



CHALMERS



# Kostnad, miljö och tidsåtgång inom byggprocessen

En studie av prefabricerad och platsgjuten betong till  
stommen i flerbostadshus

Examensarbete för högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi och  
Produktionsteknik

HJALMAR BOSTRÖM  
FOLKE KARSTRÖM

INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION



Rapportnummer E2022:055

# Kostnad, miljö och tidsåtgång inom byggprocessen

## En studie av prefabricerad och platsgjuten betong till stommen i flerbostadshus

Hjalmar Boström

Folke Karström

TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION  
Avdelningen för supply and operations management  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2022

Kostnad, miljö och tidsåtgång inom byggprocessen  
En studie av prefabricerad och platsgjuten betong till stommen i flerbostadshus

HJALMAR BOSTRÖM  
FOLKE KARSTRÖM

©HJALMAR BOSTRÖM, 2022  
©FOLKE KARSTRÖM, 2022

Rapportnummer E2022:055  
Teknikens ekonomi och organisation  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Sverige  
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Göteborg, Sverige 2022

## FÖRORD

Det här examensarbetet skrevs under vårterminen 2022 som avslutande del för högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi och Produktionsteknik på Chalmers Tekniska Högskola under institutionen för teknikens ekonomi och organisation. Arbetet omfattar 15 HP. Vi vill tacka Peri Sverige AB för att de har låtit oss skriva för dem och samarbetet vi haft med dem under arbetets gång. De har bidragit med material och stöd till studien. Vi vill tacka Mikael Englund som är försäljningschef på Peri Sverige AB i Stockholm för att ha varit vår handledare från företaget. Vi vill även tacka Johan och Patrik från kontoret i Göteborg som tog med oss på observationer i Göteborg.

Vi vill även tacka vår handledare Cecilia Åberg och examinator Frida Lind som hjälpt oss mycket med strukturen av rapporten och bidragit med stort stöd under hela arbetet. Utöver det vill vi även tacka de anonyma personer vi intervjuat som bidragit till rapportens resultat.

## **SAMMANFATTNING**

Byggbranschen förändras ständigt och branschen måste möta nya typer av behov från kunder och samhället. En av dagens stora frågor i samhället är hur klimatavtrycken skall minskas. Det gäller då att företag och verksamheter är medvetna om sin klimatpåverkan. Det är då av vikt att analysera sina verksamheter och arbeta med att förminska sitt klimatavtryck.

Detta examensarbete är en studie om klimatpåverkan, kostnad samt tidsåtgång inom byggprocessen. Mer specifikt för produktionen av platsgjuten betong och prefabricerad betong för stommen till ett flerbostadshus i ett tillverkningskedje. Studien har utförts på PERI Sverige AB:s förfrågan. PERI Sverige AB är ett företag som tillhör PERI-koncernen. PERI Sverige AB jobbar främst med att hyra och distribuera diverse formar samt industriställningssystem för betongbyggen. Teorikapitlet tar upp relevant teoretisk referensram för att genomföra studien.

Studiens metodkapitel innehåller en beskrivning av litteraturstudien, observationerna samt intervjuerna. Litteraturstudien består av källor samt dokument för att få förståelse och samla data till resultatet. Observationerna genomfördes på olika arbetsplatser i Göteborg där det arbetades både med prefabricerad och platsgjuten betong. Intervjuerna genomfördes med respondenter som arbetar på företag som arbetar med de olika metoderna. Intervjuer genomfördes också vid företag som är leverantörer av betong och hos PERI Sverige AB för att få förståelse för deras verksamhet.

Resultatet av den genomförda studien tyder på att en platsgjuten betongstomme är det billigare alternativet samt det med minst klimatavtryck i jämförelse med en prefabricerad betongstomme i Sverige. För tidsåtgång är dock prefabricerad betong det bättre alternativet. Det är dock många faktorer som spelar roll för valda parametrar och bästa tillverkningsmetod kan skilja sig mellan olika flerbostadsprojekt. Ett exakt svar för vad som är det bästa alternativet blir därför inte möjligt att ge. För att i ett framtida skede kunna ge svar på vad som är bäst rekommenderas vidare studier på fler omfattade LCA:er och undersökning av klimatanpassad betong.

**Nyckelord:** Betong, prefabricerat, platsgjutet, stomme, flerbostadshus

## **ABSTRACT**

The Swedish construction industry is in constant change and are forced to meet the new needs set from the customers and the society. One of the most central challenges the humanity is against is how to lower our climate footprint. It is of great importance for companies and operations to be conscious for their emissions. In order to do so it is needed for them to analyze their operations and to work towards a more sustainable future.

This thesis is a study about climate impact, cost and time expenditure within the construction process. Specifically the production of prefabricated and in-situ concrete framework for apartment buildings. The thesis was made upon a request from PERI Sverige AB. PERI Sverige AB is a company within the PERI group which originates from Germany. PERI Sverige AB mostly work with renting and distribution of concrete mould, scaffoldings and other components that's vital for concrete work. The thesis' theory chapter contains relevant theoretical framework which is needed in order to complete the study.

The methodology of the thesis describes the literature study, observations and interviews. The literature study are based on a number of sources and documents which are fundamental for the understanding and the use of data within the thesis. The observations were carried out at two different construction sites in Gothenburg. One with mainly precast concrete and one mainly working with in-situ concrete. The interviews were made at companies working with both of the manufacturing methods. Concrete producers and PERI Sverige AB were also interviewed in order to get a better understanding for their organization.

The result of the study shows that in-situ concrete, when it's compared to precast concrete, is the cheaper and also more eco-friendly alternative when it comes to producing a concrete framework for an apartment building in Sweden. On the other hand is in-situ more time consuming in the construction process. It is not a definite answer though because cost, time and emissions differ a lot between projects. Almost every building is unique for its size, shape and geographical position which all affects the price, time and emissions. In order to get a more definite answer we recommend more life cycle assessments for concrete frameworks and also more extensive studies within low-carbon concrete.

**Keywords:** Concrete, prefabricated, in-situ, (concrete) framework, apartment buildings

## **BETECKNINGAR**

Nedan presenteras olika begrepp samt ord som är vanligt förekommande inom byggbranschen och beteckningar som förekommer i rapporten.

**Prefab** = Betong som gjuts på fabrik för att sedan transporteras som färdiga delar till en byggarbetsplats.

**Platsgjuten** = Betong som gjuts på byggarbetsplatsen.

**BTA** = Bruttoarea för byggnad, anges i kvadratmeter

**VST** = En form som används vid byggnation som sedan blir kvar i byggnationen.

**LCA** = Livscykelanalys

**A1-A5** = Produktens moduler inom byggskedet av livscykelanalysen

**CO<sub>2</sub> & CO<sub>2e</sub>** = Koldioxid och koldioxid-ekvivalenter, mäts för att beräkna klimatutsläpp.

**FBH** = Flerbostadshus



# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1. INLEDNING</b> .....	<b>1</b>
1.1 PERI SVERIGE AB.....	1
1.2 PERI SVERIGE AB:S ROLL I BYGGBRANSCHEN.....	3
1.3 BAKGRUND.....	4
1.3.1 <i>Problemformulering</i> .....	5
1.4 SYFTE.....	6
1.5 AVGRÄNSNINGAR.....	6
1.6 PRECISERING AV FRÅGESTÄLLNING .....	7
1.7 RAPPORTSTRUKTUR.....	7
<b>2. TEORETISK REFERENSRAM</b> .....	<b>8</b>
2.1 LEAN PRODUCTION.....	8
2.2 OPERATIONS MANAGEMENT.....	10
2.3 KOSTNADSANALYS.....	12
2.4 KLIMATPÅVERKAN.....	13
2.5 LIVSCYKELANALYS.....	14
<b>3. METOD</b> .....	<b>17</b>
3.1 STUDIENS UPPLÄGG .....	17
3.2 LITTERATURSTUDIE.....	17
3.3 INTERVJUMETODIK.....	18
3.4 OBSERVATIONER .....	18
3.5 ANVÄNDNING AV DATA OCH EMPIRI.....	19
3.6 PÅLITLIGHET .....	19
3.6.1 <i>Validitet</i> .....	19
3.6.2 <i>Reliabilitet</i> .....	20
<b>4. RESULTAT</b> .....	<b>21</b>
4.1 RESULTAT FÖR KLIMATPÅVERKAN.....	21
4.2 RESULTAT FÖR KOSTNAD.....	27
4.3 RESULTAT FÖR TIDSÅTGÅNG.....	29
<b>5. ANALYS</b> .....	<b>33</b>
5.1 ANALYS AV KLIMATPÅVERKAN.....	33
5.2 ANALYS AV KOSTNAD .....	33
5.3 ANALYS AV TIDSÅTGÅNG.....	35
<b>6. DISKUSSION</b> .....	<b>36</b>
6.1 PLATSGJUTEN STOMME KONTRA PREFABRICERAD STOMME.....	36
6.2 JÄMFÖRELSE MED LIKNANDE STUDIER.....	36
6.3 METODVAL OCH UTFÖRANDE.....	37
<b>7. SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER</b> .....	<b>38</b>
7.1 SLUTSATS .....	38
7.2 REKOMMENDATIONER FÖR FORTSATT STUDIER .....	39

# 1. INLEDNING

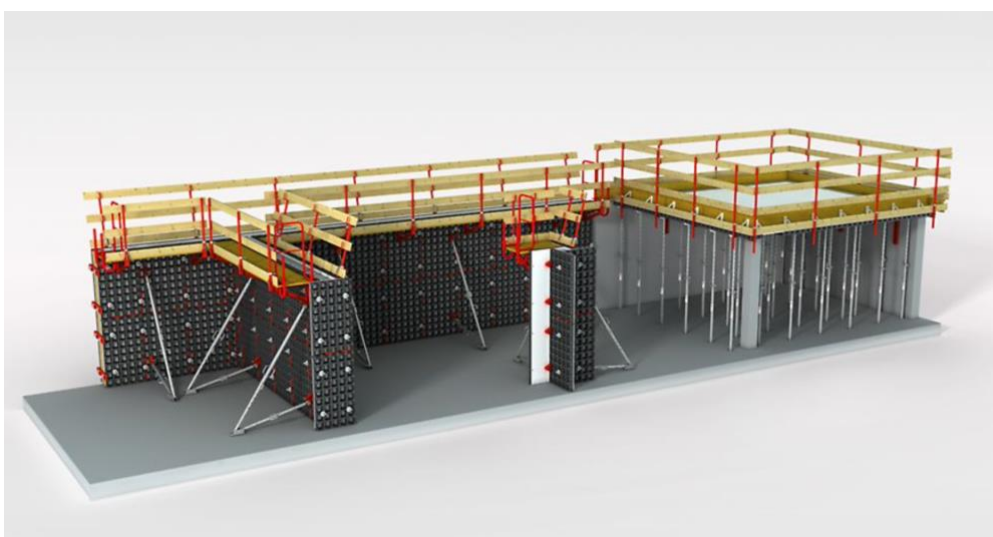
Det här kapitlet ger läsaren en inblick i byggföretaget PERI Sverige AB. I kapitlet preciseras även vad arbetet innefattar, varför det genomförs och vad målet med arbetet är. I följande kapitel presenteras även avgränsningar och Peri Sverige AB:s kunder.

## 1.1 PERI Sverige AB

Examensarbetet har genomförts hos byggföretaget PERI Sverige AB. Peri Sverige AB grundades 1993 och har idag ca 150 anställda och omsätter ca 450 miljoner kronor. PERI Sverige AB ägs av PERI-koncernen. PERI-koncernen grundades 1969 av Arthur Schwörer och har idag sitt huvudkontor i Weissenhorn i Tyskland. I koncernen finns idag 69 dotterbolag och 160 logistikcenter världen över. Koncernen har ca 9500 anställda och en årlig omsättning på drygt 16 miljarder kronor. PERI-koncernen är idag ett av de marknadsledande företagen inom form-och ställningssystem (PERI, u.å.).

PERI Sverige AB arbetar mestadels i Sverige med att hyra ut och distribuera diverse formsystem för betongkonstruktioner och industri-ställningssystem. Formsystemen för betongkonstruktioner är en produktvara som PERI-koncernen tillverkar vid huvudfabriken i Tyskland. PERI Sverige AB:s största intäkter kommer från uthyrning av formsystemen (PERI, u.å.).

Ett formsystem för betongkonstruktioner är en typ av form som används för att gjuta betongen till önskad form. Formsystemen är uppbyggda av olika stålramar som tätas med hjälp av plywood, dessa formar placeras sedan på önskat ställe vid en byggnation för att sedan fyllas med betong. Ett exempel på hur ett formsystem för betongkonstruktioner ser ut kan ses på figur 1 nedan.



*Figur 1. Formsystem för betong. (PERI Sverige AB, u.å.).*

Ett industriställningssystem är ett flexibelt ställningssystem som används vid byggnation för olika konstruktioner som exempelvis stommar vid broar där det krävs flexibla lösningar på ställningssystem (PERI, u.å.).



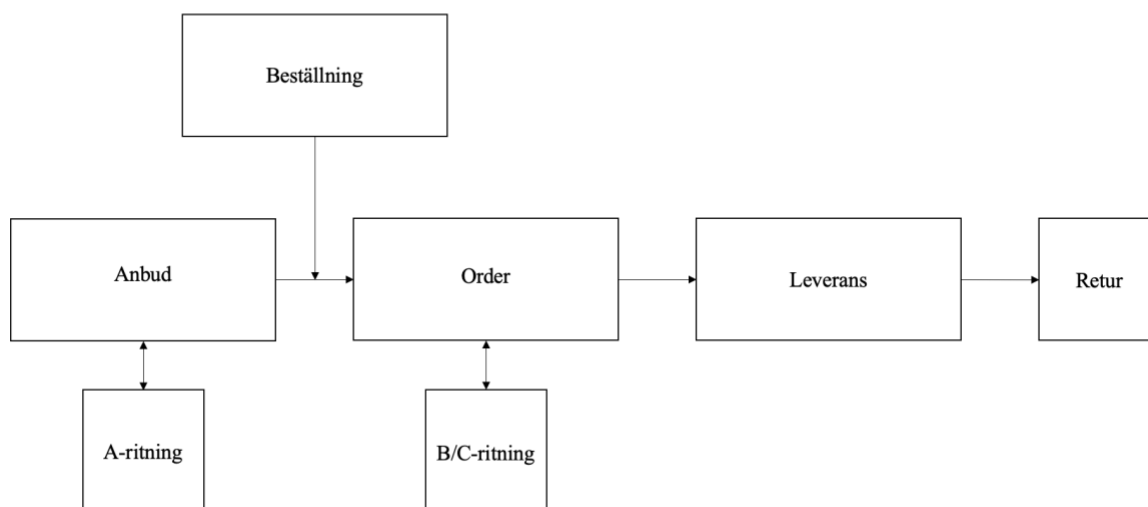
*Figur 2. Ställningssystem. (PERI Sverige AB, u.å.)*

PERI Sverige AB:s produktutbud omfattar dessutom följande:

- Plywoodskivor som används vid gjutning.
- Mjukvara och appar som hjälpskap vid byggnation.
- Erbjudande av tjänster som service, underhåll och logistik med mera.

