

# Fossilfritt byggande med alternativa byggnadsmaterial

---

Kajsa Sjöberg | Byggnadsmaterial | LTH | Lunds universitet





# **Fossilfritt byggande med alternativa byggnadsmaterial**

**Kajsa Sjöberg**



**LUND**  
UNIVERSITY

Bachelor Thesis, Report 5124, Division of Building Materials, Faculty of Engineering, Lund University, Lund, 2021

Examensarbete, Rapport 5124, Avdelningen Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund, 2021

Fossil-free construction with alternative building materials

Fossilfritt byggande med alternativa byggnadsmaterial

Kajsa Sjöberg

Report 5124

ISRN LUTVDG/TVBM-21/5124-SE

Antal sidor/Number of pages: 87

© Copyright: Division of Building Materials, Faculty of Engineering, Lund University, Lund 2021

Avdelningen Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2021.

---

Byggnadsmaterial  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
221 00 Lund

[www.byggnadsmaterial.lth.se](http://www.byggnadsmaterial.lth.se)

Division of Building Materials  
Faculty of Engineering  
Lund University  
P.O. Box 118  
SE-221 00 Lund  
Sweden  
[www.byggnadsmaterial.lth.se/english](http://www.byggnadsmaterial.lth.se/english)

## Sammanfattning

Stora delar av Sveriges koldioxidutsläpp kommer ifrån bygg-och anläggningssektorn. Majoriteten av koldioxidutsläppen kommer ifrån materialframställning och i samband med uppförande av nya byggnader. För att kunna minska byggbranschens belastningen på miljön krävs åtgärder. Medvetna materialval, klimatkalkyler och en ökad cirkulation av byggnadsmaterial kan vara exempel på åtgärder som kan bidra till en minskad klimatpåverkan från byggsektorn, åtgärder som tillämpas i förskolan Hoppet.

Stora delar av examensarbetet baseras på en fallstudie som gjordes på förskolan Hoppet. Förskolan Hoppet är ett innovationsprojekt för fossilfri byggnation och i Hoppets komplementbyggnader tillämpas icke-konventionella samt återbrukade byggnadsmaterial. Byggsektorns miljöberäkningsverktyg har använts för att ta fram klimatpåverkan från komplementbyggnaderna och vidare gjordes en intervjustudie om de alternativa byggnadsmaterialen som tillämpas i förskolan Hoppet.

Syftet med arbetet är att beräkna klimatpåverkan från komplementbyggnaderna samt ge ökade kunskaper om materialegenskaper och byggmetoder för hampakalk, lera och återbrukad tegelsten. Studien syftar även till att upplysa och definiera fossilfritt byggande. Arbetet avser att ta fram klimatpåverkan från Hoppets komplementbyggnader och analysera klimatpåverkan och materialvalen.

I resultatet redovisas en låg klimatpåverkan från alla komplementbyggnader. Vidare jämförs klimatpåverkan från respektive byggnad och resultatet visar att återanvändning av byggnadsmaterial ger lägst klimatpåverkan. Vidare presenteras respondenternas svar från intervjustudien. Utifrån resultatet dras slutsatsen att det inte går att bygga fossilfritt i dagsläget.

Nyckelord: Återbruk, Fossilfritt, Hampakalk, Lera, Tegelsten, BM.

## Absract

Large parts of Sweden's carbon dioxide emissions come from the construction industry. Most of the carbon dioxide emissions arise from material production and in connection with the construction of new buildings. To be able to reduce the environmental impact from the construction industry, the industry must take measures. Conscious material choices, climate calculations and an increased circulation of building materials examples of measures that can contribute to a reduced climate impact from the construction industry, measures that are applied in the preschool Hoppet.

Preschool Hoppet is an innovation project for fossil-free construction. Non-conventional and recycled building materials are used in Hoppet's ancillary buildings. Large parts of this thesis are based on a case study of the preschool Hoppet. The construction sector's environmental calculation tool has been used to calculate the climate impact from the ancillary buildings and an interview study about the non-conventional building materials used in the preschool Hoppet have been made.

The purpose of the study is to calculate the climate impact from each ancillary building and provide knowledge about material properties and construction methods for hempcrete, clay and recycled brick. The study also aims to inform and define fossil-free construction. This thesis intends to calculate the climate impact from Hoppet's ancillary buildings and to analyze their climate impact as well as material choices.

The result shows a low climate impact from each ancillary building. Furthermore, the climate impact from each building is compared which shows that re-use of building materials gives the lowest climate impact. Furthermore, the respondents' answers from the interview study are presented in the result. Based on the result, it is concluded that it is not possible to build fossil-free at present.

Keywords: Reuse, Fossil-free, Hempcrete, Clay, Brick, BM.

## Förord

Detta examensarbete är en avslutande del på min högskoleingenjörsutbildning inom Byggt teknik med arkitektur på Lund tekniska högskola och avser 22,5 högskolepoäng. Arbetet skrivet hos avdelningen Byggnadsmaterial och utförts i samarbete med RA Bygg AB under vårterminen 2021.

Jag vill tacka Tomas Samuelsson med kollegor på RA Bygg AB som bidragit med material som gjort arbetet möjligt. Jag vill även rikta ett stort tack till Elsa Fahlén och Hanna Ljungstedt på Lokalförvaltningen i Göteborgs stad samt Rebecca Calderon på Derome för de råd och den information som tillhandhållits. Slutligen vill jag rikta ett stort tack till min handledare Paulien Strandberg De-Bruijn som varit ett stort stöd under hela arbetets gång.

Helsingborg, maj 2021

Kajsa Sjöberg

## Begreppslista

**BM** – Byggsektorns miljöberäkningsverktyg, ett beräkningsverktyg framtaget av IVL svenska miljöinstitutet som tar fram klimatpåverkan från byggskedet för en byggnad.

**Fossilfritt** – Fritt från fossila bränslen och råmaterial (Fossilfritt Sverige 2018).

**Fossilfritt byggande** – Bygga med minsta möjliga klimatpåverkan i alla leden med en strävan att använda fossilfria bränslen och material.

**EPD** – Miljövarudeklaration, innehåller information om en produkt eller en produktgrupps klimatpåverkan sett från ett livscykelperspektiv.

**LCA** – Livscykelanalys, innehåller information om en byggnad eller produkts klimatpåverkan under hela dess livscykel.

**Återbruk** – Återanvändning av förbrukade produkter i samma eller likartat ändamål.

**Generisk data** – Vanliga antagen och medelvärden för ett visst material eller komponent (Boverket 2018)

**Byggskede** – Omfattar råvaruförsörjning (A1), transport(A2), tillverkning (A3), transport (A4) och bygg- och installationsprocessen (A5) i en byggnads livscykel.

**Användningsskede** – Omfattar användning (B1), underhåll (B2), reparation (B3), utbyte (B4), ombyggnad (B5), driftenergi (B6) och driftens vattenanvändning (B7) i en byggnads livscykel.

**Slutskede** – Omfattar demontering/ rivning (C1), transport (C2), restproduktionsbehandling (C3) och bortskaffning (C4) i en byggnads livscykel.



# Innehållsförteckning

1. Inledning.....	3
1.1 Bakgrund.....	3
1.2 Syfte och målsättning.....	3
1.3 Frågeställning.....	4
1.4 Avgränsningar.....	4
2. Hoppet – Fossilfri förskola.....	5
3. Metod.....	6
3.1 Fallstudie.....	6
3.1.1 Informationsflöde.....	6
3.1.2 Avgränsningar för beräkningar.....	7
3.1.3 Återkommande komponenter i komplementbyggnaderna.....	8
3.2 Byggsektorns miljöberäkningsverktyg.....	10
3.3 Intervjuer.....	11
3.4 Litteraturstudie.....	11
4. Fossilfritt byggande.....	13
4.1 Klimatberäkningar.....	13
4.2 EPD.....	14
4.3 LCA.....	15
4.4 Återbruk.....	17
5. Byggnadsmaterial och dess byggmetoder.....	19
5.1 Hampakalk.....	19
5.1.1 Byggmetoder för hampakalk.....	20
5.2 Tegelsten.....	21
5.2.1 Återbrukad tegelsten.....	22
5.2.2 Murbruk.....	23
5.3 Lera.....	23
5.3.1 Byggmetoder för lera.....	25
5.4 DLT.....	27
6. Resultat.....	28
6.1 Komplementbyggnad B.....	28
6.2 Komplementbyggnad C.....	30
6.3 Komplementbyggnad D.....	32
6.4 Jämförelse.....	34
6.5 Intervjusvar.....	37
6.5.1 Möjligheter.....	37

6.5.2 Hinder.....	38
7. Analys och Diskussion.....	41
8. Slutsatser .....	45
9. Förslag på framtida studier.....	47
10. Referenser.....	48
Bilagor.....	52

# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

Klimatförändringar har historiskt sett alltid ägt rum men förändringarna har tidigare tagit flera tusen år. Idag sker klimatförändringar betydligt mycket snabbare och det beror på de stora mängder utsläpp av koldioxid som uppkommer från förbränning av fossila ämnen såsom kol, olja och naturgas (WWF 2020). Bygg- och anläggningssektorn bär ett stort ansvar vad det gäller koldioxidutsläpp då sektorn, tillsammans med fastighetssektorn, står för en femtedel av hela Sveriges klimatpåverkan (Fossilfritt Sverige 2018).

Enligt Fossilfritt Sverige (2018) står materialframställningen för ca 80% av utsläppen inom bygg- och anläggningssektorn och resterande 20% kommer från transporter till byggarbetsplatser och byggproduktionen. Utav de 80 procenten kommer majoriteten av utsläppen från tillverkning av stål och cement i betong. Vid varje bygg- och anläggningsprojekt står användningen av stål och betong för en stor del av projektets klimatpåverkan; uppemot 80% av ett bostadsbygges klimatpåverkan kan komma från användning av stål och betong (Fossilfritt Sverige 2018). Användningen av förnybara byggnadsmaterial med låg klimatpåverkan behöver därför öka inom bygg- och anläggningssektorn för att kunna nå nettonollutsläpp 2045. För att minska utsläppen och nå byggsektorns miljömål krävs förändringar, i form av innovationer och mer hållbara materialval.

Ett innovationsprojekt som förskolan Hoppet är en bit på vägen att minska bygg- och anläggningssektorns klimatpåverkan. Lokalförvaltningen i Göteborgs stad undersöker möjligheten att bygga fossilfritt genom Hoppet som är en fossilfri förskola med ett väldigt lågt klimatavtryck. Projektet omfattar en förskola med tre tillhörande komplementbyggnader. De tre komplementbyggnaderna byggs av fossilfria samt återbrukade material som hampakalk, återbrukat tegelsten och lera. Om komplementbyggnaderna ger goda resultat förväntar man sig kunna skala upp dessa byggnader i framtiden. Enligt Göteborgs stad (2021) banar projektet god väg för att nå målet om att bli en klimatneutral stad till år 2050. Projektet kan även bidra till att nå det nationella målet om nettonollutsläpp år 2045 (Fossilfritt Sverige 2018).

## 1.2 Syfte och målsättning

Syftet med detta examensarbete är att undersöka vilken klimatpåverkan byggnadsmaterialen i komplementbyggnaderna i Förskolan Hoppet i Göteborg har. Arbetet syftar till att analysera materialvalen och studera om tillämpningen av materialen i projektet kan komma att ersätta dagens fossila material i framtiden, utan att äventyra den nuvarande höga standarden på byggnationerna. Examensarbetet avser även att undersöka definitionen av fossilfritt byggande.

Målet är att få en översiktlig bild över de fossilfria materialens klimatpåverkan. Arbetet avser även att ge en ökad kunskap om olika byggnadsmaterial och uppmärksamma potentiella tillvägagångssätt för fossilfritt byggande vad det gäller materialval samt om det är möjligt att bygga fossilfritt. Examensarbetet är tänkt att upplysa hur nära man är ett helt fossilfritt byggande.

### 1.3 Frågeställning

Detta examensarbete kommer att besvara följande frågeställning:

- Vilken klimatpåverkan har komplementbyggnaderna bestående av hampakalk, lera och återbrukad tegelsten i projektet?
- Vilka övergripande materialegenskaper har hampakalk, lera och tegelsten? Hur bygger man med dessa material?
- Kan hampakalk, lera eller återbrukad tegelsten komma att ersätta de icke fossilfria material som används vid nybyggnation i dagsläget?
- Går det att bygga fossilfritt utifrån de förutsättningar som finns i dagsläget?

### 1.4 Avgränsningar

Examensarbetet bygger på vetenskapliga referenser och information som inhämtats från innovationsprojektet Hoppet. Arbetet kommer att fokusera på de material som valts för väggarna i de tre tillhörande komplementbyggnaderna. En analys kommer att göras över komplementbyggnadernas klimatpåverkan där fokuset kommer ligga på de speciella materialval som gjorts för respektive byggnad. Klimatberäkningarna omfattar produktskedet (A1-A3) i byggskedet. För transportsträckor från fabrik till referensobjekt görs antaganden då det inte finns information tillgängligt för alla material. Montering av komplementbyggnaderna kommer inte tas med i beräkningar då det inte anses finnas tillräckligt med data för att kunna urskilja vilka maskiner och dylikt som används för komplementbyggnaderna respektive huvudbyggnaden. Komplementbyggnadernas klimatpåverkan tas fram med hjälp av byggsektorns miljöberäkningsverktyg där antagande och uppskattningar gjorts vad gäller mängden material och spill. Klimatberäkningar för sedumtak, ängstak, plåtarbeten och murbruk utförs inte. Arbetet baseras på de beslut som finns gällande komplementbyggnaderna vid examensarbetets början. Tillkommer ändringar av komplementbyggnaderna under examensarbetets gång kommer dessa inte tas med i arbetet.

Examensarbetet avser inte att tillhandhålla fakta om en driftsatt byggnad, inte heller information om framtida eventuell rivning och avveckling av komplementbyggnaderna när byggnadernas livslängd överskrids.

## 2. Hoppet – Fossilfri förskola

Lokalförvaltningen i Göteborg fick i uppdrag av lokala politiker att utreda och uppföra en fossilfri förskola. Projektet skapar förutsättningar att nå Göteborg stads mål om en klimatneutral stad år 2050 och det nationella målet om nettonollutsläpp år 2045. Förskolan Hoppet ska uppföras fossilfritt i största möjliga utsträckning med ett minimalt klimatavtryck. Det finns en strävan att använda fossilfria medel i alla leden i byggprocessen, från råvaruutvinning till transporter till byggplatsen. (Högberg & Ingelhart, 2019). I jämförelse med en vanlig förskola från lokalförvaltningen har förskolan Hoppet en 70% lägre klimatpåverkan från stomme, innerväggar, grund och takkonstruktion. Den totala klimatpåverkan från huvudbyggnaden i Hoppet är 186781 kg CO<sub>2</sub>-ekv och det innebär att huvudbyggnaden har en klimatpåverkan på ca 125 kg CO<sub>2</sub>-ekv per m<sup>2</sup> (Ryberg Ågren & Calderon, 2021).

Målet med förskolan Hoppet är att klimatpåverkan från byggnaden ska vara noll under hela dess livscykel. Det innebär att hänsyn tas till den klimatpåverkan som kan uppstå under byggskedet, användningsskedet och slutskedet. Användning och produktion av förnybar energi ses, i projektet, inte som en kompensation för den eventuella klimatpåverkan som uppstår (Högberg & Ingelhart, 2019).

Derome är utsedd till totalentreprenör för projektet där RA Bygg är upphandlad som byggentreprenör. I projektet används ett nära samarbete med strategisk partnering. Förskolan Hoppet omfattar en huvudbyggnad med tre tillhörande komplementbyggnader som byggs i Backa, strax utanför Göteborg. Till huvudbyggnaden tillämpas träregelväggar till ytter- och innerväggar och har en koljerngrund. De tre komplementbyggnaderna byggs med fossilfria och återbrukat material;

- Komplementbyggnad B byggs i huvudsak av hampakalk och är ett återvinningshus med utesov. Husets BTA är 53 m<sup>2</sup>
- Komplementbyggnad C byggs huvudsakligen i återbrukat tegelsten och är ett förråd med utesov. Husets BTA är 53 m<sup>2</sup>.
- I komplementbyggnad D används återbrukat lera till en av ytterväggarna och resterande väggar byggs i KL-trä men var tänkta att byggas i DLT. Komplementbyggnad D kommer användas som förråd. Husets BTA är 23 m<sup>2</sup>.

## 3. Metod

### 3.1 Fallstudie

I denna rapport genomfördes en fallstudie på förskolan Hoppet som är ett initiativ på uppdrag från Göteborgs stad. Projektet ska sätta en grund för att nå Göteborgs mål om en klimatneutral stad år 2050. All information som direkt berör förskolan Hoppet är hämtad från olika aktörer i projektet och från Hoppets hemsida. Alla beräkningar som rör komplementbyggnaderna är baserade på bilaga 1 som är en oredigerad mängdkalkyl inhämtad från RA bygg och ritningar över byggnaderna som är inhämtade från lokalförvaltningen i Göteborgs stad.

#### 3.1.1 Informationsflöde

Då många olika aktörer är involverade i projektet har information om Hoppet inhämtats från olika håll och på olika sätt. Fakta till examensarbetet har inhämtats via personlig kommunikation, intervjuer med olika aktörer och via mejlkontakt. Under möten har bland annat komplementbyggnadernas status redovisats vad gäller beslut och ändringar samt genomgångar av byggnadernas uppbyggnad.

Under examensarbetets gång har flertalet möten ägt rum med Derome Hus biträdande miljö- och hållbarhetsansvarige och Lokalförvaltningens miljöspecialist inom klimatneutralt och fossilfritt. Vid mötena har information om nya beslut och ändringar inhämtats vad gäller komplementbyggnader samt genomgång av befintlig information. Vägledning som berör beräkningar för byggnadernas klimatpåverkan har även ägt rum på dessa möten. Ett möte med Lokalförvaltningens innovationsledare har ägt rum där inriktningsbeslut för komplementbyggnaderna som fanns vid tidpunkten (25/3–2021) gick igenom. Utöver det har ett möte med platschefen för Hoppet ägt rum där man gick igenom mängder av material för komplementbyggnaderna.

Ett platsbesök gjordes till projektet den 17 februari 2021. Under platsbesöket inhämtades huvudsakligen information om projektet i allmänhet då byggnation och planering av komplementbyggnaderna låg längre fram i tiden.

Information om Hoppet har inhämtats via mejlkontakt med olika aktörer. Utöver det har data hämtats från rapporter, kalkyler samt produkt- och projektspecifika dokument för projektet som också fåtts genom mejlkontakter. Följande mejlkontakter har bidragit med värdefull information för studien:

- Platschef på projektet från RA Bygg
- Projektledare hos RA Bygg för projektet
- Innovationsledare från Göteborgs stad, Lokalförvaltningen
- Miljöspecialist inom klimatneutralt och fossilfritt från Göteborgs stad, Lokalförvaltningen
- Biträdande miljö- och hållbarhetsansvarige från Derome
- Delansvarige FoU från Göteborgs stad, Lokalförvaltningen
- Projektledare hos HTE produktion för projektet
- Platschef på projektet från HTE produktion
- Konsult på Bengt Dahlgren
- Leverantör av hampakalk, House of hemp

### 3.1.2 Avgränsningar för beräkningar

Klimatpåverkan från plåtarbeten, murbruk och byggnadernas taktäckning är inte medräknat. Utöver det är inte klimatpåverkan från mindre detaljer som trycken, lås, hyllor, ventilationsgaller och spikningsplåt medräknat då de inte anses ha en speciellt stor klimatpåverkan i förhållande till andra komponenter.

Klimatpåverkan för respektive byggnad tas fram med hjälp av byggsektorns miljöberäkningsverktyg (BM) och klimatpåverkan redovisas i kilogram koldioxidekvivalenter per kilogram material. Klimatpåverkan som tas fram är från skede A1-A5.1 där A5.1 omfattar andelen spill från bygg- och installationsprocessen. Vid beräkning av komplementbyggnadernas klimatpåverkan har uppskattningar och antagen gjorts då inte alla materialleverantörer har funnits tillgängligt vid uppförandet av detta examensarbete eftersom beräkningarna görs i ett tidigt skede. Beräkningar och materiemängder är baserade på från bilaga 1, ritningar för byggnaderna och genom personlig kommunikation. För att göra lämpliga antaganden har flera likartade produkter från olika leverantörer och byggvarubutiker jämförts.

Klimatberäkningar i denna studie är gjort enligt standarden EN 15978. Enligt standarden EN 15978 räknas återbrukat material som tänkt avfall och klimatpåverkan från det återbrukade materialet räknas då som noll. Klimatpåverkan från återbrukat material kommer ifrån byggskede A4 vilket omfattar transporter till byggarbetsplatsen och från A5.1 som omfattar spill från bygg- och installationsprocessen.

Antaganden för transportsträckor har gjorts för alla transporter av materialen. Vissa transportsträckor är mer precisa än andra då information om materialleverantör funnits. I BM delas transportsträckor upp i närdistribution, regionala transporter, landsvägstransporter och transporter via järnväg. Alla transporter antas vara med lastbil och antas drivas av bränslet HVO (hydrerad vegetabilisk olja) eftersom det finns en strävan att ha fossilfria transporter i förskolan Hoppet. Alla transporter av trämaterial med undantag för limträ och korslimmat trä (KLT) antas ha relativt korta transporter.

Vid byggnation tillkommer alltid en viss mängd spill. Andelen spill från respektive material varierar beroende på typ av material och om det är prefabricerade element som används. Mängden spill från respektive material är antaganden som baseras på förslag från BM samt på rekommendationer från platschefen på förskolan Hoppet. Spill från prefabricerade element och produkter sätts till noll och för resterande material finns en varierande spillprocent på 2–10%. Den lägsta spillprocenten baseras på att det finns en begränsad tillgång till materialet då det är återbrukat material.

En del av det material som används i komplementbyggnaderna är återbrukat material och det finns då inte en lämplig EPD som kunde användas för beräkningar eftersom EPDer inte är baserade på återbrukade material. Då alla materialleverantörer inte var helt fastställda går det inte att använda produktspecifika EPDer till alla beräkningar. När produktspecifika EPDer inte fanns tillgängliga baseras klimatberäkningarna på generisk data från databasen i BM. Fanns inte data om en produkt tillgängligt i BM tillämpas EPDer för likartade produkter. Rangordningen för inhämtning av data för respektive produkt var följande:

- 1) Produktspecifik EPD
- 2) Data från BM
- 3) EPD

### 3.1.3 Återkommande komponenter i komplementbyggnaderna

#### *Limträ*

Transportsträckan för limträbalkar räknades från leverantören Martinsons som är belägen i närheten av Skellefteå. Uppgifter om leverantör är hämtat via personlig kommunikation med platschefen på förskolan Hoppet. Vid beräkning av klimatpåverkan från limträbalkar hämtades mängderna för respektive byggnad från bilaga 1. Mängden limträbalk räknades om till kubikmeter limträ. Densiteten som har tillämpades var 410kg/ m<sup>3</sup> enligt träguiden.se (2012).

#### *Gran*

Syll, hammarband, råspont, läkt, regler och kortlingar antogs vara av träslaget gran eftersom gran är ett vanligt förekommande träslag för dessa typer av produkter. Transportsträckan för trävarorna antogs vara kort eftersom Derome är leverantör och totalentreprenör för projektet. Mängder av trävaror för respektive byggnad är baserade på bilaga 1. Varje produkt har var för sig räknats om till kubikmeter. Densiteten som användes är den samma för alla trävaror eftersom de består av gran. Densiteten som tillämpades i beräkningarna är 473kg/ m<sup>3</sup> och hämtades från databasen i BM. Efter enklare beräkningar för respektive produkt fås resultatet ut i kilogram vilket sedan matades in i BM.

#### *Underlagspapp*

Transportsträckan för underlagspapp antas vara relativt kort då det är en vanligt förekommande produkt. Mängden underlagspapp för respektive byggnad baseras på bilaga 1. Den underlagspapp som tillämpades i beräkningarna är hämtad från databasen i BM. För att få fram ett rimligt antagande för underlagspappens densitet gjordes en jämförelse med olika produktdatablad för underlagspapp. Jämförelsen resulterade i användning av densiteten 2000g/ m<sup>2</sup> till beräkningarna. Efter enklare beräkningar fås mängden underlagspapp ut i kilogram som sedan matas in i BM.

#### *Furu*

Foder runt dörrar och fönster antas vara av furu då det är ett vanligt förekommande träslag för den typen av trävara. Då det enbart står längder för foder i bilaga 1 antas dimensionen vara 12x56 mm eftersom det är en vanligt förekommande dimension i sammanhanget. Likt för trävaror av gran antas leverantören av foder vara Derome vilket innebär att transportsträckan blir kort. Densiteten, 473kg/ m<sup>3</sup>, är hämtades från BM och är i detta fall den samma som för gran. Efter enklare beräkningar fås mängden foder ut i kilogram och matas in i BM.

