sub>2</sub>e-bio, vilket är avgörande för att uppnå en hållbar framtid.

Vidare visar resultaten den potential med att minska fossil utsläpp med 59% till 67% genom användning av återbrukade bärande element. Enligt Erlandssons och Malmqvists fallstudie bidrar KL-trä som bärande element till 20% av de fossila CO<sub>2</sub>e-utsläppen under byggande processen. Genom att minska de fossila utsläppen med 54% till 67% skulle den totala klimatpåverkan under byggande processen reduceras med 11% till 13%. Detta innebär att KL-trä som bärande element skulle sänka sin andel av de fossila CO<sub>2</sub>e-utsläppen till 9% och 7% i enlighet med Erlandssons och Malmqvists fallstudie.

Återbruk av material är en strategi för att minska den fossila klimatpåverkan från konsumtion och produktion. För att återbruka material krävs dock ofta en rekonditionering, det vill säga en process där materialet rengörs, repareras eller modifieras för att uppfylla nya krav. Rekonditioneringen medför i sin tur en viss klimatpåverkan, beroende på hur omfattande och intensiv den är. I denna fallstudie

kvantifieras rekonditioneringens andel av den totala fossila klimatpåverkan vid återbruk av material och utfört en känslighetsanalys med ett intervall på 50% för de uppskattade värdena. Resultaten visar att rekonditioneringen står för mellan 36% och 82% av den fossila klimatpåverkan vid återbruk av material.

Denna variation beror på kvaliteten på materialet som rekonditioneras och antalet processer som behövs för att uppnå önskad kvalitet. I vissa fall kan rekonditioneringen ha en liknande klimatpåverkan som nyttillverkning av material. I andra fall kan återbruk av material med hög kvalitet bidra till en betydligt lägre klimatpåverkan. Detta betonar vikten av att kvalitetssäkra materialet under dess tidigare livscykel för att minimera den potentiella klimatpåverkan vid rekonditionering.

Resultaten visar att transport kan bidra till en betydande andel vid i återbruk. Transporten till rekonditioneringen, med en känslighetsanalys på 65 %, står för 13% till 59% av den fossila klimatpåverkan. Detta fenomen är förknippat med Stora Enso's tillverkning är belägen i Värmland, vilket resulterar betydande transportavstånd vid lagerhållning i Dalarna än Värmland.

Hållbar utveckling kräver att transportutsläppen minskas. Dessa utsläpp påverkas av flera faktorer som kan förändras genom olika åtgärder. En av dessa faktorer är transportsträckan, det vill säga avståndet som varorna transporteras. Längre transporter ger större utsläpp. Detta beror på att mer bränsle förbrukas och mer koldioxid släpps ut ju längre sträckan är. Därför är det viktigt att planera för korta och effektiva transport rutter. En annan faktor som påverkar transportutsläppen är transportmedlet, det vill säga vilken typ av fordon som används för att frakta varorna. Olika transportmedel har olika utsläpp per fraktenhet, beroende på bränsletyp, motorstorlek, lastkapacitet och andra egenskaper. Till exempel har tåg lägre utsläpp per fraktenhet än lastbil, eftersom tåg kan transportera stora mängder varor med relativt låg bränsleförbrukning. Detta visas av beräkningarna i bilagorna 1, 2 och 3, där lastbilens utsläpp av CO<sub>2</sub>e är 67% högre än tågets. Därför är det viktigt att välja miljövänliga transportalternativ, till exempel genom att använda fordon som drivs med el eller biobränsle. Genom att planera för minskade transportavstånd och miljövänliga transportalternativ kan klimatpåverkan från återbruk reduceras. Detta bidrar till en hållbar utveckling och en bättre miljö.

## 6.2 Diskussion om metod

One Click är en programvara som är utvecklad för att underlätta och effektivisera LCA-processen. Programvaran innehåller en omfattande databas med miljödata för olika produkter och processer, samt ett användarvänligt gränssnitt som gör det möjligt att utföra LCA med några få klick. Programvaran följer de internationella standarderna för LCA samt de kvalitetskrav som ställs av olika organisationer och myndigheter. Genom att använda One Click kan man säkerställa att LCA-resultaten är vetenskapligt baserade, transparenta och jämförbara. I detta sammanhang är One Click en lämplig programvara eftersom den uppfyller kvalitetskriterier och är i linje med gällande standarder för LCA. Genom att

använda One Click kan en mer tillförlitlig och valid bedömning av miljöpåverkan utföras, vilket bidrar till ökad trovärdighet och tillit i LCA.

EPD är ett dokument som innehåller information om produkters miljöpåverkan under hela deras livscykel, från råvaruutvinning till avfallshantering. Det baseras på en standardiserad metod för att utföra LCA, som är en vetenskaplig metod för att analysera och kvantifiera miljöpåverkan från produkter. Genom att använda EPD kan man jämföra olika produkters miljöpåverkan på ett objektivt och transparent sätt. Detta kan hjälpa till att främja miljövänligt produktval och minska miljöbelastningen från byggsektorn. Det har visat sig vara en användbar metod för att bedöma miljöpåverkan i LCA. En fördel med EPD är att det ger en mer precis och korrekt bedömning av produkters miljöpåverkan, vilket underlättar mer välgrundade beslut om miljövänligt produktval.

En trovärdig och transparent bedömning av den potentiella miljöpåverkan från återbruk kräver olika antaganden om återbruksprocessens egenskaper. Det aktuella uttalandet reflekterar den osäkerhet som kännetecknar återbruk, eftersom den faktiska klimatpåverkan kan variera inom ett brett intervall av uppskattningar. Denna observation understryker behovet av en omfattande analys av flera faktorer och variabler som kan påverka resultaten vid bedömningen av klimatpåverkan. Metoden tar hänsyn till flera faktorer som har betydelse för miljön, såsom avstånd till lagringsplatser, transportmedlets typ, energiförbrukning vid lagring, avstånd till rekonditionering samt rekonditioneringsprocessen, för att uppnå hög grad av trovärdighet.

En utmaning för bedömningen av återbruk av bärande element är bristen på tillförlitliga data som kan ge en detaljerad bild av miljöprestationerna i form av EPD. Fallstudien baseras på antagandet att de bärande elementen bevarar sin kvalitet vid rekonditionering. Det kan finnas fall där produkterna har underhållits väl och behåller sina ursprungliga egenskaper vid demontering, vilket leder till en lägre miljöpåverkan vid rekonditionering. Det kan dock också finnas fall där produkterna kräver mer omfattande åtgärder, vilket medför en miljöpåverkan som är jämförbar med nyttillverkning. Därför har skattningarna valt en miljöpåverkan som motsvarar den vid nyproduktion, men som kan reduceras med upp till 50% beroende på den kvalitet som produkterna uppvisar.