PERI Sverige AB:s affärsmodell fungerar på sådant sätt att företaget tar emot anbud, om det inte redan finns skrivna avtal mellan PERI Sverige AB och kunden, och efter det läggs en order (*se figur 3 nedan*). Om det behövs genomför PERI Sverige AB en preliminär ritning efter kundens önskemål som kallas A-ritning. Om anbudet accepteras placeras en order på de produkter som PERI Sverige AB skall leverera. Eventuellt kan arbetet behöva kompletteras med en mer utförlig ritning som benämns som B/C-ritning. Sedan levereras produkterna och när byggnationen är slutförd returneras de till PERI Sverige AB (PERI, u.å.).

# Huvudprocesser PERI Sverige AB



Figur 3. PERI Sverige AB huvudprocesser. (Författarnas egen figur, 2022).

## 1.2 PERI Sverige AB:s roll i byggbranschen

PERI Sverige AB:s roll vid byggnationen av ett platsgjutet bygge är att de hyr ut och distribuerar önskad produkt till kunden som oftast är ett sorts entreprenadföretag eller byggherre. När produkten väl levererats till kunden ansvarar kunden för användningen av produkten och beställning av övrigt material för att färdigställa byggnationen. När kunden använt PERI Sverige AB:s produkt packar kunden ihop produkten och PERI Sverige AB hämtar produkten tillbaka till sin lagerdepå som retur (se figur 4).

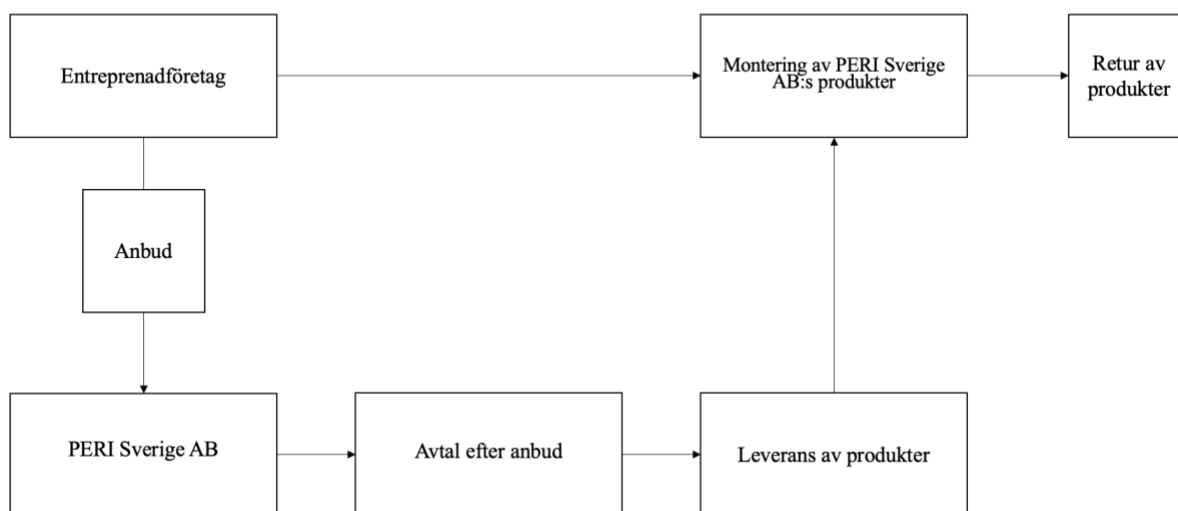
För byggnation av prefabricerad betong skiljer sig Peri Sverige AB:s roll något mot platsgjuten. Deras roll blir i stället att hjälpa till med projekteringen av själva bygget och bidra med stöd för monteringen av de prefabricerade elementen. Prefabricerade valv behöver kompletteras med platsgjuten betong för att kunna gjuta innerrör och då bidrar Peri med mindre formar för de momenten där kompletterande betong behövs. För varje våning krävs det även platsgjuten betong över prefabgolven vilket PERI Sverige AB hjälper till med. Likväl där är det entreprenadföretaget som ansvarar för inköp av betong.

När PERI Sverige AB får ett anbud erbjuder de att lösa allt med gjutschema och planering av projektet för gjutningen. PERI Sverige AB monterar ej formarna och ansvarar inte heller för att köpa in betong, det utförs av beställaren. PERI Sverige AB:s beställare väljer själva vilken tillverkningsmetod som används för projektet.

PERI Sverige AB har idag intresse att utveckla ett mer dynamiskt och anpassningsbart formsystem vid byggnation med betongkonstruktioner för att standardisera delprocesser av byggandet med betong i stället för att börja från ett blankt papper för varje projektstart. PERI Sverige AB vill att det jobb de utför skall vara identiska gentemot varandra. Med andra ord så skall byggnationer på olika geografiska platser i Sverige inte skilja sig från varandra i avseende på utförande.

Med ett välutvecklat standardiserat system kommer PERI Sverige AB troligen få en mer effektiv byggprocess som kan leda till både förhöjd kvalitet vid byggnation och lägre kostnader.

## PERI Sverige AB:s roll i byggbranschen



Figur 4. PERI Sverige ABs roll i byggbranschen. (Författarnas egen figur, 2022).

### 1.3 Bakgrund

Byggprocessen utvecklas alltmer mot en industrialiserad process och det är viktigt för byggföretagen att följa den utvecklingen som sker för att erbjuda den kvalitet och kostnad som kunderna söker. Det är också viktigt, vid byggnation i Sverige, att företagen som är ansvariga för en byggarbetsplats följer de lagar som sätts av Boverket. När företaget som vill bygga bevisat att bygget följer lagarna och när övriga dokument som måste godkännas eller beviljas blivit godkända kan byggprocessen börja. Övriga dokument kan exempelvis vara bygglov eller kontrollplan (Boverket, 2020a).

En av dagens större delar av byggprocesserna är resande av bärande stomme till ett byggnadsverk. En bärande stomme består av balkar, bjälklag, pelare och väggar. En bärande stomme måste vara godkänd för att få användas vid ett byggverk. För att stommen skall vara

godkänd krävs det att konstruktionsreglerna, EKS (europeiska konstruktionsstandarden) samt de svenska reglerna för stadga, bärförmåga och beständighet uppfyllas (Boverket, 2020b). Det innebär att stommen tillverkas av rätt material för ändamålet, och stommen har beräknats för att tåla den fysiska påfrestning den kommer att utsättas för.

Bärande stommar utgör den största delen vid byggnation av flerbostadshus och de allra flesta är tillverkade av betong (Statistiska centralbyrån, u.å.). Eftersom betongstommen är byggnationens mest centrala del bidrar den till störst påverkan av byggets klimatutsläpp och kan ofta gå upp till 60% av utsläppet i byggskedet (Malmqvist, et al., 2021). Betongens klimatpåverkan förblir därför en vital del av stommens och byggnationens totala klimatpåverkan.

### **1.3.1 Problemformulering**

Vid byggnation av stommar till flerbostadshus med betong finns det två huvudgrupper av tillverkningsmetoder, dessa grupper är platsgjuten och prefabricerad betong. Det finns också en hybridvariant som innebär att det delvis byggs med prefabricerat samtidigt som vissa komponenter gjuts på plats.

Platsgjuten betong är färsk betong som levereras till byggarbetsplatsen för att gjas i formarna som PERI Sverige AB försett entreprenören med. Den är ofta självkompakterande och pumpas ut i diverse former med prefabricerade armeringsjärn och nät. Prefabricerad betong är betong som tillverkats på fabrik och transporteras i färdiga delar såsom väggar eller bjälklag. Delarna transporteras med lastbil och monteras sedan ihop på arbetsplatsen. Oavsett för vilken tillverkningsmetod som används gjuts alltid bottenplattan på plats.

Rent kvalitetsmässigt är det ingen avgörande skillnad mellan de två metoderna gällande den färdiga betongstommen. Eftersom de två metoderna är så pass lika i kvalitet blir valet av metod en fråga om övriga komponenter. Ofta är det en kostnadsfråga då alla företags främsta mål är att vara lönsamma. Även faktorer som tidsåtgången och miljöpåverkan för projektet kan vara av intresse för företaget.

Geografiskt läge för bygget kan påverka kostnaden samt tidsåtgången för projektet och kan därmed spela en stor roll. Idag är klimatfrågan generellt väldigt central och klimatmedvetenheten har blivit en betydande faktor i många branscher, inte minst i byggbranschen. Företag inom byggbranschen arbetar aktivt med klimatfrågan. Företagen inom byggbranschen ser över deras processer i flödeskedjan från produktion till byggnation för att bli mer uppmärksamma om sina klimatutsläpp och därmed avgöra vad som kan göras för att minska sina utsläpp.

Sverige har som mål att det år 2030 ska finnas klimatneutral betong tillgänglig på marknaden. Sverige har även år 2045 som mål att all betong som används ska vara klimatneutral (Fossilfritt Sverige, 2018). För att betongbranschen ska nå dessa mål arbetar Sveriges betongtillverkare med att framställa klimatneutral betong. Idag finns det klimatförbättrad betong, det är en betong som genom aktiv optimering av tillverkaren har en 10% mindre klimatpåverkan i jämförelse med den standardbetong som annars skulle använts (Svensk Betong, 2019). Enligt Svensk Betong (2019) har betongen som används idag förbättrats miljömässigt och har ungefär 30% mindre miljöpåverkan i form av utsläpp av koldioxidekvivalenter i jämförelse med den som användes för 20 år sedan.

I juli 2021 beslutade Sveriges riksdag att från och med 1 januari 2022 ligger det krav på byggherren att redovisa en klimatdeklaration för alla nya byggnader. Klimatdeklarationen behandlar alla de klimatutsläpp som framkommer under byggnadsprocessen (Finansdepartementet, 2021). Dessa deklARATIONER benämns inom byggbranschen för EPD:er (Environmental Product Declaration). Med klimatdeklarationen är det numera obligatoriskt för byggherren att kontrollera sina utsläpp och även redovisa dem. En EPD kan användas av både användare och tillverkare. För en användare kan det vara nödvändigt för att säkerställa att byggprocessen gått rätt till. Användaren kan vara säker på att siffrorna och datan stämmer då datan beräknats på ett standardiserat sätt och det är krav på en oberoende granskning av deklARATIONEN (Svensk Betong, 2018). Införandet av EPD:er sätter en riktlinje för att fortsätta arbetet mot en mer klimatvänlig byggnation genom att identifiera var i byggprocessen klimatutsläppen finns och hur stora utsläppen är.

## **1.4 Syfte**

Syftet med detta examensarbete är att ge förståelse för vilket arbetssätt som är mest effektivt för tillverkningen och byggnationen av en betongstomme vid ett flerbostadsprojekt. Effektiviteten för tillverkningen och byggnationen kommer att mätas på tidsåtgång, kostnad och miljöpåverkan i form av klimatutsläpp.

## **1.5 Avgränsningar**

Arbetet berör enbart de tre faktorerna tid, klimatpåverkande utsläpp och kostnad för en betongstomme inom ett flerbostadsprojekt i Sverige. Detta från att beställningen av produkten är gjord till att den är färdig installerad på byggarbetsplatsen. Drift och underhåll av betongstommen kommer ej att vara av relevans. Projektet kommer ej behandla mått av kvalitet, och inte heller sociala eller fysiska faktorer påverkan på arbetarna vid arbete med betongstommen. Jämförelsen av tillverkningsmetoderna kommer behandla branschsnittet för "vanlig" betong och inte behandla klimatanpassad betong eftersom studien avser att jämföra tillverkningsmetod och inte enskilda betongegenskaper.

## **1.6 Precisering av frågeställning**

*- Hur skiljer sig klimatavtrycket av att producera och transportera prefabricerad betong jämfört med att platsgjuta en betongstomme för ett flerbostadshus?*

*- Hur stor skillnad i tid är det att färdigställa en stomme och hur lång uttorkningstid innan det går att påbörja inredningsarbetet för de respektive metoderna?*

*- Vad blir skillnaden i totalkostnaden för en stomme i ett flerbostadshus mellan de olika metoderna?*

## **1.7 Rapportstruktur**

Rapporten består av sex kapitel. Kapitel 1–3 är bakgrund, teoretisk referensram och metod. Dessa är grunden för arbetet och beskriver förkunskaper som är nödvändiga för att förstå resultatet och beskriver även hur resultatet togs fram. Kapitel 4–6 är resultat, analys & diskussion och slutsats. Dessa kapitel presenterar, analyserar och diskuterar resultatet. Därefter presenteras en slutsats för arbetet och framtida forskningsförslag inom området.



## 2. TEORETISK REFERENS RAM

I detta kapitel presenteras den teoretiska referensram som kommer att användas i studien för att uppnå syftet med arbetet.

### 2.1 Lean Production

Lean production är en företagsfilosofi som härstammar från Japan och implementerades av det multiinternationella företaget Toyota. Lean production började användas under 1940-talet efter att Toyotas grundare fått stöd från USA:s armé i form av en handbok om strategi och organisation. Detta innehåll lade grund för det arbete som lean production senare kom att formas till (Liker, 2004).