#### *Kalciumsilikatskiva*

En brandskiva av kalciumsilikat används till innertaket i varje komplementbyggnad. Till innertaket ska två lager av en 15 mm kalciumsilikatskiva användas enligt bilaga 1. Transporten av kalciumsilikatskivan antogs utgå från Malmö vilket baseras på information från Promats hemsida. Då det inte fanns en produktspecifik EPD tillgänglig för brandskivan användes en EPD för en liknande produkt. EPD:n är för en kalciumsilikatskiva med



tjockleken 12 mm istället för 15 mm. För att klimatpåverkan ska bli rättvis gentemot den EPD som tillämpades beräknas klimatpåverkan för en brandskiva med tjockleken 12mm istället för en brandskiva med tjockleken 15mm. Ändringen i tjocklek kommer att påverka byggnadernas klimatpåverkan. Densiteten som användes hämtades från EPD:n.

#### *Leca sockel*

Varje komplementbyggnad har en leca sockel. Dimensionen för leca sockeln är 200x200 mm och mängden sockel för respektive hus hämtades från bilaga 1. Information om dimensionen hämtades från platschefen på projektet. Då det är en vanligt förekommande produkt antogs transportern av sockeln vara av kortare karaktär. Densiteten för leca sockeln antogs vara 1100kg/ m<sup>3</sup> vilket baserades på information från en marknadsledande leverantör av mineralbyggprodukter och på boken *Byggnadsmaterial Tillverkning, egenskaper och användning* (2018) av Burström och Nilvér.

#### *Återbrukad marksten*

I varje komplementbyggnad grund används återbrukad marksten. Mängden marksten hämtades från ritningar för respektive byggnad. Den marksten som återbrukas är s:t Eriks Klassiskplattan 350x350x70 mm och den fraktas från en fabrik i Uppsala enligt markentreprenören i projektet. Information om markstenens densitet hämtades från produktdatabladet för stenen och är 2285,71kg/ m<sup>3</sup>.

#### *Återbruk av pålkap*

Utöver återbrukad marksten består grunden av pålkap. Pålkap är 2–3 meter långa och avfall från pålning av en byggnad där pålkap är den avkapande delen av pålen. Pålkapet återanvänds i grundkonstruktionen i komplementbyggnaderna. Pålkapet är av betong och densiteten antogs vara 2300kg/ m<sup>3</sup>. Pålkapet antogs ha dimensionen 230x230 mm med hänsyn till leca sockeln dimension på 200x200 mm. Mängden pålkap baserades på byggnadernas omkrets vilket hämtades från ritningar för respektive byggnad och från bilaga 1. Transportsträckan för pålkapet antogs vara regional eftersom det är en vanligt förekommande restprodukt från pålning.

#### *Drev*

Drevning runt fönster och dörrar i byggnaderna är av mineralull enligt platschefen på förskolan Hoppet. I beräkningarna antogs mineralullen vara av glasull. Densiteten togs fram genom en jämförelse med olika produktdatablad för glasull och densiteten antogs vara 20kg/ m<sup>3</sup>. Dimensionen för glasullen baserades också på jämförelsen mellan olika produktdatablad och glasullen antogs ha dimensionen 30x50mm. Mängden glasull hämtades från bilaga 1. Då glasull är en vanligt förekommande produkt antogs transportsträckan till byggarbetsplatsen vara av kortare karaktär.

#### *Vinkelbeslag*

I bilaga 1 anges antalet vinkelbeslag för varje byggnad utan specifika mått. För att få fram en rimlig vikt för vinkelbeslagen gjordes en jämförelse mellan olika typer av vinkelbeslag. Vinkelbeslagens vikt baserades på ett medelvärde framtaget från fyra olika vinkelbeslag och den antagna vikten blev 0,16 kilogram. Vinkelbeslagen antogs vara förzinkade och i

klimatberäkningarna användes data från BM. Då vinkelbeslag är en vanligt förekommande produkt antas transportsträckan vara av kortare karaktär.

#### *Ytterdörr*

Varje byggnad har en ytterdörr men då det enbart anges mått för ytterdörrarna och inte anges tänkt leverantör i bilaga 1 hämtas data för ytterdörrar från BM:s databas.

#### *Skjuddörr*

I bilaga 1 finns information om en skjuddörr till komplementbyggnad B och C. Klimatpåverkan från skjuddörren finns inte med i den totala klimatpåverkan från byggnaderna då det saknas information om både eventuell leverantör och materielmängder till skjuddörrarna.

### 3.2 Byggsektorns miljöberäkningsverktyg

I studien har Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg (BM) använts för att ta fram klimatpåverkan för vardera byggnad. Det finns fyra olika versioner för verktyget och BM free är den variant som använts i studien. Med BM beräknas klimatpåverkan från byggskedet. Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg är utvecklat av IVL svenska miljöinstitutet för att underlätta arbetet inför det kommande lagförslaget om klimatdeklarationer (Gerhardsson, Andersson & Thrysin 2020). Lagförslaget förväntas träda i kraft 1 januari 2022 och innebär att en klimatdeklaration måste upprättas för varje ny byggnad som uppförs (Finansdepartementet 2021).

Beräkningsverktyget baseras på en livscykelanalysmetod där data kan matas in för respektive material. För mer specifik klimatdata för vardera material kan EPDer matas in i miljöberäkningsverktyget. BM har även en databas innehållande generisk data för de vanligaste byggnadsmaterialen på den svenska marknaden som kan tillämpas i klimatberäkningarna. Materialmängder matas in manuellt av användaren. BM tar fram klimatpåverkan för produkt- och produktionsskedet men inte för användningsskedet och slutskedet (Ejlertsson 2021).

I studien har främst klimatdata från BM:s färdiga databas tillämpats men både produktspecifika EPDer och icke produktspecifika EPDer har även använts till beräkningarna. De EPDer som inte är produktspecifika är de mest representativa miljövarudeklarationer för de produkter som finns i komplementbyggnaderna. De miljövarudeklarationer som valts ger bäst representativt resultat även om det eventuellt inte överensstämmer helt med den faktiska klimatpåverkan.

Enklare beräkningar och enhetsomvandlingar har gjorts för hand. Beräkningar gjordes för hand för att få in korrekta mängder av materialen i BM. Enhets- och mängdberäkningarna baserades på bilaga 1. Vid beräkningar av återbrukat material tillämpades standarden EN 15978 vilket innebär att det återbrukade materialets klimatpåverkan från produktskedet räknas som noll.

### 3.3 Intervjuer

Inom projektet ägde ett antal intervjuer rum i en kvalitativ undersökning som har genomförts utav en extern konsultfirma. Jag fick möjlighet att närvara under kvalitativa intervjuer med projektledning, sakkunniga och underentreprenörer för referensobjektet. I intervjuerna lades fokus på vilka möjligheter och svårigheter det finns med att bygga med hampakalk, återbrukad tegelsten, lera och pålkap. Utöver det ställdes även likartade frågor om byggstenen k-briq, DLT och återbrukat håldäck eftersom de materialen var tänkta att användas i byggnaderna från början. Dessa material har dock av olika anledningar valts bort under projektets gång. Likartade frågor ställdes om respektive material för att enklare kunna jämföra de olika byggnadsmaterialen.

Intervjuer kan utföras på ett kvalitativt sätt och ett kvantitativt sätt. Val av metod för undersökningar baseras på frågeställningen och syftet med undersökningen. Kvantitativa intervjuer ger relativt enkla och generella svar. Kvantitativa undersökningar lämpar sig bäst när frågeställningen är hur ofta, hur många eller hur vanligt. Kort sagt lämpar sig en kvantitativ studie bäst när det rör sig om siffror såsom mätningar (Trost 2010). I detta fall genomfördes en kvalitativ undersökning då syftet var att ta reda på hur arbetssätt, hinder och möjligheter för respektive material upplevdes från personer med olika roller och perspektiv. Kvalitativa intervjuer kännetecknas av att intervjuaren ställer enkla och raka frågor som ger utrymme för mer komplexa och innehållsrika svar. (Trost 2010, s.25). Svaren i kvalitativa intervjuer kan vara komplexa då syftet med en kvalitativ intervju är att identifiera egenskaper och beskaffenheten för något vilket fås fram av respondentens uppfattningar. Det innebär att respondentens svar inte går att förutspå och svaren kan inte heller betraktas som mer eller mindre sanna (Patel & Davidsson 2011).

Strukturen för en intervju kan variera beroende på ändamålet för intervjun men vanligt är att kvalitativa intervjuer har en lägre grad av strukturering. I detta fall är intervjuerna semistrukturerade. Frågorna är förutbestämda innan intervjuernas start och kan ställas i en bestämd ordningsföljd likväl i en varierad ordningsföljd för respektive intervju. Ordningsföljden kan variera beroende på svaret från föregående fråga samt ställda följdfrågor vilket ger ett stort utrymme för respondenten att formulera sina svar (Patel & Davidsson 2011).

I denna studie fick jag ta del av konsultfirmans intervjuer genom en medverkan på tre av dem. Dessa tre intervjuer var med en arkitekt, en sakkunnig inom akustik och en konstruktör. Intervjuerna utfördes genom videosamtal med programmet Microsoft teams. Intervjuerna spelades in efter godkännande av intervjuare och respondent. Det gjordes för att på ett smidigare sätt kunna arbeta med intervjusvaren och transkribera intervjusvaren rättvist gentemot vad som säs under intervjuerna. Under intervjuerna gjordes egna anteckningar över det som ansågs vara av mest relevans för studien då frågeställningen under intervjuerna inte var utformade efter detta examensarbete.

### 3.4 Litteraturstudie

En litteraturstudie utfördes för att få en övergripande bild över hampakalkens, tegelstenens och lerans materialegenskaper och byggmetoder. Studien syftar även till att ge en helhetsbild över de miljöberäkningsverktyg som tillämpas inom byggbranschen och hur fossilfritt byggande kan definieras. Den fakta som presenteras i arbetet är insamlad från vetenskapliga

publikationer, myndigheter, rapporter och tryckt litteratur. Fakta om material och produkter som används i klimatberäkningar är inhämtade från både produktspecifika och icke-produktspecifika EPDer, produktdatablad, bilaga 1 samt generisk data från databasen i BM.

## 4. Fossilfritt byggande

Fossilfritt byggande kan tolkas på olika sätt men definitionen för fossilfritt är ”fritt från fossila bränslen/råmaterial” (Fossilfritt Sverige 2018, s.36). Fossilfritt innebär att inga fossila ämnen använts som råvara i materialet eller i arbetsmaskiner. Både utvinningen av material och transporter ska vara fossilfria. Energin till byggarbetsplatsen och tillverkningsprocessen ska komma ifrån fossilfria källor. I fossilfritt inkluderas även utsläpp av växthusgaser från kemiska processer. I detta fall behöver nödvändigtvis inte fossilfritt byggande tolkas som fritt från fossila ämnen. I förskolan Hoppet innebär fossilfritt, utöver fri från fossila bränslen och material, även minimal klimatpåverkan (Högberg & Ingelhart 2019). I referensobjektet används material som inte är fossilfria exempelvis tegelsten. Den tegelsten som byggs in är återbrukad och enligt standarden EN 15978 kommer ingen klimatpåverkan från det återbrukade materialets resursutvinning och tillverkning. Det innebär att klimatpåverkan i projektet från återbrukat material kommer från skede A4-A5 vilket omfattar transporter och bygg- och installationsprocessen (Gerhardsson, Andersson & Thrysin 2020). Rutiner för transporter till byggarbetsplatsen finns i projektet eftersom det finns en strävan att använda sig av fossilfria medel genom hela byggprocessen. Transportavstånd och bränsleslag är avgörande för vilken klimatpåverkan en transport bidrar till. Vid val av leverantör för material och produkter tas bränsleslag och avstånd i beaktning då samtliga transporter till byggarbetsplatsen ska vara fossilfria. I förskolan Hoppet prioriteras däremot en produkt med låg klimatpåverkan före en helt fossilfri produkt. (Ryberg Ågren & Calderon, 2021).

Användningen av fossilfria byggnadsmaterial är ett av flera medel för att nå målet om nettonollutsläpp i Sverige år 2045. Cirkulation av material är ytterligare en faktor som bidrar till minskad klimatpåverkan. De material som byggs in i byggnaderna bör därför i framtiden kunna återvinnas och återanvändas när byggnadernas livslängd överskrids. Andra aspekter som tas i beaktning vid val av material och system för projektet är kostnad, funktion, innehåll av farliga ämnen samt producerbarhet (Ryberg Ågren & Calderon, 2021).

I samband med fossilfritt byggande uppkommer även begreppet klimatneutralitet vilket enligt Fossilfritt Sverige definieras som ”netto noll utsläpp av växthusgaser till atmosfären. Det innebär att utsläpp som sker ska kunna tas upp av det ekologiska kretsloppet eller med tekniska lösningar och därmed inte bidra till växthuseffekten. Strategin är att i första hand minska faktiska utsläpp men att kompensationsåtgärder kan användas för att uppnå klimatneutralitet.” (Fossilfritt Sverige 2018, s.36).

### 4.1 Klimatberäkningar

Syftet med klimatberäkningar, för en byggnad, är att undersöka vilken klimatpåverkan byggnaden har. I dagsläget finns inga krav på att klimatpåverkan för en ny byggnad måste beräknas. Det finns inte heller ett tak som begränsar mängden utsläpp av växthusgaser i samband med uppförande av en ny byggnad. Det har, tillsammans med andra faktorer, resulterat i att bygg- och anläggningssektorn släpper tillsammans med fastighetenssektorn ut 12 miljoner ton koldioxidekvivalenter i Sverige varav en tredjedel kommer ifrån uppförande av nya byggnader. För att nå klimatneutralitet 2045 planerar regeringen att införa ett lagkrav på klimatdeklarationer för nybyggnationer 1 januari 2022. Detta lagkrav är tänkt att bidra till en minskad klimatpåverkan från byggsektorn (Boverket 2021a).

Den kommande klimatdeklaration är baserad på den europeiska standarden EN 15978 på rekommendationer från boverket. I en kommande klimatdeklaration ska klimatpåverkan från byggskedet (A1-A5) för en nyproducerad byggnad redovisas. Klimatdeklarationen baseras på livscykelanalyser liksom många andra klimatberäkningar för byggnader och byggprodukter (Gerhardsson, Andersson & Thrysin 2020). Klimatdeklarationen begränsas i första hand till byggskedet eftersom, sett från ett livscykelperspektiv, de största utsläppen av växthusgaser kommer från därifrån och ifrån driftenergin i användningsskedet. Utsläpp från driftenergin regleras av energihushållningskrav från boverkets byggregler men det finns inga regler som kontrollerar utsläpp från byggskedet. För att få ökad kunskap om utsläpp av växthusgaser från byggskedet och belysa varifrån utsläppen kommer ifrån introduceras lagkravet om en klimatdeklaration för nybyggnation. Klimatdeklarationen är tänkt att upplysa om var utsläppen kommer ifrån så aktörer kan vidta åtgärder och minska klimatpåverkan (Boverket 2021a). Då klimatdeklarationen fokus ligger på att ge kunskap och belysa om utsläppens härkomst kommer det inte att införas ett tak för maximal klimatpåverkan från byggskedet. Boverket förslår att ett gränsvärde för högsta tillåtna klimatpåverkan från byggskedet ska introduceras år 2027. Utöver begränsningen till byggskedet finns ytterligare avgränsningar som omfattar vilka byggnadsdelar som ska klimatdeklareras. De byggnadsdelar som ska ingå i klimatdeklarationen är byggnadens klimatskal, bärande konstruktionsdelar och innerväggar (Boverket 2021b).

En klimatdeklaration lämnas in till boverket, för nya byggnader som kräver bygglov, av byggherren. Kommunen ansvarar för att kontrollera att boverket har tagit del av en klimatdeklaration innan bygglov får godkännas. Underlaget för klimatdeklarationen ska finnas tillgängligt i fem år för att kunna verifieras. Till- och ombyggnationer behöver inte klimatdeklareras (Boverket 2021a).

Vanligt är att den beräknade klimatpåverkan redovisas i Global Warming Potential (GWP). På svenska benämns det som den globala uppvärmningspotentialen. GWP är ett index som används för att kunna jämföra utsläpp av växthusgaser uttryckt i koldioxidekvivalenter. Uppvärmningspotentialen är ett verktyg som tillämpas för att redovisa hur mycket utsläpp av växthusgaser bidrar till den globala uppvärmningen i jämförelse med samma mängd utsläpp av koldioxid (Maknatch 2014).

## 4.2 EPD

Miljövarudeklaration kommer ifrån engelskans Environmental Product Declaration (EPD) och benämns vanligtvis som EPD även på svenska. En EPD används som data när en livscykelanalys ska genomföras för en byggnad. En EPD innehåller information om en produkts eller en produktgrupps klimatpåverkan sett från ett livscykelperspektiv. Vid beräkning av en produktgrupps klimatpåverkan används generisk data. Generisk data är vanliga antagen och medelvärden för ett visst material eller komponent (Boverket 2019a). Klimatpåverkan redovisas i kilogram utsläppta koldioxidekvivalenter per funktionell enhet. Vid användning av en EPD måste hänsyn tas till vilka avgränsningar som vidtas eftersom miljövarudeklarationer kan omfatta hela produktens livscykel eller endast delar av livscykeln. Vanligt är att del A1-A3 dvs produktskedet omfattas i en miljövarudeklaration (Göteborgs stad 2018).

Sedan 2014 förvaltas EPD-systemet i Sverige av IVL svenska miljöinstitutet. En EPD är utformad efter produktspecifika regler, ISO 14025 och standarden för byggnadsverk EN 15804 (Göteborgs stad 2018). Den är uppdelad i tre delar, produktblad, metodval och resultat från bedömning av klimatpåverkan. En EPD verifieras av en oberoende part vilket ger en hög trovärdighet och den normala giltighetstiden för en miljövarudeklaration är 3–5 år (Boverket 2019a).

Vid framtagande av en EPD följs produktspecifika regler. Dessa regler innehåller riktlinjer om bland annat avgränsningar, metodval och dataunderlag. Riktlinjerna kan skilja sig åt beroende på vilken produkt eller produktgrupp miljövarudeklarationen omfattar. En vanlig benämning för de produktspecifika reglerna är PCR, Product Category Rules. Efter en PCR tagits fram kan en livscykelanalys utföras för produkten. Vid sammanställning av både en PCR och en LCA av en produkt fås en EPD (Boverket 2019a).

### 4.3 LCA

Life-Cycle Assessment (LCA) är den engelska benämningen för livscykelanalys. Till skillnad från en EPD, som enbart ger information om specifika produkter eller produktgruppers klimatpåverkan, ger en livscykelanalys information om en byggnads eller en produkts klimatpåverkan under hela dess livscykel. Från utvinning av råvara till användning till avveckling av produkt eller byggnad (Boverket 2019b). Vid uppförande av en livscykelanalys för en byggnad följs standarden EN 15978 där särskilda riktlinjer och beräkningsmetoder omnämns. Standardiserade riktlinjer och beräkningsmetoder finns för att resultatet från respektive LCA ska vara jämförbart. I standarden benämns de punkter som en livscykelanalys för en byggnad ska innehålla (Boverket 2019c). Många av de LCA-beräkningsverktyg som tillämpas i Sverige baseras på standarden EN 15978 (Gerhardsson, Andersson & Thrysin 2020).



*Illustration: Jenny Lilja/Infab/Tictac/Boverket*

Livscykeln för en byggnad delas in i skede A, B och C. Skede A omfattar byggskedet vilket kan brytas ner ytterligare till produktskedet A1-A3 och produktionsskedet A4-A5. Skede B är användningsskedet B1-B7 och C står för slutskedet C1-C4 (Boverket 2019b). I tabell 1 bryts de olika faserna ner ytterligare.

Tabell 1: Skeden för en byggnads livscykel enligt Boverket 2019b.

<b>A1-A3</b>	<b>Produktskedet</b>
A1	Råvaruförsörjning
A2	Transport
A3	Tillverkning
<b>A4-A5</b>	<b>Produktionsskedet</b>
A4	Transport
A5	Bygg- och installationsprocess
<b>B1-B7</b>	<b>Användningsskedet</b>
B1	Användning
B2	Underhåll
B3	Reparation
B4	Utbyte
B5	Ombyggnad
B6	Driftenergi
B7	Driftens vattenanvändning
<b>C1-C4</b>	<b>Slutskedet</b>
C1	Demontering, rivning
C2	Transport
C3	Restproduktionsbehandling
C4	Bortskaffning

Stora delar av en byggnads miljöpåverkan kommer ifrån skede A. Skede A omfattar både nybyggnation och ombyggnation av en byggnad. Ombyggnation kan även beräknas i skede B beroende på vilken typ av ombyggnation som utförs. Trots att skede B omfattas av sju punkter är det vanligt att enbart driftenergin (B6) för byggnaden utvärderas då den normalt sett har störst miljöpåverkan. I dagsläget förekommer det att beräkningar för skede C uteblir då, sett till hela livscykeln, klimatpåverkan från skedet ses som relativt låg. LCA-beräkningar för slutskedet ses även som osäkra då modulen utspelar sig så pass långt in i framtiden. Utöver byggskedet, användningsskedet och slutskedet finns ytterligare ett skede D. Skede D fungerar som ett komplement till de tidigare skedena. Skede D omfattar klimateffekter bortom byggnadens livscykel, effekter som inte sker i direkt anslutning till byggnaden. Vanligtvis brukar inte skede D tas med i en livscykelanalys eftersom effekterna från tidigare skeden är oberoende av tid och det finns osäkerheter kring hur och när resultatet ska tillämpas (Gerhardsson, Andersson & Thrysin 2020).



En livscykelanalys innefattar flera olika typer av miljöpåverkanskategorier vilket bidrar till en helhetsbild för klimatpåverkan från en produkt eller byggnad. De LCA-standarder som finns i Europa har med följande miljöindikatorer (Boverket 2019d):

- Klimatpåverkan från växthusgaser
- Försurning
- Övergödning
- Utarmning av icke-fossila resurser
- Utarmning av fossila resurser
- Ozonnedbrytning
- Marknära ozon

Det finns inget krav på att alla kategorier måste tas med i en LCA. En livscykelanalys kan utföras utifrån enbart en miljöindikator om syftet med studien uppfylls. En LCA över en ny byggnad fokuserar vanligtvis på klimatpåverkan från växthusgaser eftersom det anses vara det största miljöhotet. Utöver att hålla sig till en miljöpåverkanskategori finns det även ekonomiska och sociala avgränsningar i en livscykelanalys. Ingen hänsyn tas till ekonomiska kostnader, mänskliga rättigheter, säkerhet, jämställdhet eller kulturella aspekter vid framtagningen av en LCA. Dessa aspekter behandlas separat med andra metoder (Boverket 2019d).

#### 4.4 Återbruk

Återbruk av produkter är det samma som återanvändning av produkter. Det innebär att förbrukade produkter används på nytt i samma eller likartat ändamål (Nationalencyklopedin u.å.h). Återbruk av produkter inom byggsektorn kan bidra till minskad klimatpåverkan eftersom utsläpp från resursutvinning, tillverkning och avfallshantering för nya produkter nollställs enligt standarden EN 15978. Vid beräkningar av klimateffekter från återbruk måste beaktning tas till om dessa är gjorda genom en bokförings-LCA eller en konsekvens-LCA. En bokförings-LCA fokuserar på klimatpåverkan från en välvärd system medan en konsekvens-LCA expanderar systemet tills alla aktuella konsekvenser från tagna beslut inkluderas. En bokförings-LCA omfattar skede A, B och C. Skede D beräknas genom en konsekvens-LCA. En konsekvens-LCA lämpar sig bäst som en typ av beslutsunderlag och en bokförings-LCA lämpar sig bäst som någon typ av redovisning av data. Vid redovisning av klimatpåverkan för respektive skede måste även hänsyn tas till om skedet omfattar nutid eller framtid då beräkningar av framtida klimatpåverkan har en viss osäkerhet. Den framtida klimatpåverkan är enbart teoretisk och baseras på att byggnaden uppförs på gjorda antaganden. Nutida klimatpåverkan har sitt ursprung från skede A och den framtida klimatpåverkan härstammar från skede B och C (Gerhardsson, Andersson & Thrysin 2020).

Hur återbruk beräknas beror på om återbruket sker i anknytning till den studerade byggnadens livscykel eller om det förknippas med en annan byggnads livscykel enligt standarden EN 15978. När den studerade byggnadens livscykel innehåller återbruk är det återbruk av typ 1. Vid återanvändning av produkter kan däremot klimatpåverkan skilja sig från användning av en nyttillverkad produkt under användningsskedet eftersom tillämpning av återbrukat produkt kan medföra större behov av underhåll och reparationer. Avfallshantering för en återbrukat produkt sker på samma sätt som för en icke återbrukat produkt. Skulle den återbrukade

produkten däremot återanvändas på nytt i ytterligare en byggnad räknas det som återbruk av typ 2 (Gerhardsson, Andersson & Thrysin 2020).

Återbruk av typ 2 är kopplat till en annan byggnads livscykel än den första byggnaden där återbruk tillämpades. Klimatpåverkan från återbruk av typ 2 kommer ifrån skede D och beräknas genom en konsekvens-LCA. Skede D omfattar klimateffekter som uppkommer bortom den studerade byggnadens livscykel. Beräkningarna omfattar de klimateffekter som undviks genom återbruk i en annan byggnad. Överlag antas en återbrukad produkt ersätta linjär produkthantering vilket omfattar resursutvinning, tillverkning, transport och avfallshantering för en nyproducerad produkt. Även för återbruk av typ 2 kan annan klimatpåverkan uppstå eftersom produkten kan vara i behov av rekonditionering, transporter och mellanlagring. För att kunna jämföra klimateffekterna ur ett konsekvensperspektiv beräknas klimatpåverkan för både linjär produkthantering och återbrukade produkter (Gerhardsson, Andersson & Thrysin 2020).