Stora Enso har sin produktion lokaliserad i Värmland, vilket kan innebära stora avstånd om exempelvis lagring sker i Norrbotten. Fallstudien har begränsat avstånden till högst 250 km för att visa hänsyn till strategin för att minimera avstånd vid återbruk. Fallstudien har också tagit hänsyn till transportmedlets miljöpåverkan och valt att använda tåg för längre sträckor och lastbil för kortare sträckor, eftersom tåg är mindre lämpligt vid korta avstånd. Fallstudien gör dessa antaganden för att försöka uppskatta den potentiella miljöpåverkan från återbruk av bärande element i ett realistiskt scenario. Genom att begränsa avstånden och välja miljövänliga transportmedel försöker fallstudien simulera en situation där återbruk är ett attraktivt och genomförbart alternativ för byggbranschen.

## 6.3 Diskussion om avgränsning

LCA är en viktig metod för att bedöma miljöpåverkan av byggnader. Trots dess fördelar kan LCA stöta på utmaningar och begränsningar som kan påverka noggrannheten av resultaten. Denna fallstudie endast omfattar byggande process vilket kan leda till en underestimering av den totala miljöpåverkan som är förknippad med KL-trä och begränsade slutsatser om hur byggnaden presterar ur miljösynpunkt.

Denna fallstudie brister genom att inte inkludera analyser av miljöpåverkan för energiprestanda under drift, renoveringar, ombyggnation, demontering och avfallshantering. Detta gäller även de övriga komponenterna i byggnaden. Det kan resultera i en bristande insikt i den totala miljöpåverkan och missar om möjligheter att identifiera och implementera åtgärder för att minska miljöpåverkan. Det kan innebära att potentiella energieffektivitetsförbättringar, avfallsminskningsstrategier inte beaktas och andra aspekter.

Genom att välja ut specifika aspekter att avgränsa kan analysen anpassas för att uppfylla syftet. Vid bedömning av miljöpåverkan av KL-trä som ett byggmaterial kan denna begränsade omfattning vara adekvat och effektiv för att nå målet. Genom att begränsa undersökningsområdet kan en mer precis och fokuserad bedömning utföras av KL-träs miljöpåverkan inom det valda området. En sådan avgränsning ökar validiteten och trovärdigheten i resultaten. Som slutsats är det viktigt att vara medveten om de utmaningar och begränsningar som är förknippade med LCA.

Framtida forskning bör vidare undersöka hur användningen av detta material kan påverkas av olika politiska, ekonomiska och sociala faktorer. En omfattande utvärdering för återbrukad bärande element bidrar till en fullständigare förståelse av dess miljövinster och till en hållbarare framtid inom byggindustrin.

## 7. Slutsatser

I detta avsnitt presenteras slutsatserna som har framkommit genom fallstudien. Fallstudien har identifierat återbrukad bärande element av KL-trä som en potentiell strategi för att minska den negativa klimatpåverkan från byggindustrin. I stället för att avfärda produkten efter avslutat projekt kan det samlas in, genomgå en noggrann kvalitetskontroll och återanvändas inom nya byggprojekt.

- Fallstudien visar att användningen av KL-trä som bärande konstruktion kan bidra till en positiv klimatpåverkan, eftersom KL-trä har en netto lagring av CO<sub>2</sub>e-bio som överstiger de utsläpp som genereras under byggande processen. De fossila utsläppen utgör endast 9% av den totala klimatpåverkan från KL-trä och denna andel kan minskas till 4% respektive 3% genom återbruk.
- Återanvändning av bärande element kan vara en effektiv strategi för att minska klimatpåverkan och främja en hållbar framtid. Genom att återanvända KL-trä lagras CO<sub>2</sub>e-bio som annars skulle ha släppts ut vid

slutskede av tidigare livscykel. Med det menas att förlängning på KL-träs livslängd resulterar till en ökad lagring av CO<sub>2</sub>e-bio. Detta leder till betydande minskning av mängden CO<sub>2</sub> utsläpp i atmosfären, vilket är en viktig åtgärd för att bekämpa klimatförändringarna.

- Enligt fallstudie kan användning av återbruk resultera i en betydande minskning av fossil utsläppen, mellan 54% och 67%, jämfört med produktionen av nya produkter. Enligt Erlandssons och Malmqvists fallstudie bidrar KL-trä som bärande element till 20% av de fossila CO<sub>2</sub>e-utsläppen under byggande processen. Detta innebär att KL-trä som bärande element skulle sänka sin andel av de fossila CO<sub>2</sub>e-utsläppen till 9% och 7% vid återbruk i enlighet med Erlandssons och Malmqvists fallstudie. Detta är till stor del på grund av de energiintensiva processer som krävs för att producera nya byggnadsmaterial.
- Fallstudien indikerar att rekonditioneringen av de bärande konstruktionerna är en väsentlig faktor som påverkar den totala klimatpåverkan vid återbruk. Resultaten visar att rekonditioneringen, med en känslighetsanalys som varierar med 50%, står för mellan 36% och 82% av den fossila klimatpåverkan vid återbruk av material. En avgörande faktor som kan reducera klimatpåverkan från rekonditionering är produkternas kvalitet vid demontering. Genom att garantera en hög kvalitet hos produkterna vid demontering kan rekonditioneringsbehovet minskas, vilket leder till en lägre total klimatpåverkan.
- Transporten av de återbrukade produkterna är en viktig aspekt att ta hänsyn till vid bedömningen av den totala klimatpåverkan. Transporten kan utgöra en betydande del av klimatpåverkan vid återbruk. Transporten till rekonditioneringen, med en känslighetsanalys som varierar med 65%, står för 13% till 59% av den fossila klimatpåverkan. En faktor är transportavståndet, det vill säga det avstånd som produkterna transporteras. En annan faktor är transportmedlet, det vill säga vilken typ av fordon som används för att frakta produkterna. Genom att planera för kortare transportavstånd och mer miljövänliga transportalternativ kan klimatpåverkan från återbruk minskas. Detta bidrar till en hållbar utveckling och en bättre miljö.



## 8. Referenslista

Erlandsson & Malmqvist. 2018. Minskad klimatpåverkan från flerbostadshus – LCA av fem byggsystem. Stockholm, Sverige: IVL. Rapport nr C344.  
<https://www.divaportal.org/www.bibproxy.du.se/smash/get/diva2:1549622/FULLTEXT02.pdf> (Hämtad 2023-04-06)

Erlandsson & Malmqvist. 2019. Minskad klimatpåverkan från flerbostadshus – LCA av fem byggsystem. Underlagsrapport. Stockholm, Sverige: IVL. Rapport nr C350.  
<https://www.divaportal.org/www.bibproxy.du.se/smash/get/diva2:1549622/FULLTEXT02> (Hämtad 2023-05-10)

Regeringskansliet. 2020. Cirkulär ekonomi – strategi för omställningen i Sverige.  
<https://www.regeringen.se/globalassets/regeringen/bilder/klimatochnaringslivsdep-artermentet/klimat-och-miljo/cirkular-ekonomi---strategi-for-omstallningen-i-sverige/> (Hämtad 2023-03-10)

Regeringskansliet. 2022. Handlingsplan Agenda 2030.  
<https://www.regeringen.se/rapporter/2018/06/handlingsplan-agenda-2030/> (Hämtad 2023-06-01)

