

UTVÄRDERING AV LCA, LCC & MERVÄRDEN FÖR NYPRODUKTION I OFFENTLIG SEKTOR

En jämförelse mellan valet av trä och betong som stomsystem
i konceptförskolor

GULEED HASSAN

EMAL NIKZAD

Akademien för ekonomi, samhälle och teknik

Kurs: Examensarbete, byggnadsteknik

Kurskod: BTA212

Ämne: Byggnadsteknik

Högskolepoäng: 15 hp

Program: Högskoleingenjörsprogrammet i
byggnadsteknik

Handledare: Allan Hawas

Examinator: Amir Vadiee

Uppdragsgivare: Mälardalens Universitet

Datum: 2022-09-14

E-post:

Gmn18001@student.mdu.se

End21001@student.mdu.se

ABSTRACT

Purpose: In this project work, the purpose is to perform an LCA as well as an LCC on two concept preschools, one with a wooden frame and one with a concrete frame. The result from the LCA is going to highlight, which of the building frames have the lowest environmental impact. In addition to the environmental impact, the project work is going to include indoor climate together with energy use to get a broader view of the building's overall performance.

Method: This project work is in collaboration with Futurum Fastigheter i Örebro AB, where the authors have been instructed to perform an LCA on two concept preschools. One preschool has a wooden frame and the other has a concrete frame. The objective is to find out which of the buildings has the largest environmental footprint. In addition to this, the authors have evaluated an LCC together with an additional value tool. There are many tools to analyze the consequences from an environmental as well as an economic perspective. The report includes an LCA, LCC and an additional value tool. **Result:** The results show that the impact on CO₂e/m² for Bettorp was lower than Silva. Furthermore, the comparison between both preschools illustrated that Bettorp had lower emissions in all greenhouse categories except for carbon storage. The additional value tool portrays positive values for each preschool, although they differ. **Conclusion:** With the help of the software "One Click LCA" and "Visualisering och kvantifiering av mervärden vid energieffektivisering i offentlig sektor", the questionnaire has been answered and they all point to the wooden frame having a less environmental impacts along with a lower social cost of coal. The additional value tool was answered with the help of three employees at Futurum Fastigheter i Örebro AB. One of the participants concluded that there was no difference with regard to additional value between the preschools. The other two participants agreed that the preschool with a wooden frame provided a higher additional value compared to the other preschool.

Keywords: Carbon dioxide equivalents, lifecycle analysis, lifecycle cost analysis, additional value, EPD, concept preschool, energy use, concrete frame, wooden frame.

FÖRORD

Det här examensarbetet är den avslutande delen av vår utbildning till högskoleingenjörsprogrammet i byggnadsteknik på Mälardalens universitet. Examensarbetet omfattar 15hp och har gjorts i samarbete med Futurum Fastigheter i Örebro AB.

Vi vill rikta ett stort tack till Futurum Fastigheter i Örebro AB för möjligheten att skriva examensarbetet i samarbete med de. Vi vill tacka Mia Elvén på Futurum Fastigheter i Örebro AB för det professionella bemötandet och det effektiva hanterandet av alla våra frågor och funderingar. Vi vill även tacka alla medarbetare på Futurum Fastigheter i Örebro AB som på olika sätt har hjälpt till att bidra till vårt examensarbete.

Avslutningsvis vill vi tacka vår handledare Allan Hawas för de goda råden, vägledningen och omfattande information som bidragit till vårt arbete. Ett tack till vår examinator Amir Vadiee för de goda råden i början av arbetet som väglett oss genom hela perioden.

Västerås, maj 2022

Emal Nikzad & Guleed Hassan



SAMMANFATTNING

Byggbranschen står inför stora miljöutmaningar som måste lösas för att uppfylla FN:s globala hållbarhetsmål. Branschen står för 20% av Sveriges växthusgasutsläpp 2019. Därmed måste hållbara byggnader bli viktigare för byggherrar runtom i världen. Ett av de viktigaste besluten är valet av byggnadsstomme. Byggnadsstommen påverkar utsläpp av växthusgaser, energianvändning och inomhusklimat vilket i sin tur påverkar den totala miljöpåverkan. Av den orsaken är det viktigt att välja byggnadsstommen noggrant genom att se över alla potentiella konsekvenser ur ett miljömässigt och ekonomiskt perspektiv.

Detta examensarbete genomfört i samarbete med Futurum Fastigheter i Örebro AB. Uppdraget har varit att utföra en LCA på två konceptförskolor. Den ena förskolan har en trästomme och den andra har en betongstomme. Syftet är att ta reda på vilken av förskolorna som har störst miljöavtryck. Utöver detta utvärderas en LCC tillsammans med ett mervärdesverktyg.