## 5. Byggnadsmaterial och dess byggmetoder

### 5.1 Hampakalk

Hampakalk är ett förnyelsebart byggnadsmaterial som består av industrihampa och ett kalkbaserat bindemedel.

Hampa är en mycket gammalt råvara som redan under vikingatiden började användas i Skandinavien. Hampa har ett brett användningsområde då man utöver att använda det i byggnadsmaterial bland annat kan tillverka textilier, papper och olja av det. Hampa är en planta som kan växa och bli uppemot fyra meter hög i det svenska klimatet (Osvald 1959). Efterfrågan av svenska hampodlingar har varierat historiskt sätt men 1972 förbjöds den svenska odlingen av hampa eftersom det innehåller narkotika substanser enligt Skoglund (2016) och Holstmark (2006). I Sverige tilläts odling av hampa återigen 2003 men endast odling av hampa godkänd av EU med en THC-halt under 0,2%. Odlingen av hampa nådde en topp 2007 och har därefter drastiskt minskat i Sverige (Balksten & Strandberg-De Bruijn 2019). Hampastjälken består av fibrer, frö och vedämnen. Vedämnena är den del av hampan som används vid tillverkning av hampakalk eftersom de har minst innehåll av ämnet pektin som bromsar det kalkbaserade bindemedlets bindetid (De-Bruijn 2012).

I Sverige har kalksten främst använts som bindemedel till puts- och murbruk. Under kalkproduktionen sker flera olika kemiska processer där kalciumkarbonaten i kalksten först hettas upp till ca 900 °C och avger koldioxid. Bränd kalk eller osläckt kalk som den också benämns har då bildats. Det krävs ca 1,7 ton kalksten för att tillverka ett ton av osläckt kalk och det släpps då ut ca 0,7 ton koldioxid (Ip & Miller 2012). Vid tillförsel av vatten bildas så kallad släckt kalk eller luftkalk. Det är den släckta kalken som används som byggnadsmaterial. Med tid sker en karbonatiseringsprocess av släckt kalk då den binder koldioxid och släpper ifrån sig vatten. Efter karbonatiseringen bildas åter kalciumkarbonat (Burström & Nilvér 2019). Kalk har en hög inbyggd energi på ca 800 kg/ton. Kalk är ett poröst ämne med en hög permeabilitet och låg värmekonduktivitet. Dessa egenskaper gör att en vägg med kalk lättare kan anpassa sig efter omgivningens fuktighet och risken för mögelpåväxt är mycket låg. Kalk är ett hållbart material och efter sin livslängd är det enkelt att återvinna (Rhydwen 2006).

Hampakalkens materialegenskaper beror på andelen vedämnen respektive kalk, vilket slags bindemedel som används har en påverkan. Generellt har hampakalken en hög porositet och är ett lätt byggnadsmaterial med en densitet mellan 200 – 600 kg/m<sup>3</sup> (Collet & Pretot 2014). Utöver det har hampakalk en låg värmeledningsförmåga. Vid ökning av andel vedämnen i hampakalken sjunker värmekonduktiviteten och densiteten. Det finns en stor hysteres mellan absorptionskurvan och desorptionskurvan för materialet vilket medför att hampakalk har en god förmåga att anpassa sig efter omgivningens relativa luftfuktighet menar Collet och Pretot (2014). Studier som Collet och Pretot (2014) har gjort på väggar bestående av hampakalk visar att väggarna har en förmåga att binda och lagra energi. Studier visar även att hampakalken medför en lägre energikonsumtion för byggnaden men där hänsyn måste tas till valt ventilationssystem för byggnaden. Energilagringen beror på hampakalkens adsorptions- och desorptionsförmåga (Collet & Pretot 2014).

Vid byggnation med hampakalk används en lastbärande konstruktion eftersom hampakalken för sig själv har en låg tryckhållfasthet. Den lastbärande konstruktionen är vanligtvis av trä men kan även vara byggd i stål eller betong (Collet, Pretot & Garnier 2013). Hampakalk har goda akustiska egenskaper och en bra brandsäkerhet. Andelen hampa respektive kalkbaserat bindemedel har betydelse för egenskaperna. En högre andel bindemedel ger en högre tryckhållfasthet (Balksten & Strandberg-De Bruijn 2019). Hampakalk kan utstå en relativt hög belastning. Sprickor och brott uppstår först vid en kompression på 10–15% (Arnaud, Cerezo and Samri 2006).

Hampakalk har en förmåga att ta upp koldioxid från luften i sin omgivning eftersom hampa är ett organiskt material. Hampa har därmed en låg inbyggd energi. För att tillverka en kubikmeter hampakalk krävs ca 1000 liter vedämnen från hampan vilket omfattar ca 100 kg, den mängd vedämnen kan ta upp 180 kg koldioxid från sin omgivning. Det innebär att per en kubikmeter vägg tas 180 kg koldioxid upp men då är inte kalkens miljöpåverkan inräknat (Rhydwen 2006). Vid tillverkningen av kalk frigörs 0,48 kg CO<sub>2</sub>/kg under förbränningen av kalkstenen. Kalk har en inbyggd energi som är 20–50% lägre än betongens inbyggda energi. Efter en viss tid kommer kalken sen börja ta upp koldioxid tillsammans med hampan. Kalkens koldioxidutsläpp varierar därför kraftigt och kalken från en kubikmeter hampakalk, vilket omfattar ca 200kg kalk, kan släppa ut mellan 63–162 kg koldioxid. Detta resulterar i att 18–117 kg koldioxid kan tas upp av en kubikmeter hampakalk då kalkens utsläpp och hampakalkens inbyggda energi är medräknat (Rhydwen 2006).

### 5.1.1 Byggmetoder för hampakalk

#### *Piséteknik*

Pisé är franska och står för stampad lera som fått lufttorka (nationalencyklopedin u.å.d) Piséteknik i samband med hampakalk innebär att hampakalken pressas samman. Hampakalken trycks samman för hand i en form av trä. Hampakalken får inte pressas samman för hårt eftersom det har en negativ effekt på materialets värmeisoleringsförmåga (Balksten & Strandberg-de Bruijn 2019).

#### *Sprutteknik*

Hampakalk kan sprutas direkt på en byggskiva som monteras på en lastbärande stomme. Till sprutningen av hampakalk används en speciell spruta. Byggmetoden förekommer mer i Frankrike och England där det finns fler leverantörer som tillhandahåller sprutning av hampakalk (Balksten & Strandberg-de Bruijn 2019). Sprayning av hampakalk lämpar sig bäst till byggnader som inte är högre än sex meter (Collet, Pretot & Garnier 2013). Hampakalkväggar sprayas vanligtvis från både utsidan och insidan av byggnaden men kan sprayas enbart från utsidan i vissa fall (Collet, Pretot & Garnier 2013).

#### *Prefabricering*

Prefabricering är en vanlig byggnadsmetod inom byggbranschen. Prefabricering innebär att element eller delar av byggnaden förtillverkas innan det transporteras och monteras på byggarbetsplatsen (nationalencyklopedin u.å.e) Prefabricerade element och block kan tillverkas av hampakalk. De tillverkas då i en fabrik där hampakalken kan torka innan den levereras till byggplatsen. Torkning i fabrik och förtillverkning av hampakalkelement förkortar torktiden för den färdiga byggnaden. Prefabricering av hampakalk-element i fabrik ökar möjligheterna för en kvalitetssäkrad produkt (Balksten & Strandberg-de Bruijn 2019).

## 5.2 Tegelsten

Tegelstenar tillverkas utav lera. Användningsområdet för tegelstenen är avgörande för vilken typ av lera som används, vanligt är att andra material som kalk, sand och sågspån tillsätts för att få önskade materialegenskaper. Lerans sammansättning har en betydande roll för materialegenskaper och tillverkningsprocessen hos en tegelsten. Sammansättningen påverkar temperaturintervallet för bränningen i tillverkningsprocessen, tegelstens färdiga färg och beständighet mot saltutslag samt reaktioner med andra material. Kalkhalten i leran påverkar tegelstens färg. En hög kalkhalt ger en gul färg efter bränningen och en låg kalkhalt ger en röd färg (Burström & Nilvér 2018).

Det svenska standardmåttet för en tegelsten är 250x120x62 mm. Tegelstenar har en liggyta, en koppyta och en löpyta. Tegelstenar delas bland annat in i massivtegel och håltegel. Skillnaden mellan de två tegelstenarna är att håltegel har ett visst antal genomgående hål vinkelrätt mot liggytan på tegelstenen. Dessa hål ger en lägre totalvikt och under tillverkningsprocessen fås en bättre torkning och en jämn genomgående bränning. I och med mindre materialåtgång vid tillverkning av håltegel blir det ett billigare alternativ än massivtegel. Trots hålen i tegelsten bibehålls samma tryckhållfasthet som för massivtegel. Det beror på att håltegel är bättre genombränd vilket kompenserar den hållfasthet som går miste genom en minskad effektiv tryckyta. Utöver massivtegel och håltegel kan tegelstenar delas in i murtegel och fasadtegel. Både murtegel och fasadtegel är avsedda för murverk men det ställs högre krav på fasadteglets beständighet mot klimatiska påfrestningar. Det ställs krav på fasadteglets utseende och att det ska ha viss frostbeständighet som kan delas in i olika klasser. Inga av dessa krav ställs på murtegel eftersom murtegel inte används i skalväggar. (Burström & Nilvér 2018).

Formgivning av tegelstenar sker med hjälp av strängpressar. Den önskade formen för tegelstenen fås genom att lera kontinuerligt matas i en sträng genom en press med munstycke. Vanligt är att tömma leran på luft vid pressningen för att få ett tätare material. Efter pressningen kapas lersträngen i enheter och eventuella ytbehandlingar som borstning, räffling och liknande tillkommer (Burström & Nilvér 2018). En annan metod för formgivning av tegelstenen är tegelslagning. Massan slås då ner i en form antingen maskinellt eller för hand. Det är en mycket gammal men dyr metod för att formge tegel (Nationalencyklopedin u.å.g). Efter eventuella ytbehandlingar torkas tegelstenarna i torkar som anpassar temperatur och lufthastighet för att ge optimala torkningsförhållanden. Tegelstenarna torkas i två till fem dygn och därefter har teglet en fuktkvot på 1–2%. Under torkningen har krympning förekommit och den linjära krympningen varierar mellan 3–10%. Krympningen i volym motsvarar den volym vatten som har avdunstat från tegelstenen och när överskottsvattnet mellan lerpartiklarna försvinner sker den största krympningen. En jämn krympning måste förekomma för att inte sprickbildning och inre håligheter ska uppstå, uttorkningen behöver därför vara anpassningsbar. Efter torkningen sker bränningen av tegelstenen i tunnelugnar. Materialet ligger i vagnar som passerar fasta temperaturzoner i tunnelugnarna. Bränntiden är vanligtvis mellan 50–70 timmar. Under bränntiden sker en successiv temperaturhöjning till den maximala bränningstemperaturen som ligger mellan 1000–1100°C (Burström & Nilvér 2018). Vid den maximala temperaturen förekommer sintring, där kemiska och fysikaliska förändringar sker. Sintring innebär att de olika partiklarna i råprodukten reagerar med varandra vid den höga temperaturen under bränningen och slutligen växer samman till en kropp. Vid sammansmältningen försvinner de mindre porerna i materialet. Sintring sker strax

under smältpunkten och om smältpunkten överskrids smälter enbart materialet vilket resulterar i att teglet förstörs. Teglets porositet minskar i och med sintringen samt åtföljs av avsevärd krympning (Nationalencyklopedin u.å.f). Vid bränning under de högsta temperaturerna sker ingen viktförlust och i samband med krympningen ökar densiteten för materialet. Efter bränningen kyls tegelstenarna och därefter sorteras de normalt efter färg och bränningsgrad (Burström & Nilvér 2018).

Det keramiska materialet saknar i princip krypning och plastiska deformationer vilket resulterar i ett sprött brottbeteende samt en hög draghållfasthet. Den höga draghållfastheten beror på materialets struktur och böjdraghållfastheten är likvärdig med draghållfastheten. Draghållfastheten motsvara ca en femtedel till en tiondel av tryckhållfastheten. Tegel har en god beständighet emot kemiska angrepp med undantag för starka syror. Det råder inte lika god beständighet mot de fysikaliska angreppen, då ett vanligt problem är bristande frostbeständighet. Tegel är ett väldigt kapillärsugande material vilket innebär att vatten tas upp av teglet vid direktkontakt exempelvis från murbruk eller regn (Burström & Nilvér 2018).

### 5.2.1 Återbrukad tegelsten

Enligt Erduran, Elias-Ozkan och Ulybin (2020) finns det många forskare som anser att tegelstenen ett byggnadsmaterial som har goda möjligheter att återanvändas. En tegelsten har vanligtvis ett lågt underhållsbehov och en lång livslängd. När tegelstenar ska återbrukas kan de tas ut i partier från en murad vägg eller varje tegelsten för sig. Vid tillämpning av återbrukade tegelstenar kontrolleras tegelstenens utseende och hållfasthet (Erduran, Elias-Ozkan & Ulybin 2020).

När tegelstens utseende ska undersökas kontrolleras bland annat spår från kalk- och frostsprängningar, mekaniska skador och föroreningar (Öhrn & Isaksson 2014). När en tegelsten utsätts för frostsador flagnar tegelstenens ytor. Med mekaniska skador menas bland annat avslagna kanter och hörn. Mekaniska skador brukar däremot inte påverka tegelstenens tekniska egenskaper. Vidare kontrolleras kvaliteten hos den återbrukade tegelstenen genom tryckhållfasthetstester för att försäkra sig om att den återbrukade tegelstenen håller samma höga kvalitet som en nyproducerad tegelsten. Vanligtvis klarar en nyproducerad tegelsten ett tryck mellan 40–60 MPa. Kvalitén hos fasadtegel och murtegel skiljer sig åt då fasadtegel är mer motståndskraftig mot yttre påverkan. Fasadtegel och murtegel bör därför förvaras separat om de är tänkta att återbrukas (Öhrn & Isaksson 2014).

Det finns en markant skillnad i mängden utsläpp från användning av återbrukat tegel istället för nyproducerat tegel i alla olika miljöpåverkanskategorier. Den globala uppvärmningspotentialen kan bli nästan fem gånger större vid användning av nya tegelstenar än vid användning av återbrukade tegelstenar enligt Erduran et al. (2020) undersökning. Till en vägg med nyproducerade tegelstenar förbrukas mer murbruk men trots att mer material förbrukas till en sådan vägg visar Edurans et al. (2020) studie att den väggen är billigare än en vägg byggd av återbrukade tegelstenar. En vägg av återbrukade tegelstenar är 1,9 gånger dyrare än en vanlig tegelstensvägg. När återbrukade tegelstenar ska användas tillkommer återbruksprocesser som rekonditionering, transporter och lagerhållning som kan innebära extra kostnader samt eventuell klimatpåverkan (Erduran et al. 2020).

### 5.2.2 Murbruk

Murbruk används för att sammanfoga tegelstenar till ett murverk. Bruk består av ballast, bindemedel, vatten och tillsatsmedel. Olika typer av ämnen kan användas som bindemedel till bruk. De vanligaste bindemedlen är kalk, cement, kalkcement och murcement. Bindemedlen kan delas in i icke-hydrauliska bindemedel och hydrauliska bindemedel. Hydrauliska bindemedel hårdnar i en kemisk reaktion med vatten. Mängden och typen av bindemedel har stor betydelse för murbrukets egenskaper. Ballastmaterialet har också en påverkan på brukets egenskaper. Vanligt är att sand bestående av gnejs, granit och kalksten används som ballastmaterial. Sandens kornstorlek och korngradering har en betydande roll för brukets egenskaper. Vid specifikt önskade egenskaper kan sågspån, perlit, cellplastkolor eller lättklinker tillämpas som ballastmaterial. (Burström & Nilvér 2018). Val av bruk till murverk påverkar teglets möjligheter för återbruk.

De tillsatsmedel som tillämpas i betong används vanligtvis även i bruk. De vanligaste tillsatsmedlen är plasticeringsmedel, luftprobildare, accelerators, frostskyddsmedel och vattenavvisande medel (Burström & Nilvér 2018).

Murbruk delas in i fem olika kvalitetsgrupper med avseende på brukets hållfasthet och täthet. Murbruksklass A har högst hållfasthet medan klass E har lägst. Brukstyperna rangordnas efter cementbruk, kalkcementbruk, murcementbruk och kalkbruk. Cementbruk ingår i kvalitetsgrupp A medan kalkbruk klassas som brukstyp E (Nationalencyklopedin u.å.b)

### 5.3 Lera

Byggnation med lera sträcker sig långt bak i tiden. Redan under stenåldern byggdes stolp- och korsvirkeskonstruktioner i Skåne, där facken mellan träkonstruktionen fylldes med lera. Lera har framförallt i Skåne varit ett viktigt byggnadsmaterial då tillgången av lera varit stor medan tillgången av trä varit mer begränsad. Den stora användning i Skåne beror också på lerans låga kostnad. Under 1700-talet uppmanades gemene man i Skåne att bygga jordhus för att bevara den skog som fanns kvar. Jordhus är ett begrepp som omfattar byggnation med lerjord och inkluderar flera olika byggtekniker för lera (Stolle Wassberg 2010). Flera av de hus som byggdes under 1700-talet finns kvar än idag, vissa av dem har blivit byggnadsminnesförklarade bland annat Glimmebodagården och Bondrumsgården. Majoriteten av Glimmebodagårdens byggnader är bevarade korsvirkes hus med traditionell fyllning av lerklining alternativt lersten (Länsstyrelsen Skåne u.å.b). Lerklining är en teknik där halmblandad lera stryks över flätverken av ris och grenar i korsvirkeshus. Flätverken stryks med lera både på väggarnas insida och utsida. Lerputs som används till korsvirkeshusen behöver med jämna mellanrum bättras på då det är känsligt mot väder och vind (Nationalencyklopedin u.å.i). Det finns svårigheter med att få korsvirkeshus med lerklining helt täta i och med att flätverken av ris och grenar rör sig vid förändringar i luftfuktighet och temperatur (Stolle Wassberg 2010). Bondrumsgården är bevarade korsvirkeshus med lerklining. På senare tid har fyllningen av lera, på vissa ställen, ersatts av tegel (Länsstyrelsen Skåne u.å.a).

Lera förekommer i naturen eftersom det är ett förvittringsmaterial som uppstår från vittring av exempelvis granit och gnejs. De minsta partiklarna från vittringen av bergarterna har sedan avlagrats på platser med goda förhållanden för sedimentering vilket efter sedimentering innebär att lera har bildats. De viktigaste mineralerna i naturligt förekommande lera är kisel-,

aluminium-, järn- och kalciumoxider (Burström & Nilvér 2018). Lera är en finkornig jordart som utgörs av minst 15% lerpartiklar. Lerpartiklar har en kornstorlek, enligt Atterbergs kornstorleksskala, med en diameter mindre än 0,002 mm. I tabell 2 visas jordartens olika benämningar beroende på mängden ler och kornstorleken (Lindberg 2002).

Tabell 2: Jordartens benämning beroende på diameter och lerhalt

Lerhalt (%)	Diameter (mm)	Benämning
<5	4 - 6	Silt
5 - 15	3	Leriga jordar
15 - 25	2	Lättlera
>25	1 – 1,5	Mellanlera → mycket styv lera

Lera kan utöver kornstorleksfördelningen delas in i mager eller fet lera. Lerhalten är avgörande om en lera definieras som fet eller mager. En fet lera har en högre lerhalt och det innebär att en mager lera har en lägre lerhalt. Lerhalten har en betydande roll vad gäller lerans egenskaper. En fet lera har en hög plasticitet samt en hög hållfasthet i torrt tillstånd. Däremot finns risk för sprickbildning under uttorkning av leran då fet lera har en stor krympning. För att minska krympningen kan magringsmedel tillsättas vilket kan vara sand, dock försämras de plastiska egenskaperna (Burström & Nilvér 2018). En leras hållfasthet beror på sammansättningen av leran. Vid användning av exempelvis lersten ökar tryckhållfastheten ju hårdare lerstenen pressas men bindningen i leran är mekanisk. Hade bindningen i leran varit kemisk hade den haft en högre tryckhållfasthet (Stolle Wassberg 2010).

Plasticitet är en utmärkande materialegenskap för leror som även den varierar efter mängden lerhalt och vatteninnehåll. Leran är plastisk i fuktigt tillstånd och är då lätt att forma efter eget önskemål. I uttorkat tillstånd är leran hård och fast. Lerans plasticitet tros bero på att partiklar i leran omsluts av en vattenhinna och elektrokemiska krafter förekommer mellan de mindre partiklarna (Burström & Nilvér 2018). Utmärkande är även lerans förmåga att uppta fukt vilket har en påverkan på inomhusklimatet i en byggnad av lera (Stolle Wassberg 2010).

Packningsgraden och kornstorleksfördelningen i en jordart har stor betydelse för dess egenskaper. Jordarter kan, utöver indelning i fet och mager lera, delas in i friktionsjord och kohesionsjord. Lera klassas som en kohesionsjord och i en kohesionsjord hålls partiklarna samman av molekyllära krafter som har en större verkande kraft än gravitationskraften har på varje enskild partikel då kohesionsjordar består av småkorniga jordarter. När en kohesionsjord packas ökar kohesionen vilket bidrar till att skjuvspänningen i jordmassan ökar. Det innebär att en bärande vägg av lera blir starkare vid ökad belastning och hållfastheten blir bättre. Vid ökad packning minskar permeabiliteten, kompressabiliteten och krympning över tid. Lerväggen betar sig mer strukturellt, likande en platsgjuten betongvägg vid ökad packning (Lindberg 2002).

I och med att lera inte består av några organiska beståndsdelar är det ett mycket brandsäkert material. Lera har även en god värmelagringsförmåga eftersom lera generellt har en hög massa. En vägg av lera kan då lagra energi i form av värme och sedan avge värme när inomhustemperaturen understiger väggens temperatur (Stolle Wassberg 2010).



### 5.3.1 Byggmetoder för lera

Byggnationer av lera kan uppföras på olika sätt med olika metoder. Det finns metoder för både bärande och icke bärande konstruktioner. Nedan presenteras några av de byggmetoder som finns för lera.

#### *Stamp teknik*

Stamp teknik är en gammal byggmetod som kan användas vid lerbyggnationer. Denna teknik har flera olika benämningar såsom *rammed earth*, *pisare* och *pisé* (Lindberg 2002). Innan uppförande av en stampjordvägg eller ett stampjordhus krävs förberedelser. Jordmassans sammansättning testas och analyseras innan uppförande av en vägg eller ett hus påbörjas. Lerjorden som används kan ha olika kornfraktioner. Lerhalten ska vara låg, mellan 7–25% av massans totala vikt. Vatteninnehållet är av största vikt för att konstruktionen ska lyckas. Massans vatteninnehåll bör vara mellan 8–15% av den totala vikten. Den högsta tryckstyrkan uppnås när vatteninnehållet är som mest gynnsamt och den färdiga konstruktionen bör då ha en densitet på  $2000\text{kg/m}^3$ . Tryckhållfasthetstester på lercylindrar genomförs när större byggnationer ska uppföras. Leran testas sedan dag 7, 14 och 28 för att kontrollera att leran klarar av trycket samt för att kontrollera att tryckhållfastheten ökar med tid (Lindberg 2002).

Arbetsmetoden för stamp teknik består till största del av att sätta upp formar, stampning av jordmassan och nedtagning av formar. Formarna behöver ha en hög tryckhållfasthet då de utsätts för tryck från leran och stampningen. Formsättning kan ske genom horisontell, vertikal och kombinerat horisontell och vertikal formsättning. Vid horisontell formsättning kan längden variera mellan 2,5–4 m för formarna och höjden som används är 0,8 m (Lindberg 2002). Formen fästs sedan i en genomgående regel nedtill och en tvärgående förstärkningsregel fästs ovanpå. En distanskloss används mellan formarna för att rätt mått ska uppnås. Formarna måste alltid kontrolleras med vattenpass eller dylikt efter de har flyttats. Vertikal formsättning innebär att leran stampas i fält och formarna flyttas därefter i lodrät riktning. Likväl som för vertikal som horisontell förflyttning behöver formarna justeras efteråt med vattenpass eller dylikt. Vid vertikal formsättning blir det inga hål som vid horisontell formsättning då formarna hålls samman utanför gavlarna. Efter borttagande av formar hålls väggarna samman med en bottensyll och ett hammarband. Horisontell och vertikal formsättning innebär att formarna kan flyttas både vågrätt och lodrätt. Formarna hålls samman underifrån och med hjälp av strävor på utsidan vilket resulterar i att hål kan undvikas. För metoden krävs många regler och dessa passas in i konstruktionen från start (Lindberg 2002).

Formarna fylls med lera och stampas därefter med hjälp av maskin eller för hand. Under stampningen kan horisontella ränder uppstå då leran stampas i lager. Dessa ränder kan undvikas genom kontinuerlig skyffling under tiden stampningen fortskrider. Med maskinell stampningen kan formarna fyllas med mer lera. Maskinstamparna drivs av tryckluft och slår 700 – 900 slag per minut (Lindberg 2002). Handstampningsverktyg kan utformas i trä eller metall och kan konstrueras på olika sätt för att anpassas efter användare samt för att underlätta arbete kring formarnas hörn och sidor (Lindberg 2002).