Enligt Liker (2004) är lean production en filosofi som måste implementeras i ett företags grundstruktur och utgöra stora delar av företagets organisatoriska struktur för att det ska anses vara ett företag som arbetar med lean production. Lean production innebär att företaget skall leverera ett så högt värde som möjligt för kunden. Lean production är uppbyggt på fjorton olika management-principer som skall efterföljas för att lean production ska implementeras korrekt. Idag använder sig många företag av de olika verktygen från lean production och anser sig själva arbeta med lean production, men det är enligt Liker fel. För att anses vara ett företag som arbetar med lean production så måste filosofin vara förankrad i företagets kärnverksamhet (Liker, 2004).

Lean production bygger på att företaget enbart utför arbete som är värdeskapande för slutkunden och att minska de sju plus ett slöserierna. Dessa slöserierna är väntan, rörelse, överarbete, överproduktion, lager, omarbete, transporter och outnyttjad kreativitet. Det är genom att studera slöserierna man arbetar för att identifiera och eliminera den icke-värdeskapande tiden, så att värdet för slutkunden blir så högt som möjligt till minsta möjliga kostnad (Liker, 2004).

De fjorton olika management-principerna kan visualiseras i vad som lean production anser vara ett antal olika byggstenar som utgör "Lean manufactory house" och fundamentet till filosofin i sin helhet (*se figur 5*). Från lean production finns det många olika verktyg som kan användas i många olika situationer och branscher. Begreppet Kaizen samt 5S är två verktyg som fått ett stort genomslag inom andra branscher och industrier. Kaizen betyder *ständiga förbättringar* och innebär att det hela tiden arbetas för att förbättra processer i flödeskedjan. 5S är ett verktyg som används i ett Kaizen-event och innebär att man städar och sedan standardiserar det genomförda arbetet. Inom lean production är värdeflödesanalys ett vanligt förekommande verktyg. En värdeflödesanalys är en flödeskarta som ritas upp med alla processer. Därefter kan man se vilka processer som är icke-värdeskapande och arbeta för att enbart genomföra arbete som skapar värde för slutkunden (Liker, 2004).



Figur 5. Lean manufactory house. (Wikimedia 2006).

Principerna från lean production som är av störst relevans och som kan lyftas fram och vara till stor nytta är principerna fem, sex, sju och fjorton. Princip fem innebär att det byggs upp en kultur på företaget där arbetet skall stoppas direkt för att fixa problem och att kvalitet skall bli den rätta från början. Princip sex innebär att arbetet skall standardiseras och att det standardiserade arbetet skall utgöra grunden för de kontinuerliga förbättringarna och att de anställda skall känna sig bemyndigade. Princip sju innebär att visuell kontroll skall användas så att inga problem kan döljas. Princip fjorton innebär att organisation skall transformeras till en lärande organisation genom obeveklig reflektion och arbetet med ständiga förbättringar (Liker, 2004).

Ur lean production kommer begreppet lean construction som syftar till lean production inom byggbranschen. Från lean production har principerna reviderats och anpassats för att passa andra branscher. Lean construction är ett mer projektbaserat verktyg som används vid enstaka projekt till skillnad från lean production som används inom tillverkningsindustrin.

Meningen med begreppet lean construction är att det ska utvecklas och användas inom projektering av större enstaka projekt inom ”project management”. Då lean production är en filosofi som måste implementeras genom hela organisationen så är lean construction mer av ett verktyg där stort fokus ligger vid att maximera slutvärdet för kunden samtidigt som det arbetas med att eliminera de slöserier som finns (Ballard & Howell, 2004).

Begreppet har tagits fram för att reda ut vilken avvägning som skall finnas mellan värdet för kund och kostnaden för ett bygge. Dagens byggföretag har dock svårt att identifiera vad som tillför kunden värde mer än bygget i sig och var slöserierna uppstår. Det finns också svårighet att arbeta med kostnadsminimering för totalkostnaden av ett projekt (Ballard & Howell, 2004).

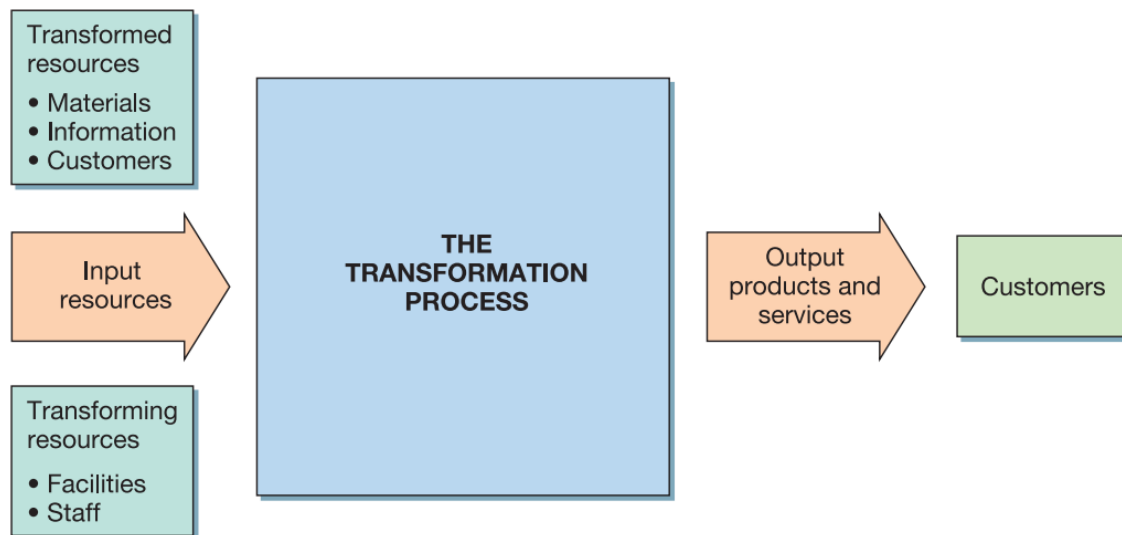
Det finns två strategier för att öka användandet och förbättrandet av arbetet med lean construction. Den första av de två är att minimera komplexiteten vid tillverkningsprocessen och att förenkla byggprocessen likt tillverkningsindustrin förenklat sina processer. Den andra strategin är att utveckla konstruktionsbranschen och arbeta med att få kontinuitet vid byggnationer (Bertelsen, 2004).

Arbetet med de två strategierna grundar sig i att maximera värdet för slutkunden och minimera slöserier. För att förstå vad som är maximalt värde för slutkunden är det viktigt att förstå vad slutkunden verkligen efterfrågar och vad som gör slutkunden nöjd. För att säkerställa kundnöjdheten är det fundamentalt att arbeta med en värdebaserad byggnadsprocess där flera olika parametrar som behöver tas hänsyn till kommuniceras genom hela processen. Detta är något som bör genomsyra arbetet ända från projektering till kontroll av bygget (Bertelsen, 2004).

## **2.2 Operations Management**

Operations management är både relevant för tillverkande företag och tjänsteföretag. Det är något som är relevant för alla delar av företaget. Operations management kan enklast ses som en funktion i företag som skapar värde för slutkunden. Det är även applicerbart som en aktivitet inom arbetsledning där man arbetar med organisation och administration av både tillverkande- och tjänsteproducerande processer (Slack et al., 2016).

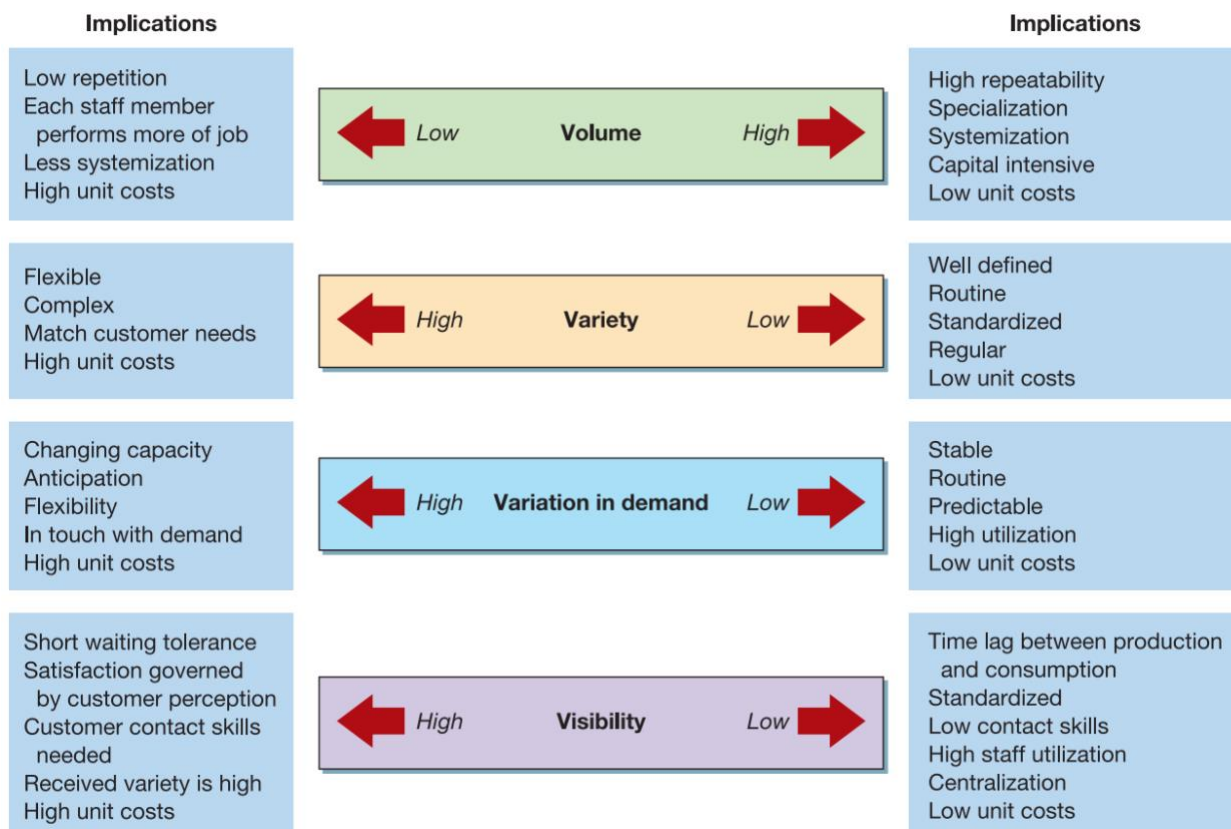
Grundprincipen är att företaget har någon form av tillgång (input) och att tillgången går genom transformationsprocessen (the transformation process) för att producera en produkt eller tjänst (output) (se figur 6). I byggprocessen kan det exempelvis vara cement som är inputen och gjutningen till betong är transformationsprocessen. Outputen blir då till slut huset som kunden beställt. Transformationsprocessen är viktig då det är i denna som produkten förädlas. I förädlingen sker de värdeskapande aktiviteterna varpå det är viktigt med ett överseende för vad som tillför värde och vad som inte gör det (Slack et al., 2016).



*Figur 6. Input-transformation-output. (Slack et al., 2016).*

I de flesta fallen är det en mix av både en produkt och en tjänst som förädlas. För att få förståelse för de olika processerna i transformationsprocessen så klassificeras de olika typerna av produkter och tjänster enligt en skala för att lättare förstå vilken typ av företag det är. Med hjälp av den skalan samt transformationsmodellen kan företag analysera sin verksamhet för att kunna arbeta med både operativa som organisatoriska förbättringar (Slack et al., 2016).

Då företag alltid har någon sorts organisationsstruktur så existerar det en form av hierarki inom företag. Detsamma gäller för de processer som finns i företaget, en del processer prioriteras före andra. I de flesta processerna sker någon form av förädling och de olika processerna har olika koppling till varandra i form av föregående och kommande processer. Kopplingen mellan de olika processerna är relevant för fördelning av resurser och materialflöden. De olika processerna kan dock skilja sig varandra åt i form av volym, variation, mängd och "synlighet" (se figur 7). Genom granskning av dessa så visualiseras enkelt vad en process kräver i kostnad samt resurser (Slack et al., 2016).



Figur 7. A typology of operations. (Slack et al., 2016).

## 2.3 Kostnadsanalys

Enligt Lantz et al. (2018) finns det tre olika perspektiv på kostnadsanalys. De tre olika perspektiven är; volymperspektivet, kalkylobjektsperspektivet och beslutsperspektivet. För en kostnadsanalys är det av vikt att se över de utgifter som finns och analysera vilka de direkta och indirekta kostnaderna är.

En direkt kostnad är en kostnad som kan härledas och specificeras i ett kalkylobjekt. Ett exempel på vad som kan vara en direkt kostnad är lönekostnader till arbetare eller material som krävs för att tillverka något. En indirekt kostnad är en kostnad som inte är möjlig att direkt specificera i ett kalkylobjekt. En indirekt kostnad kallas också för en omkostnad (Lantz et al., 2018).

Från de två olika kostnadstyperna så utför man sedan en självkostandskalkyl för produkten eller tjänsten. Det finns två olika typer av självkostandskalkyler och de är påläggskalkyl och ABC-kalkylering. En självkostnad beskrivs som den långsiktiga kostnaden för en produkt eller tjänst. Självkostnaden inkluderar alla kostnader för produktion/tillverkning/utförande av produkten eller tjänsten. Självkostnads-kalkylering kan dock bli invecklat för att självkostnaderna måste täcka företagets alla kostnader. Med andra ord så innebär det att företagets totala kostnader måste vara detsamma som produkternas totala självkostnader (Lantz et al., 2018).

Problemet med självkostnadskalkylering är att till en produkt finns det en direkt kostnad knuten, men indirekta kostnaden så som lön till tjänstemän kan vara gemensam för flera kalkylobjekt. Den indirekta kostnaden måste då ”rättvist” fördelas mellan de olika kalkylobjekten (Lantz et al., 2018).

Påläggskalkyler är en kalkyl som används för att täcka upp för de fördelade indirekta kostnaderna när ett företag har flera olika produkter. Denna typ av kalkyl är den absolut vanligaste i Sverige och har använts sedan 1930-talet. Idén med kalkylen är att procentuellt täcka upp för de indirekta kostnaderna utifrån de direkta kostnaderna. Problemet är dock att reda ut hur stort det procentuella pålägget skall vara. För att reda ut det procentuella pålägget så används olika matematiska formler för att få fördelningen så ”rättvist” som möjligt. Denna typ av kalkyl kallas ibland för en kalkyltrappa då påläggen görs stegvis för att täcka omkostnaderna. Kalkylerna blir dock komplicerade då flera olika faktorer måste tas hänsyn till (Lantz et al., 2018).