Det finns ett flertal verktyg för att analysera konsekvenserna ur ett miljömässigt som ett ekonomiskt perspektiv. Examensarbetet omfattar en LCA, LCC och ett mervärdesverktyg. Med hjälp av programvaran "One Click LCA" och "Visualisering och kvantifiering av mervärden vid energieffektivisering i offentlig sektor".

Frågeställningarna har besvarats och de pekar alla på att trästommen har en mindre miljöpåverkan tillsammans med en lägre social kostnad för kol. Mervärdevärdesverktyget har besvarats med hjälp av tre medarbetare på Futurum Fastigheter i Örebro AB. En av deltagarna kom fram till att det inte fanns någon skillnad vad gäller mervärde för förskolorna. De två andra deltagarna var överens om att förskolan med trästomme gav ett högre mervärde i förhållande till betongstommen.

Slutsatser som kan dras av det här examensarbetet är att trästommen hade mindre klimatpåverkan än betongstommen sett till hela livscykelkedet. Det beror på att betong är en mer energikrävande resurs vilket har gjort att skede A1-A3 (råvaruförsörjning, transport, tillverkning) hade nästintill dubbelt så mycket utsläpp i jämförelse med trästommen. Vidare var vår LCC inte fullständig vilket gjort det svårt för oss att göra uttalande gällande vilken stomme som har lägst kostnader i förhållande till LCC. Däremot kan vi konstatera att trästommen har lägre sociala kostnader för kol än betongstommen. Energianvändningen i form av utsläpp var lägre i trästommen än betongstommen men energiutsläppen utgör en större andel i förhållande till de andra livscykelkedena för trästommen. Det går inte att avgöra vilken stomme som har mest påverkan på energianvändningen eftersom det beror på människans beteende, utomhusklimat, teknik, isolering, lufttäthet och U-värden. För att göra en rättvis bedömning krävs det att alla parametrar studeras vidare. Slutligen har båda

stommarna bidragit till positiva mervärden men resultatet varierar på grund av vilka personer som har svarat, vilka mervärdesfaktorer deltagarna angivit och antalet frågor för respektive område. FN:s globala hållbarhetsmål 11(Hållbara städer och samhällen) är det mål som har haft mest påverkan på dessa två stommar.

Nyckelord: koldioxidekvivalenter, livscykelanalys, livscykelkostnadsanalys, mervärden, EPD, konceptförskola, energianvändning, betongstomme, trästomme.

INNEHÅLL

UTVÄRDERING AV LCA, LCC & MERVÄRDEN FÖR NYPRODUKTION I OFFENTLIG SEKTOR

1	INLEDNING	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte	2
1.3	Frågeställningar.....	2
1.4	Avgränsning	3
2	METOD.....	4
2.1	Litteraturstudie	4
2.2	Fallstudie.....	4
2.2.1	Dokumentanalys	5
2.2.2	One Click LCA	5
2.2.3	Mervärdeverktyg	7
2.3	Beskrivning av hur frågeställningarna är besvarade	8
2.3.1	Första frågeställning: Hur bidrar olika stommaterial till utsläpp av växthusgaser med avseende på LCA?.....	8
2.3.2	Andra frågeställningen: Hur bidrar olika stommaterial kostnadseffektivt med avseende på LCC?	8
2.3.3	Tredje frågeställningen: Hur olika stommaterial påverkar energianvändningen i byggnader?	8
2.3.4	Fjärde frågeställningen: Vilka mervärden får man på köpet vid nyproduktion och hur skiljer det sig i relation till val av olika stommaterial?	8
3	ÄMNESMÄSSIG REFERENSRAM.....	10
3.1	Trä	10

3.1.1	Trästomme.....	10
3.1.2	Billigaste valet av stomme.....	11
3.1.3	Användningsområde	12
3.1.4	Beständighet.....	13
3.1.5	Brandsäkerhet.....	13
3.1.6	Fukt.....	14
3.1.7	Tillverkningsprocess.....	14
3.1.8	Hållbarhetsperspektiv.....	14
3.1.9	Inomhusklimat.....	15
3.1.10	Energianvändning för tillverkning	16
3.2	Betong.....	18
3.2.1	Användningsområde	18
3.2.2	Platsgjuten betong	18
3.2.3	Prefabricerad betong.....	19
3.2.4	Kombination av platsgjutna och prefabricerade betongkonstruktioner	20
3.2.5	Beståndsdelar i betong	20
3.2.6	Tillverkningsprocessen av cement	20
3.2.7	Cementtillverkningens klimatpåverkan	21
3.2.8	Betongens egenskapsprofil.....	21
3.2.9	Energianvändning vid tillverkningsprocessen av cement.....	22
3.2.10	Inomhusklimat.....	23
3.3	Energianvändning	24
3.3.1	U-värde	24
3.3.2	Lufttäthet.....	24
3.3.3	Isolering	25
3.4	LCA.....	26
3.4.1	Vad är LCA?	26
3.4.2	LCA:s tillvägagångssätt.....	26
3.4.3	Bakomliggande faktorer	26
3.4.4	Betydelsen av LCA	27
3.4.5	Tillämpning i byggsektorn	27
3.4.6	LCA som metodval.....	27
3.4.7	Ändamål.....	28
3.4.8	Utmaningar	28