Husgavlar är extra utsatta för sprickbildning och formarna måste därför justeras noggrant så inga skevheter uppstår. Det är vanligt att använda förstärkningsmaterial som sten eller tegel i gavlarna, även kalk och cementbruk används i vissa fall (Lindberg 2002).

### *Mackelering*

Mackelering är en byggmetod som kan tillämpas vid lerbyggnationer och har praktiserats i stor utsträckning i England (Lindberg 2002). Macklerande byggnader är synonymt med lerhus och har flera benämningar som *cob*, *clay*, *bauge*, *wellerbau* samt *wellerwände*. Den svenska benämningen mackelering kommer från Rutger Macklean som först praktiserade byggmetoden i Sverige.

Mackelering är har flera likheter med stamp tekniken såsom likartade konstruktionsprinciper. När lerhus uppförs används en fet lera som blandas med halm. Sand och grus kan adderas till blandningen vid behov. Dessa komponenter blandas sedan med vatten. Lerhalten i jordmassan är okej vid 20% av vikten men bör ligga mellan 30–40%. Mängden halm bör vara 1,5–2% av vikten och densiteten bör inte underskrida  $1700 \text{ kg/m}^3$  vid färdig uttorkad vägg (Lindberg 2002).

### *Murverk av lersten*

Murverk är en vanlig byggnadsteknisk konstruktion där stenar fogas ihop. Tegelstenar brukar normalt användas i murverk men andra typer av stenar kan också tillämpas såsom lersten. Skillnaden för tegelstenar och lerstenar är att lerstenar inte bränns i en ugn. Lerstenar formas och sedan torkas. En naturlig sandhaltig lerjord är att föredra vid tillverkning av lerstenar (Stolle Wassberg 2010). Lersten kan framställas på olika sätt genom formpressning, strängpressning eller handslås. Strängpressning är vanligast då den är industrialiserad och är den metod som normalt används vid framställning av tegelstenar då samma råmaterial används för både tegelstenar som för lerstenar (Lindberg 2002).

Traditionell murning sker på samma sätt oavsett vilken sten som tillämpas. Lerstenen läggs i ett murförband där de vertikala fogarna inte får ligga ovanpå varandra (Nationalencyklopedin u.å.c). Lersten muras med lerbruk som består av lera och sand, där största delen av bruket utgörs av lera. Lerbrukets härdningsprocess kan avbrytas med vatten och bruket behöver därför inte användas direkt efter blandning som vid cementbaserade bruk. Nackdelen med lerbruket är att lastbärande väggar inte bör byggas allt för snabbt på höjden då härdningsprocessen tar längre tid vilket medför att den lastbärande förmågan också ökar långsammare (Lindberg 2002).

### *Lerbaserade skivmaterial*

Skivmaterial av lera är en modernare byggt teknik än de tidigare nämnda byggmetoderna. Tillämpning av lerbaserade skivmaterial förekommer bland annat i Tyskland där flera olika sorter finns och de kallas för *lehmbauplatten*. Det finns möjligheter att få en hög standardiseringsgrad för lerbaserade skivmaterial eftersom de kan tillverkas i fabrik och skivornas sammansättningen kan då noggrant kontrolleras. Skivmaterialens uppbyggnad består oftast av olika leror i kombination med sand och naturliga fiber exempelvis träfiber. Skivorna kan även ha en väv av naturmaterial i sig. Lerbaserade skivmaterial tillverkas i dagsläget enbart för inomhusbruk (Strandberg-de Bruijn 2021).

## 5.4 DLT

Dowel laminated timber (DLT) har flera olika benämningar som *brettstapel* och *dowel-lam*. DLT har liknande egenskaper som med korslimmat trä men innehåller inget lim och består då enbart av trä (Sotayo et al. 2020). DLT består av lameller av trä och tillverkas genom att lameller staplas i en serie och monteras ihop av dymlingar av ett hårt träslag. Dymling är ett annat ord för träplugg. Vid europeisk produktion av DLT används vanligtvis bok som träslag för dymlingar. Dymlingar monteras vinkelrätt mot mitten av lamellerna. Träpluggen är mellan 12–24 mm och har en lägre fukthalt än de närliggande lamellerna. Den lägre fukthalten bidrar till en ökad stabilitet då träpluggen kommer att svälla för att jämna ut fuktbalansen mellan sig och lamellerna. Det resulterar i en massiv träpanel (Plowas, Bell, Hairstans & Williamson 2015). DLT introducerades under 1970-talet av en tysk ingenjör. Lamellerna i DLT monterades först ihop med hjälp av spik innan de började monteras ihop med träplugg (Pereira, Sohier, Descamps & Calil 2021).

## 6. Resultat

### 6.1 Komplementbyggnad B

BTA för komplementbyggnad B är ca 53 m<sup>2</sup>.

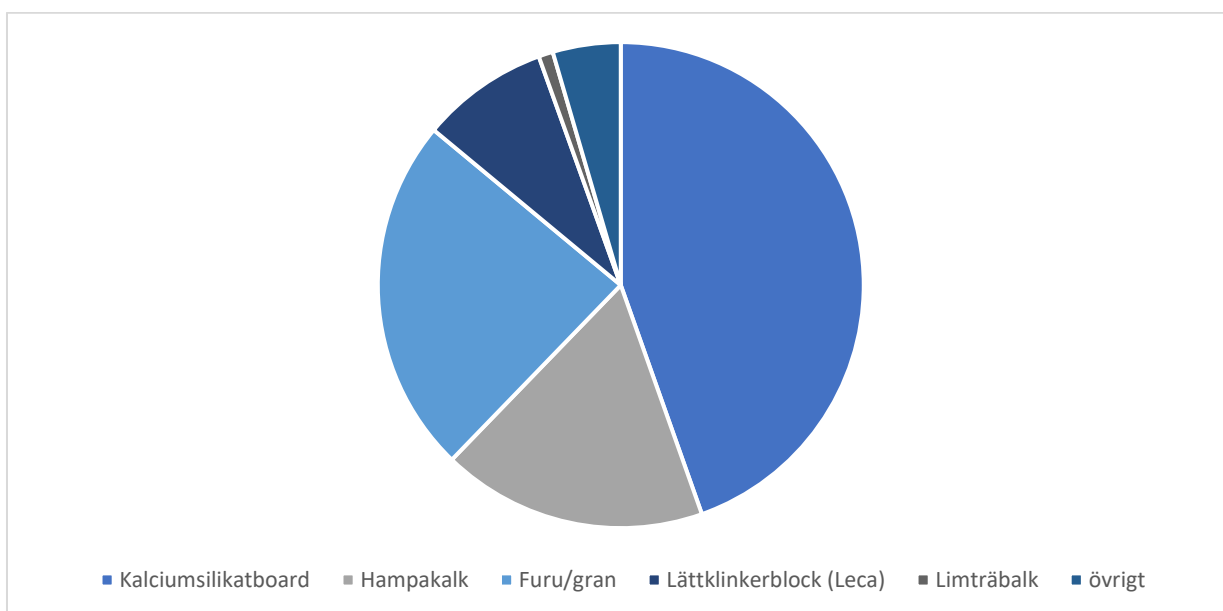
#### *Hampakalk*

Komplementbyggnad B har en bärande träregelstomme med hampakalk. Hampakalkelementen görs på plats i Göteborg och densiteten för blocken är 280kg/m<sup>3</sup> enligt leverantören House of hemp. Klimatberäkningarna baseras på en EPD från House of hemp och mängdberäkningarna baseras på densiteten för hampakalkselementen samt bilaga 1. I den produktspecifika EPD som tillämpas framgår en annan densitet än vad leverantören angett för hampakalkelementen. För att resultatet ska bli representativ för den slutliga byggnaden används densiteten som leverantören angett tillsammans med klimatpåverkan som EPD:n anger i beräkningarna.

Uppgifter om den bärande träregelstommen är hämtad via personlig kommunikation med platschefen på Hoppet. Till träregelstommen används 60st 2,5 m långa 45x90 mm reglar som har ett cc-avstånd på 60 cm.

#### *Fönster*

I komplementbyggnad B finns två 800x800 mm fönster. Då leverantören inte är känd baseras klimatpåverkan från fönsterna på data för fönster från BM:s databas. Klimatpåverkan som redovisas är den sammanlagda klimatpåverkan från båda fönsterna.

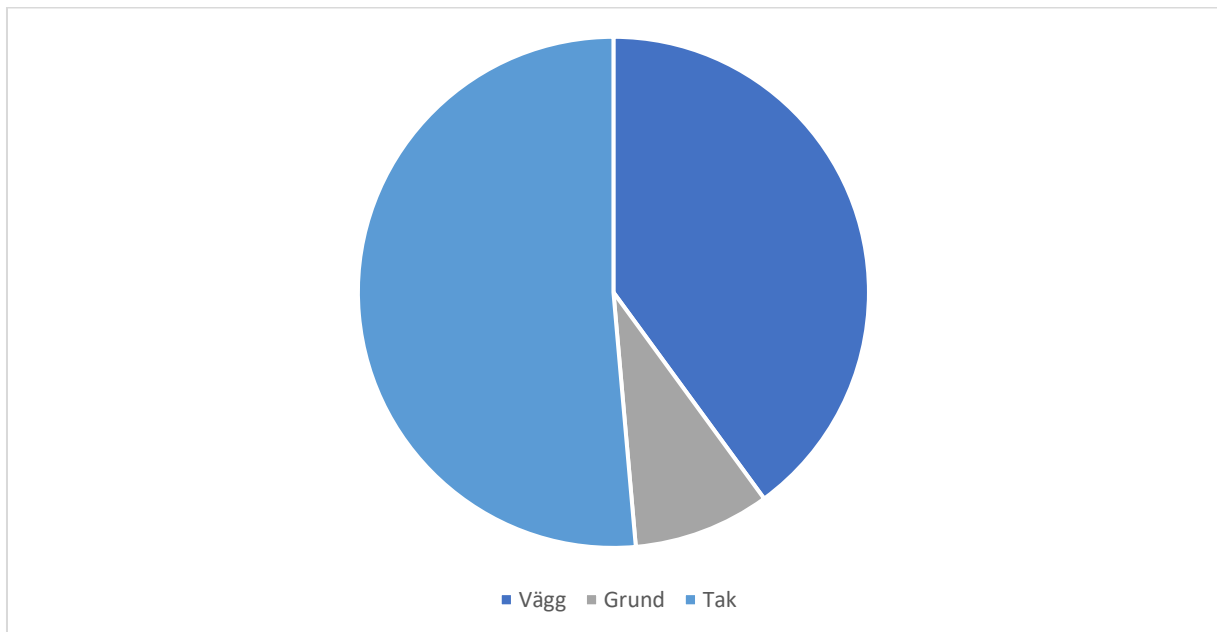


Figur 1: Andel klimatpåverkan från respektive material i komplementbyggnad B.

Till furu/gran räknas alla träprodukter utom limträ.

I övrigt ingår följande:

- Beslag
- Glasull
- Ytterdörr
- Fönster
- Underlagspapp
- Återbrukat pålkap
- Återbrukad marksten



Figur 2: Klimatpåverkans fördelning mellan väggar, grunden och taket i komplementbyggnad B.

Tabell 3: Klimatpåverkan från komplementbyggnad B under byggskedet.

Klimatpåverkan (GWP GHG), kg CO <sub>2</sub> e per m <sup>2</sup> BTA	Branschscenario	Projektspecifika val
A1-3 Produktskedet	70,14	70,82
A4 Transport	18,24	6,98
A5 Bygg- och installationsprocessen	5,97	4,36
A5.1 Spill, emballage och avfallshantering	5,97	4,36
A5.2 Byggarbetsplatsens fordon, maskiner och apparater		
A5.3 Energi till tillfälliga bodar, kontor, förråd och andra byggnader		
A5.4 Byggprocessens övriga energivaror		
A5.5 Övrig miljöpåverkan från byggprocessen		
<b>Summa A1-A5 (kg CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup>)</b>	94,35	82,16
<b>Summa A1-A5 (kg CO<sub>2</sub>e)</b>	5000,51	<b>4354,3</b>

Se bilaga 3 för mer specifik data från BM för komplementbyggnad B.

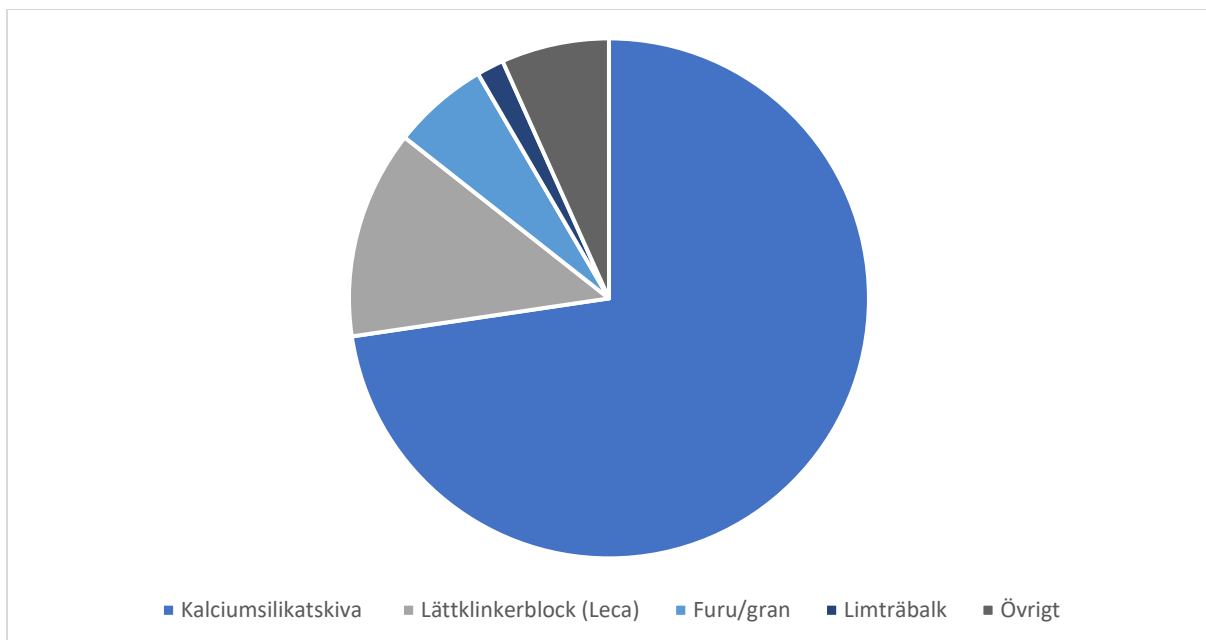
## 6.2 Komplementbyggnad C

BTA för komplementbyggnad C är ca 53 m<sup>2</sup>.

### *Återbrukad tegelsten*

Komplementbyggnad C har en bärande stomme av återbrukad tegelsten. Det återbrukade teglet kommer ifrån rivning av en annan skola i Göteborgsregionen. Väggarna i byggnaden utgörs av en 1-stensvägg enligt bilaga 1. En 1-stensvägg har en vägg tjocklek på 250 mm. Då det är en bärande konstruktion används murtegel och densiteten antas vara 1700kg/ m<sup>3</sup> enligt Randerstegl (2021). Mängden tegelsten är hämtad från bilaga 1. Klimatpåverkan från det återbrukade tegelstenarna kommer ifrån transporter och spill enligt standarden EN 15978.

Då det varken finns uppgifter om vilket murbruk, mängden murbruk som ska användas eller generisk data för murbruk i BM utesluts klimatpåverkan från murbruket.

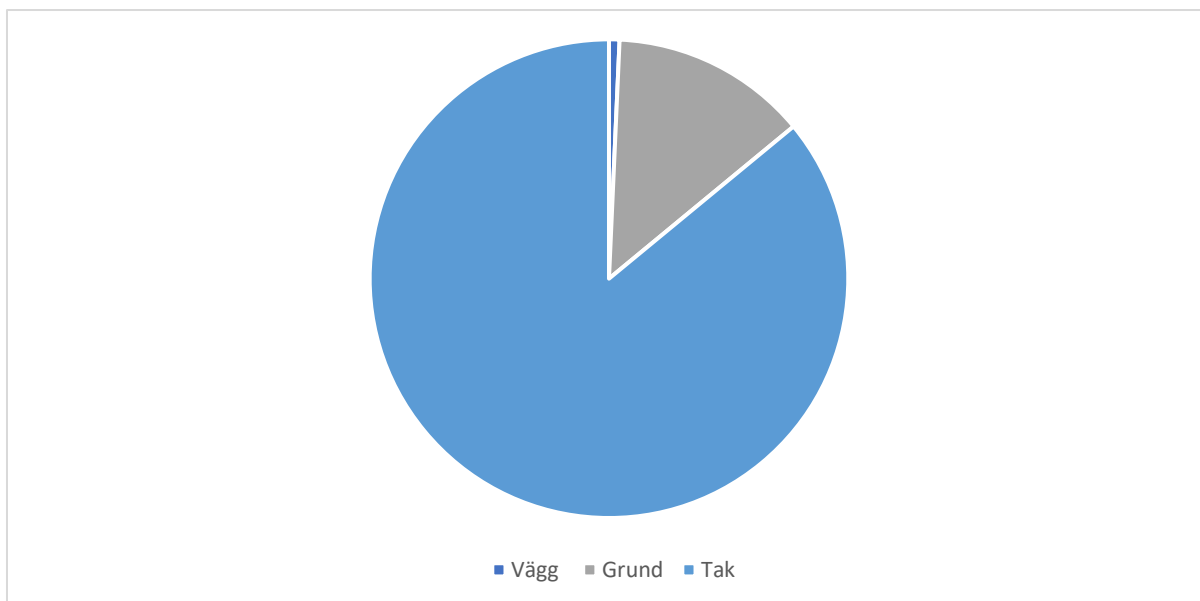


Figur 3: Andel klimatpåverkan från respektive material i komplementbyggnad C.

Till furu/gran räknas alla träprodukter utom limträ.

I övrigt ingår följande:

- Beslag
- Glasull
- Ytterdörr
- Underlagspapp
- Återbrukat pålkap
- Återbrukad marksten
- Återbrukade tegelstenar



Figur 4: Klimatpåverkans fördelning mellan väggar, grunden och taket i komplementbyggnad C.

Tabell 4: Klimatpåverkan från komplementbyggnad C under byggskedet.

<b>Klimatpåverkan (GWP GHG), kg CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup> BTA</b>	<b>Branschscenario</b>	<b>Projektspecifika val</b>
A1-3 Produktskedet	35,57	35,61
A4 Transport	29,03	10,55
A5 Bygg- och installationsprocessen	3,63	2,56
A5.1 Spill, emballage och avfallshantering	3,63	2,56
A5.2 Byggarbetsplatsens fordon, maskiner och apparater		
A5.3 Energi till tillfälliga bodar, kontor, förråd och andra byggnader		
A5.4 Byggprocessens övriga energivaror		
A5.5 Övrig miljöpåverkan från byggprocessen		
<b>Summa A1-A5 (kg CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup>)</b>	68,24	48,72
<b>Summa A1-A5 (kg CO<sub>2</sub>e)</b>	3616,58	<b>2582,24</b>

Se bilaga 4 för mer specifik data från BM för komplementbyggnad C.

### 6.3 Komplementbyggnad D

BTA för komplementbyggnad D är ca 23 m<sup>2</sup>.

#### *Lera*

Information om lerväggen är hämtad från lokalförvaltningens delansvarige FoU, bilaga 1 och från platschefen för förskolan Hoppet. Leran som tillämpas i projektet är återbrukad lera från Alingsås och Göteborgsoperan. Med återbrukad lera menas att schaktmassor som skulle deponeras i ett annat sammanhang istället återanvänds på nytt i förskolan Hoppet. Gruset och sanden som ska användas i lerblandningen är inte återbrukat och kommer ifrån en lokal leverantör i Göteborg. För lerväggen har olika recept testats för att få bästa möjliga resultat. Följande recept har testats för lerväggen:

#### Recept 1:

- 1 volymdel operalera
- 1,5 del stenmjöl 0–2 mm
- 1 del grovsand (eg ej så jättegrov) 0–8 mm
- 0,5 del makadam/singel (diabas) 8–11 mm

#### Recept 2:

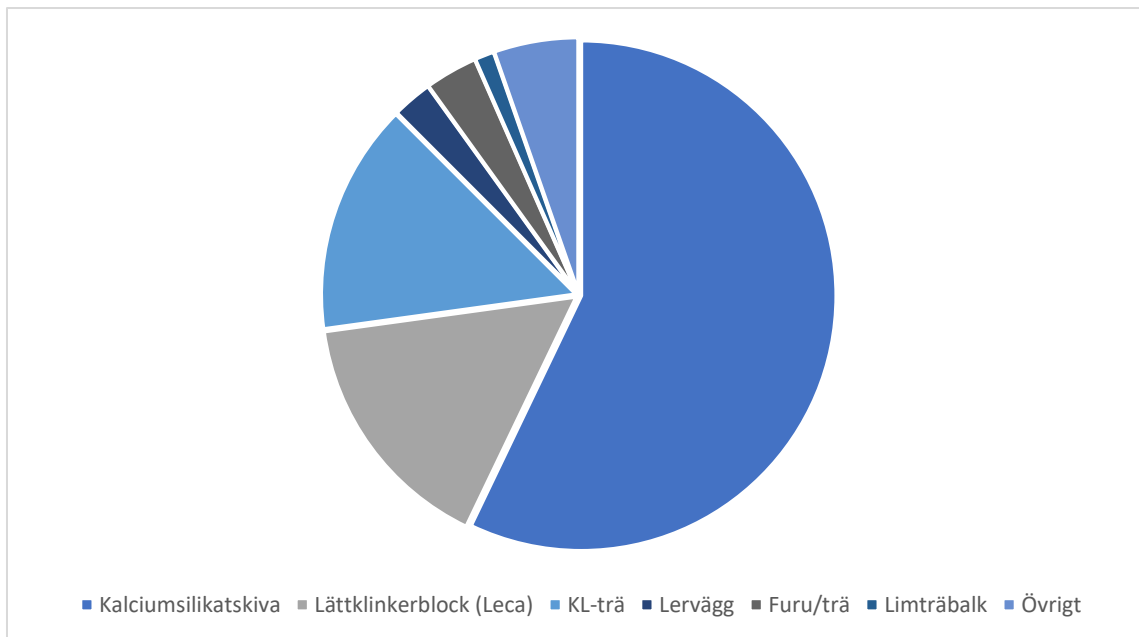
- 1 del Simmenäslera (från Alingsås)
- 1 del grus/flis ca 5 - 8 mm (NCC)
- 1 del makadam ca 11 - 16 mm (NCC)
- Tillgång till lerpulver från Operaleran för att vid behov kunna göra blandningen fetare

Testen av olika recept för lerväggen ledde till ett beslut om att lerblandningen skulle bestå av en del sand, en del grus och en del återbrukad lera. Då lerväggen kommer väga sex ton antas det användas två ton sand, två ton grus och två ton återbrukad lera till den. Lerväggen kommer att vara 12 m<sup>2</sup> och ha en vägg tjocklek på 180 mm.

#### *KL-trä*

Resterande väggar var tänkt att byggas i DLT men då leverantören av DLT inte kunde leverera i önskad tid byggts resterande ytterväggar i korslimmat trä. Transporten antas utgå från Varberg då leverantören av KL-trä är Södra Värö. Leverantören av korslimmat trä till komplementbyggnad D är den samma som för huvudbyggnaden. Då leverantören är känd tillämpas en produktspecifik EPD till beräkningarna av klimatpåverkan från bygganden. Mängden KL-trä hämtas från bilaga 1. Då vägg tjockleken inte anges i bilaga 1 antas väggarna ha samma tjocklek som lerväggen dvs 180 mm.



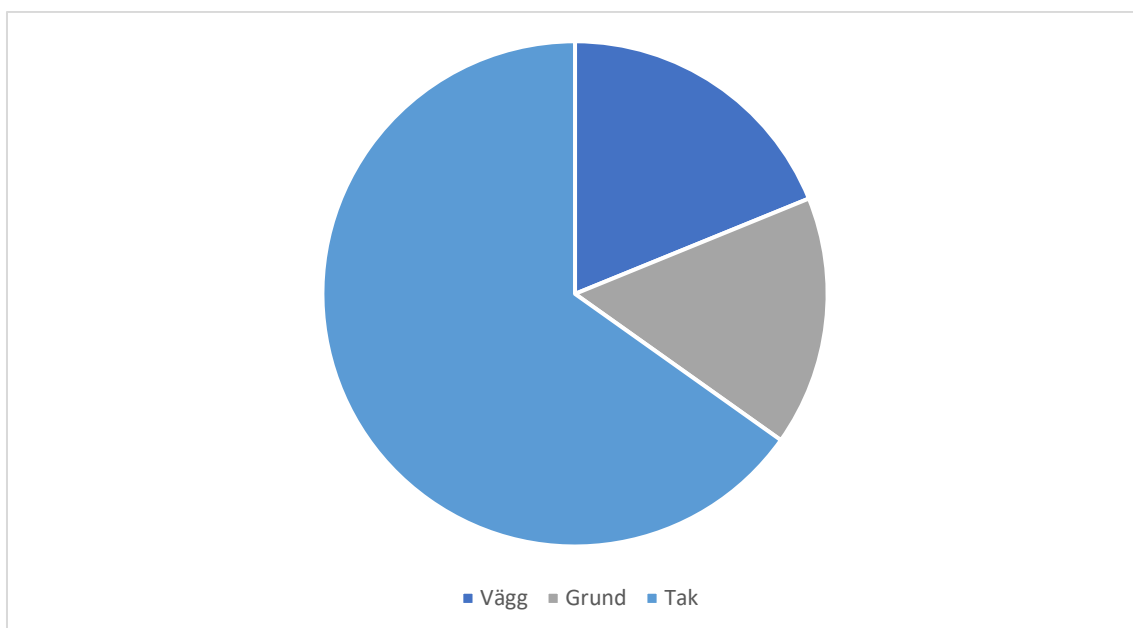


Figur 5: Andel klimatpåverkan från respektive material i komplementbyggnad D.