Ingvarsson & Örarbäck. 2022. Återbruk av KL-trästomme, Återbruk av KL-trä och utmaningarna som kommer med detta. Sundsvall, Mittuniversitetet.  
<https://www.divaportal.org/www.bibproxy.du.se/smash/get/diva2:1740816/FULLTEXT01.pdf> (Hämtad 2023-04-17)

Svenskt trä. 2015. Trä guiden, LCA-metodik. Stockholm.  
<https://www.traguiden.se/om-tra/miljo/lca/lca/lcametodik/?previousState=1> (Hämtad 2023-04-18)

Gerhardsson & Andersson. 2020. Rapport C 562 Återbrukets climateffekter vid byggnation –Handledning för klimatberäkningar i enlighet med EN 15978. Stockholm, IVL Svenska Miljöinstitutet. <https://www-diva-portal-org.www.bibproxy.du.se/smash/get/diva2:1549447/FULLTEXT01.pdf> (Hämtad 2023-04-18)

SIS. 2011. SS-EN 15978:2011 Hållbarhet hos byggnadsverk - Värdering av byggnaders miljöprestanda - Beräkningsmetod. SS-EN 15978:2011. Stockholm: Svenska institutet för standarder. (Hämtad 2023-05-02)

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

Boverkets författningssamling. 2007. Boverkets föreskrifter om ändring i föreskrifterna och de allmänna råden (BFS 2007:4) om energideklaration för byggnader. <https://rinfo.boverket.se/BFS2007-4/pdf/BFS2007-14.pdf> (Hämtad 2023-05-10)

Naturvårdsverket. 2022. Vägledning, Beräkna klimatpåverkan. Stockholm: Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/luft-och-klimat/berakna-klimatpaverkan/> (Hämtad 2023-05-10)

Gröndahl & Svanström. 2011. Hållbar utveckling: En introduktion för ingenjörer och andra problemlösare 1. uppl. ed. Stockholm: Liber. (Hämtad 2023-06-01)

Sahi & Athanasiadis. 2019. Val av stomsystem för en offentlig lokal – Fallstudie avseende entreprenadformen partnering och beaktande av miljöperspektiv. Kalmar Växjö: Linnéuniversitetet.

<https://www.divaportal.org.www.bibproxy.du.se/smash/get/diva2:1277376/FULLTEXT01.pdf> (Hämtad 2023-06-01)

TräGuiden. 2017. 4.4.5 Infästningar väggskiva-bjälklagsplatta.

<https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/forband-och-anslutningsdetaljer/4.4-utforande-och-detaljlosningar/4.4.5-infastningar-vaggskiva-bjalklagsplatta/> (Hämtad 2023-06-03)

Palmer, E. 2021. Demonterbara trä-element för ökat återbruk inom byggbranschen. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.

<file:///C:/Users/mahdi/Downloads/ACEX20%20Examensarbete%20Elias%20Palm%20e%CC%81r.pdf> (Hämtad 2023-06-03)

## **9. Bilagor**

Bilaga 1: Beräkning av klimatpåverkan vid nyttillverkad.

Bilaga 2: Beräkning av klimatpåverkan av återbrukad bärande element vid alternativ A.

Bilaga 3: Beräkning av klimatpåverkan av återbrukad bärande element vid alternativ B.

Bilaga 4: Fasader och sektion.

Bilaga 5: Planlösningar.

Bilaga 6: Detaljritning.



# Bilaga 1:

Nyttillverkad:

Data: Volym= 201,7 m<sup>3</sup>

Densitet= 470 kg/m<sup>3</sup>

Massa= 94 799 kg

Biogen CO<sub>2</sub>-lagring =762 kg CO<sub>2</sub>e / m<sup>3</sup>

762 x 201,7 = 1,537 x 10<sup>5</sup> kg CO<sub>2</sub>e

Råmaterial, Transport, Tillverkning (A1-A3): Enligt EN1984 kan A1, A2, A3 redovisas tillsammans. En EPD från Stora Enso används för kalkylering av miljöpåverkan. (A1-A3 x Volym)

Fossil:

A1-A3= 54,48 kg CO<sub>2</sub>e / m<sup>3</sup>

54,48 x 201,7 = 10 989 kg CO<sub>2</sub>e

A4: Transport kalkyleras enligt One Click formel. Med transportsträcka på 250 km med tåg (40 ton kapacitet) och en lastbilstransport (19 ton kapacitet) på 10 km. (Massa x Avstånd / 1000) x (Faktor)

Faktor för tågtransport = 0,051

94 799 x 250 / 1000 = 23 700 ton km

23 700 x 0,051 = 1209 kg CO<sub>2</sub>e

Faktor för lastbilstransport = 0,0855

94 799 x 10 / 1000 = 948 ton km

948 x 0,0855 = 81 kg CO<sub>2</sub>e

A5.1: Materialspill, transport och avfall kalkyleras enligt One Click kalkylering på 16,7% avfall.

A5.1a Materialspill-material: 1835,06 kg CO<sub>2</sub>e = 183 505 ,55 x 0,01

A5.1b Materialspill-transport: 202,03 kg CO<sub>2</sub>e = 20 203,22 x 0,01

A5.1c Materialspill-avfall: 264,17 kg CO<sub>2</sub>e = 26 417 ,04 x 0,01

# Bilaga 2:

Alternativ A:

Data: Volym= 201,7 m<sup>3</sup>

Densitet= 470 kg/m<sup>3</sup>

Massa= 94 799 kg

Biogen CO<sub>2</sub>-lagring =762 kg CO<sub>2</sub>e / m<sup>3</sup>

$762 \times 201,7 = 1,537 \times 10^5 \text{ kg CO}_2\text{e}$

Transport till lagerhållning: Transport kalkyleras enligt One Click formel. Med transportsträcka på 5 km med lastbil (19 ton kapacitet). (Massa x Avstånd / 1000) x (Faktor)

Faktor för lastbilstransport = 0,0855

$94\,799 \times 5 / 1000 = 474 \text{ ton km}$

$474 \times 0,0855 = 40,5 \text{ kg CO}_2\text{e}$

Lagerhållning: Lagerhållnings miljöpåverkan kalkyleras utifrån ett nyckeltal för uppvärmning på 105 kWh/m<sup>2</sup> under ett år.

$201,7 \text{ m}^3 / 4 \text{ m} = 50,4 \text{ m}^2$

$105 / 12 = 8,75 \text{ kWh/m}^2$

$8,75 \times 50,4 = 441 \text{ kWh}$

1 kWh = 3.6 MJ

$441 \text{ kWh} \times 3,6 \text{ MJ} = 1587,6 \text{ MJ}$

0,0156 kg CO<sub>2</sub>e = 1 MJ

$1587,6 \text{ MJ} \times 0,0156 \text{ kg CO}_2\text{e} = 24,8 \text{ kg CO}_2\text{e}$

Transport till rekonditionering: Transport kalkyleras enligt One Click formel. Med transportsträcka på 35 km med lastbil (19 ton kapacitet). (Massa x Avstånd / 1000 = ton km)

Faktor för lastbilstransport = 0,0855

$94\,799 \times 35 / 1000 = 3318 \text{ ton km}$

$3318 \times 0,0855 = 284 \text{ kg CO}_2\text{e}$

Rekonditionering: Enligt EPD från Enso så släpps ut 8.1 kg CO<sub>2</sub>e / m<sup>3</sup> vid tillverkning av KL-trä. Det antas att rekonditionering har halva miljöpåverkan som nytillverkning.