Det finns olika typer av självkostnadskalkyler beroende på vilken typ av företag det är. Den vanligaste typen är den för tillverkande företag. Men det finns också för handelsföretag och tjänsteföretag. I de fallen ser kalkylerna annorlunda ut och kostnadsposter kan benämnas med olika förteckningar. För de olika typerna av företag blir kalkylerna ofta komplicerade och för företag som inte enbart arbetar med tillverkning eller tjänster använder sig då av mix. På senare år har dock påläggskalkylen ifrågasatts av att inte vara av så hög precision. I de fallen då påläggskalkylen anses vara otillräcklig så har den aktivitetsbaserade kostnadskalkylen använts i stället då den har en högre kausalitet (Lantz et al., 2018).

## 2.4 Klimatpåverkan

En av människans främsta utmaningar för framtiden är att motverka de klimatförändringar som pågår just nu. Forskning visar på att från år 1920 till 2005 ökade medeltemperaturen med 0,75 grader Celsius. Detta till följd av den ökade mängden av utsläpp som konsekvens av människans agerande (Szombatfalvy, 2010). För att sätta detta i perspektiv så hade den senaste istiden endast 5 grader Celsius lägre medeltemperatur än den vi har idag (Szombatfalvy, 2010).

För att motverka denna negativa trend har det lett till en mängd nationella och internationella beslut. Kanske den främsta internationella överenskommelsen var Parisavtalet som träffades av FN (Förenta Nationerna). Parisavtalet träffades i december 2015 med 196 deltagande parter och trädde i kraft november 2016. Kortfattat innebär Parisavtalet att genom globalt samarbete försöka begränsa den globala uppvärmningen till 1,5 grader Celsius (United Nations, 2015).

Sverige är en av de parter som tagit del av Parisavtalet och har satt upp sina egna mål för att uppnå detta gemensamma mål. Miljödepartementet skriver i sin rapport *Sweden's long-term strategy for reducing greenhouse gas emissions* (Ministry of the Environment, 2020) att konstruktion och samhällsbyggandet står för 8% av Sveriges inhemska utsläpp och har även en stor påverkan på andra sektorer. Boverket menar dock på att bygg- och fastighetssektorn i Sverige stod år 2019 för

21% av Sveriges totala utsläpp (Boverket, 2021). Det bör märkas att beräkningen av koldioxidekvivalenter skiljer sig mellan källorna och att de därför ger olika resultat. Miljödepartementet sträcker sig även över en längre tid och inte endast för år 2019.

Miljödepartementets förslag till byggsektorn är att driva arbetet med att analysera och rapportera klimatpåverkan inom byggande ur ett livscykelperspektiv (Ministry of the Environment, 2020).

## 2.5 Livscykelanalys

Ett av de absolut främsta verktygen för att beräkna en produkts klimatpåverkan inom ett livscykelperspektiv är livscykelanalys (Life Cycle Assessment, LCA) (Abdelaal & Guo, 2022). LCA är ett erkänt verktyg som ger ett holistiskt perspektiv över produktens livslängd och utvärderar dess input, output och den eventuella påverkan som uppkommer under produktens livstid (Abdelaal & Guo, 2022). En produkts livstid brukar benämnas som från ”vaggan-till-graven” varpå ”vaggan” syftar på produktens produktion och skapande, medan ”graven” syftar till att produkten slängs eller återvinns (Baumann & Tillman, 2004).

I början av 1990-talet utfärdades fem olika workshops som utvecklade och satte grunden för vad LCA skulle komma att bli (Klöppfer, 1997), det var efter dessa workshops som den första ISO-14040-standarderna grundlades. Se Figur 8 för en ungefärlig bild av hur strategin för en LCA enligt ISO-14040 ska utföras.



Figur 8. *Phases Of a Life Cycle Analysis*. (Wikimedia, 2008)

Som Figur 8 antyder bör utföraren av LCA:n definiera målet och målgruppen för analysen. Utföraren kan fråga sig: *Vem kommer vara intresserad av analysen?* Och *Varför utför vi den?* Detta blir viktigt eftersom en LCA är väldigt tidskrävande och om utföraren inte har någon plan med analysen finns det ingen riktigt anledning till att utföra den.

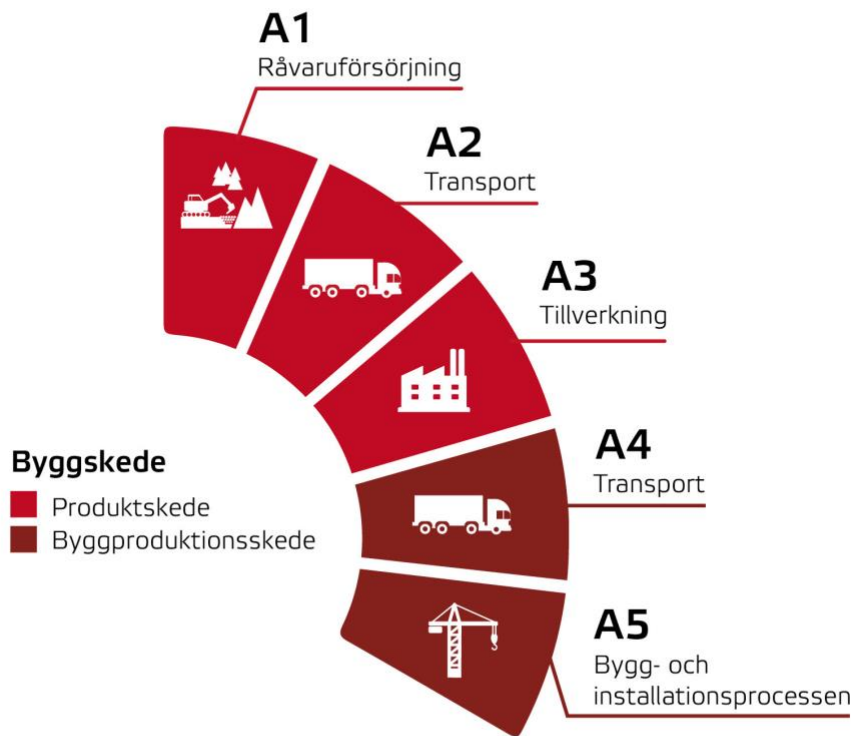
Inventeringsanalys är den del där input och output beräknas. Inputen och outputen innefattar allt som krävs för att skapa produkten exempelvis råmaterial, utsläpp kopplat till systemet och energiåtgång (ISO14040, 1997). Denna information ska sammanställas till kvantitativa data som sedan kan analyseras i miljöpåverkansbedömningen.

Syftet med miljöpåverkansbedömning (Life Cycle Impact Assessment, LCIA) är att göra en bedömning av hur miljön belastas av den data som identifierats inom inventeringsanalysen. Målet blir därför att översätta inventeringsanalysen till miljömässigt mer relevant information (Bauman & Tillman, 2004).

Den sista delen i LCA är bedömning, bedömningen syftar till att sammanställa resultaten från LCIA och inventeringsanalysen och bedöma ifall de är kopplade till målet med analysen. Bedömningen bör sluta i någon sorts resultat och/eller en rekommendation för hur produktionen eller processen som LCA:n är baserad på kan förbättra sitt flöde ur ett hållbarhetsperspektiv (ISO14040, 1997).

För en LCA inom byggsektorn ska dess livscykel följa den europeiska standarden EN 15978. Det innebär att livscykeln delas in i de tre delarna byggskede, användningsskede och slutskede (Boverket, 2021b). Produktens byggskede innehåller i sig modulerna A1-A5 varpå A1-A3 är produktskedet som berör delarna A1 råvaruförsörjning, A2 transport och A3 tillverkning. A1-A3 brukar sammanställas som en utsläppskategori. A4 transport innebär den transport av ingående byggprodukter från tillverkning till byggarbetsplatsen (Boverket, 2021b). A4 transport är alltså all transport efter att byggprodukterna är tillverkade medan A2 är den transport som går åt för att tillverka byggprodukterna. Den sista modulen A5 står för byggspill och energiåtgång. Se Figur 9 för illustration.





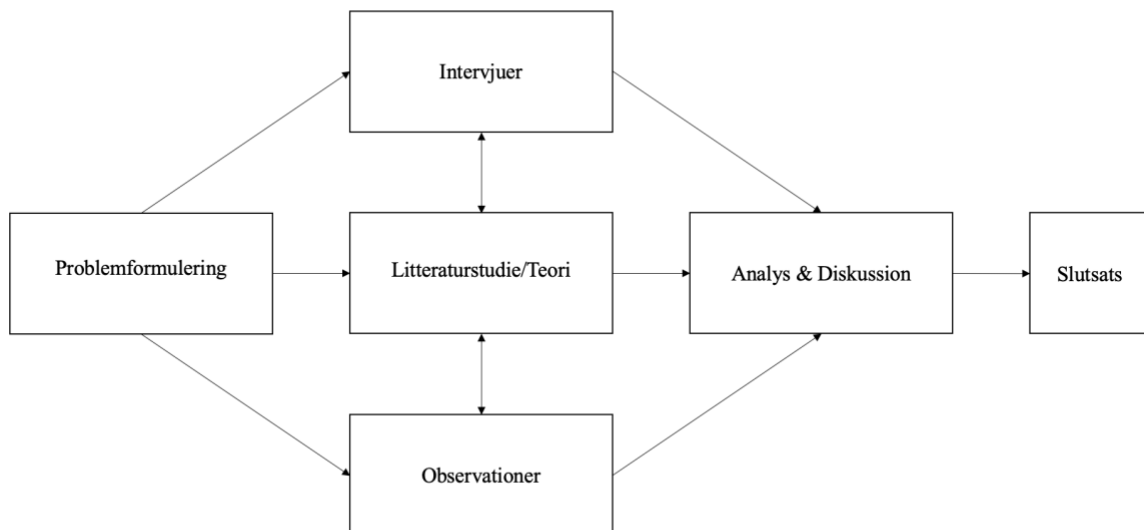
Figur 9. Byggskedets moduler A1-A5. (Boverket 2021a)

### 3. METOD

Syftet med detta kapitel är att beskriva hur studien har genomförts, vilka moment som genomförts och i vilken ordning.

#### 3.1 Studiens upplägg

För detta examensarbete utformades problemformuleringen först. Därefter har tre olika metoder använts för att samla in relevant information för att kunna besvara frågeställningen som definierades i problemformuleringen. Arbetet med metoderna har genomförts parallellt och iterativt, alltså att intervjuer, litteraturstudie och observationer överlappat varandra i tid. Efter att all relevant information har sammanställts formulerades en analys som i sin tur ledde till en slutsats. Arbetsstillvägångssättet förklaras visuellt i figur 10 nedan.



*Figur 10. Studiens upplägg. (Författarnas egen figur 2022)*

#### 3.2 Litteraturstudie

För att samla kunskap inom området genomfördes en litteraturstudie. Litteraturstudien gav väsentliga fakta om betongtillverkningsprocesser som gav möjligheten att genomföra arbetet. Denna fakta gav förståelse för byggnation med betong, samt hur betong tillverkas och vilka tillsatser som används för att tillverka betong. Det genomfördes även litteraturstudier inom byggområdet i syfte att få förståelse för diverse byggprocesser och hur ett typisk "svenskt" byggprojekt kan se ut. Litteraturstudien kompletterar intervjuerna som genomförts genom att bidra med mer utförlig information och fakta om olika LCA:er samt kvantitativa data som inte tillhandahållits från intervjuer och observationer. Litteraturen till studien har sökts efter på olika sökmotorer som Chalmers databaser och Google Scholar.

Projektet har även behandlat data som är tillhandahållet av PERI Sverige AB. Den data som PERI Sverige AB tillhandahöll författarna är material från de olika avdelningarna som arbetet berör, exempelvis data från ekonomiavdelningen och HR-avdelningen. Denna data skall finnas som stöd och komplettera data från litteraturstudien.

### **3.3 Intervjumetodik**

För att samla underlag till undersökningen genomfördes intervjuer. Intervjuerna som genomfördes var av semi-strukturerad karaktär. Det innebär att det fanns en strukturerad intervjumall med förbestämda frågor som skulle besvaras, men samtidigt att det fanns möjlighet för spontana frågor som uppstod under intervjun. Ett semi-strukturerad tillvägagångssätt användes eftersom det ger möjlighet till att anpassa intervjun specifikt beroende på vem som intervjuas samtidigt som grunden är densamma för alla respondenter (Dalen, 2008).

Intervjuerna var strukturerade så att de första frågorna var stängda vilket betyder att respondenten styrs mot att svara kortfattat och ej får möjlighet att svara öppet. I intervju-mallen applicerades "trattmodellen". Det innebär att frågorna övergår mot att bli mer öppna i slutet av intervjun. Öppna frågor innebär att respondenten får möjligheten att svara fritt på frågan och möjligheten att härleda sitt svar i stället för att respondenten svarat direkt på frågan. Det ger respondenten chansen att ge information som annars kan ha missats.

De respondenter som intervjuades är anställda hos företag som är kunder till PERI Sverige AB. Syftet med att intervju anställda hos kunder är att samla data för analys och undersökning. Denna data ska ge underlag och förståelse för att besvara frågeställningen. Intervjuerna hos entreprenadföretagen genomfördes på två företag. Ett företag där de arbetar med platsgjuten betong, samt hos ett företag där de arbetar med prefabricerade betongkonstruktioner. Några spontanintervjuer på telefon och plats genomfördes också. Frågorna som då ställdes utgick från intervjumallen.

Intervjuerna hos PERI Sverige AB genomfördes hos personer med expertis inom de ämnesområdena som frågeställningarna berör. Det gjordes för att bygga en mer övergripande bild av hur processerna fungerar i verkligheten.