Till furu/gran räknas alla träprodukter utom KL-trä och limträ.

I övrigt ingår följande:

- Beslag
- Glasull
- Ytterdörr
- Underlagspapp
- Återbrukat pålkap
- Återbrukad marksten



Figur 6: Klimatpåverkans fördelning mellan väggar, grunden och taket i komplementbyggnad D.

Tabell 5: Klimatpåverkan från komplementbyggnad D under byggskedet

<b>Klimatpåverkan (GWP GHG), kg CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup> BTA</b>	<b>Branschscenario</b>	<b>Projektspecifika val</b>
A1-3 Produktskedet	54,35	54,85
A4 Transport	23,91	12,12
A5 Bygg- och installationsprocessen	4,22	2,64
A5.1 Spill, emballage och avfallshantering	4,22	2,64
A5.2 Byggarbetsplatsens fordon, maskiner och apparater		
A5.3 Energi till tillfälliga bodar, kontor, förråd och andra byggnader		
A5.4 Byggprocessens övriga energivaror		
A5.5 Övrig miljöpåverkan från byggprocessen		
<b>Summa A1-A5 (kg CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup>)</b>	82,48	69,62
<b>Summa A1-A5 (kg CO<sub>2</sub>e)</b>	1897,07	<b>1601,19</b>

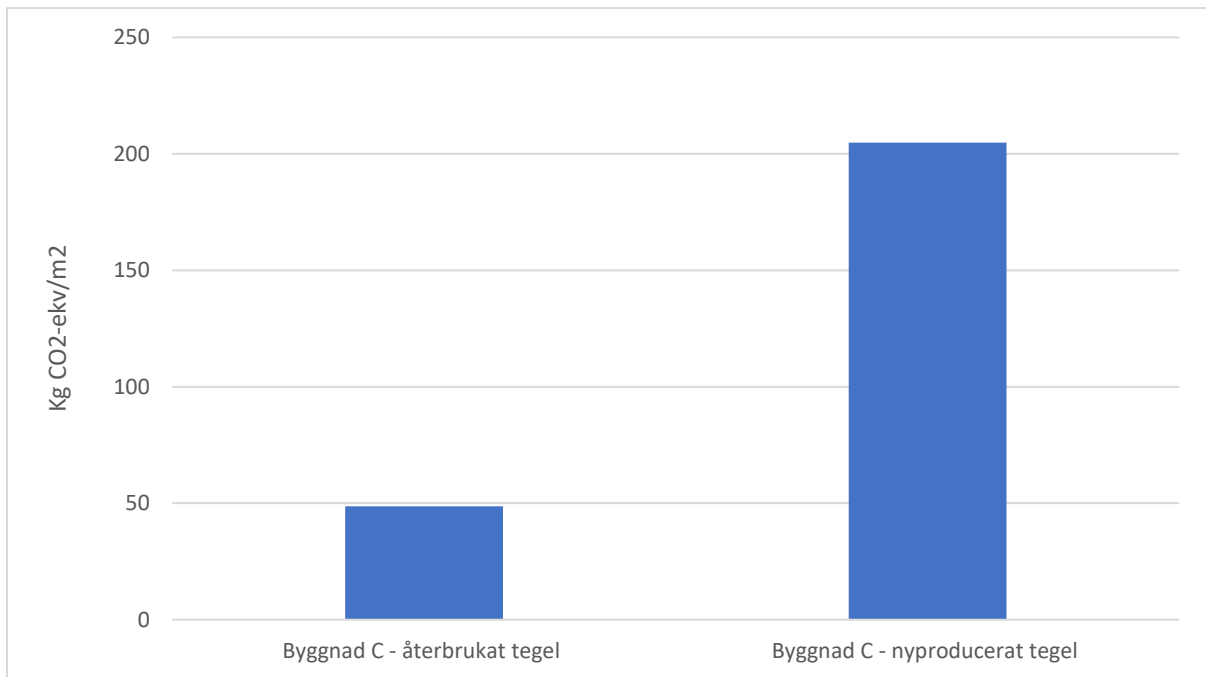
Se bilaga 5 för mer specifik data från BM för komplementbyggnad D.

#### 6.4 Jämförelse

För att kunna jämföra den mängd koldioxidutsläpp som kan reduceras genom en extra tanke bakom materialval redovisas klimatpåverkan från en komplementbyggnad C byggd med nyproducerad tegelsten istället för återbrukad tegelsten. För att resultatet ska vara jämförbart med komplementbyggnad C med återbrukade tegelstenar har samma mängder och värden för materialen använts.

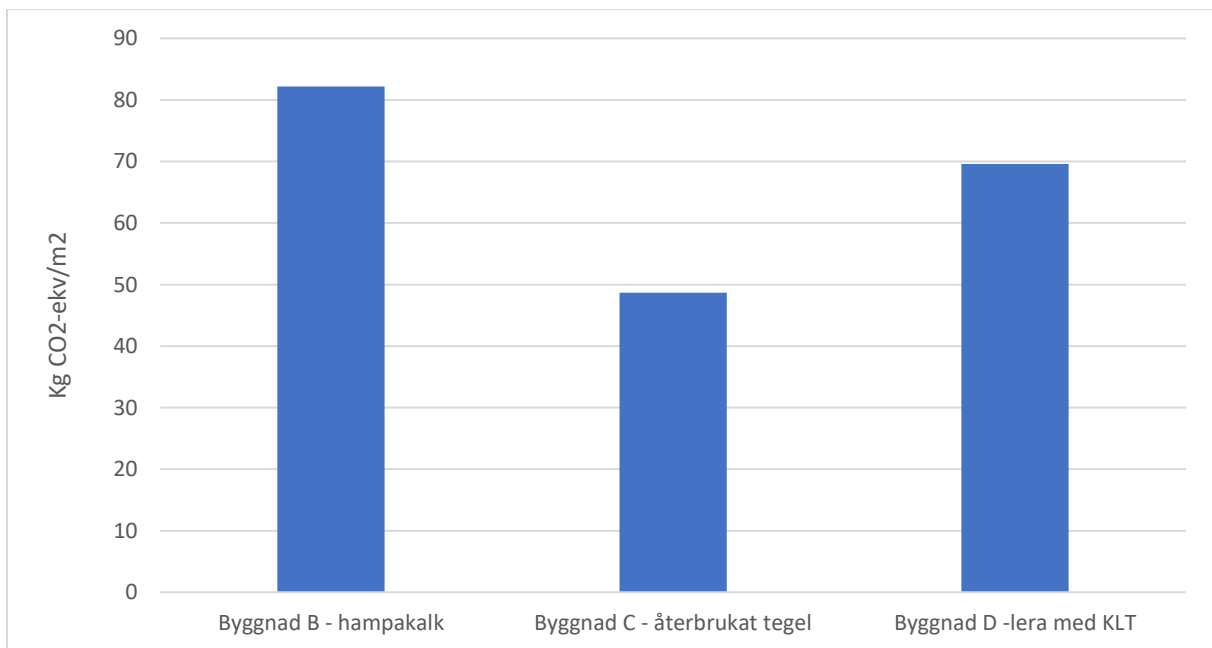
Tabell 6: Klimatpåverkan från komplementbyggnad C med nyproducerad tegelsten under byggskedet

<b>Klimatpåverkan (GWP GHG), kg CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup> BTA</b>	<b>Branschscenario</b>	<b>Projektspecifika val</b>
A1-3 Produktskedet	183,37	183,37
A4 Transport	55,18	10,52
A5 Bygg- och installationsprocessen	12,79	10,4
A5.1 Spill, emballage och avfallshantering	12,79	10,4
A5.2 Byggarbetsplatsens fordon, maskiner och apparater		
A5.3 Energi till tillfälliga bodar, kontor, förråd och andra byggnader		
A5.4 Byggprocessens övriga energivaror		
A5.5 Övrig miljöpåverkan från byggprocessen		
<b>Summa A1-A5 (kg CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup>)</b>	251,33	204,29
<b>Summa A1-A5 (kg CO<sub>2</sub>e)</b>	13320,66	<b>10827,58</b>

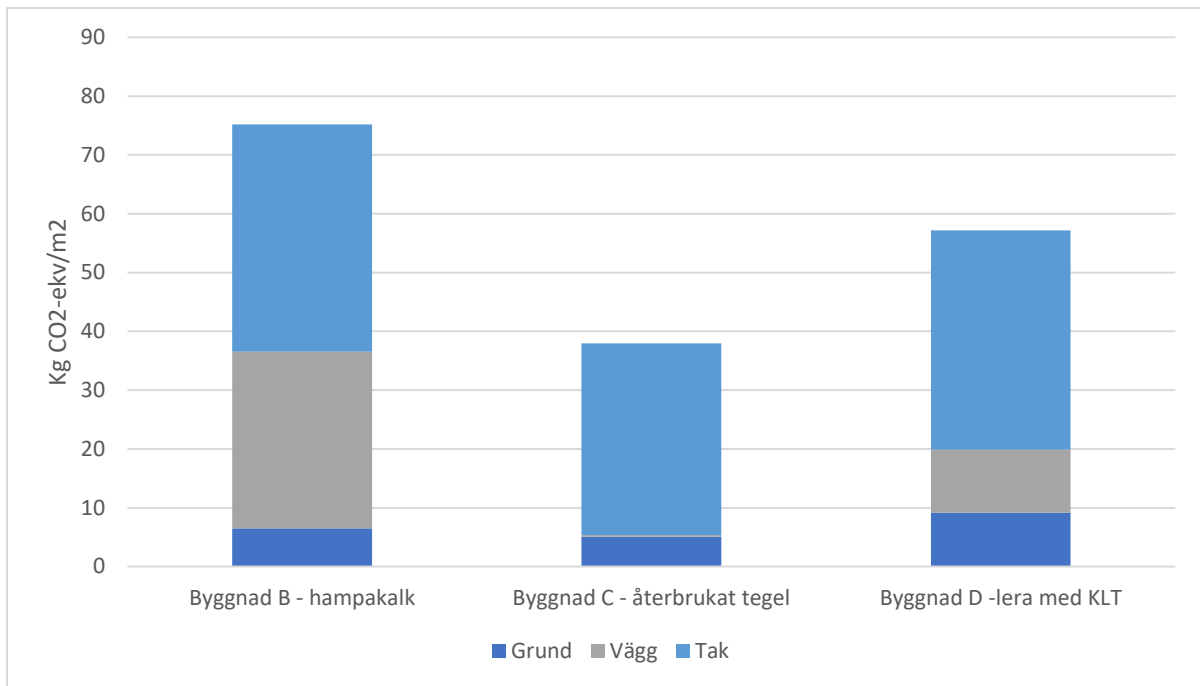


Figur 7: En jämförelse av klimatpåverkan från en byggnad C av återbrukat tegel respektive en byggnad C i vanligt tegel angivet i kilogram koldioxidekvivalenter per kvadratmeter.

Ytterligare gjordes en jämförelse gjord mellan alla tre komplementbyggnader. I figur 8 jämförs klimatpåverkan från respektive byggnad angivet i CO<sub>2</sub>-ekv per m<sup>2</sup>. Vidare jämfördes komplementbyggnadernas klimatpåverkan från olika byggnadsdelar. Klimatpåverkan från varje byggnads grund, vägg och tak jämfördes vilket redovisas av figur 9.

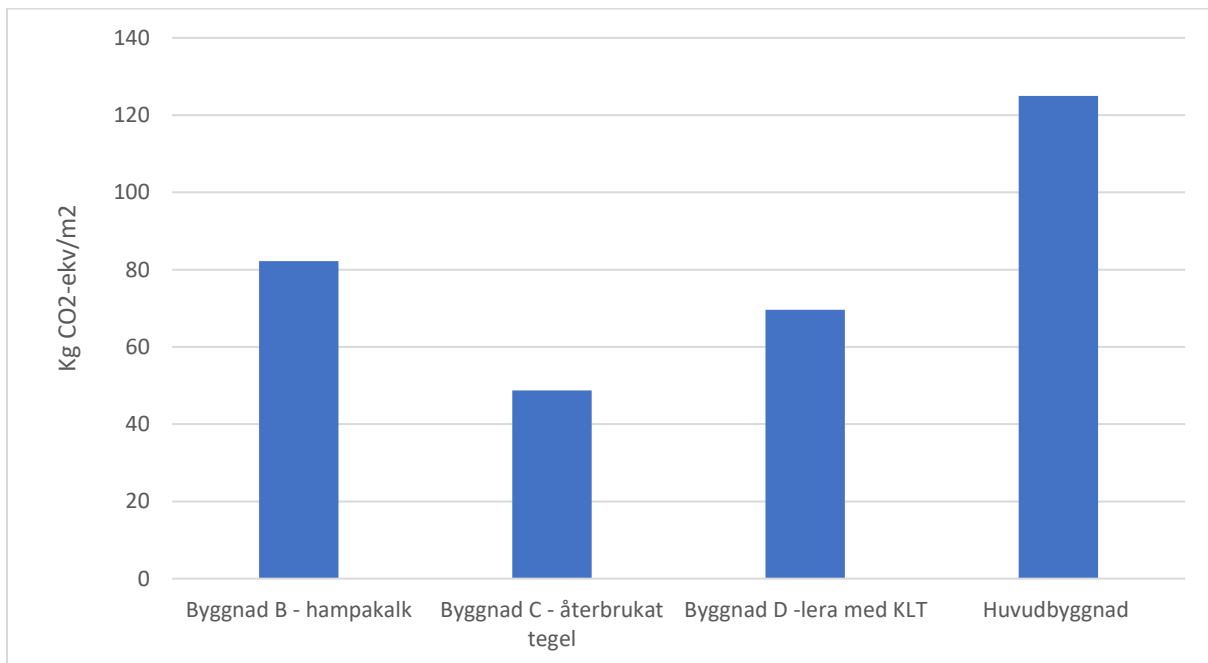


Figur 8: En jämförelse mellan byggnad B, byggnad C och byggnad D klimatpåverkan angivet i kilogram koldioxidekvivalenter per kvadratmeter.



Figur 9: En jämförelse mellan andel klimatpåverkan från grund, vägg respektive tak angivet i kilogram koldioxidekvivalenter per kvadratmeter för respektive komplementbyggnad.

Vidare jämförs resultatet från komplementbyggnaderna med klimatpåverkan från huvudbyggnaden som är ca 125 CO<sub>2</sub>-ekv per m<sup>2</sup> för att ge en helhetsbild över förskolan Hoppet.



Figur 10: En jämförelse mellan byggnad B, byggnad C, byggnad D och huvudbyggnadens klimatpåverkan angivet i kilogram koldioxidekvivalenter per kvadratmeter

## 6.5 Intervjusvar

Intervjusvaren är transkriberade och intervjufrågorna kan hittas i bilaga 2. De intervjuade är en sakkunnig inom akustik, en arkitekt och en konstruktör. I resultatet benämns de intervjuade som numrerade respondenter enligt följande:

Respondent 1 – sakkunnig inom akustik

Respondent 2 – arkitekt

Respondent 3 – konstruktör

### 6.5.1 Möjligheter

#### *Hampakalk*

Komplementbyggnad B är ett återvinningshus med utesov och hampakalken ska klara av de krav som ställs på lukt i detta sammanhang enligt respondent 2. Utöver det ska hampakalken klara av den beständighet som krävs och bör kunna tillämpas på ett bra sätt i större byggnader beroende på val av stomme enligt respondent 2. Hampakalk kan användas till både ytterväggar och yttertak vilket skulle kunna fungera som ett komplement till träbygget. Respondent 2 ser även fördelar med att hampakalk är ett biobaserat och lätt material. De egenskaperna blir eventuellt gynnsamma när bostadshus ska byggas för hand. Både respondent 2 och 3 anser att det finns tillräckligt med teknisk information om hampakalk för att materialet ska kunna tillämpas i fler byggnader.

Respondent 3 anser att träregelstommar med hampakalk har en möjlighet att kunna ersätta den traditionella uppbyggnaden av en träregelstomme. Trots att hampakalk är tyngre än vanliga isolermaterial påverkar hampakalkens egenvikt inte speciellt mycket. Hampakalk är lämpligt att använda i lägre byggnader. Respondent 3 menar på att användning av hampakalk känns som en lovande teknik inför framtiden och ser inte många problem med att skala upp det. Hampakalk går att tillämpa i en fullskalig byggnad men troligtvis inte i alla väggar och alla typer av utrymmen.

#### *Återbrukad tegelsten*

Ur ett akustiskt perspektiv lämpar sig återbrukade tegelstenar väldigt bra då det betar sig som en nyproducerad tegelsten enligt respondent 1. Utsläpp från tillverkningsprocessen för tegelstenar uteblir vid återanvändning och byggmetoden för återbrukat tegel är den samma som för vanliga tegelstenar. Byggnation med tegelsten ger en bra ljudisolering då det är ett tyngre material. Respondent 1 ser inga hinder med att tillämpa återbrukat tegel i större byggnader då både byggmetoden och teglets egenskaper är kända.

Både respondent 2 och 3 anser att det går att använda återbrukad tegelsten i en storskalig byggnad som fasadsten. Återbrukat tegel lämpar sig bra att använda i en skalvägg eftersom det då inte ställs samma krav på hållfastheten menar respondent 3.

#### *Lera*

En fördel med att bygga en stampad lervägg är att leran pressas och inte behöver brännas menar respondent 2. Utöver det finns det gott om tillgång av lera i Göteborgsområdet.

Respondent 3 anser att en lervägg kan användas istället för en träregelstomme till innerväggar som inte har några större krav och någon bärande funktion. Det går enkelt att komplettera

med en överliggande träregel på lerväggen för att öka väggens bärighet om det skulle behövas menar respondent 3.

### *DLT*

DLT fungerar på samma sätt som korslimmat trä men innehåller inget lim. DLT har samma bärighet som korslimmat trä enligt respondent 2. Träskivorna i DLT är av gran, precis som i KL-trä, och träpluggen är i bok vilket ger bättre hållfasthet. Bokpluggen expanderar över tid vilket ger högre hållfasthet än om pluggen hade varit av samma träslag. DLT består till 100% av trä och har inga giftiga medel i sig enligt respondent 2. DLT är lätt att återbruka eftersom träpluggen borras ut och plankorna blir kvar och kan användas på nytt.

Respondent 3 anser att DLT är en lovande limfri produkt som kan användas på samma sätt som KL-trä tillämpas vid måttliga laster. DLT kan användas i en fullskaligbyggnad vilket det redan görs i främst mindre byggnader som bostadshus. DLT är vanligt i Tyskland men det finns även leverantörer av DLT i Sverige. Respondent 3 ser inga hinder med att använda DLT som material i en bärande väggstomme.

### *Grund*

Pålkap är 2–3 meter långa och är avfall från pålning av en byggnad där pålkapet är den avkapade biten av pålen. Enligt respondent 2 kostar pålkap inte mycket eftersom det enbart ses som avfall från pålning och finns därför alltid tillgängligt från en projekt som pålat. Pålkapen kan användas som balkar i grundkonstruktionen och väggarna kan sedan byggas på pålkapen.

Markplattor, som består av betong, kan användas som markbeläggning. Markbeläggningsmaterial behöver inte vara av 100 % samma kvalitet utan det går att blanda olika kvalitéer menar respondent 2.

Respondent 3 anser att det finns gott om information om pålkap eftersom det är tillverkat av ett känt materialet och det finns fakta om hur pålkapet är byggt. Det ställs inga ytterligare krav på pålkap vid platsgjutning utöver de krav som redan finns och pålkapet agerar då som en prefabricerad plint. Plintar kan bytas ut mot pålkap enligt respondent 3.

## 6.5.2 Hinder

### *Hampakalk*

Hampakalk är en poröst material vilket innebär att det generellt har svårare att nå höga ljudkrav som ställs enligt respondent 1. Då hampakalk inte är lika etablerat inom branschen som andra material får underlag till ljudberäkningar hämtas från materialegenskaper och liknande projekt. Ljudberäkningarna blir teoretiska och får följas upp genom mätning efter utfört arbete säger respondent 1.

Enligt respondent 2 kan tillgången till materialet ses som ett hinder om efterfrågan av hampakalk skulle öka i framtiden eftersom leverantörer i dagsläget är få och produktionen av hampakalk är liten. Ett annat problem med hampakalk enligt respondent 2 är att det har svårt att uppnå högre brandkrav. Hampakalk är ett lätt material vilket innebär att det har svårare att bevara värme i jämförelse med tyngre material menar respondent 2.

Hampakalk har ingen bärande förmåga utan det är träreglarna som utgör den bärande stommen enligt respondent 3. En träregelstomme med hampakalk har inte samma stabiliserande förmåga som en träregelstomme med skivor. Hampakalk är tyngre än vanlig isolering vilket ger ett sämre lambdavärde. Det innebär att väggen måste göras tjockare för att uppnå önskat lambdavärde. Det finns osäkerheter kring fuktvandringen i materialet och hur motståndskraftigt ytskiktet är. Det innebär att väggar av hampakalk inte lämpar sig i våtutrymmen menar respondent 3. Respondent 3 anser även att det finns osäkerheter kring en byggnads täthet vid tillämpning av hampakalk och hur installationer ska utföras i materialet samt hur bra hampakalken håller över tid.

### *Återbrukad tegelsten*

Enligt respondent 2 kan återbrukad tegel vara svårt att använda som en bärande stomme då det inte når upp till de isoleringskrav som finns på byggnader. Andra hinder med återbruk av tegelsten kan vara tillgången av materialet. Bristen av återbrukad tegelsten kan leda till att användning av olika typer av återbrukad tegel vilket i sin tur kan leda till att fel uppstår. Respondent 2 menar också på att det finns osäkerheter kring hur garantier och materialegenskaper fungerar när återbrukad tegel tillämpas.

Vid användning av återbrukad tegelsten blir det svårare att fastställa hållfasthetsvärdet för materialet menar respondent 3. Kunskapen om hållfasthetsvärdet är av vikt när återbrukad tegel används som stommaterial. Ovissheten om det återbrukade teglets hållfasthetsparametrar gör att återbrukad tegel inte är tillämpligt att använda i en bärande konstruktion i en större byggnad. Enligt respondent 3 är det inte klimateffektivt att använda tegelsten som stommaterial i jämförelse med andra material.

### *Lera*

Alla respondenter är överens om att det finns väldigt lite information att hämta om lerbyggnation då det inte används i någon större utsträckning i Europa. Den information som gick att få tag i kom från en afrikansk standard för lerbygge. De ljudberäkningar som görs blir teoretiska och en uppföljning i form av mätningar behöver göras efter utfört arbete menar respondent 1. Respondent 3 fick göra tester på bärighet och tryckhållfasthet hos lera som tillsammans med den afrikanska standarden fick utgöra ett underlag till bedömningen av lera. Underlaget är inte tillräckligt för att kunna säkerställa att alla krav uppfylls anser respondent 3.

Det finns en del osäkerheter kring att bygga med lera enligt respondent 2. Det finns en oro kring hur bra lerväggen ska klara av mycket regn och hur mycket väggen slits när lera används som yttermaterial. Andra osäkerheter med lerväggen är hur mycket underhåll av väggen som krävs med tiden. Det kan bli stora underhållskostnader vid byggnation med lera eftersom slitaget blir stort i det svenska klimatet. Lera har materialegenskaper som gör att den sätter sig efter ett tag eftersom lera innehåller vätska vilket kan leda till sprickbildning. Respondent 2 ser därför att det finns en risk att lerväggen skulle kunna gå sönder och delar av lera skulle kunna ramla ut från väggen. Dessa osäkerheter gör att det enligt respondent 2 blir svårt att bygga en storskalig byggnad i lera i det svenska klimatet. Enligt respondent 2 blir kostsam att bygga med lera och krångligt för byggare när en lerbyggnation ska upprättas.

Respondent 3 ser att saknaden av erfarenhet och standarder, som säkerställer hållfastheten, som ett stort hinder för att lera ska kunna tillämpas i större sammanhang. Enligt respondent 3

finns det inte i någon större utsträckning möjligheter för en uppskalning av en lervägg eller lerbyggnad. Det är både svårt och relativt arbetsintensivt att bygga med lera. Hållfasthet och robusthet för lera är överlag svårt att veta anser respondent 3. Andra hinder som kan uppstå är att det kan finnas dålig tillgång med entreprenörer som ska bygga dessa väggar och det är svårt att vet hur väggen står emot väder och vind enligt respondent 3.