$(201,7 \times 8,1) / 2 = 817 \text{ kg CO}_2\text{e}$

Transport till byggsplats: Transport kalkyleras enligt One Click formel. Med transportsträcka på 250 km med tåg (40 ton kapacitet) och en lastbil (19 ton kapacitet) på 10 km. (Massa x Avstånd / 1000 = ton km)

Faktor för tågtransport = 0,051

$94\,799 \times 250 / 1000 = 23\,700 \text{ ton km}$

$23\,700 \times 0,051 = 1209 \text{ kg CO}_2\text{e}$

Faktor för lastbilstransport = 0,0855

$94\,799 \times 10 / 1000 = 948 \text{ ton km}$

$948 \times 0,0855 = 81 \text{ kg CO}_2\text{e}$

A5.1: Materialspill, transport och avfall kalkyleras enligt One Click kalkylering på 16,7% avfall

A5.1a Materialspill-material:  $1835,06 \text{ kg CO}_2\text{e} = 183\,505,55 \times 0,01$

A5.1b Materialspill-transport:  $202,03 \text{ kg CO}_2\text{e} = 20\,203,22 \times 0,01$

A5.1c Materialspill-avfall:  $264,17 \text{ kg CO}_2\text{e} = 26\,417,04 \times 0,01$

# Bilaga 3:

Alternativ B:

Data: Volym= 201,7 m<sup>3</sup>

Densitet= 470 kg/m<sup>3</sup>

Massa= 94 799 kg

Biogen CO<sub>2</sub>-lagring =762 kg CO<sub>2</sub>e / m<sup>3</sup>

762 x 201,7 = 1,537 x 10<sup>5</sup> kg CO<sub>2</sub>e

Transport till lagerhållning: Transport kalkyleras enligt One Click formel. Med transportsträcka på 15 km med lastbil (19 ton kapacitet). (Massa x Avstånd / 1000) x (Faktor)

Faktor för lastbilstransport = 0,0855

94 799 x 15 / 1000 = 1422 ton km

1422 x 0,0855 = 121 kg CO<sub>2</sub>e

Lagerhållning: Lagerhållnings miljöpåverkan kalkyleras utifrån ett nyckeltal för uppvärmning på 125 kWh/m<sup>2</sup> under ett år.

201.7 m<sup>3</sup> / 4 m = 50.4 m<sup>2</sup>

125 / 12 = 10.4 kWh/m<sup>2</sup>

10.4 x 50,4 = 525 kWh

1 kWh = 3.6 MJ

525 kWh = 1890 MJ

0,0156 kg CO<sub>2</sub>e = 1 MJ

1890 MJ x 0.0156 kg CO<sub>2</sub>e = 29 kg CO<sub>2</sub>e

Transport till rekonditionering: Transport kalkyleras enligt One Click formel. Med transportsträcka på 1500 km med tåg (40 ton kapacitet) och en lastbil (19 ton kapacitet) på 10 km. (Massa x Avstånd / 1000 = ton km)

Faktor för tågtransport = 0,051

94 799 x 1500 / 1000 = 142 199 ton km

142 199 x 0,051 = 7252 kg CO<sub>2</sub>e

Faktor för lastbilstransport = 0,0855

94 799 x 10 / 1000 = 948 ton km

948 x 0,0855 = 81 kg CO<sub>2</sub>e

Rekonditionering: Enligt EPD från Enso släpps ut 8,1 kg CO<sub>2</sub>e / m<sup>3</sup> vid tillverkning av KL-trä. Det antas att rekonditionering har lika stora miljöpåverkan som nytillverkning.

201.7 x 8.1 = 1633,77 kg CO<sub>2</sub>e

Transport till byggplats: Transport kalkyleras enligt One Click formel. Med transportsträcka på 250 km med tåg (40 ton kapacitet) och en lastbil (19 ton kapacitet) på 10 km. (Massa x Avstånd / 1000 = ton km)

Faktor för tågtransport = 0,051

94 799 x 250 / 1000 = 23 700 ton km 189 598 x 0,051 = 1209 kg CO<sub>2</sub>e

Faktor för lastbilstransport = 0,0855

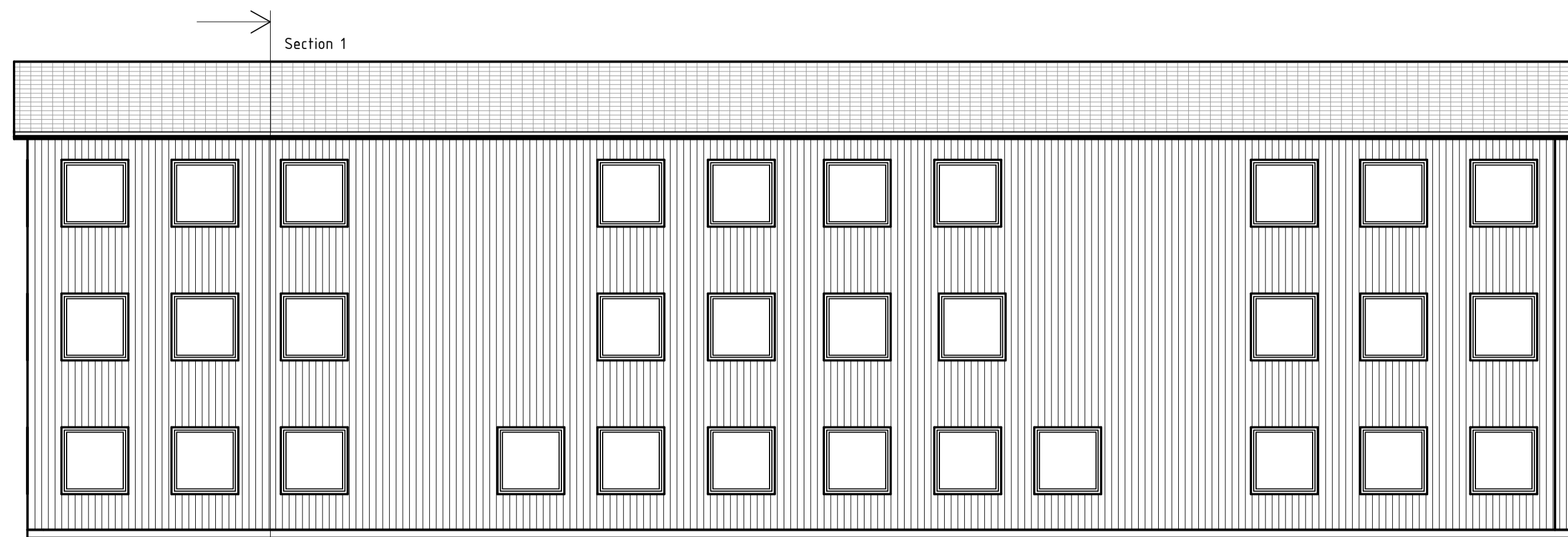
94 799 x 10 / 1000 = 948 ton km 948 x 0,0855 = 81 kg CO<sub>2</sub>e

A5.1: Materials spill, transport och avfall kalkyleras enligt One Click kalkylering på 16,7% avfall.