### **3.4 Observationer**

För att komplettera intervjuerna och litteraturstudien genomfördes observationer. Observationerna genomfördes i syfte att få en djupare förståelse för byggprocesserna med betong och att i praktiken observera information från litteraturstudien och intervjuerna. Observationerna genomfördes på olika byggarbetsplatser i Göteborg där det arbetades med antingen platsgjuten eller prefabricerad betong. Observationerna genomfördes på olika platser för att ge inblick i hur processerna för de olika byggmetoderna skiljer sig åt i praktiken. Observationerna är även en stor grund för empirin,

empiri är den information som samlats genom sinnesintryck och personlig erfarenhet alltså praktiska undersökningar.

### **3.5 Användning av data och empiri**

Efter att datainsamlingen samt empirin var genomförda analyserades informationen med hjälp av olika ingenjörsmässiga verktyg. Den data som behandlades utvärderades med hjälp av verktyg från lean production, kostnadsanalyser från ekonomisk analys samt operations management. Dessa verktyg är pålitliga då de är objektiva och ger ett klart och tydligt svar på valda parametrar i form av kvantitativa data.

Svaren från diverse respondenter analyserades induktivt för att dra slutsatser från samband i hur de olika oberoende företagen som berörs tänker angående sitt val av processer (Patel & Davidsson, 2019). Sambanden som analyserades var hur de tänker miljömässigt och tidsåtgångsmässigt eller om valet av tillverkningsmetod enbart är en kostnadsfråga eller inte.

Vid granskning och analys är det viktigt att vara ifrågasättande och kritisk gentemot den empiri som kommer från intervjuerna och observationerna. Detta eftersom respondenterna kan ha som avsikt att visa bättre siffror än de egentligen har.

### **3.6 Pålitlighet**

För att studien ska inneha en vetenskaplig relevans är det viktigt att säkerställa rapportens pålitlighet, validitet och reliabilitet. Eftersom rapporten baseras på flertalet olika källor är det viktigt att källorna är pålitliga. Ett tillvägagångssätt för att identifiera källans pålitlighet är att undersöka om och hur källan granskats (Höst et al., 2011). För att säkerställa pålitligheten undersöktes därför källan till materialet. Detta gjordes genom att använda material som blivit ”peer-reviewed”, alltså granskat av andra forskare. Utöver det har även källor som neutrala hemsidor, standarder och kurslitteratur använts, dessa källor anses inte vetenskapliga men har ofta en vetenskaplig grund (Höst et al., 2011).

Datainsamlingen krävdes för att erhålla fakta från flertalet olika källor. Nackdelen med att samla information från intervjuer är att respondenterna kan tendera att anpassa sina svar efter vad de tror intervjuarna vill ha som svar. Detta kanske görs eftersom respondenterna exempelvis vill framstå som att de arbetar mer hållbart än vad de gör. Det är därför viktigt för oss som intervjuare att vara kritiska gentemot svaren och försöka motverka otydliga svar.

#### **3.6.1 Validitet**

Rapportens validitet syftar till hur kopplad metoderna och forskningen som funnits är till ämnesområdet (Bell et al., 2019). För att säkerställa att validiteten håller en hög nivå har källorna som valts för resultatet varit studier inom byggbranschen i Sverige som använt data som är direkt kopplad till arbetets frågeställning och syfte. Validiteten blir relativt stark när den data som samlats

är kvantitativ då datan är exakt och objektiv. Det är dock fundamentalt att undersöka hur datan tagits fram och att metoden för datainsamlingen var korrekt (Denscombe, 2014).

### **3.6.2 Reliabilitet**

Reliabilitet syftar till att kontrollera att datainsamlingen är sanningsenlig (Höst et al., 2011). Eftersom den här rapporten endast innehåller ett par enstaka intervjuer är reliabiliteten hos dem inte perfekt. Kvalitativa data har också generellt lite lägre reliabilitet än kvantitativa data då det finns många faktorer som kan påverka resultatet i en kvalitativ intervju (Denscombe, 2014). Det blir därför viktigt att komplettera data från intervjuerna med litteraturstudier.

## 4. RESULTAT

I följande kapitel presenteras resultat från den genomförda studien. Resultatet kommer att presenteras i skrift samt figurer och tabeller.

### 4.1 Resultat för klimatpåverkan

Figurerna i detta delkapitel presenterar data hämtad från Malmqvist et al, (2021). Studien berör 19 flerbostadshus (FBH) byggda i Sverige från de senaste fem åren. Dessa kommer jämföras på hur mycket CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (CO<sub>2</sub>e) byggena släpper ut dividerat med byggets totala bruttoarea (BTA). Klimatutsläppen har beräknats genom LCA som förklarats i kapitlet teoretisk referensram. Datan behandlar dock utsläpp för hela byggnation och inte endast stommen vilket är viktigt att ha i åtanke. Byggnaderna med platsgjuten betongstomme kommer att jämföras mot de med prefabricerad betongstomme för att kunna dra en slutsats. Dock är två byggnader (FBH5 och FBH8) med trästomme och en (FBH12) med stål- och betongstomme. Dessa tre kommer därför ej att analyseras eftersom de inte berör frågeställningen och är därför ej av relevans för denna rapport.

Nedan presenteras urvalet från studien av Malmqvist et al, (2021). Där identifieras samtliga flerbostadshus med varsitt ByggnadsID och information som tillverkningsmetod, area och geografisk plats presenteras.

ByggnadsID	År för slutbevis	Antal lägenheter	Kommun	Antal våningar ovan mark	Antal våningar under	BTA (m <sup>2</sup> )	Atemp (m <sup>2</sup> )	Stomtyp	Typ av stomkonstruktion	Bjälklagstyp
FBH1	2021	80	Stockholm	4	1	6668	6218	Betong	Platsgjuten betong	Plattbärlag
FBH10	2020	94	Falkenberg	4	0	7927	7134	Betong	Platsgjuten betong VST	Plattbärlag
FBH11	2021	92	Stockholm	6	0	8072	7316	Betong	Platsgjuten betong VST	Filigranbjälklag
FBH12	2020	86	Malmö	6	1	7905	7536,6	Betong	Stål- och betongstomme	Prefabbetong homogen
FBH13	2023	219	Stockholm	9	1	22235	18802	Betong	Prefabbetong, solitt bjälklag	Plattbärlag
FBH14	2022	38	Stockholm	5	0	3337	3100	Betong	Platsgjuten betong VST	Filigranbjälklag
FBH15	2019	106	Lund	8	1	9688	8127	Betong	Prefabbetong, solitt bjälklag	Filigranbjälklag

Figur 11. Beskrivning av urval. (Malmqvist, et al., 2021)

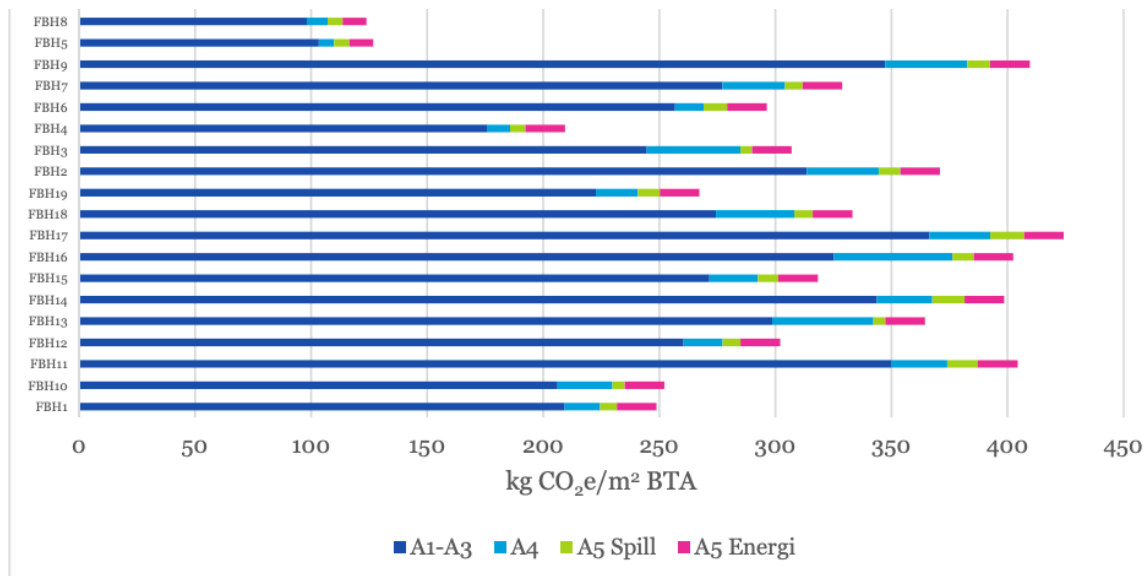
ByggnadsID	År för slutbevis	Antal lägenheter	Kommun	Antal våningar ovan mark	Antal våningar under	BTA (m <sup>2</sup> )	Atemp (m <sup>2</sup> )	Stomtyp	Typ av stomkonstruktion	Bjälklagsryp
<b>FBH16</b>	2020	44	Stockholm	6	1	4992	4581	Betong	Prefabbetong , solitt bjälklag	Prefabbetong homogen
<b>FBH17</b>	2022	87	Stockholm	7	0	8485	7812	Betong	Platsgjuten betong VST	Filigran-bjälklag
<b>FBH18</b>	2021	65	Malmö	7	1	5661	5194	Betong	Prefabbetong , solitt bjälklag	Plattbärlag
<b>FBH19</b>	2019	0	Sundbyberg	5 till 10	0	13248	10838	Betong	Platsgjuten betong VST	Filigran-bjälklag
<b>FBH2</b>	2022 /2323	151	Stockholm	7	2	23647	19826	Betong	Platsgjuten betong	Plattbärlag
<b>FBH3</b>	2018	67	Helsingborg	5	0	6338	5684	Betong	Prefabbetong , solitt bjälklag	Prefabbetong homogen
<b>FBH4</b>	2019	44	Sundsvall	7	1	6318	5686	Betong	Platsgjuten betong	Platsgjuten betong
<b>FBH5</b>	2020 /2021	68	Malmö	5	0	3586	3231	Trä	Prefabmodul i trä	Prefabmodul i trä
<b>FBH6</b>	2018	12	Helsingborg	2	0	943	918	Betong	Platsgjuten betong	Platsgjuten betong

Figur 12. Forts. Beskrivning av urval. (Malmqvist, et al., 2021)

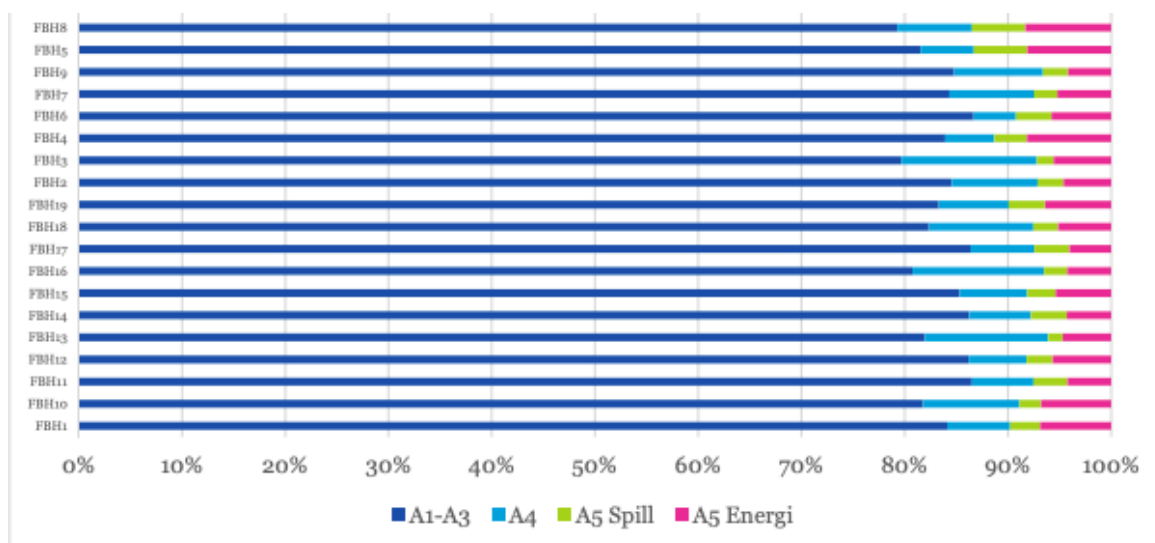
ByggnadsID	År för slutbevis	Antal lägenheter	Kommun	Antal våningar ovan mark	Antal våningar under	BTA (m <sup>2</sup> )	Atemp (m <sup>2</sup> )	Stomtyp	Typ av stomkonstruktion	Bjälklagsryp
<b>FBH7</b>	2021	129	Stockholm	5, 7 och 20	1	14676	12534	Betong	Platsgjuten betong VST	Plattbärlag
<b>FBH8</b>	2021	87	Askim	6	0	7538	7380	Trä	KL-trästomme	Massivträ
<b>FBH9</b>	2017	30	Malmö	7	0	2532	2178	Betong	Platsgjuten betong VST	Plattbärlag

Figur 13. Forts. Beskrivning av urval. (Malmqvist, et al., 2021)

Nedan presenteras hur mycket klimatutsläpp varje modul ger i byggskedet och hur stor andel varje moduls klimatutsläpp är relativt varandra. Denna data presenterar utsläppen för hela flerbostadshuset och inte endast stommen. A1-A3 står enligt europeisk standard för produktskedet, A4 står för transport och A5 som är kopplat till installationsprocessen.