### *DLT*

Respondent 2 anser att nackdelar med DLT är att det är en relativt dyr produkt och det produceras i nuläget enbart i Österrike där dem har patent för produkten. Produktionsteknisk blir det svårt att använda DLT i större utsträckning eftersom den först behöver bli en storskalig byggprodukt som korslimmat trä. DLT uppfyller inte de akustik- och brandkrav som finns och behöver därför kompletteras med gips enligt respondent 2. Om DLT ska användas som ytskikt i klimatskalet behöver det yttre lagret vara helt tätt eftersom träpluggen kommer vara placerade mot utsidan vilket enligt respondent 2 skulle innebära att pluggen suger in fukt i materialet.

Det finns ingen generisk data för DLT och i Hoppet utgick man från den information som fanns från en leverantör säger respondent 3. Det finns ingen specifik standard för DLT men det går att utgå från en vanlig standard för vanligt konstruktionsvirke. DLT tar måttliga laster lika bra som korslimmat trä men vid tyngre laster behöver väggjockleken göras större för att klara av lasterna menar respondent 3. Vid ökad användning av DLT i större byggnader skulle tillgången kunna bli ett hinder.

### *Grund*

Nackdelen med pålkap är att det inte finns i långa längder eftersom det är avfall från pålning och pålkapen ska fungera som en balk i grundkonstruktionen enligt respondent 2. Vid tillämpning av pålkap i större byggnader måste man enligt respondent 2 därför lägga många delar efter varandra. Tillgängligheten av materialet är svår att veta vid projekteringen eftersom det finns osäkerheter kring materialets tekniska egenskaper som exempelvis isoleringsförmågan. Enligt respondent 2 behöver planering ske i förväg för att veta hur huset ska fungera när det är färdigställt samt för att kunna anpassa huset efter det återbrukade materialets egenskaper. Ett projekt i helt återbrukat material blir problematisk med avseende på byggnadens gestaltning och funktion menar respondent 2.

Tillgången överlag och tillgången av specifika längder för pålkap kan bli problematisk enligt respondent 3. Pålkap kan inte användas i stora byggnader eftersom det behövs väldigt många pålkap då de är 2–3 meter långa. Pålkap kan inte ta stora laster eftersom de är kapade och inte är en homogen plint. Vid användning av pålkap i en byggnad krävs rätt förutsättningar från början. Pålkap är inte lämpligt att använda när byggnaden är pålad då det inte går att påla och sedan placera pålkap ovanpå enligt respondent 3. Vid uppskalning tekniken kan tillgången av rätt längder pålkap vara ett hinder och pålkap kan enbart användas i byggnader som utsätts av mindre laster enligt respondent 3.



## 7. Analys och Diskussion

I Sverige odlas inte industrihampa i någon större utsträckning trots dess många olika användningsområden enligt Balksten och Strandberg De-Bruijn (2019). Marknaden för hampakalk är liten och leverantörerna av hampakalk är i dagsläget få enligt respondent 2. En större användning och efterfrågan av hampakalk kan leda till en lägre klimatpåverkan inom byggsektorn eftersom hampa är ett material som binder koldioxid. En större efterfrågan kan också bli gynnsamt för det svenska jordbruket. Trots att marknaden för hampakalk är liten finns mycket dokumentation om materialet och dess materialegenskaper vilket innebär att hampakalk bör kunna tillämpas i storskaliga byggnader, vilket bekräftas av respondent 2 och 3. Det finns flera olika byggmetoder för hampakalk som även tillämpas till andra typer av byggnadsmaterial. Prefabricering av byggnadselement är en vanlig byggmetod för många material inom byggbranschen och inte enbart för hampakalk. Även en typ av sprutteknik används till andra material än hampakalk exempelvis sprutisolering. Piséteknik är en byggmetod som inte används i lika stor utsträckning i samband med andra material. Pisétekniken kan anses vara tidskrävande eftersom den utförs för hand och hänsyn måste tas till hur hård hampakalken packas för att inte skada materialegenskaper. En nackdel med hampakalk är att det inte har någon bärande förmåga. Då hampakalken har en låg bärighet behöver man komplettera med en bärande konstruktion som vanligtvis är av trä. Utöver det har hampakalk annars andra lovande egenskaper som bra brandsäkerhet och goda akustiska egenskaper som innebär att hampakalk bör kunna tillämpas i mer storskaliga byggnader med mer krav. Dessa materialegenskaper var dock inte kända av alla respondenter.

Utifrån intervjuvärdens ses möjligheterna för lerbyggnation i det svenska klimatet som begränsade. De intervjuade ansåg att det i nuläget inte finns tillräckligt med byggteknisk information om lerbyggnation och respondenterna kände inte till några standarder för lerbyggnation. Men historiskt sett har lera tillämpats flitigt i bland annat korsvirkeshus i Skåne, dock som puts och inte som en bärande konstruktion. På 1700- och 1800-talet ställdes inte heller samma krav på en byggnad som det ställs i dagsläget. Det positiva med användning av lera är att det finns många byggmetoder. Murverk är en känd metod som främst används i samband med tegelstenar men kan även tillämpas för lerstenar. En annan känd byggmetod för lera är piséteknik, även kallad stampad jord. Som nämnt tidigare är den en tidskrävande arbetsmetod men en beprövad metod för lera. Lera är ett plastiskt material och i torrt tillstånd har en fet lera relativt hög hållfasthet i förhållande till andra leror. Lera är plastiskt i fuktigt tillstånd och det svenska klimatet kan anses vara relativt svalt vilket innebär att luften har en hög relativ fuktighet. Utifrån det skulle ett klimatskal av lera eventuellt kunna få svårigheter att torka i det svenska klimatet pga den relativa fuktigheten. Under uttorkningstiden finns det stor risk för sprickbildning eftersom lera är ett material som krymper under sin torktid. Respondent 3 menade på att lera går att använda som byggnadsmaterial till innerväggar men det dock bör ställas låga krav på väggarna och de bör inte ha en bärande funktion. En nackdel med lera som byggnadsmaterial är att det är svårt att säkerställa att alla krav som ställs kan uppfyllas, trots hållfasthetstester och andra typer av tester enligt respondent 3.

Det finns flera fördelar med att återbruka tegelstenar inom byggsektorn. Återanvändning av tegelstenar ger en avsevärt lägre klimatpåverkan än användning av vanliga tegelstenar vilket framgår att jämförelsen mellan en komplementbyggnad C i vanliga tegelstenar och återbrukade tegelstenar. Återanvändning ger en ökad cirkulation av byggnadsmaterial inom

byggbranschen och återanvändning av tegelstenar lämpar sig bra eftersom tegelstenar har en lång livslängd och lågt underhållsbehov. Återbrukade tegelstenar bör även gå att använda i storskaliga byggnader som fasadmaterial eftersom det då inte utsätts för några större laster enligt respondent 3. Byggmetoden, murverk, en känd och väl beprövad metod för byggnation med tegelstenar. Det finns dock, likt hos de andra materialen, nackdelar med tillämpning av återbrukad tegelsten. Återbrukade tegelstenar är inte lämpligt att använda som stommaterial. Återbrukad tegelsten är mest lämpligt att använda som stommaterial i jämförelse med hampakalk och lera men det är varken kostnadseffektivt eller klimateffektivt sett till andra stommaterial. En ytterligare aspekt till varför återbrukad tegelsten inte är optimalt som stommaterial är att det finns osäkerheter kring teglets hållfasthetsvärde vid återanvändning. Osäkerheter kring teglets hållfasthetsvärde gör det svårt att tillämpa som stommaterial i större byggnader som medför större laster och mer krav.

I figur 1 går det att se att hampakalken har i förhållande till de andra materialen, bortsett från kalciumsilikatskivan, en relativt hög klimatpåverkan. Det kan finnas flera anledningar till det och en anledning kan vara att densiteten är låg i förhållande till den klimatpåverkan en kubikmeter hampakalk har enligt EPD:n för hampakalken. Vidare kan det bero på vilka material som jämförs då återbrukat material har noll klimatpåverkan från produktskedet. Hampakalk är ett biobaserat material som binder koldioxid efter tid och enligt Rhydwen (2006) kan en kubikmeter hampakalk binda uppemot 117kg koldioxid beroende på mängden kalk. Utifrån den egenskapen kommer antagligen klimatpåverkan från hampakalken kompenseras och minskas efter tid.

I figur 4 framgår det tydligt att klimatpåverkan från tegelstenarna är mycket låg vilket beror på att tegelstenarna är återbrukade och koldioxidutsläpp enbart kommer ifrån transporter till byggarbetsplatsen samt från spill. Cirkulation av byggnadsmaterial kan ha en stor påverkan på en byggnads klimatpåverkan då även biobaserade material som trä har en större klimatpåverkan än tegelstenarna i detta fall. Det styrks ytterligare av jämförelsen mellan att bygga komplementbyggnad C i vanlig tegelsten och i återbrukad tegelsten vilket framgår av figur 7. Klimatpåverkan blir mer än fyra gånger större vid användning av vanliga tegelstenar istället för återbrukade tegelstenar i byggnaden. Även Erduran et al. (2020) kom i sin jämförelse, mellan en vägg av återbrukad tegelsten och nyproducerad tegelsten, fram till att klimatpåverkan kan bli nästan fem gånger lägre genom återanvändning av tegelstenar.

Till yta och storlek är komplementbyggnad B och C lika men trots det har byggnad B en betydligt större klimatpåverkan. En anledning till det är mängden återbrukat byggnadsmaterial i byggnad C. Stora delar av grunden i varje komplementbyggnad är återbrukad men i byggnad C består även väggarna av återbrukat byggnadsmaterial. Resultatet kan tolkas som att återanvändning av material kan ha en större positiv klimatpåverkan än vad användning av ett biobaserat material som binder koldioxid efter tid. Förutsatt att klimatberäkningarna utförs enligt standarden EN 15978 där klimatpåverkan från A1-A3 bortses för det återbrukade materialet. Det är svårt att säga säkert eftersom det finns en ovisshet kring hur mycket koldioxid hampakalken kommer att binda under byggnadens livstid.

Komplementbyggnad D med vägg av lera har en låg klimatpåverkan. Anledningen till den låga klimatpåverkan kan åter igen kopplas till återbruk av material. Leran som används i lerblandningen är återbrukad och varken sand eller grus har särskilt hög klimatpåverkan i förhållande till andra material. Enligt beräkningssättet i BM har den återbrukade leran noll

klimatpåverkan. En anledning, utöver återanvändning, till det kan vara de korta transportsträckorna och då lokal lera planeras användas. Det är antaget i BM att lastbilen drivs av drivmedlet HVO vilket också ger en lägre klimatpåverkan. Komplementbyggnad D har lägst totala klimatpåverkan av alla tre byggnader vilket beror på att byggnaden är mindre än de andra två. Däremot har byggnad D inte lägst klimatpåverkan mer kvadratmeter vilket antagligen beror på klimatpåverkan från resterande väggar av korslimmat trä. Efter kalciumsilikatskivan och leca sockeln har KL-trä störst klimatpåverkan. En anledning till den stora klimatpåverkan, i förhållande till andra material, kan vara det lim som håller ihop de korslimmade lamellerna. Limmet innehåller kemiska ämnen som kan vara skadliga för miljön. Om alla väggar hade bestått av enbart lera hade klimatpåverkan blivit lägre sett till resultatet men byggnadens hållfasthet och beständighet hade kunnat ifrågasättas. Ett annat sätt att minska klimatpåverkan från komplementbyggnad D hade varit att ersätta KL-trä med DLT vilket var tanken från början. Väggar består då till 100% av trä eftersom lamellerna i DLT fästs samman med träplugg. Utöver eventuell minskad klimatpåverkan genom reducering av lim i konstruktionen ökar därmed möjligheten för cirkulation av byggnadsmaterial. Lamellerna i DLT fästs samman av dymlingar vilket gör det enklare att plocka isär materialet och återvända det på nytt i ett annat sammanhang. Enligt Sotayo et al. (2020) har även DLT liknande materialegenskaper som KL-trä.

Klimatpåverkan från respektive byggnad blir ungefärlig eftersom det finns flertalet avgränsningar och stora delar av värdena som tillämpas i beräkningar är generisk data. För att få en mer exakt klimatpåverkan från byggnaderna bör det användas mer produktspecifika EPDer till beräkningarna. Det bör även tas hänsyn till klimatpåverkan som kan uppstå från plåtarbeten, murbruk och taktäckningen. Det är dock svårt att säga hur mycket högre klimatpåverkan hade blivit med färre avgränsningar då även taktäckningen av sedum, likt hampakalken, binder koldioxid efter tid och antagligen reducerar klimatpåverkan från byggskedet under användningsskedet. Gemensamt för alla byggnader är att klimatpåverkan från produktskedet är snarlikt det branschscenario som BM förutspår vilket beror på användning av mängden generisk data. Klimatpåverkan från de projektspecifika valen är till och med något högre än klimatpåverkan som BM förutspår från produktskedet. Det kan finnas olika anledningar till att klimatpåverkan blir högre av de projektspecifika valen än vad branschscenariot visar. En anledning kan vara att branschscenariot till största del är baserat på generisk data. I de projektspecifika valen tillämpas EPDer och produktspecifika EPDer till flera material vilket kan ha en påverkan på utfallet då mer specifika värden används och inte enbart medelvärden. Den största klimatpåverkan från respektive byggnad kommer ifrån brandskivan av kalciumsilikat. Kalciumsilikatskivan har ett högt utsläpp av kilogram koldioxidekvivalenter per kilogram material i förhållande till de andra materialen. Vid beräkningarna av klimatpåverkan från brandskivan användes en EPD på 1 m<sup>2</sup> skiva med tjockleken 12 mm trots att det i bilaga 1 står föreskrivet en skiva med tjockleken 15 mm. Det var ett medvetet val man gjorde då det finns få EPDer för kalciumsilikatskivor. Detta val innebär att den verkliga klimatpåverkan från kalciumsilikatskivan antagligen är större än vad som anges i resultatet eftersom innertaket ska vara 6 mm tjockare i varje byggnad. Generellt sätt är det troligt att varje komplementbyggnad har en något högre klimatpåverkan än vad som redovisas i resultatet.

En del av det material som används i komplementbyggnaderna är återbrukat material vilket innebär att EPDer inte kan användas till klimatberäkningarna eftersom EPDer inte är baserade på återbrukade material. Enligt standarden EN 15978 kommer klimatpåverkan från

återbrukade produkter från skede A4 och A5. När material ska återanvändas kan återbruksprocesser i form av rekonditionering och lagerhållning tillkomma enligt Gerhardsson et al. (2020). Dessa processer kan medföra en ökad klimatpåverkan som kan bli problematisk att redovisa då det inte finns ett specifikt skede för återbruksprocesser. Däremot framgår det i resultatet att de återbrukade materialen i grundkonstruktionen och i vissa väggkonstruktioner har en mycket låg klimatpåverkan. Det kan bero på antaganden i BM men troligast pga återanvändning av material. Att återbruk av material har stor betydelse styrks extra av jämförelsen mellan att bygga komplementbyggnad C i vanlig tegelsten och återbrukad tegelsten. En annan anledning till den låga klimatpåverkan kan vara valet av drivmedel för transporter och kortare transportsträckor.

Vid applicering av resultatet på andra byggnader måste hänsyn tas till att komplementbyggnaderna är ouppvärmade och av en mindre karaktär. Då byggnaderna är tänkta att användas som förråd ställs inga högre krav på dem vilket det exempelvis görs på bostadshus. Det skulle kunna uppstå problem vid en uppskalning av vissa byggnadsmaterial eftersom det skulle ställas högre krav på exempelvis brandsäkert, hållfasthet, akustiska egenskaper, täthet m.m.

## 8. Slutsatser

Ett av de mest effektiva sätten att minska klimatpåverkan från byggskedet är genom cirkulation dvs återanvändning av byggnadsmaterial. Utifrån resultatet har de återbrukade materialen i byggnaderna en väsentligt lägre klimatpåverkan i jämförelse med många av de andra byggnadsmaterialen. Det ger en minskad klimatpåverkan eftersom utsläpp från produktskedet nollställs, enligt standarden EN 15978, vilket är det skede som står för största mängden utsläpp under byggskedet. Utöver återbruk av material framgår det av resultatet att val av drivmedel till transporter och transportsträckor kan ha en betydande roll för reducering av koldioxidutsläpp. I jämförelsen mellan den förväntade klimatpåverkan i ett branschscenario i BM och de projektspecifika valen i BM finns det en tydlig skillnad i klimatpåverkan från transporter för respektive komplementbyggnad. I jämförelsen mellan branschscenariot och de projektspecifika valen är det framförallt valet av drivmedel och transportsträcka som minskar klimatpåverkan från de projektspecifika valen. Det visar att genomtänkta och medvetna val för transporter har en väsentlig funktion för att minska en byggnads beräknade klimatpåverkan.

Klimatpåverkan från respektive byggnad kommer att bli större än vad som anges i resultatet. Den blir större eftersom klimatpåverkan från taktäckning, plåtarbeten och murbruk samt mindre detaljer i byggnaderna är inte medräknade. Det är också förutsatt att alla transporter till byggplatsen använder drivmedlet HVO. Följs inte det av alla leverantörer och transporter till projektet blir givetvis klimatpåverkan också större. Det är däremot svårt att säga hur mycket större klimatpåverkan blir i och med att hampakalken, sedumtaken och ängstaket binder koldioxid efter tid.

Hampakalk kan ha en lovande framtid inom byggbranschen anser såväl respondent 2 som respondent 3. Med sin förmåga att binda koldioxid efter tid kan en ökad användning av hampakalk bidra till en minskad klimatpåverkan från byggsektorn. En ökad efterfrågan av hampakalk kan även gynna det svenska jordbruket eftersom odlingen av industrihampa hade behövt expanderas. Då hampakalk har en låg bärighet behöver man komplettera med en bärande konstruktion, vanligtvis i form av en träregelstomme. En träregelstomme är en känd beprövad bärande konstruktion och det finns gott om information om hampakalkens materialegenskaper vilket innebär att hampakalk i en viss utsträckning eventuellt kan ersätta den traditionella uppbyggnaden av en träregelstomme.

Det finns stora möjligheter för återbrukade tegelstenar att till viss del ersätta dagens användning av nyproducerade tegelstenar. Tegelstenar i dagsläget i Sverige används främst i skalväggar och inte som stommaterial. Det innebär att det inte ställs samma krav på hållfastheten och bärigheten vilket blir gynnsamt för återbruk av tegelstenar eftersom det kan vara svårt att fastställa hållfasthetsvärdet för teglet. Det största anledningen till att öka cirkulationen av tegelstenar inom byggbranschen är att klimatpåverkan från en byggnad minskar avsevärt. Det är mer kostnadseffektivt enligt Erduran et al. (2020) att använda nyproducerad tegelsten än återbrukad tegelsten men den stora minskningen i koldioxidutsläpp kan anses vara av större vikt. Återanvändning av tegelstenar kan dock bara ske i en viss utsträckning eftersom det finns en begränsad tillgång till materialet.

Utifrån föregående kapitel och resultatet kan man dra slutsatsen att lera inte är lämpligt att använda som byggnadsmaterial i det svenska klimatet. Det bör inte användas i klimatskalet då

lera är känsligt mot väder och vind, inte heller i bärande konstruktioner. Det finns för lite kunskap inom den svenska byggbranschen om lerbyggnation som kan garantera att alla krav som ställs uppfylls. Enligt respondent 3 bör icke bärande innerväggar utan några större krav kunna byggas i lera. Det kan dock ifrågasättas om det är värt mödan. Lera har bristande materialegenskaper i jämförelse med andra byggnadsmaterial som tillämpas och uppförande av väggen är antagligen tidskrävande då de byggmetoder som finns för lera inte är etablerade i Sverige.

En byggnad och byggprocess fri från fossila råvaror och bränslen är i dagsläget inte möjligt med hänsyn till de material som finns och de krav som ställs. Det styrks av klimatkalkylerna över komplementbyggnadernas beräknade klimatpåverkan. Trots medvetna val och försök att minska användning av fossilfria material och bränslen är det i dagsläget oundvikligt att inte använda icke-fossilfria material och bränslen. Det finns inte material och bränslen som är tillräckligt bra för att kunna ersätta nuvarande icke-fossilfria råvaror och göra byggsektorn fossilfri.

## 9. Förslag på framtida studier

Under arbetets gång har idéer kring framtida studier inom relaterat ämnet dykt upp. Nedan listas förslag på fortsatta studier som är relaterade till det ämne som behandlas i detta examensarbete.

- En jämförelse från ett ekologiskt och kostnadsperspektiv mellan byggstenen k-briq, återbrukad tegelsten och nyproducerad tegelsten.
- En studie om fossilfritt byggande från ett kostnadsperspektiv, om det går att bygga med minimal klimatpåverkan och utan ökade kostnader.
- Undersöka vilka faktorer som har störst betydelse för en låg klimatpåverkan från transporter under byggskedet.

## 10. Referenser

- Arnaud, L., Cerezo, V & Samri D. (2006). *Global Approach for the Design of Building Material Containing Lime and Vegetable Particles*. In Proceedings of the 6th International Symposium on Cement & Concrete and CANMET/ACI International Symposium on Concrete Technology for Sustainable Development, Vols 1 and 2., ,1261–68
- Balksten, K & Strandberg-de Bruijn, P. (2019). *Hampakalk Tilläggsisolering på reveterade trähus och saltskadat tegelmurverk*. Lund: Media tryck, Lunds universitet.  
<http://www.sparaochbevara.se/wp-site-content/uploads/2019/04/Antologi-hampakalk-2019.pdf> (Hämtad 2021-03-22)
- Boverket (2021b). *Frågor och svar om klimatdeklaration*. Karlskrona: Boverket.  
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/klimatdeklaration/fragor-och-svar/> (Hämtad 2021-04-14)
- Boverket (2018). *Hållbart byggande med minskad klimatpåverkan*. Karlskrona: Boverket.  
<https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2018/hallbart-byggande-med-minskad-klimatpaverkan.pdf> (Hämtad 2021-04-11)
- Boverket (2019b). *Introduktion till livscykelanalys (LCA)*. Karlskrona: Boverket.  
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/> (Hämtad 2021-04-12)
- Boverket (2019a). *Mer om miljövarudeklaration för byggprodukter (EPD)*. Karlskrona: Boverket.  
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/miljodata-och-lca-verktyg/miljovarudeklaration-for-byggprodukter-epd/> (Hämtad 2021-04-12)
- Boverket (2021a). *Ny lag om klimatdeklaration för byggnader på gång*. Karlskrona: Boverket.  
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/klimatdeklaration/lag/> (Hämtad 2021-04-12)
- Boverket (2019c). *Standarder för LCA*. Karlskrona: Boverket.  
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/miljodata-och-lca-verktyg/standarder-for-lca/> (Hämtad 2021-04-12)
- Boverket (2019d). *Vad visar en LCA?* Karlskrona: Boverket.  
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/vad-visar-en-lca/> (Hämtad 2021-04-12)
- Burström, P & Nilvér, K. (2018). *Byggnadsmaterial Tillverkning, egenskaper och användning*. 3. Uppl., Lund: Studentlitteratur.
- Collet, F. & Pretot, S. (2014). *Thermal conductivity of hemp concretes: Variation with formulation, density and water content*. Construction and Building Materials, 65, p 612–619. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.05.039> (Hämtad 2021-03-24)
- Collet, F., Pretot, S & Garnier, C. (2013) *Life cycle assessment of a hemp concrete wall: Impact of thickness and coating*. Building and Environment, 72, p. 223–231. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.11.010> (Hämtad 2021-05-14)