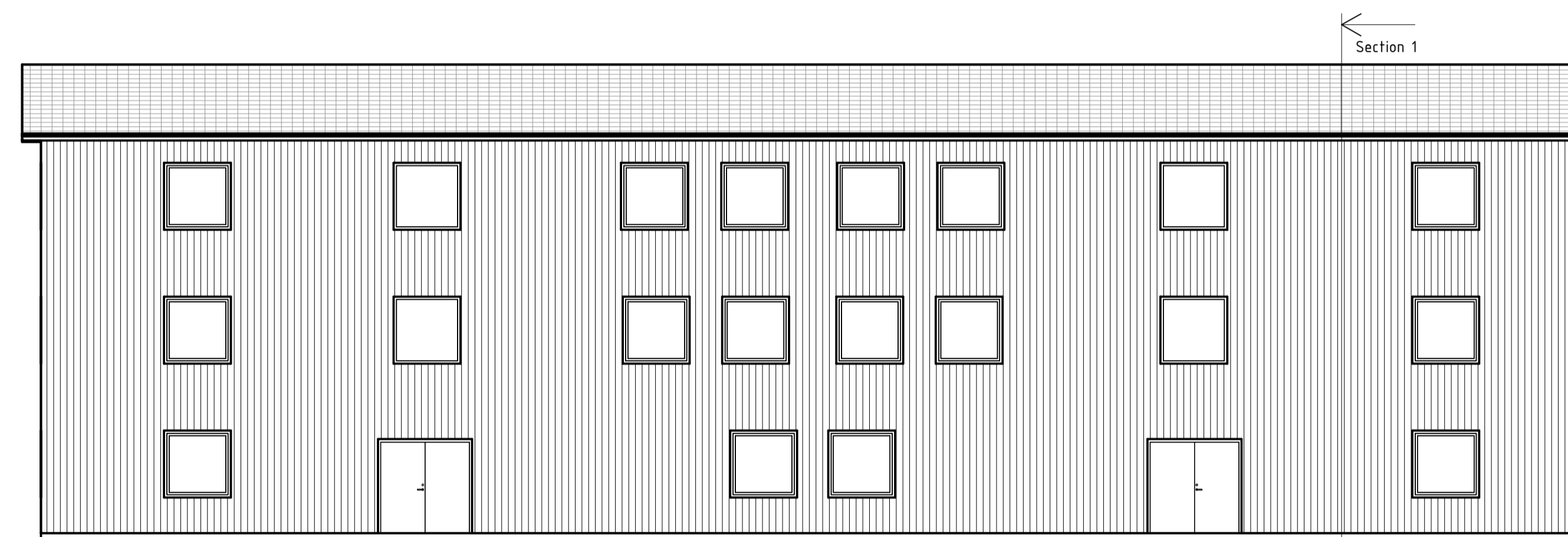
A5.1a Materials spill-material: 1835,06 kg CO<sub>2</sub>e = 183 505,55 x 0,01

A5.1b Materials spill-transport: 202,03 kg CO<sub>2</sub>e = 20 203,22 x 0,01

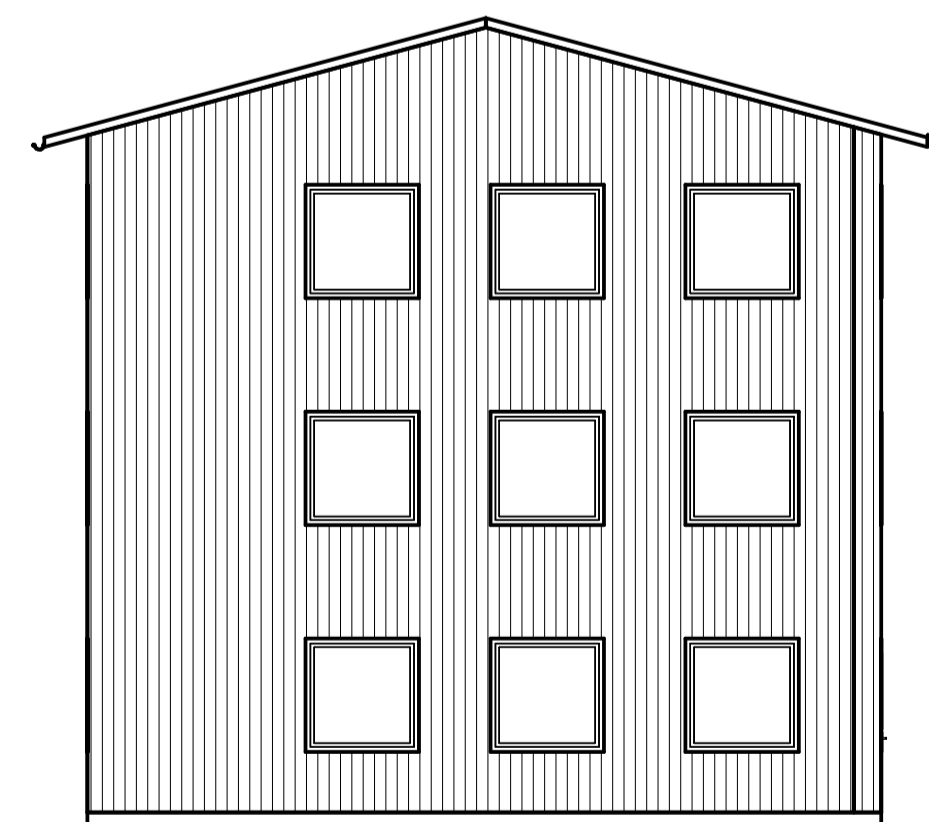
A5.1c Materials spill-avfall: 264,17 kg CO<sub>2</sub>e = 26 417,04 x 0,01