Figur 14. Klimatpåverkan A1-A5 per byggnad. [CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>]. (Malmqvist, et al., 2021)



Figur 15. Relativ klimatpåverkan A1-A5 per byggnad. [CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> BTA]. (Malmqvist, et al., 2021)



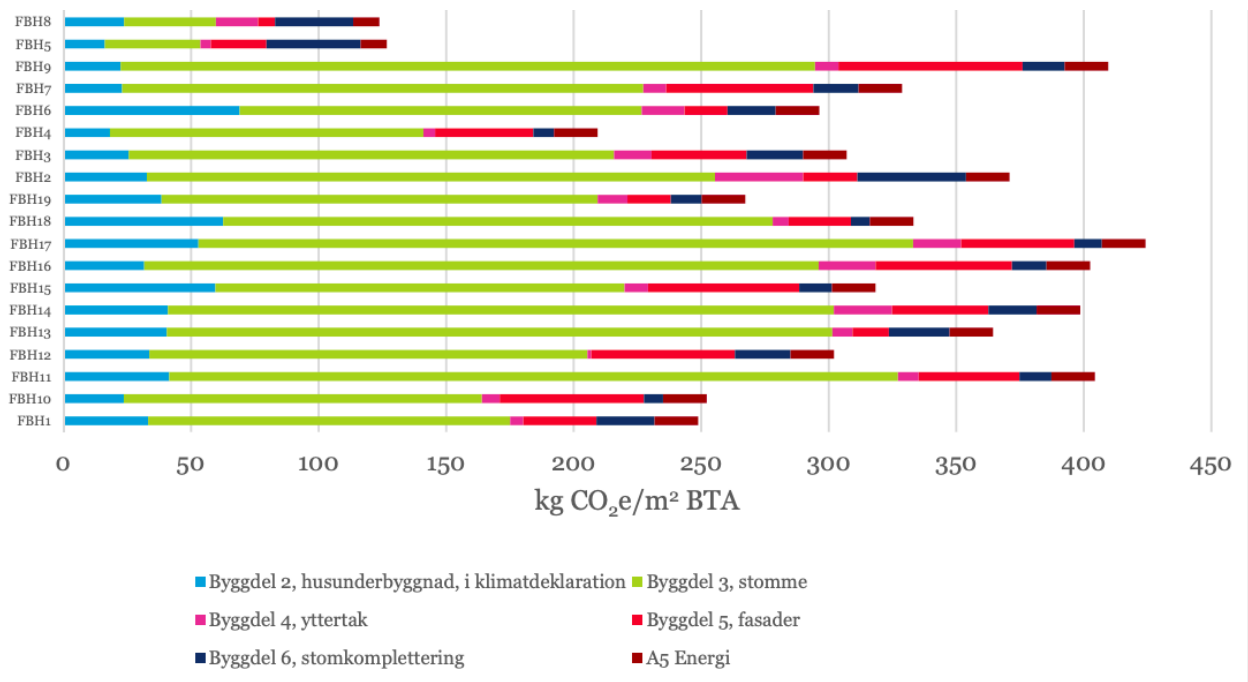
ByggnadsID	A1-3 2022	A4 2022	A5 Spill 2022	A5 Energi	A1-A5 2022
FBH1	209	15	7	17	249
FBH10	206	24	5	17	252
FBH11	350	24	13	17	404
FBH12	260	17	8	17	302
FBH13	299	44	5	17	364
FBH14	344	24	14	17	399
FBH15	272	21	9	17	318
FBH16	325	51	9	17	403
FBH17	366	26	15	17	424
FBH18	274	34	8	17	333
FBH19	223	18	9	17	267
FBH2	314	31	9	17	371
FBH3	245	40	5	17	307
FBH4	176	10	7	17	209
FBH6	257	12	10	17	296
FBH7	277	27	7	17	329
FBH9	347	35	10	17	410
FBH5	103	7	7	10	127
FBH8	98	9	6	10	124

Figur 16. Klimatpåverkan A1-A5. [kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> BTA]. (Malmqvist, et al., 2021)

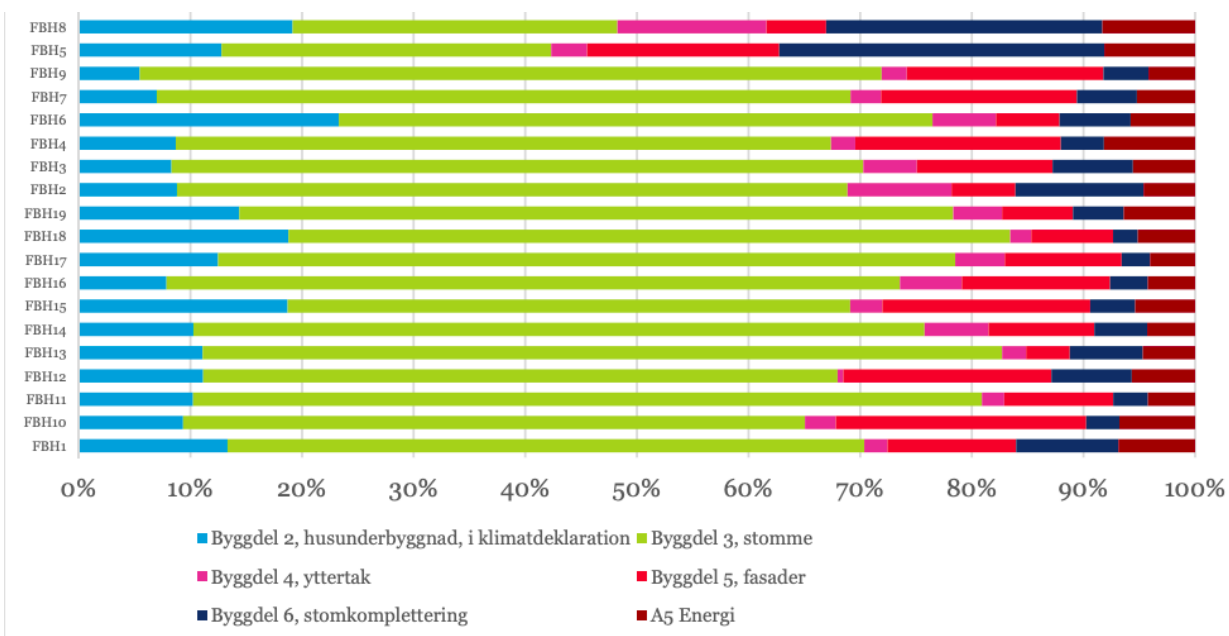
De tre byggnationerna med totalt störst utsläpp per bruttoarea har samtliga en platsgjuten stomme (FBH9, FBH17 & FBH11), det finns ingen tydlig koppling om hur geografisk plats eller storlek på byggnaden påverkar klimatutsläppet dock. De tre byggena med totalt minst utsläpp per bruttoarea (FBH1, FBH10 & FBH4) har också en platsgjuten stomme, anmärkningsvärt är att FBH4 är den stomme med klart minst utsläpp per bruttoarea och är det enda bygget norr om Stockholm. FBH10 som också är en av de tre med minst utsläpp är tillsammans med FBH4 de två byggena som är byggda i en mindre ort (Falkenberg respektive Sundsvall). Samtliga andra byggen är belägna i eller runt Stockholm, Malmö, Helsingborg eller Göteborg.

Generellt för Figur 14 och Figur 15 finns det främst två slutsatser som kan dras. Det finns en tendens att spillet är något större på byggen med platsgjuten betong. Vilket även visats av annan forskning att oavsett materialval minskar spillet för ett prefabricerat system (Erlandsson, et al., 2018). Det framgår att FBH3 och FBH13 är de byggen med minst andel spill vilket båda två är stommar med prefabricerad betong utöver dem är byggenas andel spill väldigt jämn. Den andra är att FBH3, FBH16 och FBH13 är de byggen med störst andel transport och samtliga av dem är stommar med prefabricerad betong. Alltså finns det en tendens att de byggnaderna med prefabricerad stomme har större klimatutsläpp kopplat till transport. En annan studie från Sveriges Byggindustrier gjord av Erlandsson, Malmqvist, Francart och Kellner (2018) visar även den att flerbostadshus med prefabricerad betongstomme har större klimatutsläpp kopplat till transport.

Nedan presenteras varje respektive byggdels klimatpåverkan för byggnationen som helhet. Det väsentliga ur dessa är att identifiera stommens klimatutsläpp för respektive bygge alltså byggdel 3.



Figur 17. Klimatpåverkan per byggdel. [CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> BTA]. (Malmqvist, et al., 2021)



Figur 18. Relativ klimatpåverkan för byggdelar. [kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> BTA]. (Malmqvist, et al., 2021)

Byggnads-ID	Byggdel 2, i klimat-deklarationen	Byggdel 3	Byggdel 4	Byggdel 5	Byggdel 6	Byggdel 7	Byggdel 8, solceller	Byggdel 8 exklusive solceller	A5 Energi
FBH1	33	142	5	29	23	32	0	17	17
FBH10	24	140	7	57	8	31	4	17	17
FBH11	41	286	8	39	13	31	1	17	17
FBH12	34	172	2	56	22	33	0	18	17
FBH13	40	261	8	14	24	29	0	16	17
FBH14	41	261	23	38	19	32	2	17	17
FBH15	60	160	9	59	13	29	3	16	17
FBH16	32	264	22	53	14	31	18	17	17
FBH17	53	280	19	44	11	32	1	17	17
FBH18	63	215	6	24	7	31	0	17	17
FBH19	38	171	12	17	12	28	0	15	17
FBH2	33	223	35	21	43	29	2	16	17
FBH3	26	190	15	37	22	31	13	17	17
FBH4	18	123	5	39	8	31	2	17	17
FBH6	69	158	17	17	19	33	0	18	17
FBH7	23	204	9	58	18	29	2	16	17
FBH9	22	272	9	72	16	30	0	16	17
FBH5	16	37	4	22	37	31	0	18	10
FBH8	24	36	17	7	31	34	0	20	10

Figur 19. Klimatpåverkan per byggdel. [ $\text{CO}_2\text{e}/\text{m}^2$  BTA]. (Malmqvist, et al., 2021)

I Figur 19 står byggdel 3 för stommen, precis som för Figur 17 och Figur 18.

I tabellen nedan är de byggnationerna med **platsgjuten betongstomme fetmarkerad** och de byggena med prefabricerad betongstomme är utan tjockmarkering.

Tabell 1, Urvalet från tidigare figurer jämförs utifrån hur stor klimatpåverkan varje bygges stomme är samt stommens klimatpåverkan relativt byggets totala klimatutsläpp. (Författarnas egen tabell, 2022)

ByggnadsID	Klimatpåverkan stomme [ $\text{CO}_2\text{e}/\text{m}^2$ BTA]	Klimatpåverkan stomme / klimatpåverkan hel byggnad
<b>FBH1</b>	<b>142</b>	<b>0,570</b>
<b>FBH10</b>	<b>140</b>	<b>0,556</b>
<b>FBH11</b>	<b>286</b>	<b>0,708</b>
FBH13	261	0,712
<b>FBH14</b>	<b>261</b>	<b>0,654</b>
FBH15	160	0,503
FBH16	264	0,656
<b>FBH17</b>	<b>280</b>	<b>0,660</b>
FBH18	215	0,646
<b>FBH19</b>	<b>171</b>	<b>0,640</b>
<b>FBH2</b>	<b>223</b>	<b>0,601</b>
FBH3	190	0,619
<b>FBH4</b>	<b>123</b>	<b>0,589</b>
<b>FBH6</b>	<b>158</b>	<b>0,534</b>

<b>FBH7</b>	<b>204</b>	<b>0,620</b>
<b>FBH9</b>	<b>272</b>	<b>0,663</b>
<b>Medelvärde för platsgjuten stomme</b>	<b>205.45</b>	<b>0,6177</b>
Medelvärde för prefabricerad stomme	218	0,6272
<b>Median för platsgjuten stomme (FBH7)</b>	<b>204</b>	<b>0,620</b>
Median för prefabricerad stomme (FBH18)	215	0,646

I tabellen ovan är alla värden för utsläpp relaterat till stommen jämfört med respektive flerbostadshus totala utsläpp samt ett medelvärde för flerbostadshusen med platsgjuten stomme och ett för de med prefabricerad stomme. Medelvärdet för de flerbostadshusen med platsgjuten stomme är något lägre än de med prefabricerad stomme. Prefabstommen har generellt 6,1% högre utsläpp än den platsgjutna stommen. Även medianen är lägre för de platsgjutna stommarna.

## 4.2 Resultat för kostnad

Vad som kunnat urskiljas i totalkostnad för de respektive metoderna är att det finns en skillnad i pris. I litteraturen om kostnadsanalys skiljer sig kalkylerna för de två tillverkningsmetoderna något i omfattning. Den typiska kalkylen som används är en form av självkostnadskalkyl. Varpå kalkylerna för platsgjuten betong oftast är mer invecklad. Detta eftersom entreprenadföretagen ofta beställer material och tjänster från fler leverantörer för platsgjutna projekt.

Vid intervjuer har respondenter sagt att det finns skillnad i pris, men att svara den exakta skillnaden i kostnaden är svårt då det är specifikt från stomme till stomme. Det de intervjuade företagen nämner i intervjuerna är att en stor kostnadsdrivare är transport. Som benämns i lean production så är en av slöserierna transport. Vad gällande lean construction så skall byggprocesserna bli så standardiserade som möjligt. Arbetet med att lösa problem och hitta värde för slutkunden i byggbranschen är att leverera ett så bra resultat som möjligt till ett så lågt pris som möjligt. Vid intervjuerna nämns också dagspriset för diesel. Då lastbilarna oftast går på diesel har priserna stigit den senaste tiden vilket såklart påverkar kostanden för både prefabricerat som för platsgjutet men främst för prefabricerade projekt då de oftast har mer transport.

Vid observationerna kunde inte något direkt resultat presenteras. Den synliga skillnad man ser vid arbetsplatser där man arbetar med de olika metoderna är att på arbetsplatser där man arbetar med prefabricerat så krävs en mycket större och kraftigare kranbil. Det medför en större kostnad då de kranbilarna kostar mer än de som behövs vid arbete med platsgjutet. För platsgjutna projekt kan entreprenadföretagen ofta klara sig med en mobilkran vilket är både smidigare och billigare att hyra enligt Företag 1.

Från de intervjuade företagen nämns det också att vid platsgjuten betong krävs det mer erfaren personal då det arbetet kan vara mer krångligt och därmed innebär det att lönekostnaden blir högre för platsgjutna projekt. Utöver det är även gjutningsprocessen generellt längre tidsmässigt för platsgjutna flerbostadsprojekt vilket även det höjer kostnader som löner, hyrning av kran etc.