- De-Bruijn, P. (2012). *Material Properties and Full-Scale Rain Exposure of Lime-Hemp Concrete Walls*. Diss. Lund: Lunds universitet.  
[https://pub.epsilon.slu.se/9007/1/debruijn\\_p\\_120829.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/9007/1/debruijn_p_120829.pdf) (Hämtad 2021-05-20)
- Ejlertsson, A. (2021). *Byggsektorns miljöberäkningsverktyg*. Stockholm: IVL svenska miljöinstitutet. <https://www.ivl.se/projektwebbar/byggsektorns-miljoberakningsverktyg.html> (Hämtad 2021-04-15)
- EPD ENG- S-P-01410. RAMCO industries Ltd (2019). *Environmental product declaration of Greencor sheet, Hicem & Hilux borad*. (Hämtad 2021-04-15)
- EPD NEPD-2587-1314-EN. Södra (2020). *CLT (cross laminated timber)*. (Hämtad 2021-04-30)
- EPD NEPD-2301-1045-NO. NCC (2020). *Pukk, producerat ved Hedrum pukkverk*. (Hämtad 2021-04-21)
- Erduran, D., Elias-Ozkan, S & Ulybin, A. (2020). *Assessing potential environmental impact and construction cost of reclaimed masonry walls*. Tyskland: Springer Heidelberg.  
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11367-019-01662-2.pdf> (Hämtad 2021-05-11)
- Evea (2018) *Declaration sheet environmental and sanitary*. (Hämtad 2021-03-25).
- Finansdepartementet (2021). *Klimatdeklaration för byggnader* (Regeringens proposition 2020/21:144). Stockholm: Regeringskansliet.
- Fossilfritt Sverige (2018). *Färdplan för fossilfri konkurrenskraft Bygg- och anläggningssektorn*. Stockholm: Fossilfritt Sverige. [https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2020/10/ffs\\_bygg\\_anlaggningssektorn.pdf](https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2020/10/ffs_bygg_anlaggningssektorn.pdf) (Hämtad 2021-03-25)
- Gerhardsson, H., Andersson, J & Thrysin, Å. (2020). *Återbrukets klimatteffekter vid byggnation*. Stockholm: IVL svenska miljöinstitutet.  
<https://www.ivl.se/download/18.72fab6cc1761c7ad2941478/1607947586855/C562.pdf> (Hämtad 2021-04-08)
- Göteborgs stad (2018). *Hoppet – vad har vi gjort hittills och var står vi nu maj 2018*. Göteborg: Lokalförvaltningen Göteborgs stad.  
[https://goteborg.se/wps/wcm/connect/dd5e684c-a614-43f5-a2c1-7c37f34ae809/Hoppet+-+vad+har+vi+gjort+hitills+och+var+st%C3%A5r+vi+nu+maj+2018.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT\\_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-dd5e684c-a614-43f5-a2c1-7c37f34ae809-nbCpw6F](https://goteborg.se/wps/wcm/connect/dd5e684c-a614-43f5-a2c1-7c37f34ae809/Hoppet+-+vad+har+vi+gjort+hitills+och+var+st%C3%A5r+vi+nu+maj+2018.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-dd5e684c-a614-43f5-a2c1-7c37f34ae809-nbCpw6F) (Hämtad 2021-03-15)
- Holstmark (2006). *Hampa i Ekologisk Odling: Råd i praktiken*. Jönköping: Jordbruksverket.
- Högberg, A & Ingelhart, G. (2019). *Hoppet Vad har vi gjort hittills och var står vi nu?* Göteborg: Lokalförvaltningen Göteborgs stad.  
[https://goteborg.se/wps/wcm/connect/ec52af76-ac57-4389-93ef-c5af5644285c/Hoppet+-+vad+har+vi+gjort+hitills+och+var+st%C3%A5r+vi+nu+-+maj+2019.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT\\_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-ec52af76-ac57-4389-93ef-c5af5644285c-nbCpw6F](https://goteborg.se/wps/wcm/connect/ec52af76-ac57-4389-93ef-c5af5644285c/Hoppet+-+vad+har+vi+gjort+hitills+och+var+st%C3%A5r+vi+nu+-+maj+2019.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-ec52af76-ac57-4389-93ef-c5af5644285c-nbCpw6F) (Hämtad 2021-03-15)

- Ip, K & Miller, A. (2012). *Life cycle greenhouse gas emissions of hemp–lime wall constructions in the UK*. Resources, Conservation and Recycling, 69, p. 1–9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.09.001> (Hämtad 2021-03-25)
- Lindberg, E. (2002). *Gjort av jord Lerjord som byggnadsmaterial i Sverige och länder med likartat klimat*. Lic.-avh. Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:7347/FULLTEXT01.pdf> (Hämtad 2021-03-28)
- Länsstyrelsen Skåne (u.å.a) *Bondrumsgården*. <https://www.lansstyrelsen.se/skane/besoksmal/byggnadsminnen/bondrumsgarden.html> (Hämtad 2021-06-01)
- Länsstyrelsen Skåne (u.å.b) *Glimmebodagården*. <https://www.lansstyrelsen.se/skane/besoksmal/byggnadsminnen/glimmebodagarden.html> (Hämtad 2021-06-01)
- Makhnatch, P. (2014). *Något om hur GWP-värden bestäms*. Stockholm: Kungliga tekniska högskolan. <https://www.energy.kth.se/sv/applied-thermodynamics/project-groups/koldmedier-med-lag-gwp/low-gwp-news/nagot-om-hur-gwp-varden-bestams-1.474589>
- Nationalencyklopedin* (u.å.a). Dubb. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2021-04-21].
- Nationalencyklopedin* (u.å.i). Lerklining. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2021-06-01].
- Nationalencyklopedin* (u.å.b). Murbruk. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2021-04-19].
- Nationalencyklopedin* (u.å.c). Murförband. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2021-04-13].
- Nationalencyklopedin* (u.å.d). Pisé. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2021-05-11].
- Nationalencyklopedin* (u.å.e). Prefabricering. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2021-04-15].
- Nationalencyklopedin* (u.å.f). Sintring. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2021-04-12].
- Nationalencyklopedin* (u.å.g). Tegel. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2021-04-12].
- Nationalencyklopedin* (u.å.h). Återanvändning. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2021-04-20].
- Osvald, H. (1959). *Åkerns nyttoväxter*. Stockholm: Esselte
- Patel, R & Davidsson, B. (2011). *Forskningsmetodikens grunder Att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. Lund: Studentlitteratur.
- Pereira, M., Sohier, L., Descamps, T & Calil, C. (2021). *Doweled cross laminated timber: Experimental and analytical study*. Construction and Building Materials, 273, p. 121820. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121820> (Hämtad 2021-05-11)
- Plowas, W., Bell, T., Hairstans, R., & Williamson J.B. (2015). *Understanding the compatibility of UK resource for dowel laminated timber construction*. Skottland: Edinburgh napier university. <https://www.napier.ac.uk/~media/worktribe/output-1127691/understanding-the-compatibility-of-uk-resource-for-dowel-laminated-timber-construction.pdf> (Hämtad 2021-05-11)

Randerstegl. (u.å.) *Murtegel*. <https://www.randerstegl.se/se/tegel/andra-tegeltyper/murtegel> (Hämtad 2021-04-20)

Rhydwen, R. (2006). *Building with Hemp and Lime*. [https://hempretedirect.com/wp-content/uploads/2019/09/building\\_with\\_hemp\\_and\\_lime.pdf](https://hempretedirect.com/wp-content/uploads/2019/09/building_with_hemp_and_lime.pdf) (Hämtad 2021-03-29)

Ryberg Ågren, A & Calderon, R. (2021) *Klimatarbete Hoppet Delrapportering systemskede*. Göteborg: Derome.

Skoglund, G. (2016). *Hampa: det vita guldets: textilväxten cannabis sativa*. Möklinta: Gidlund.

Sotayo, A. et al. (2020). *Review of state of the art of dowel laminated timber members and densified wood materials as sustainable engineered wood products for construction and building applications*. *Developments in the Built Environment*, 1, p. 100004. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2019.100004>.

Stolle Wassberg, L. (2010). *Lersten i skånsk byggnadstradition*. Lic.-avh. Göteborg: Göteborgs universitet. [https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/23508/1/gupea\\_2077\\_23508\\_1.pdf](https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/23508/1/gupea_2077_23508_1.pdf) (Hämtad 2021-05-31).

Strandberg-de Bruijn, P. (2021). *LMF30:s klimatbudget metoddokument Biobaserade byggnadsmaterial och cirkulärt byggande – en kunskapssammanställning*. <https://lfm30.se/wp-content/uploads/2021/05/LFM30-Metoddokument-Biobaserade-byggnadsmaterial-och-cirkula%CC%88rt-byggande.pdf> (Hämtad 2021-06-01).

Trost, J. (2010). *Kvalitativa intervjuer*. 4. Uppl., Lund: Studentlitteratur.

Träguiden. (2012). *Hållfasthetsklasser för limträ enligt eurokod 5*. <https://www.traguiden.se/om-traguiden/tidigare-nyhetsbrev/2012/nyhetsbrev-87-traguiden/> (Hämtad 2021-04-20)

WWF (2020) *Vad är klimatförändringarna*. Stockholm: WWF. <https://www.wwf.se/klimat/klimatforandringar/> (Hämtad 2021-03-22)

Öhrn, M & Isaksson, S. (2014). *Återbruk av tegelstenar*. Lic.-avh. Göteborg: Chalmers tekniska högskola. <https://odr.chalmers.se/bitstream/20.500.12380/201199/1/201199.pdf> (Hämtad 2021-05-11)

# Bilagor

## Bilaga 1-oredigerad mängdkalkyl från byggentreprenör.

Projekt:		Kapitel/Bygghet:		Kap:sida	Arb kostn/tim	Datum 2021-03-15	
Hoppet komplementbyggnader					#####		
Siutsida	Mängd	Enhet	Material	Timmer		Totalsumma	
Sammanställning			Enhkostn	Summa	Enhtid	Summa	Delsumma
<b>Summa</b>				0		0	#####
				0		0	#####
<b>#1</b>				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
<b>2</b>				0		0	#####
<b>DELSUMMA</b>				0		0	#####
				0		0	#####
<b>#2</b>				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
<b>DELSUMMA</b>				0		0	#####
				0		0	#####
<b>#3</b>				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
<b>DELSUMMA</b>				0		0	#####
				0		0	#####
<b>4</b>				0		0	#####
<b>4046 Hus B</b>				0		0	#####
				0		0	#####
<b>Mark</b>				0		0	#####
80 Pägjutning	32	m2					
Limträbalkar 165x450	13	m					
45x120 upplag	24	m					
<b>Tak</b>							
Underlagspapp	87	m2					
23 Råspont	87	m2					
45x220 s 600 ( 6,3 m långa )	138	m					
28x70 läkt c300	268	m					
15 Promat masterbord	87	m2					
15 Promat masterbord	87	m2					
Insektsnät	26	m					
Kortlingar 45x70	52	m					
Vinkelbeslag	44	st					
<b>Väggar</b>							
Syll	31	m					
Hammarband	31	m					
Montage av hampablock	94	m2					52

Projekt: Hoppet komplementbyggnader			Kapitel/Bygghet:		Kap.sida	Arb kostn/tim #####	Datum 2021-03-15	
<b>Slutsida</b> Sammanställning			Mängd	Enhet	Material		Timmar	Totalsumma
					Enhkostn	Summa	Enhtid	Summa
								Summa
								Delsumma
Kran dito			16	tim				
Avvisarlistor 20x150			38	m				
Ventilationsgaller på fasad			2	st				
Brandfogning			1	x				
Skjutdörr, ( antaget )			1	x				
Timkostnad ingår i priset								
<b>Fönster</b>								
8x8			2	st				
Drev och fog			7	m				
Foder			14	m				
<b>Dörr</b>								
21x13			1	st				
Drev och fog			5	m				
Fode			10	m				
Lås och beslag			1	st				
Trycken			1	st				
Dörrstängare			1	st				
<b>UE</b>								
Hampavägg			1	x				
Taktäckning ink sedum			1	x				
5 Plåt			1	x				
Ställning			1	x				
Leca sockel			1	x				
Målning promat, uppskattat			1	x				
<b>DELSUMMA</b>								#####
<b>4043 Hus C</b>								





Projekt: Hoppet komplementbyggnader			Kapitel/Byggdel:		Kap.sida	Arb kostn/tim #####	Datum 2021-03-15	
Slutsida Sammanställning		Mängd	Enhet	Material		Timmar		Totalsumma
				Enhkostn	Summa	Enhtid	Summa	Summa
								Delsumma
<b>Fasad enligt A</b>								
Slammad yta Pise ( Rammed Earth min 300 ) ( antagen )								
	12	m2						
KL-trä Södra								
	32	m2						
Kran dito								
	8	tim						
Hyllor								
	5	m						
Spikningsplåt								
	1	st						
Brandfogning								
		x						
<b>Dörr</b>								
21x13								
	1	st						
Drev och fog								
	5	m						
Foder								
	10	m						
Lås och beslag								
	1	st						
Trycken								
	1	st						
<b>UE</b>								
Stampad lerjord, operalera								
		x						
Leca sockel								
		x						
Taktäckning ink ängstak								
		x						
Plåt								
	1	x						
Ställning								
		x						
Målning promat, uppskattat								
		x						
7 KL-trä								
	1	x						
					0		0	#####
					0		0	#####
<b>DELSUMMA</b>								
					0		0	#####
					0		0	#####
<b>4031 Bjälklag</b>								
					0		0	#####
					0		0	#####
					0		0	#####
					0		0	#####
					0		0	#####
					0		0	#####
					0		0	#####
					0		0	#####















Projekt:		Kapitel/Byggdelen:		Kap.sida	Arb kostn/tim	Daturr 2021-03-15	
Hoppet komplementbyggnader					#####		
Slutsida	Mängd	Enhet	Material	För extra rader	Arv	Ctrl + r	Totalsumma
Sammanställning			Enhkostn	Summa	Enhtid	Summa	Summa
							Delsumma
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
<b>DELSUMMA</b>				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
<b>4040 Skåp</b>				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
<b>18</b>				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
<b>DELSUMMA</b>				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
<b>4041 Trappor o Räckan</b>				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
<b>19</b>				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
<b>DELSUMMA</b>				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
<b>4037 Komplementbyggnader</b>				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
<b>20</b>				0		0	#####
<b>DELSUMMA</b>				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
<b>4047 Ovr mtrl</b>				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
<b>21</b>				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
				0		0	#####
<b>DELSUMMA</b>				0		0	#####
				0		0	#####

## Bilaga 2

Utifrån din expertis och område...

Är det något som har ändrats från ursprungsplanen (inriktningsbeslutet)? Varför och hur hanterades det?

Fick ni tag i all teknisk information ni behövde om materialet för att projektera och säkerställa att det lever upp till lokalförvaltningens teknisk krav och anvisningar samt nationella byggregler? Om inte, vad saknades och hur hanterade ni det i projekteringen?

Möjligheter - förstå potentialen

Vilka möjligheter ser du med byggmaterialet/tekniken? Har byggmaterialet någon tekniskegenskap som är extra lovande?

Finns det typer av byggnader/tillämpningar där byggmaterialet lämpar sig *bättre*? I så fall vilka och varför?

Vad skulle kunna möjliggöra uppskalning av tekniken? t.ex. tillgång på material

Bedömer du att det är möjligt att använda byggtekniken i en fullstor byggnad redan idag?

Hinder/osäkerheter

Vilka osäkerheter ser du finns med byggmaterialet/byggtekniken och dess tekniska egenskaper?

Finns det typer av byggnader/tillämpningar där byggmaterialet lämpar sig *sämre*? I så fall vilka och varför?

Vad hindrar en uppskalning av tekniken?

Vilken typ av uppföljning anser du behöver ske kopplat till respektive av dessa tekniker inför en eventuell uppskalning till större och fler byggnader?



## Generell information

Ägare till deklARATIONEN	Kajsa Sjöberg
Deklarationen utförd av	Kajsa Sjöberg
Kontaktperson	Kajsa Sjöberg
Kontaktuppgifter	ka3552sj-s@student.lu.se
Deklarationen publicerad	

## Projektbeskrivning

Projektnamn	Komplementbyggnad B	Fastighetsbeteckning	BTA	53
Adress	Postnummer	Ort	Atemp	
Typ av byggnadsverk				
Huvudsaklig hustyp	Lokalbyggnad			
Typ av byggprojekt		Ursprungligt byggnadsår		

## Projektbeskrivning

## Metodval

Jämförbarhet mellan olika byggnadsverk kräver samma omfattningen, hög datatäckning och att miljöpåverkan från användnings- och slutskedet är likvärdiga.

### Systemgränser

A Byggskedet					B Användningsskedet							C Slutskedet				D Utanför systemgränsen
Produktskedet			Byggproduktionsskedet		Användning	Underhåll	Reparation	Utbyte	Renovering	Driftenergi	Driftens vattenanvändning	Demontering, rivning	Transport	Resproduktshantering	Bortskaffning	
Råvaruförsörjning	Transport	Tillverkning	Transport	Bygg- och installationsprocessen												C1
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
	X		X		MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND

Teckenförklaring: X = modulen ingår, MND = modulen ingår inte

Följande delar ingår i A5:

- 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 dylikt, köpt el, fjärrvärme o.s.v.)
- A5.5 Övrigt miljöpåverkan från byggprocessen, inkluderar övergödning vid sprängning, markexploatering, kemikalieanvändning o.s.v.

### Datatäckning A1-A3 inklusive spill A5.1 (cut off)

**0%** Andel av resurssammansättningens resurser som ingår i miljöberäkningen, kr/kr totalt, givet som kostnads-% (givet att kostnader för alla resurser A1-A3 är angivna i BM)  
**100%** Andel av resurssammansättningens resurser som ingår i miljöberäkningen, kg/kg totalt, givet som vikt-% (givet att alla mängder för alla resurser A1-A3 är angivna i enheten kg i BM)  
 (röd %-andel) = resurskostnad (SEK) resp. resursvikt (kg) är inte angiven för alla resurser och därmed kan inte datatäckning beräknas på korrekt sätt.

0 antal rader där enhetsomvandling inte genomförts i resurssammansättningen



# Klimatredovisning: Komplementbyggnad B

Baserat på metodik enligt EN 15804 och EN 15978

## EPD:er, egna miljödata och specifika transporter som ersätter generella data, A1-5 Byggskedet, eget val

Miljövarudeklaration (EPD)	kg CO <sub>2</sub> e	Ersatt generiska data	kg CO <sub>2</sub> e	klimatreduktion, %
Hampakalk	709,0808	Hampakalk	808,6027	12
Kalciumsilikatboard	905,9755	Kalciumsilikatboard	931,8614	3
Kalciumsilikatboard	905,9755	Kalciumsilikatboard	931,8614	3

Eget transportskenario	kg CO <sub>2</sub> e	Transport kopplat till generisk resurs	kg CO <sub>2</sub> e	klimatreduktion, %
Oarmerade prefabbetong såsom takpan	200,603		243,5406	18
Furu/gran, Hammarband, 473 kg/m <sup>3</sup> u=1	36,6575		174,3064	79
Furu/gran, syll, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16% (IVL L)	36,6575		174,3064	79
Återbrukad pålkap	28,2883		107,6086	74
Limträbalk (IVL LCR)	21,7664		18,818	-16
Kalciumsilikatboard	18,792		44,678	58
Kalciumsilikatboard	18,792		44,678	58
Hampakalk	5,4967		104,5482	95
Lättklinkerblock (Leca), oarmerade (IVL L)	5,115		51,8866	90
Furu/gran, råspont 473 kg/m <sup>3</sup> u=16% (I)	4,7324		22,5024	79
<b>Furu/gran, läkt 45x220, 473 kg/m<sup>3</sup> u=16%</b>	<b>3,2311</b>	<b>(resursens miljöprestandas används även i d</b>	<b>15,3637</b>	<b>79</b>
Furu/gran, ram till hampakalk, 473 kg/m	2,1551		6,8317	68
Furu/gran, läkt 28x70, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16%	1,2423		5,9071	79
Underlagspapp bitumen (IVL LCR)	0,87		8,2737	89
Ytterdörrar, trä (IVL LCR), ca 24 kg/m <sup>2</sup>	0,468		2,3737	80
Furu/gran, kortlingar, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16%	0,3874		1,842	79
Fönster, trä, tre glas (IVL LCR), ca 35 kg/r	0,336		1,7042	80
Furu/gran, upplag, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16% (I)	0,3065		1,4574	79
Elförzinkad beslag (IVL LCR)	0,0352		0,3348	89
Furu/gran, foder fönster, 473 kg/m <sup>3</sup> u=1	0,0223		0,1058	79
Furu/gran, foder dörr, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16%	0,0159		0,0756	79
<b>Glasull drev fönster(IVL LCR)</b>	<b>0,0011</b>		<b>0,01</b>	<b>89</b>
Glasull drev dörr(IVL LCR)	0,0008		0,0071	89

Egna resurser	kg CO <sub>2</sub> e	(resursens miljöprestandas används även i det egna branschscenariot vid jämförelse)
---------------	----------------------	---

## Bygg- och installationsprocessen, A5.2-A5.5

Kalkylresurs eget namn	Kalkylresursens SBE namn	Vikt, kg	Klimatpåverkan, kg CO <sub>2</sub> e
------------------------	--------------------------	----------	--------------------------------------

# Klimatredovisning: Komplementbyggnad B

Baserat på metodik enligt EN 15804 och EN 15978

Resurssammansättning (exklusive transporter inklusive spill), A1-A3 + A5.1							Andel av totala klimatpåverkan A1-3 + A5.1 per resurs		Bygghet	Omräkningsfaktor
Kalkylresursens eget namn	Kalkylresursens SBE namn	Spill, %	Eget spill, %	Vikt, kg	Energi, MJ	Klimatpåverkan, kg CO2e				
Kalciumsilikatboard	Kalciumsilikatb	5	5	939,6	0	888,12	22,29%	64 - Innertak	1	
Kalciumsilikatboard	Kalciumsilikatb	5	5	939,6	0	888,12	22,29%	64 - Innertak	1	
Hampakalk	Hampakalk	5	0	2198,7	0	703,58	17,66%	31 - Väggar	1	
Furu/gran, Hammarband, 473 kg/m3 u=	Furu/gran, hyv	10	10	7331,5	0	410,04	10,29%	31 - Väggar	1	
Furu/gran, syl, 473 kg/m3 u=16% (IVL L	Furu/gran, hyv	10	10	7331,5	0	410,04	10,29%	31 - Väggar	1	
Lättklinkerblock (Leca), oarmerade (IVL	Lättklinkerbloc	5	5	1364	0	338,82	8,50%	24 - Grundkonstruktioner	1	
Underlagspapp bitumen (IVL LCR)	Underlagspapp	5	5	174	0	112,39	2,82%	46 - Yttertak övrigt	1	
Furu/gran, råspont 473 kg/m3 u=16% (I	Furu/gran, hyv	10	10	946,47	0	52,93	1,33%	46 - Yttertak övrigt	1	
Limträbalk (IVL LCR)	Limträbalk (IVL	5	5	395,75	0	38,26	0,96%	34 - Bjälklag/balkar	1	
Fönster, trä, tre glas (IVL LCR), ca 35 kg/l	Fönster, trä, tr	0	0	44,8	0	37,18	0,93%	55 - Fönster/dörrar/partier/pt	1	
Furu/gran, läkt 45x220, 473 kg/m3 u=16	Furu/gran, hyv	10	10	646,21	0	36,14	0,91%	46 - Yttertak övrigt	1	
Furu/gran, ram till hampakalk, 473 kg/m	Furu/gran, hyv	10	5	287,35	0	15,97	0,40%	31 - Väggar	1	
Ytterdörrar, trä (IVL LCR), ca 24 kg/m2	Ytterdörrar, tr	0	0	62,4	0	14,48	0,36%	55 - Fönster/dörrar/partier/pt	1	
Furu/gran, läkt 28x70, 473 kg/m3 u=16%	Furu/gran, hyv	10	10	248,46	0	13,9	0,35%	46 - Yttertak övrigt	1	
Elförzinkad beslag (IVL LCR)	Elförzinkad spi	5	5	7,04	0	10,37	0,26%	46 - Yttertak övrigt	1	
Oarmerade prefabbetong såsom takpan	Oarmerade pri	2	2	8536,3	0	4,74	0,12%	24 - Grundkonstruktioner	1	
Furu/gran, kortlingar, 473 kg/m3 u=16%	Furu/gran, hyv	10	10	77,48	0	4,33	0,11%	48 - Huskomplettering tak	1	
Furu/gran, upplag, 473 kg/m3 u=16% (I'	Furu/gran, hyv	10	10	61,3	0	3,43	0,09%	34 - Bjälklag/balkar	1	
Återbrukad påtkap	Återbrukad byt	5	2	3771,77	0	0,89	0,02%	24 - Grundkonstruktioner	1	
Glasull drev fönster (IVL LCR)	Glasull (IVL LCF	5	5	0,21	0	0,26	0,01%	31 - Väggar	1	
Furu/gran, foder fönster, 473 kg/m3 u=1	Furu/gran, hyv	10	10	4,45	0	0,25	0,01%	59 - Ytterväggar övrigt	1	
Glasull drev dörr (IVL LCR)	Glasull (IVL LCF	5	5	0,15	0	0,19	0,00%	31 - Väggar	1	
Furu/gran, foder dörr, 473 kg/m3 u=16%	Furu/gran, hyv	10	10	3,18	0	0,18	0,00%	59 - Ytterväggar övrigt	1	

# Klimatredovisning: Komplementbyggnad B

Baserat på metodik enligt EN 15804 och EN 15978

Resurssammanställning, klimatpåverkan från transporter A4					
Kalkylresurs eget namn	Kalkylresursens SBE namn	Vikt, kg	Klimatpåverkan A4, kg CO2e	Andel av totala klimatpåverkan A4 per resurs	Byggdelen
Oarmerade prefabbetong såsom takpan	Oarmerade pre	8536,3	196,59	53,18%	24 - Grundkonstruktioner
Furu/gran, Hammarband, 473 kg/m3 u=	Furu/gran, hyv	7331,5	32,99	8,92%	31 - Väggar
Furu/gran, syll, 473 kg/m3 u=16% (IVL L	Furu/gran, hyv	7331,5	32,99	8,92%	31 - Väggar
Återbrukad pålkap	Återbrukad byg	3771,77	27,72	7,50%	24 - Grundkonstruktioner
Limträbalk (IVL LCR)	Limträbalk (IVL	395,75	20,68	5,59%	34 - Bjälklag/balkar
Kalciumsilikatboard	Kalciumsilikatb	939,6	17,85	4,83%	64 - Innertak
Kalciumsilikatboard	Kalciumsilikatb	939,6	17,85	4,83%	64 - Innertak
Hampakalk	Hampakalk	2198,7	5,5	1,49%	31 - Väggar
Lättklinkerblock (Leca), oarmerade (IVL I	Lättklinkerbloc	1364	4,86	1,31%	24 - Grundkonstruktioner
Furu/gran, råspont 473 kg/m3 u=16% (I	Furu/gran, hyv	946,47	4,26	1,15%	46 - Yttertak övrigt
Furu/gran, läkt 45x220, 473 kg/m3 u=16	Furu/gran, hyv	646,21	2,91	0,79%	46 - Yttertak övrigt
Furu/gran, ram till hampakalk, 473 kg/m	Furu/gran, hyv	287,35	2,05	0,55%	31 - Väggar
Furu/gran, läkt 28x70, 473 kg/m3 u=16%	Furu/gran, hyv	248,46	1,12	0,30%	46 - Yttertak övrigt
Underlagspapp bitumen (IVL LCR)	Underlagspapp	174	0,83	0,22%	46 - Yttertak övrigt
Ytterdörrar, trä (IVL LCR), ca 24 kg/m2	Ytterdörrar, trä	62,4	0,47	0,13%	55 - Fönster/dörrar/partier/pc
Furu/gran, kortlingar, 473 kg/m3 u=16%	Furu/gran, hyv	77,48	0,35	0,09%	48 - Huskomplettering tak
Fönster, trä, tre glas (IVL LCR), ca 35 kg/	Fönster, trä, tr	44,8	0,34	0,09%	55 - Fönster/dörrar/partier/pc
Furu/gran, upplag, 473 kg/m3 u=16% (I	Furu/gran, hyv	61,3	0,28	0,07%	34 - Bjälklag/balkar
Elförzinkad beslag (IVL LCR)	Elförzinkad spil	7,04	0,03	0,01%	46 - Yttertak övrigt
Furu/gran, foder fönster, 473 kg/m3 u=1	Furu/gran, hyv	4,45	0,02	0,01%	59 - Ytterväggar övrigt
Furu/gran, foder dörr, 473 kg/m3 u=16%	Furu/gran, hyv	3,18	0,01	0,00%	59 - Ytterväggar övrigt
Glasull drev fönster(IVL LCR)	Glasull (IVL LCR	0,21	0	0,00%	31 - Väggar
Glasull drev dörr(IVL LCR)	Glasull (IVL LCR	0,15	0	0,00%	31 - Väggar

## Generell information

Ägare till deklARATIONEN	Kajsa Sjöberg
Deklarationen utförd av	Kajsa Sjöberg
Kontaktperson	Kajsa Sjöberg
Kontaktuppgifter	ka3552sj-s@student.lu.se
Deklarationen publicerad	

## Projektbeskrivning

Projektname	Komplementbyggnad C	Fastighetsbeteckning	BTA	53
Adress		Postnummer		
Typ av byggnadsverk		Ort		Atemp
Huvudsaklig hustyp	Lokalbyggnad			
Typ av byggprojekt		Ursprungligt byggnadsår		

### Projektbeskrivning

## Metodval

Jämförbarhet mellan olika byggnadsverk kräver samma omfattningen, hög datatäckning och att miljöpåverkan från användnings- och slutskedet är likvärdiga.