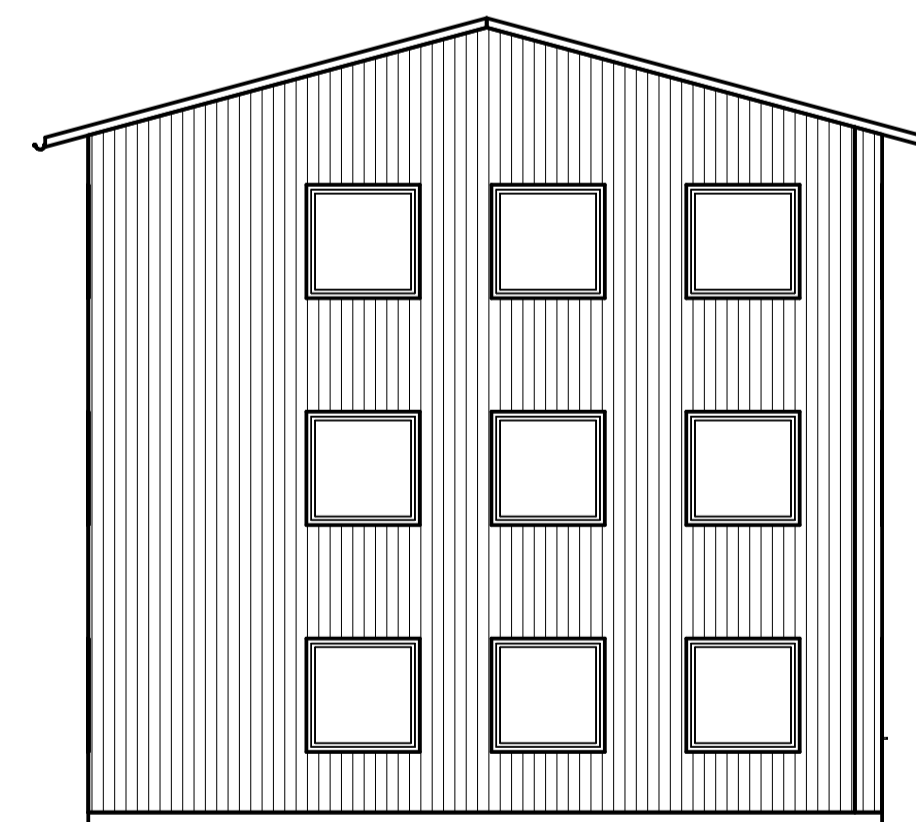
FASAD MOT NOR



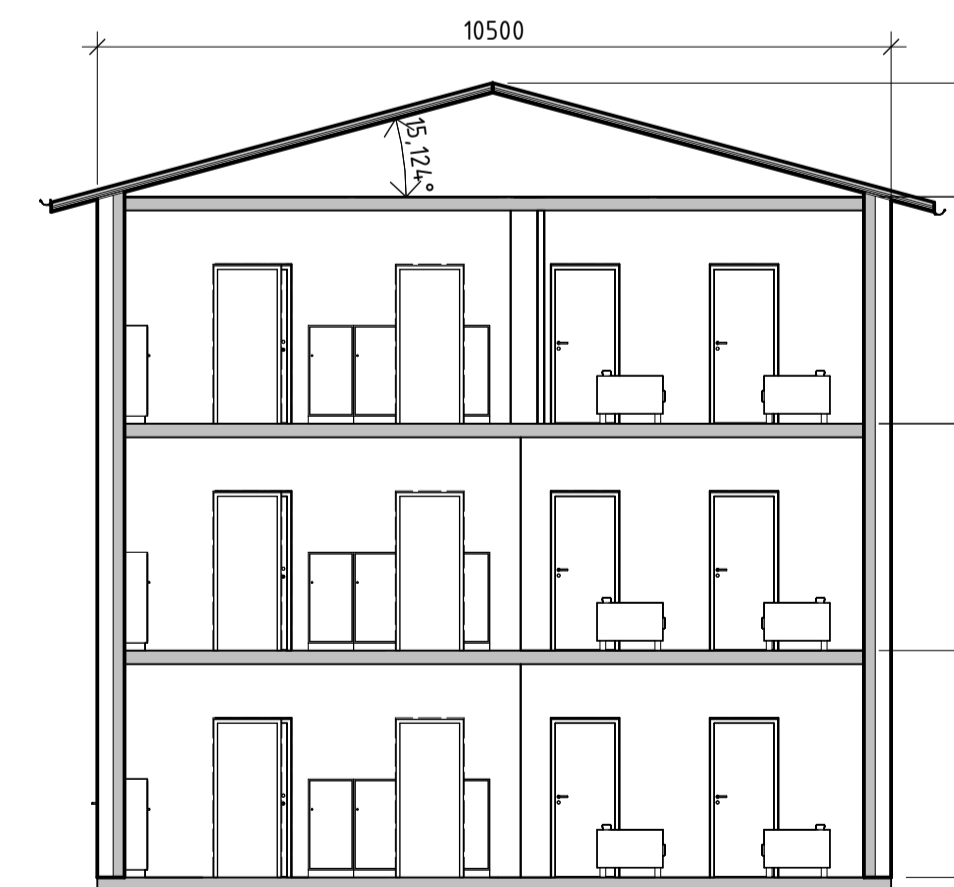
FASAD MOT SÖDER



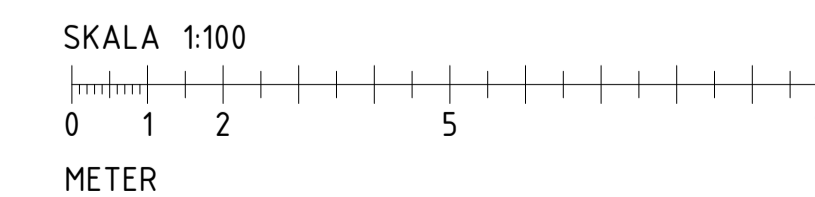
FASAD MOT VÄSTER



FASAD MOT ÖSTER



SECTION 1

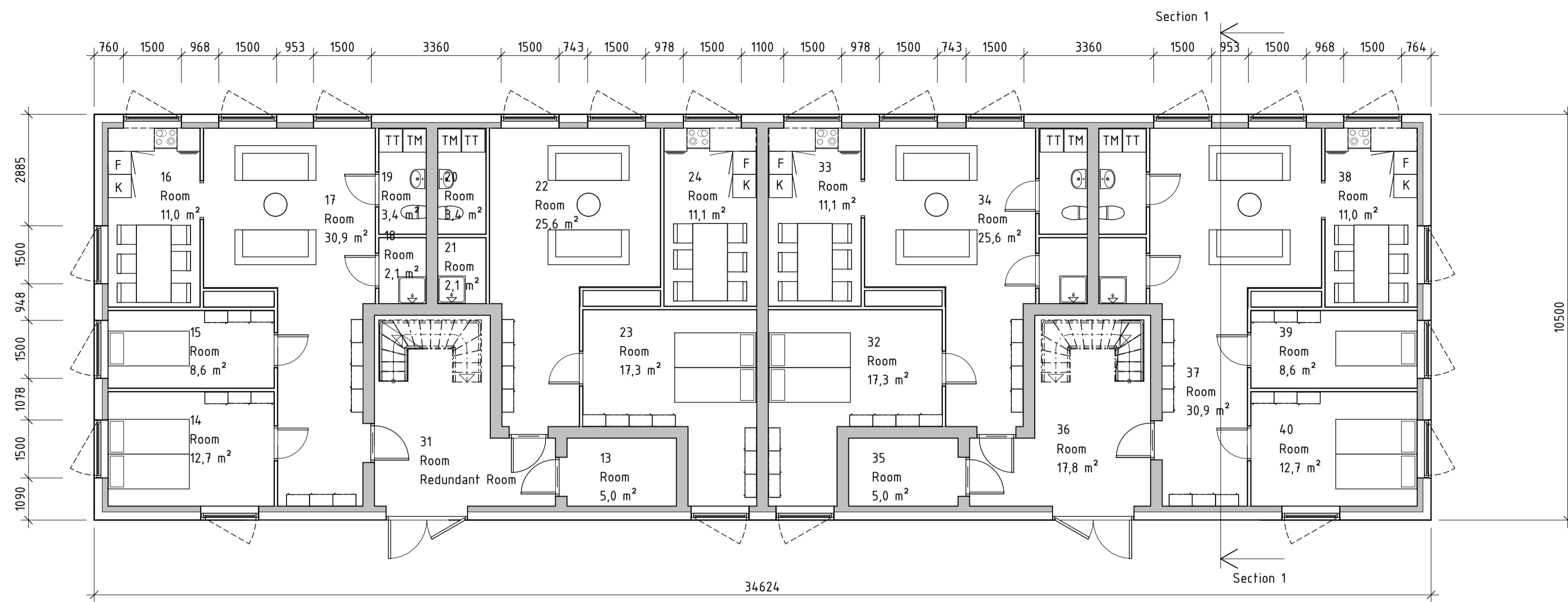


# Bilaga 4:

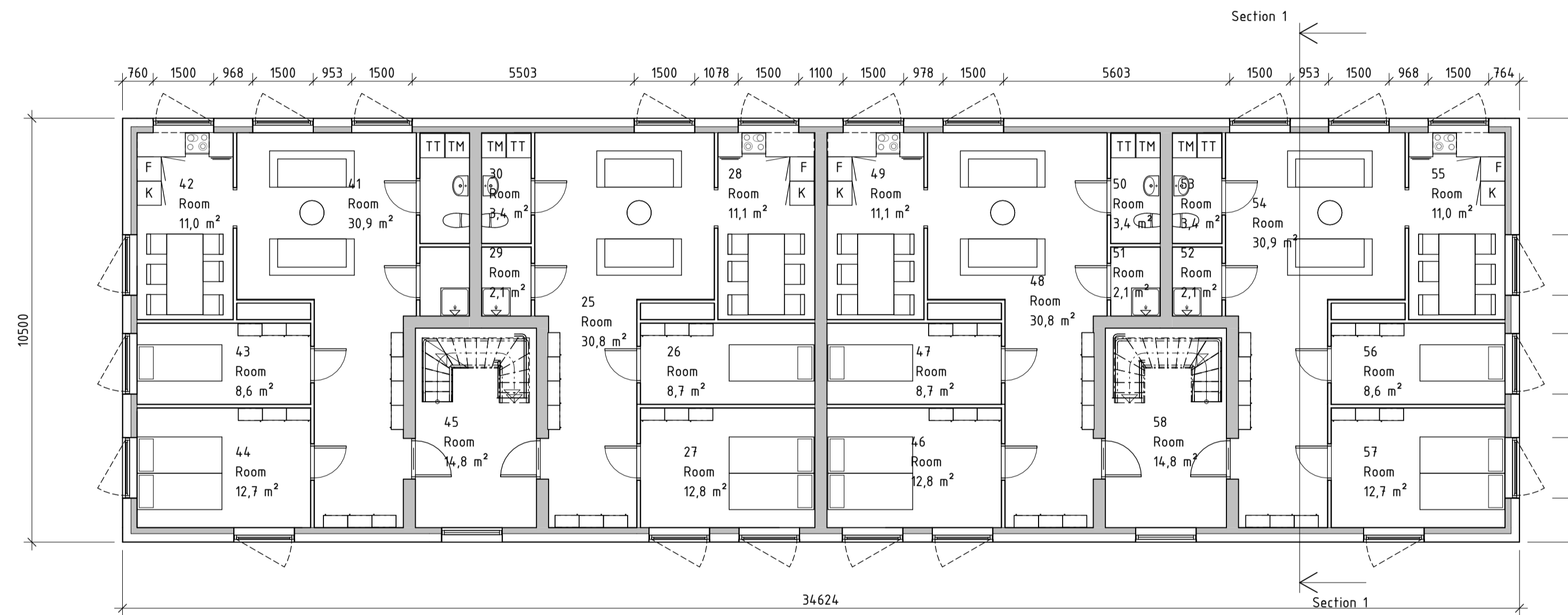
2023-04-19

BET	ANDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
<b>EX-ARBETE</b>			
DALARNA HÖGSKOLAN			
BYGGTEKNIK			
✗ A	Arkitekt AB	tel. 099-99 99 99	
UPPDRAG NR	RITAD/KONSTR. AV	HANDLÄGGARE	
01	MAHDI	JONN ARE	
DATUM	ANSÖKNING	MYREN	
	GUCAMI		
SECTION 1			
SKALA	NUMMER	BET	
A1 1:100	A1		
A3			