Det som besvarades på intervjuerna från diverse företag angående totalkostnaden är;

*Tabell 2. Tabell över pris för betong. Platsgjutet och prefabricerat. (Författarnas egen tabell, 2022)*

Företag	Typ av metod	Pris (sek)/ m <sup>2</sup> BTA
1	Platsgjutet	Inget rakt svar, billigare med platsgjutet
2	Prefabricerat	Inget svar
3	Prefabricerat	5500–6000
4	Prefabricerat	5000–6000
5	Platsgjutet	500–600 kr enbart betongkostnad

För den prefabricerade betongstommen inkluderas även projektering och montering i priset. För de priser som angetts för platsgjutet så måste då hyrning av formar, armering, kran, verktyg, maskiner och arbetskraft räknas med för att ge ett rättvist värde. Nedan följer en enkel kostnadskalkyl för platsgjuten betong. Kalkylen består av uppskattade värden från studien.

<b>Enkel Kostnadskalkyl Platsgjutet</b>		
<b>Kostandspost:</b>	<b>Pris (SEK):</b>	
Betongpris	500	Timkostand för en arbetare är i snitt 225 kr/h. Med arbetsgivareavgift och dylikt blir den siffran 225*1,60= 360 kronor. En våning tar ungefär en arbetsvecka dvs 40 h att avklara. Det krävs idag en arbetstimme per BTA för att platsgjuta.
Armering	500	
Projektering	500	
Kran	1000	
Verktyg och maskiner	500	
Arbetskraft	400	
<b>Summa / BTA:</b>	<b>3400</b>	

*Figur 20. Kostnadskalkyl. Författarnas egen figur, 2022.*

Det i kalkylen som är ett mer exakt värde är priset för betongen. Snittpriset för platsgjuten betong är ca 500–600 kr per m<sup>2</sup> BTA. För platsgjuten inklusive de nödvändiga delar som behövs för byggnationen så blir kostnaden ungefär 3000–4000 kr per m<sup>2</sup> BTA beroende på konstruktionen, vad som behövs gjutas samt hur stor BTA det är.

För prefabricerat är snittpriset 5500–6000 kr per m<sup>2</sup> BTA. Detta är ett pris baserat på två oberoende källor som levererar paket med projektering, leverans och installation av betongstommar i prefab. Respondenterna nämner att i en del fall så skrivs avtal mellan leverantörer för att säkra priserna och framtida jobb. En prefabricerad betongstomme är ungefär 37%-100% dyrare än en platsgjuten betongstomme.

### **4.3 Resultat för tidsåtgång**

Det som är mest tidskrävande i processen skiljer sig åt mellan de två tillverkningsmetoderna. Den delprocess som går snabbare för ena tar lite längre tid för den andra. Enligt företag 1 som främst arbetar med platsgjuten betong väljer de att arbeta just med platsgjuten betong eftersom projekteringstiden är kortare vid byggnation av platsgjuten betong. De påstår att det blir mer detaljplanering eftersom montagetiden för prefaben behöver tas hänsyn till för att tajma in leveranserna rätt. Planeringen tar därför generellt längre tid med prefab än platsgjuten betong. Detta blir dock tid som entreprenadföretaget kan tjäna tillbaka vid byggskedet eftersom alla leveranser är förbestämda, förutsatt att allt fungerar som det ska. Även företag 2 påstod detsamma. Företag 2 arbetar med prefab eftersom byggskedet blir kortare och byggnationen med prefab inte är lika känsligt mot väderförhållanden som kan påverka ett platsgjutet bygge mer. Företag 1 påstår dock att det inte är ett problem med väderförhållanden vid bygge med platsgjuten betong. De menar på att byggnationen är väldigt flexibel och att om vädret sätter stopp kan man justera planeringen och arbeta på något annan del under tiden.

Flexibiliteten för byggnation med platsgjuten betong är en fördel enligt Företag 1. Bygget är inte lika störningskänsligt vid eventuellt sena leveranser som för prefabbyggen. Tiden mellan projektstart och start av byggnation är även kortare just eftersom projekteringen går snabbare och leveransen av betong är kortare. Enligt Företag 2 kan det ibland ta upp till 8 månader för att få en beställning av prefabelement till en betongstomme levererad. Detta gäller främst vid högkonjunktur när det är många som bygger och eftersom de flesta elementen är specifika för varje bygge är elementen producerade efter order. Leveransen av färsk betong kan däremot vara klar så snart som två till tre dagar efter beställning vilket ger möjligheten till en snabbare process från projektering till byggstart.

Det råder consensus inom byggbranschen att bygg- och installationsprocessen är kortare för prefabricerade stommar. Samtliga resultat från intervjuer och empiri tyder på att det är just den tidseffektiva byggnationen av prefabricerad betongstomme som gör den till ett attraktivt arbetssätt.

Den exakta tidsskillnaden mellan de två tillverkningsmetoderna är dock inte klar då det finns många faktorer som påverkar tidsåtgången. Tidsåtgången för projekteringen skiljer sig också mycket mellan företag, detta beroende på hur vana de är att arbeta med den valda tillverkningsmetoden. Företag 1 sa som sagt att de jobbar med platsgjuten betong, eftersom de främst arbetar med platsgjuten betong är projekteringen smidigare för dem vid sådana projekt. Det samma gäller för Företag 2 men för byggnation av prefabricerade stommar då det är deras främsta tillverkningsmetod.

För platsgjuten betong tillkommer en väntetid för att låta betongen hårdna. Det kan därför bli mycket onödigt väntan vilket är en av de sju slöserierna vilket är något man vill motverka. Det är just betongens härdningstid som är ett av momenten som påverkar den totala byggprocessens tid allra mest. Från empirin förstod vi att entreprenadföretagen allra helst gjuter två eller tre stommar bredvid varandra. Arbetarna kan därmed byta stomme att arbeta på vecka till vecka. Detta för att minska tiden för väntan.

Nedan följer bilderna som är tagna vid observationstillfällena. Vad som kan ses vid bild 1,2 och 3 är en stomme som gjutits i en hybrid-variant med övervägande del platsgjutna delar.



*Bild 1. Platsgjuten stomme med armering och VVS. (Författarnas egen bild, 2022)*



*Bild 2. Stödsystem för prefab-balkonger. (Författarnas egen bild, 2022)*



*Bild 3. Formbalkar och stämp för platsgjuten betong. (Författarnas egen bild, 2022)*



Bild 4 visualiserar ett kraftigare stag som stödjer en balkong. Denna stomme består till störst del av prefabricerade delar.



*Bild 4. Stödsystem för prefabbalkong. (Författarnas egen bild, 2022)*

## 5. ANALYS

I detta kapitel analyseras resultatet från de tre olika perspektiven klimatpåverkan, kostnad och tidsåtgång för att ge ett svar om vilken tillverkningsmetod som är mest effektiv. Analysen ska även kopplas till syftet och frågeställningen.

### 5.1 Analys av klimatpåverkan

Av resultatet att döma tenderar flerbostadshus med prefabricerad betongstomme att ha en något större klimatpåverkan per m<sup>2</sup> BTA jämfört med flerbostadshus med platsgjuten stomme. Vad detta beror på kan vara många anledningar. Där de två metoderna skiljde sig som mest var i transportdelen i livscykel. Att transporten är större för flerbostadshus med prefabricerad betongstomme är alla parter överens om. Alla respondenter påstod det och även alla källor pekar på samma. Vad det beror på är enligt våra respondenter att fabriker för prefabricerad betong är betydligt färre än de som producerar färsk cement. Prefabricerad betong kan inte heller transporteras i lika stor mängd som färsk betong vilket kräver fler transporter. Det medför att leveranserna blir längre och även fler.

Respondenterna har vittnat om att många transporter av prefabricerad betong kommer från Polen eller Tyskland. Detta uppmärksammades även vid observationen varpå författarna såg en polskregistrerad lastbil lämna av en prefabricerad betongvägg. Detta medför långa transporter. Anledningen till de utländska transporterna är enligt våra respondenter det konkurrenskraftiga priset samt att Sverige inte producerar tillräckligt med prefabricerad betong för att tillgodose efterfrågan. Det framgår dock inte från källan ifall de flerbostadshusen som beaktats i rapporten har prefabricerad betong från Sverige eller om den är importerad från något annat land.

Enligt resultatet har en platsgjuten betongstomme generellt sett ett lägre klimatavtryck än en prefabricerad betongstomme för ett flerbostadshus. Det bör dock nämnas att urvalet för studien var lite för lågt för att dra allt för stora slutsatser. Studien har endast tagit hänsyn till fem olika flerbostadsprojekt med prefabstomme. Skillnaden mellan stommen med störst klimatpåverkan och den med minst är även väldigt stor. Även detta gör att det blir svårt att dra för stora slutsatser eftersom resultatet baseras på endast några enstaka projekt som skiljer sig väldigt mycket. För de platsgjutna stommarna baseras resultatet på 11 olika projekt vilket ger en något bättre och mer pålitligt resultat.

### 5.2 Analys av kostnad

För en kalkyl med platsgjuten betong är kalkylen mer invecklad och innehåller mer omkostnader än för kalkylen med prefabricerad betong. Då beställare själva ansvarar för inköp av armering, personal och inhyrning av formar vid platsgjutet krävs det en mer detaljerad kalkyl. Det kan vara till fördel då man som företag har bättre överblick för sina utgifter och därmed enklare kan kontrollera och analysera dem. Enligt litteraturen om transformationsprocesser sker en förädling av betongen med diverse tillhörande materiel när det till slut blir ett bjälklag eller vägg. I och med

att det mer ligger under ens egen kontroll ger det förutsättningar att arbeta med förbättringsarbete. Det är då en fördel att arbeta med lean construction för att minska kostnaderna med hjälp av kostnadsminimering och att jobba med ständiga förbättringar. De ständiga förbättringarna behöver ej vara kostsamma, utan kan vara små justeringar som kan upptäckas genom visualisering.

Gällande de siffror som vi fått efter studien är det som ovan nämnt enbart en uppskattning och ej exakta värden. Vad som skall tilläggas är att kostnaderna hade i sådana fall varit specifika för det specifika bygget. Nackdelen är att kostnaderna ej då nödvändigtvis behöver vara detsamma för nästa byggnation som är i samma storlek och omfattning. Det som kunnat analyserats vara en stor kostandsdrivare är transporter. Vad som nämns är dock att mycket av inköpen för prefabricerade stommar ofta köps in från Polen eller Tyskland vilket kräver en längre transport och därmed högre priser för drivmedel till lastbilarna. Andra kostnader som kan variera är exempelvis dagspriset för betong, och med den aktuella "betongbristen" kan priserna komma att påverkas ytterligare.

Vad som också inte rättfärdigar bilden för ett exakt värde för respektive metod är att avtal kan skrivas mellan olika parter och därmed kan priserna förhandlas. Detta är en förutsättning som inte alla företag har.

Respondenterna nämner också att platsgjutet kräver mer erfaren arbetskraft. Därmed blir kostnaden för personal dyrare än vid prefabricerat där det många gånger ingår montering i priset. Vid prefabricerat kan det vara viktigt att påpeka att materialet som behöver köpas inför tillverkningen kommer bli dyrare än att företaget i fråga köper in det själv då prefab-tillverkaren också skall tjäna pengar på inköpta varor.

Vad som skall tas i åtanke är att byggföretag ej är uppmärksammade om var slöserier finns och vad slutvärdet för kunden verkligen är. Det finns också en generell okunskap för hur förbättringsarbetet skall appliceras så att det kan arbetas med. Kostnadsminimeringen är något som de flesta företag arbetar aktivt med för att sänka sina utgifter då det är av vikt för att utgöra konkurrens på marknaden.

Då det ibland kan vara stramt med tidsåtgången vid byggandet, kan det bli en övervägande faktor för metodval och därmed kostnad för stommen. Vad respondenter nämner är att platsgjutet är billigare och det anses mer konkurrenskraftigt. Varför de säger så är för att det blir mer flexibelt vid projektering där företaget inte styrs av beställningen från prefab-fabriken. På sådant sätt kan projekteringen påverka kostnaderna. Prefabricerat kan många gånger gå snabbare men det är mer störningskänsligt, vilket kan kosta mycket pengar om en byggarbetsplats tvingas stanna upp någon dag. Vid tillfälliga stopp för platsgjutet kan gjutning av andra formar genomföras vilket blir mer flexibelt och kostnadseffektivt.

### **5.3 Analys av tidsåtgång**

Efter intervjuer med 4 olika oberoende källor kan vi klart konstatera att tidsåtgången för byggnation med prefabricerad betong är kortare. Det eftersom grovarbetet redan är gjort och det blir ett typ av "vuxen-lego" som en av respondenterna kallade det. Däremot är flexibiliteten för platsgjutna byggen större och byggnationen är inte lika störningskänslig. Valet av tillverkningsmetod för entreprenadföretagen landar därför ofta i vana och preferenser. Har företaget en vana av platsgjuten betong blir det oftast valet. Kanske är det på grund av bekvämlighet och slippa eventuella extraarbeten i form av att utforska andra tillverkningsmetoder.

För att effektivisera gjutningsprocessen brukar entreprenadföretagen vilja samordna flera byggen samtidigt. Exempelvis att företaget bygger tre liknande flerbostadshus samtidigt bredvid eller nära varandra. Då finns det möjlighet att flytta personal mellan arbetsplatserna för att arbetarna inte ska stå utan arbete under en viss tid. Det underlättar även projekteringens tid och kostnad då dessa byggen ofta liknar varandra i form, storlek och kan använda samma leverantörer. Detta är faktorer som förkortar projekteringstiden för byggnaderna om dessa kan standardiseras.

## 6. DISKUSSION

I detta kapitel diskuteras resultatet för att förstå helheten. Metodvalet och utförandet kommer också diskuteras för att förstå vad som kunnat gjorts bättre i arbetet.

### 6.1 Platsgjuten stomme kontra prefabricerad stomme

De mest pålitliga resultaten i rapporten är främst för stommarnas klimatutsläpp. Detta eftersom den datan är baserad på mer pålitliga siffror och välgrundade LCA:er. Därför anser vi att störst värdering bör läggas på just miljöaspekten i jämförelsen mellan de två metoderna. I vad som analyserats är som nämnt utsläppen per m<sup>2</sup> BTA generellt lägre för flerbostadshus med platsgjuten stomme. Kostnaden är även den lägre för platsgjutna stommar. Tidsåtgången är däremot längre för en platsgjuten stomme jämfört med en prefabricerad.