### Systemgränser

A Byggskedet					B Användningsskedet							C Slutskedet				D Utanför systemgränsen
Produktskedet			Byggproduktionsskedet		Användning	Underhåll	Reparation	Utbyte	Renovering	Driftenergi	Driftens vattenanvändning	Demontering, rivning	Transport	Resproduktshantering	Bortskaffning	
Råvaruförsörjning	Transport	Tillverkning	Transport	Bygg- och installationsprocessen												MND
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
					MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND

Teckenförklaring: X = modulen ingår, MND = modulen ingår inte

Följande delar ingår i A5:

- 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 dylikt, köpt el, fjärrvärme o.s.v.)
- A5.5 Övrigt miljöpåverkan från byggprocessen, inkluderar övergödning vid sprängning, markexploatering, kemikalieanvändning o.s.v.

### Datatäckning A1-A3 inklusive spill A5.1 (cut off)

**0%** Andel av resurssammansättningen resurser som ingår i miljöberäkningen, kr/kr totalt, givet som kostnads-% (givet att kostnader för alla resurser A1-A3 är angivna i BM)  
**100%** Andel av resurssammansättningen resurser som ingår i miljöberäkningen, kg/kg totalt, givet som vikt-% (givet att alla mängder för alla resurser A1-A3 är angivna i enheten kg i BM)  
**(röd %-andel)** = resurskostnad (SEK) resp. resursvikt (kg) är inte angiven för alla resurser och därmed kan inte datatäckning beräknas på korrekt sätt.

0 antal rader där enhetsomvandling inte genomförts i resurssammansättningen



# Klimatredovisning: Komplementbyggnad C

Baserat på metodik enligt EN 15804 och EN 15978

## EPD:er, egna miljödata och specifika transporter som ersätter generella data, A1-5 Byggskedet, eget val

Miljövarudeklaration (EPD)	kg CO <sub>2</sub> e	Ersatt generiska data	kg CO <sub>2</sub> e	klimatreduktion, %
Kalciumsilikatboard	749,7728	Kalciumsilikatboard	771,1957	3
Kalciumsilikatboard	749,7728	Kalciumsilikatboard	771,1957	3

Eget transportscenario	kg CO <sub>2</sub> e	Transport kopplat till generisk resurs	kg CO <sub>2</sub> e	klimatreduktion, %
Mark- och murtegel, återbrukat	287,625		1094,1255	74
Oarmerade prefabbetong såsom takpan	201,3715		244,4736	18
Återbrukat pålkap	21,9006		83,3099	74
165x450 Limträbalk (IVL LCR)	20,0921		17,3705	-16
Kalciumsilikatboard	15,552		36,9749	58
Kalciumsilikatboard	15,552		36,9749	58
Furu/gran, läkt 45x220, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16'	5,151		24,4929	79
Lättklinkerblock (Leca), oarmerade (IVL L	3,96		40,1702	90
Furu/gran, råspont, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16% (I	3,9164		18,6227	79
165x165 Limträbalk (IVL LCR)	3,0668		2,6514	-16
Furu/gran, läkt 28x70, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16%	1,08	(resursens miljöprestandas används även i d	5,1356	79
Underlagspapp bitumen (IVL LCR)	0,72		6,8472	89
Furu/gran, hammarband, 473 kg/m <sup>3</sup> u=1	0,4342		2,0647	79
Furu/gran, kortling, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16% (I	0,1937		0,921	79
Elförzinkad beslag (IVL LCR)	0,032		0,3043	89
Furu/gran, foder, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16% (IVL	0,0159		0,0756	79
Ytterdörrar, trä (IVL LCR), ca 24 kg/m <sup>2</sup>	0,0049		0,0249	80
Glasull drev dörr (IVL LCR)	0,0008		0,0071	89

Egna resurser	kg CO <sub>2</sub> e	(resursens miljöprestandas används även i det egna branschscenariot vid jämförelse)	
<b>Bygg- och installationsprocessen, A5.2-A5.5</b>			
Kalkylresurs eget namn	Kalkylresursens SBE namn	Vikt, kg	Klimatpåverkan, kg CO <sub>2</sub> e
<b>Bygg- och installationsprocessen, A5.2-A5.5</b>			
Kalkylresurs eget namn	Kalkylresursens SBE namn	Vikt, kg	Klimatpåverkan, kg CO <sub>2</sub> e



# Klimatredovisning: Komplementbyggnad C

Baserat på metodik enligt EN 15804 och EN 15978

Resurssammansättning (exklusive transporter inklusive spill), A1-A3 + A5.1							Andel av totala klimatpåverkan A1-3 + A5.1 per resurs		Byggsedel	Omräkningsfaktor
Kalkylresursens eget namn	Kalkylresursens SBE namn	Spill, %	Eget spill, %	Vikt, kg	Energi, MJ	Klimatpåverkan, kg CO <sub>2</sub> e				
Kalciumsilikatboard	Kalciumsilikatb	5	5	777,6	0	735	36,33%	64 - Innertak	1	
Kalciumsilikatboard	Kalciumsilikatb	5	5	777,6	0	735	36,33%	64 - Innertak	1	
Lättklinkerblock (Leca), oarmerade (IVL)	Lättklinkerbloc	5	5	1056	0	262,31	12,96%	24 - Grundkonstruktioner	1	
Underlagspapp bitumen (IVL LCR)	Underlagspapp	5	5	144	0	93,01	4,60%	46 - Yttertak övrigt	1	
Furu/gran, läkt 45x220, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16	Furu/gran, hyv	10	10	1030,19	0	57,62	2,85%	46 - Yttertak övrigt	1	
Furu/gran, råspont, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16% (	Furu/gran, hyv	10	10	783,29	0	43,81	2,17%	46 - Yttertak övrigt	1	
165x450 Limträbalk (IVL LCR)	Limträbalk (IVL	5	0	365,31	0	34,23	1,69%	34 - Bjälklag/balkar	1	
Mark- och murtegel, återbrukat	Mark- och mur	5	5	38350	0	22,59	1,12%	31 - Väggar	1	
Furu/gran, läkt 28x70, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16%	Furu/gran, hyv	10	10	216,01	0	12,08	0,60%	46 - Yttertak övrigt	1	
Eiförzinkad beslag (IVL LCR)	Eiförzinkad spi	5	5	6,4	0	9,43	0,47%	46 - Yttertak övrigt	1	
165x165 Limträbalk (IVL LCR)	Limträbalk (IVL	5	0	55,76	0	5,22	0,26%	34 - Bjälklag/balkar	1	
Furu/gran, hammarband, 473 kg/m <sup>3</sup> u=	Furu/gran, hyv	10	10	86,84	0	4,86	0,24%	31 - Väggar	1	
Oarmerade prefabbetong såsom takpan	Oarmerade pr	2	2	8569	0	4,76	0,24%	24 - Grundkonstruktioner	1	
Furu/gran, kortling, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16%	Furu/gran, hyv	10	10	38,74	0	2,17	0,11%	46 - Yttertak övrigt	1	
Återbrukat pålkap	Återbrukat by	5	2	2920,08	0	0,69	0,03%	24 - Grundkonstruktioner	1	
Glasull drev dörr (IVL LCR)	Glasull (IVL LCF	5	5	0,15	0	0,19	0,01%	31 - Väggar	1	
Furu/gran, foder, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16%	(IVL) Furu/gran, hyv	10	10	3,18	0	0,18	0,01%	59 - Ytterväggar övrigt	1	
Ytterdörrar, trä (IVL LCR), ca 24 kg/m <sup>2</sup>	Ytterdörrar, tr	0	0	0,66	0	0,15	0,01%	55 - Fönster/dörrar/partier/pr	1	

# Klimatredovisning: Komplementbyggnad C

Baserat på metodik enligt EN 15804 och EN 15978

Resurssammanställning, klimatpåverkan från transporter A4					
Kalkylresurs eget namn	Kalkylresursens SBE namn	Vikt, kg	Klimatpåverkan A4, kg CO2e	Andel av totala klimatpåverkan A4 per resurs	Byggdelen
Mark- och murtegel, återbrukat	Mark- och mur	38350	273,24	48,88%	31 - Väggar
Oarmerade prefabbetong såsom takpan	Oarmerade pre	8569	197,34	35,31%	24 - Grundkonstruktioner
Återbrukad pålkap	Återbrukad by	2920,08	21,46	3,84%	24 - Grundkonstruktioner
165x450 Limträbalk (IVL LCR)	Limträbalk (IVL	365,31	20,09	3,59%	34 - Bjälklag/balkar
Kalciumsilikatboard	Kalciumsilikatb	777,6	14,77	2,64%	64 - Innertak
Kalciumsilikatboard	Kalciumsilikatb	777,6	14,77	2,64%	64 - Innertak
Furu/gran, läkt 45x220, 473 kg/m3 u=16	Furu/gran, hyv	1030,19	4,64	0,83%	46 - Yttertak övrigt
Lättklinkerblock (Leca), oarmerade (IVL I	Lättklinkerbloc	1056	3,76	0,67%	24 - Grundkonstruktioner
Furu/gran, råspont, 473 kg/m3 u=16% (	Furu/gran, hyv	783,29	3,52	0,63%	46 - Yttertak övrigt
165x165 Limträbalk (IVL LCR)	Limträbalk (IVL	55,76	3,07	0,55%	34 - Bjälklag/balkar
Furu/gran, läkt 28x70, 473 kg/m3 u=16%	Furu/gran, hyv	216,01	0,97	0,17%	46 - Yttertak övrigt
Underlagspapp bitumen (IVL LCR)	Underlagspapp	144	0,68	0,12%	46 - Yttertak övrigt
Furu/gran, hammarband, 473 kg/m3 u=	Furu/gran, hyv	86,84	0,39	0,07%	31 - Väggar
Furu/gran, kortling, 473 kg/m3 u=16% (	Furu/gran, hyv	38,74	0,17	0,03%	46 - Yttertak övrigt
Elförzinkad beslag (IVL LCR)	Elförzinkad spil	6,4	0,03	0,01%	46 - Yttertak övrigt
Furu/gran, foder, 473 kg/m3 u=16% (IVL	Furu/gran, hyv	3,18	0,01	0,00%	59 - Ytterväggar övrigt
Ytterdörrar, trä (IVL LCR), ca 24 kg/m2	Ytterdörrar, trä	0,66	0	0,00%	55 - Fönster/dörrar/partier/pc
Glasull drev dörr (IVL LCR)	Glasull (IVL LCR	0,15	0	0,00%	31 - Väggar

## Generell information

Ägare till deklARATIONEN	Kajsa Sjöberg
Deklarationen utförd av	Kajsa Sjöberg
Kontaktperson	Kajsa Sjöberg
Kontaktuppgifter	ka3552sj-s@student.lu.se
Deklarationen publicerad	

## Projektbeskrivning

Projektnamn	Komplementbyggnad D	Fastighetsbeteckning	BTA	23
Adress	Postnummer	Ort	Atemp	
Typ av byggnadsverk				
Huvudsaklig hustyp	Lokalbyggnad			
Typ av byggprojekt		Ursprungligt byggnadsår		

## Projektbeskrivning

## Metodval

Jämförbarhet mellan olika byggnadsverk kräver samma omfattningen, hög datatäckning och att miljöpåverkan från användnings- och slutskedet är likvärdiga.

### Systemgränser

A Byggskedet					B Användningsskedet							C Slutskedet				D Utanför systemgränsen	
Produktskedet			Byggproduktionsskedet		Användning	Underhåll	Reparation	Utbyte	Renovering	Driftenergi	Driftens vattenanvändning	Demontering, rivning	Transport	Resproduktshantering	Bortskaffning		
Råvaruförsörjning	Transport	Tillverkning	Transport	Bygg- och installationsprocessen												B1	B2
A1	A2	A3	A4	A5	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	D
																	MND

Teckenförklaring: X = modulen ingår, MND = modulen ingår inte

Följande delar ingår i A5:

- 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 dylikt, köpt el, fjärrvärme o.s.v.)
- A5.5 Övrigt miljöpåverkan från byggprocessen, inkluderar övergödning vid sprängning, markexploatering, kemikalieanvändning o.s.v.

### Datatäckning A1-A3 inklusive spill A5.1 (cut off)

**0%** Andel av resurssammansättningens resurser som ingår i miljöberäkningen, kr/kr totalt, givet som kostnads-% (givet att kostnader för alla resurser A1-A3 är angivna i BM)  
**100%** Andel av resurssammansättningens resurser som ingår i miljöberäkningen, kg/kg totalt, givet som vikt-% (givet att alla mängder för alla resurser A1-A3 är angivna i enheten kg i BM)  
 (röd %-andel) = resurskostnad (SEK) resp. resursvikt (kg) är inte angiven för alla resurser och därmed kan inte datatäckning beräknas på korrekt sätt.

0 antal rader där enhetsomvandling inte genomförts i resurssammansättningen



# Klimatredovisning: Komplementbyggnad D

Baserat på metodik enligt EN 15804 och EN 15978

## EPD:er, egna miljödata och specifika transporter som ersätter generella data, A1-5 Byggskedet, eget val

Miljövarudeklaration (EPD)	kg CO <sub>2</sub> e	Ersatt generiska data	kg CO <sub>2</sub> e	klimatreduktion, %
Grus	13,864	Grus	99,392	86
Kalciumsilikatskiva	385,2999	Kalciumsilikatskiva	396,3089	3
Kalciumsilikatskiva	385,2999	Kalciumsilikatskiva	396,3089	3
KL-trä	311,953	KL-trä	312,4829	0

Eget transportskenario	kg CO <sub>2</sub> e	Transport kopplat till generisk resurs	kg CO <sub>2</sub> e	klimatreduktion, %
Oarmerade prefabbetong såsom takpann	86,6915		105,2472	18
Återbrukad pålkap	17,338		65,9537	74
Grus	10		95,1	89
Sand (IVL LCR)	10		32,334	69
Kalciumsilikatskiva	7,992		19,001	58
Kalciumsilikatskiva	7,992		19,001	58
Återbrukad lera	7,5		57,06	87
Limträstolpe (IVL LCR)	4,6881		4,0531	-16
Lättklinkerblock (Leca), oarmerade (IVL L	3,135		31,8014	90
Limträbalk (IVL LCR)	2,3441		2,0266	-16
<b>Limträbalk (IVL LCR)</b>	<b>2,3441</b>	<b>(resursens miljöprestandas används även i d</b>	<b>2,0266</b>	<b>-16</b>
Furu/gran, råspont, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16% (I	2,0126		9,57	79
Furu/gran, läkt 45x220, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16'	1,2643		6,0119	79
Furu/gran, läkt 28x70, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16%	0,5702		2,7111	79
Ytterdörrar, trä (IVL LCR), ca 24 kg/m <sup>2</sup>	0,4914		2,4924	80
Underlagspapp bitumen (IVL LCR)	0,37		3,5187	89
Furu/gran, kortling, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16% (I	0,1043		0,4959	79
Elförzinkad beslag (IVL LCR)	0,016		0,1522	89
Furu/gran, foder ytterdörr, 473 kg/m <sup>3</sup> u:	0,0159		0,0756	79
Glasull drev ytterdörr (IVL LCR)	0,0008		0,0071	89

## Bygg- och installationsprocessen, A5.2-A5.5

Egna resurser	kg CO <sub>2</sub> e	(resursens miljöprestandas används även i d	Vikt, kg	Klimatpåverkan, kg CO <sub>2</sub> e
---------------	----------------------	---	----------	--------------------------------------

## Bygg- och installationsprocessen, A5.2-A5.5

Kalkylresurs eget namn	Kalkylresursens SBE namn	Vikt, kg	Klimatpåverkan, kg CO <sub>2</sub> e
------------------------	--------------------------	----------	--------------------------------------

# Klimatredovisning: Komplementbyggnad D

Baserat på metodik enligt EN 15804 och EN 15978

Resurssammansättning (exklusive transporter inklusive spill), A1-A3 + A5.1							Andel av totala klimatpåverkan A1-3 + A5.1 per resurs		Bygghedel	Omräkningsfaktor
Kalkylresurs eget namn	Kalkylresursens SBE namn	Spill, %	Eget spill, %	Vikt, kg	Energi, MJ	Klimatpåverkan, kg CO2e				
Kalciumsilikat	Kalciumsilikat	5	5	399,6	0	377,71	28,56%	64 - Innertak	1	
Kalciumsilikat	Kalciumsilikat	5	5	399,6	0	377,71	28,56%	64 - Innertak	1	
Lättklinkerblock (Leca), oarmerade (IVL)	Lättklinkerblock	5	5	836	0	207,66	15,70%	24 - Grundkonstruktioner	1	
KL-trä	KL-trä	5	0	2476,8	0	194,18	14,68%	31 - Väggar	1	
Underlagspapp bitumen (IVL LCR)	Underlagspapp	5	5	74	0	47,8	3,61%	46 - Yttertak övrigt	1	
Sand (IVL LCR)	Sand (IVL LCR)	5	0	2000	0	30	2,27%	31 - Väggar	1	
Furu/gran, råspont, 473 kg/m3 u=16%	Furu/gran, hyv	10	10	402,52	0	22,51	1,70%	42 - Taklagskomplettering	1	
Ytterdörrar, trä (IVL LCR), ca 24 kg/m2	Ytterdörrar, trä	0	0	65,52	0	15,2	1,15%	55 - Fönster/dörrar/partier/pt	1	
Furu/gran, läkt 45x220, 473 kg/m3 u=16%	Furu/gran, hyv	10	10	252,87	0	14,14	1,07%	42 - Taklagskomplettering	1	
Limträstolpe (IVL LCR)	Limträbalk (IVL)	5	5	85,24	0	8,24	0,62%	34 - Bjälklag/balkar	1	
Furu/gran, läkt 28x70, 473 kg/m3 u=16%	Furu/gran, hyv	10	10	114,03	0	6,38	0,48%	42 - Taklagskomplettering	1	
Elförzinkad beslag (IVL LCR)	Elförzinkad spi	5	0	3,2	0	4,71	0,36%	46 - Yttertak övrigt	1	
Limträbalk (IVL LCR)	Limträbalk (IVL)	5	5	42,62	0	4,12	0,31%	34 - Bjälklag/balkar	1	
Limträbalk (IVL LCR)	Limträbalk (IVL)	5	5	42,62	0	4,12	0,31%	34 - Bjälklag/balkar	1	
Grus	Grus	5	0	2000	0	3,86	0,29%	31 - Väggar	1	
Oarmerade prefabbetong såsom takpan	Oarmerade pri	2	2	3689	0	2,05	0,15%	29 - Husunderbyggnad övrigt	1	
Furu/gran, kortling, 473 kg/m3 u=16%	Furu/gran, hyv	10	10	20,86	0	1,17	0,09%	46 - Yttertak övrigt	1	
Återbrukad pålkap	Återbrukad byj	5	2	2311,73	0	0,54	0,04%	24 - Grundkonstruktioner	1	
Glasull drev ytterdörr (IVL LCR)	Glasull (IVL LCF)	5	5	0,15	0	0,19	0,01%	59 - Ytterväggar övrigt	1	
Furu/gran, foder ytterdörr, 473 kg/m3 u=16%	Furu/gran, hyv	10	10	3,18	0	0,18	0,01%	59 - Ytterväggar övrigt	1	
Återbrukad lera	Återbrukad byj	5	0	2000	0	0	0,00%	31 - Väggar	1	

# Klimatredovisning: Komplementbyggnad D

Baserat på metodik enligt EN 15804 och EN 15978

Resurssammanställning, klimatpåverkan från transporter A4					
Kalkylresurs eget namn	Kalkylresursens SBE namn	Vikt, kg	Klimatpåverkan A4, kg CO2e	Andel av totala klimatpåverkan A4 per resurs	Byggdelen
KL-trä	KL-trä	2476,8	117,77	42,25%	31 - Väggar
Oarmerade prefabbetong såsom takpan	Oarmerade pre	3689	84,96	30,48%	29 - Husunderbyggnad övrigt
Återbrukad pålkap	Återbrukad by	2311,73	16,99	6,10%	24 - Grundkonstruktioner
Grus	Grus	2000	10	3,59%	31 - Väggar
Sand (IVL LCR)	Sand (IVL LCR)	2000	10	3,59%	31 - Väggar
Kalciumsilikatskiva	Kalciumsilikatsl	399,6	7,59	2,72%	64 - Innertak
Kalciumsilikatskiva	Kalciumsilikatsl	399,6	7,59	2,72%	64 - Innertak
Återbrukad lera	Återbrukad by	2000	7,5	2,69%	31 - Väggar
Limträstolpe (IVL LCR)	Limträbalk (IVL	85,24	4,45	1,60%	34 - Bjälklag/balkar
Lättklinkerblock (Leca), oarmerade (IVL	Lättklinkerbloc	836	2,98	1,07%	24 - Grundkonstruktioner
Limträbalk (IVL LCR)	Limträbalk (IVL	42,62	2,23	0,80%	34 - Bjälklag/balkar
Limträbalk (IVL LCR)	Limträbalk (IVL	42,62	2,23	0,80%	34 - Bjälklag/balkar
Furu/gran, råspont, 473 kg/m3 u=16% (	Furu/gran, hyv	402,52	1,81	0,65%	42 - Taklagskomplettering
Furu/gran, läkt 45x220, 473 kg/m3 u=16	Furu/gran, hyv	252,87	1,14	0,41%	42 - Taklagskomplettering
Furu/gran, läkt 28x70, 473 kg/m3 u=16	Furu/gran, hyv	114,03	0,51	0,18%	42 - Taklagskomplettering
Ytterdörrar, trä (IVL LCR), ca 24 kg/m2	Ytterdörrar, trä	65,52	0,49	0,18%	55 - Fönster/dörrar/partier/pc
Underlagspapp bitumen (IVL LCR)	Underlagspapp	74	0,35	0,13%	46 - Yttertak övrigt
Furu/gran, kortling, 473 kg/m3 u=16% (	Furu/gran, hyv	20,86	0,09	0,03%	46 - Yttertak övrigt
Elförzinkad beslag (IVL LCR)	Elförzinkad spil	3,2	0,02	0,01%	46 - Yttertak övrigt
Furu/gran, foder ytterdörr, 473 kg/m3 u	Furu/gran, hyv	3,18	0,01	0,01%	59 - Ytterväggar övrigt
Glasull drev ytterdörr (IVL LCR)	Glasull (IVL LCR)	0,15	0	0,00%	59 - Ytterväggar övrigt