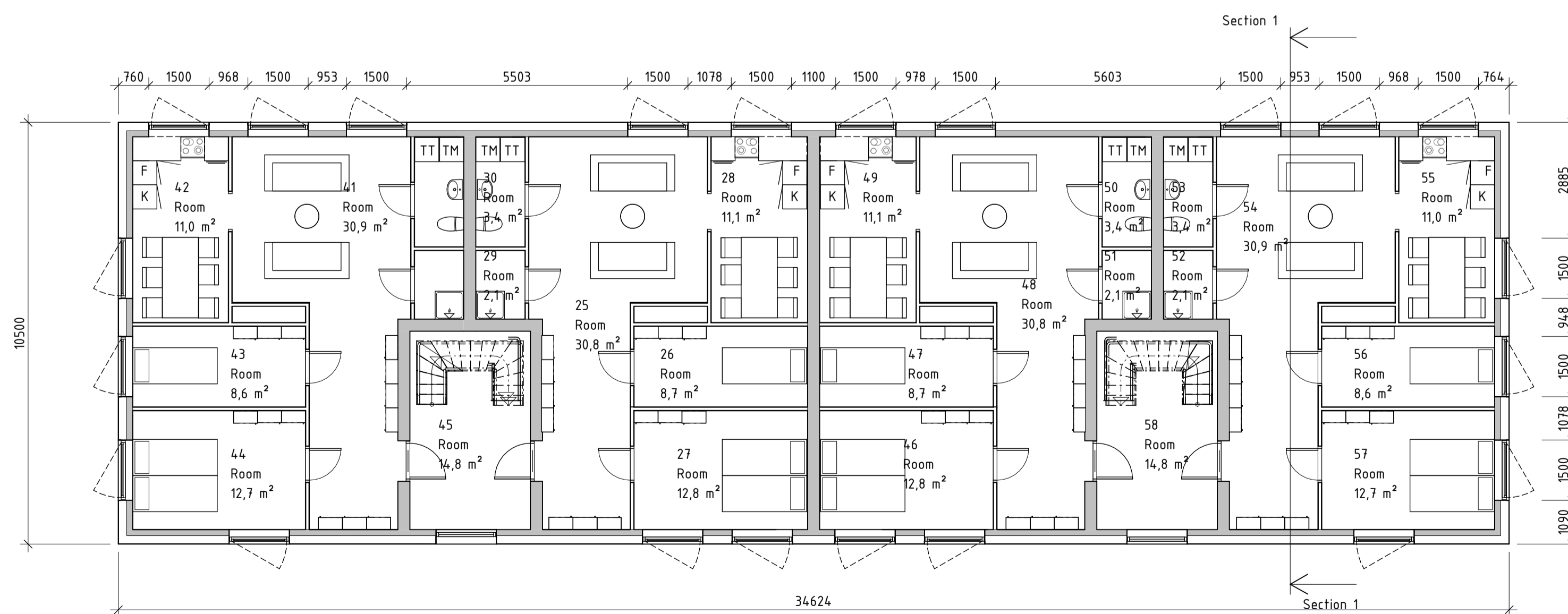




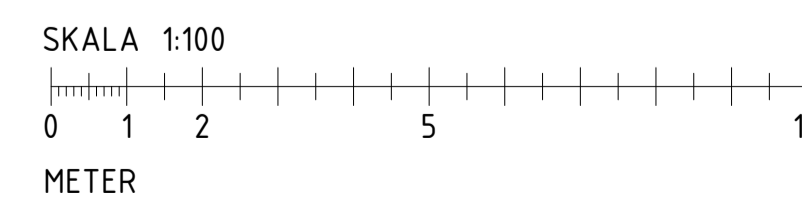
PLAN 0



PLAN 1



PLAN 2



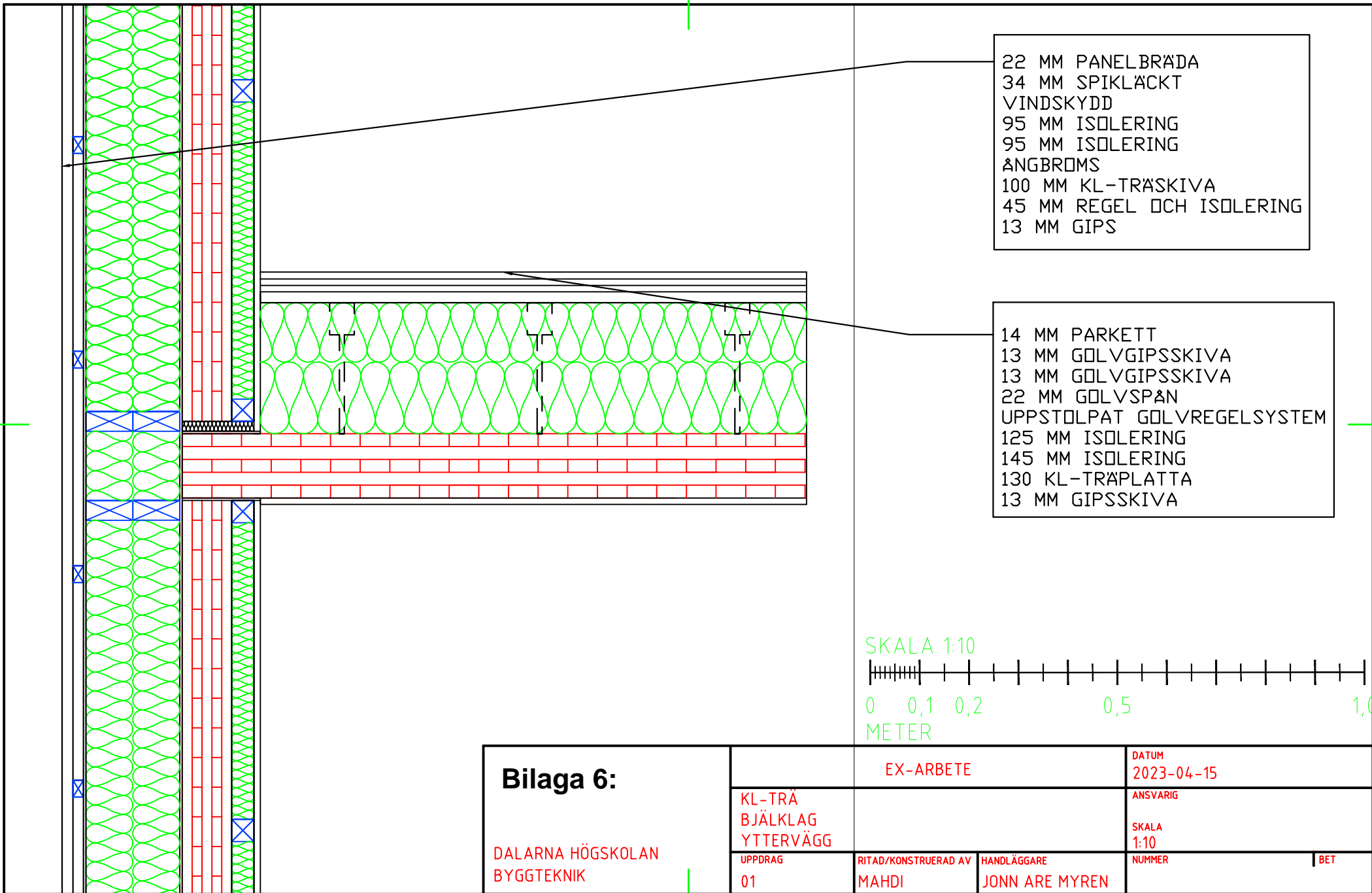
# Bilaga 5:

2023-04-19

BET	ANDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
<b>EX-ARBETE</b>			
<b>DALARNA HÖGSKOLAN</b>			
<b>BYGGTEKNIK</b>			
A Arkitekt AB		tel. 099-99 99 99	
UPPDRAG NR	RITAD/KONSTR. AV	HANDLÄGGARE	
01	MAHDI	JONN ARE	
DATUM	ANSVARIG	MYREN	
	GUCAMI		
PLAN 0			
PLAN 1			
PLAN 2			
SKALA	NUMMER	BET	
A1	A2		
A3 1:100			

REF:

LAGER: SB11



22 MM PANELBRÅDA  
 34 MM SPIKLÄCKT  
 VINDSKYDD  
 95 MM ISOLERING  
 95 MM ISOLERING  
 ÅNGBROMS  
 100 MM KL-TRÅSKIVA  
 45 MM REGEL OCH ISOLERING  
 13 MM GIPS

14 MM PARKETT  
 13 MM GOLVGIPSSKIVA  
 13 MM GOLVGIPSSKIVA  
 22 MM GOLVSPÅN  
 UPPSTOLPAT GOLVREGELSYSTEM  
 125 MM ISOLERING  
 145 MM ISOLERING  
 130 KL-TRÄPLATTA  
 13 MM GIPSSKIVA

SKALA 1:10



### Bilaga 6:

DALARNA HÖGSKOLAN  
BYGGTEKNIK

EX-ARBETE

KL-TRÄ  
BJÄLKLÄG  
YTTERVÄGG

UPPDRAG  
01

RITAD/KONSTRUERAD AV  
MAHDI

HANDLÄGGARE  
JONN ARE MYREN

DATUM  
2023-04-15

ANSVARIG

SKALA  
1:10

NUMMER

BET