För kostnaden är det svårt att svara exakt vad det kommer att kosta för en stomme. Då alla projekt är unika så kommer de flesta mått inte vara densamma för hus som möjligen skall byggas i framtiden och därav tillkommer det alltid kostnader för modellering samt konstruktion. Skillnaden i pris visar på att platsgjutet är billigare än att köpa prefabricerat. Som nämnt är det vanligt för byggnation av prefabstommar att köpa prefabricerad betong från utlandet. Det medför långa transporter och en negativ påverkan på klimatet. Valet av leverantör blir en trade-off för företaget. Väljer de att beställa från exempelvis Polen kan de få ett lägre betongpris men det blir en större negativ miljöpåverkan.

Tidsåtgången kan variera mycket mellan olika projekt. Som nämnt är byggen med prefabricerade stommar mer störningskänsliga då byggnationen ska följa ett tajt schema där alla delar är noggrant planerade. För ett platsgjutet projekt kan tidsåtgången differentiera på grund av exempelvis väder. Detta gör att svaret inte är exakt definierat utan i stället ett generellt svar för hur det oftast är för flerbostadsprojekt. Det finns inga tydliga riktlinjer för vad som är rätt eller fel tillverkningsmetod, men det som avgör är att det beror på vad företaget är vana att arbeta med och geografiskt läge.

### 6.2 Jämförelse med liknande studier

Vårt resultat har många likheter men även skillnader mot andra forskningar. Där det oftast skiljer sig är i klimatfrågan. Många olika forskningar skiljer sig i vad som är mest klimatvänligt mellan de två tillverkningsmetoderna prefabricerad och platsgjuten betongstomme. Men generellt av de rapporter vi läst är det fler som tyder på att ett flerbostadshus med platsgjuten stomme är det mer klimatvänliga alternativet. Om transporternas utsläpp kan minskas drastiskt finns det dock stora möjligheter för den prefabricerade betongen att bli mer klimatvänlig. Tidsmässigt har alla forskningsrapporter samma resultat som vårt, det råder ingen tvekan om att en prefabricerad stomme går snabbare att färdigställa. Gällande projektering skiljer sig det däremot, en del håller med oss om att de prefabricerade stommarna kräver en längre projekteringstid medan andra menar tvärtom. Kostnadmässigt har de flesta liknande studier samma resultat som vårt. De pekar mot att det är billigare med en platsgjuten betongstomme. Hur mycket det skiljer sig mellan metoderna är

dock väldigt varierande. Dock är inte alla rapporter överens och det finns de som menar på att det är billigare med en prefabricerad betongstomme. Men i överlag tyder vår studie på att det är billigare med en platsgjuten betongstomme för flerbostadshus.

### **6.3 Metodval och utförande**

Metodvalet har fungerat väl för studien. Det har gett möjlighet till en välgrundad empiri med observationer och en nyanserad bild av byggbranschen med intervjuer av olika entreprenadföretag. Det är dock viktigt att poängtera att utförandet inte blev helt som planerat och att vi blev tvungna att justera datainsamlingen. Vi hade en plan på att sammanställa resultat från olika entreprenadföretags kalkyler och kunna se över dem för att kunna göra ett snitt för olika flerbostadshus med betongstommar. Eftersom vi inte erhöll den data som var planerad för fick vi anpassa vår studie och i stället för att analysera exakta kalkyler fick vi analysera mer generella siffror. Exempelvis blev resultatet för kostnaden för en stomme till flerbostadshus baserat på våra egna kalkyler som innehöll några generella och uppskattade värden. I stället för ett mindre antal mer noggranna kalkyler har resultatet utgått från ett lite större antal kvalitativa intervjuer. Från dessa intervjuer har vi fått ett estimerat pris per kvadratmeter BTA för en ”vanlig” betongstomme till flerbostadshus. Om arbetet hade gjorts igen hade vi försökt få kontakt med olika leverantörer för att redan från början göra en kostnads kalkyl med mer exakta värden. Detsamma gäller för tidsåtgången. Tiden för olika delprocesser borde tas fram för att kunna göra en egen analys av helheten i stället för att baseras på kvalitativa data.

## 7. SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER

Slutsats och rekommendation är baserat utifrån studien och kommer koppla resultatet, analysen och diskussionen med rapportens syfte och frågeställningar.

### 7.1 Slutsats

Syftet med studien är att ge förståelse för vilket arbetssätt som är mest effektivt för tillverkningen och byggnationen av en betongstomme vid ett flerbostadsprojekt. Effektiviteten för tillverkningen och byggnationen kommer att mätas på tidsåtgång, kostnad och miljöpåverkan i form av klimatutsläpp. Syftet för studien har uppnåtts. Rapporten presenterar vilket arbetssätt som är mest effektivt för byggnationen av en betongstomme till ett flerbostadshus. Effektiviteten är mätt för tidsåtgång, kostnad och klimatutsläpp.

Nedan presenteras de frågor som formulerats i inledningen och kommer att besvaras utifrån resultatet.

#### ***- Hur skiljer sig klimatavtrycket av att producera och transportera prefabricerad betong jämfört med att platsgjuta en betongstomme för ett flerbostadshus?***

Klimatavtrycket för att producera och transportera prefabricerad betong och att platsgjuta en betongstomme för ett flerbostadshus skiljer sig på så sätt att klimatavtrycket för det sistnämnda är lägre. Hur mycket det skiljer sig är olika från fall till fall. Den främsta aspekten metoderna skiljer sig åt i är transport där prefabricerad betong har ett större klimatavtryck. Spill av betong skiljer sig där platsgjuten betong har något större spill än prefabricerat.

#### ***- Hur stor skillnad i tid är det att färdigställa en stomme och hur lång uttorkningstid innan det går att påbörja inredningsarbetet för de respektive metoderna?***

Tiden för färdigställandet av en stomme och uttorkningstiden är kortare för en prefabricerad betongstomme än för en platsgjuten betongstomme. Hur stor tidsskillnaden är kan variera på grund av utomstående faktorer.

#### ***- Vad blir skillnaden i totalkostnaden för en stomme i ett flerbostadshus mellan de olika metoderna?***

Skillnaden i totalkostnaden är att en prefabricerad betongstomme är mellan 37% och 100% dyrare än en platsgjuten betongstomme. Priset för en platsgjuten betongstomme per BTA är 3000-4000kr/m<sup>2</sup> BTA. För en prefabricerad betongstomme är priset 5000-6000kr/m<sup>2</sup> BTA.

## **7.2 Rekommendationer för fortsatta studier**

Vidare studier på detta arbete kan vara att undersöka betong och utföra LCA för att se hur betongens klimatutsläpp skiljer sig i tillverkningsprocesserna. Det bör också studeras användning av miljöbetong och kvaliteten på den betongen. Då är det av vikt att analysera tidsåtgång och projektering av miljöbetong där den typen av betong har andra förutsättningar. I det området bör det studeras för vilken av tillverkningsmetoderna som utvecklingen av miljöbetongen kan göra störst skillnad. Kostnadsminimering av hela stommen är också relevant att studera.



## REFERENSER

Abdelaal, F., & Guo, B. H. W. (2022). Stakeholders' perspectives on BIM and LCA for green buildings. *Journal of Building Engineering*, 48, 103931.

<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103931>

Ballard, G. Howell, G-A. (2004). *Competing construction management paradigms*. Lean Construction Journal. Vol. 1. Pp. 38-45.

Baumann H., Tillman A.-M., (2004), *The Hitch Hiker's Guide to LCA*. Studentlitteratur. Lund, Sweden.

Bell, E., Bryman, A. & Harley, B. (2019). *Business research methods* (5:e Upplagan). Oxford university press

Bertelsen, S. (2004). *Lean construction: Where are we and how to proceed?*. Lean Construction Journal. Vol .1. pp. 46-69.

Boverket (2020a). *Byggprocessen*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/bygga-nytt-om-eller-till/byggprocessen/> Hämtad 2022-04-10.

Boverket (2020b). *Eurokoder och nationella val i EKS*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-konstruktionsregler/overgripande-bestammelser/nationella-val-i-eks/> Hämtad 2022-04-10.

Boverket (2021a). *Klimatdeklarationens omfattning*. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/omfattning/> Hämtad 2022-05-16.

Boverket (2021b). *Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/> Hämtad 2022-05-05.

Dalen, M. (2008). *Intervju som metod*. Gleerups Utbildning AB.

Denscombe, M. (2014). *The Good Research Guide*. (5:e.uppl). Maidenhead: Open University Press.

Erlandsson, M., Malmqvist, T., Francart, N. & Kellner, J. (2018). *Minskad klimatpåverkan från nybyggda flerbostadshus*. Sveriges Byggindustrier.

URL: <https://www.ivl.se/download/18.72aeb1b0166c003cd0d1d5/1542035270063/C350.pdf>

Fossilfritt Sverige (2018). *Färdplan för klimatneutral konkurrenskraft – Betongbranschen*.  
[https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2020/10/ffs\\_betongbranschen-1.pdf](https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2020/10/ffs_betongbranschen-1.pdf) Hämtad 2022-04-25

Höst, M., Regnell, B. & Runesson, P. (2011). *Att genomföra examensarbete*. Studentlitteratur AB, Lund.

ISO14040 (1997). *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework*. International Organization for Standardization, Genève.

Klöpffer, W. (1997). Life cycle assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 4(4), 223–228. <https://doi.org/10.1007/bf02986351>

Lantz, B., Löfsten, H. & Isaksson, A. (2018). *Industriell ekonomi – Grundläggande ekonomisk analys* (2:a uppl.). Studentlitteratur AB, Lund.

Liker, J.K. (2004). *The Toyota Way. 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill, New York.

Malmqvist, T., Borgström, S., Brismark, J. & Erlandsson M. (2021) *Referensvärden för klimatpåverkan vid uppförande av byggnader*. KTH Skolan för Arkitektur och Samhällsbyggnad. URL: <http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1626114/FULLTEXT01.pdf>

Patel, R., & Davidsson, B. (2019). *Forskningsmetodikens grunder* (5. uppl.). Studentlitteratur AB.

PERI Sverige AB (u.å.). *Om oss*. <https://www.peri.se/om-oss.html> Hämtad 2022-02-10.

Slack, N., Brandon-Jones, A. & Johnston, R. (2016). *Operations Management* (8:e uppl.). Pearson Education Limited, Edinburgh Gate.

Statistiska centralbyrån. (u.å.). *Lägenheter i nybyggda ordinära flerbostadshus, antal som prisstatistiken baserats på efter material i husens stomme och år*.  
[http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START\\_BO\\_BO0201\\_BO020%20IM/MaterialiStommeFN/table/tableViewLayout1/?rxid=e469c967-ae00-4a97-91ad-%20ad86925ed984](http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_BO_BO0201_BO020%20IM/MaterialiStommeFN/table/tableViewLayout1/?rxid=e469c967-ae00-4a97-91ad-%20ad86925ed984)  
Hämtad 2022-03-15.

Svensk Betong. (2018). *Svensk Betongs EPD'er*.  
[https://www.svenskbetong.se/images/pdf/EPD\\_faktablad.pdf](https://www.svenskbetong.se/images/pdf/EPD_faktablad.pdf) Hämtad 2022-04-10

Svensk Betong. (2019). *Klimatförbättrad betong*. [https://cms.betongarhallbart.se/wp-content/uploads/2019/05/klimatforbattrad-betong\\_webb.pdf](https://cms.betongarhallbart.se/wp-content/uploads/2019/05/klimatforbattrad-betong_webb.pdf) Hämtad 2022-04-25

Szombatfalvy, L. (2010). *Vår tids största utmaningar* (2:a reviderade upplagan ed.). Ekerlids. <https://globalchallenges.org/wp-content/uploads/var-tids-storsta-utmaningar.pdf>

United Nations. (2015, December). *Paris agreement*. [https://unfccc.int/sites/default/files/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf)

# BILAGOR

## Bilaga 1 - Intervjumall

### Intervju-mall

*Detta är en mall med struktur och frågor för intervju med personer som arbetar med Prefab-eller platsgjuten betong. Intervjun kommer ta ca 20–30 minuter och är semi-strukturerad.*

*Kom ihåg att fråga om man får spela in en video eller att spela in ett röstmemo för att i efterhand kunna lättare analysera svaren på frågorna.*

*Tänk på strukturen, slutna frågor till en början för att sedan använda sig av trattmetoden för att gå på djupet och till de mer öppna frågorna. Tips! Använd "Probing".*

*Be alla vi intervjuar, om det går, att ta med sig ett översiktligt foto av sin arbetsplats, så vi får en liten uppfattning om hur det ser ut.*

*Till en spontanintervju så kan man välja några få av dessa frågor eller fråga om något man exempelvis observerat.*

*Glöm ej presentera sig innan och att fråga om vi får spela in intervjun. Respondenten kan självfallet vara anonym då vi kommer använda materialet i rapporten.*

- Får vi använda materialet till vårt arbete i rapporten?
- Vad heter du? Och skulle vi få spela in?
- Hur länge har du arbetat inom branschen/på företaget?
- Hur ser din roll ut inom arbetet?
- Vad använder ni för arbetsmetoder när ni skall gjuta en stomme till ett flerbostadshus?
- Och varför har ni just valt att arbeta med prefab/platsgjutet?
  - Vad är en avgörande faktor om det blir prefab/platsgjutet?
- Skulle ni vilja beskriva stegen som tas i byggprocessen för hur ni arbetar med betongen?
- Finns det någon process som är krångligare än någon annan?
- Hur ser ni på spill?
- Vad gör ni med restprodukterna när ni gjutit färdigt?
- Vad är utsläppen ungefär vid tillverkning?
- Hur arbetar ni för att arbetet skall bli mer miljövänligt?
- Återanvänder ni något av betongen?
- Hur kommer ni att påverkas av "cementbristen"?
- Vad kostar mest pengar i processen?
- Vad blir totalkostnaden, om ni nu vill svara på det? Ex. Kvadratmeterpris.
- Hur lång tid tar det för betongen vid de respektive metoderna att torka så man kan fortsätta inredningsarbetet?
- Har ni någon bild vi skulle kunna få ta del av?
- Är det något du vill tillägga som du inte fått säga i intervjun?
- (Är det något du sagt som du inte vill ska vara med i vår rapport?)

INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION  
AVDELNINGEN FÖR SUPPLY AND OPERATIONS MANAGEMENT  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2022  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



**CHALMERS**