3.5 LCC	30
3.5.1 Vad är LCC?	30
3.5.2 Planering av LCC baserade beslut	31
3.5.3 Implementering av LCC baserade beslut	32
3.5.4 Validering av LCC baserat beslut	32
3.5.5 Förbättring av LCC baserade beslut	33
3.6 Mervärde av energieffektivisering	34
3.7 Konceptförskola	35
4 AKTUELL STUDIE	36
4.1 Förskola Bettorp	36
4.1.1 Beskrivning av förskolan Bettorp	36
4.1.2 Planlösning våning 1	37
4.1.3 Planlösning våning 2	38
4.1.4 Fasadvy	39
4.1.5 U-värde	40
4.2 Förskolan Silva	41
4.2.1 Beskrivning av förskolan Silva	41
4.2.2 Planlösning våning 1	41
4.2.3 Planlösning våning 2	42
4.2.4 Fasadvy	43
4.2.5 U-värde	44
5 RESULTAT	46
5.1 LCA på förskolan Bettorp	46
5.1.1 Vagga till grav	46
5.1.2 Inbäddad koldioxid efter livscykelstadiet	47
5.1.3 Inbäddad koldioxid efter struktur A1-A3	47
5.1.4 Global uppvärmning kg CO ₂ e – Livscykelstadier	48
5.1.5 Global uppvärmning kg CO ₂ e – Klassificeringar	49
5.1.6 Global uppvärmning kg CO ₂ e – Resurstyper	50
5.1.7 Massa kg – Klassificeringar	51
5.1.8 Mest bidragande material Bettorp	52

5.2 LCC på förskolan Bettorp	53
5.2.1 Sociala kostnader för kol.....	53
5.3 LCA på förskolan Silva.....	54
5.3.1 Vagga till grav	54
5.3.2 Inbäddad koldioxid efter livscykelstadiet.....	55
5.3.3 Inbäddad koldioxid efter struktur A1-A3	55
5.3.4 Global uppvärmning kg CO ₂ e – Livscykelstadier	56
5.3.5 Global uppvärmning kg CO ₂ e – Klassificeringar	57
5.3.6 Global uppvärmning kg CO ₂ e – Resurstyper.....	58
5.3.7 Massa kg – Klassificeringar.....	59
5.3.8 Mest bidragande material Silva	60
5.4 LCC på förskolan Silva.....	61
5.4.1 Sociala kostnader för kol.....	61
5.5 Jämförelse förskolan Bettorp och Silva.....	62
5.6 Mervärden	65
5.6.1 Mervärde visualisering Bettorp.....	65
5.6.2 Mervärde och FN:s globala mål Bettorp	68
5.6.3 Mervärde visualisering Silva.....	71
5.6.4 Mervärde och FN:s globala mål Silva.....	74
6 DISKUSSION.....	77
6.1 Hur bidrar olika stommaterial till utsläpp av växthusgaser med avseende på LCA?	77
6.2 Hur bidrar olika stommaterial kostnadseffektivt med avseende på LCC?	79
6.3 Hur påverkar olika stommaterial energianvändningen i byggnader?.....	80
6.4 Vilka mervärden får man på köpet vid nyproduktion och hur skiljer det sig i relation till val av olika stommaterial?	82
7 SLUTSATSER.....	84
8 FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE.....	85

REFERENSER.....	86
-----------------	----

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1: Beskrivning av LCC processen.....	31
Figur 2: PLANLÖSNING VÅN 1 BETTORP gjord av Snidare Arkitekter.	37
Figur 3: PLANLÖSNING VÅN 2 BETTORP gjord av Snidare Arkitekter.....	38
Figur 4: Fasadvyer för förskola Bettorp gjord av Snidare Arkitekter.	39
Figur 5: PLANLÖSNING VÅN 1 SILVA gjord av Snidare Arkitekter.....	41
Figur 6: PLANLÖSNING VÅN 2 SILVA gjord av Snidare Arkitekter.	42
Figur 7: FASAD MOT SÖDER SILVA gjord av Snidare Arkitekter.	43
Figur 8: FASAD MOT NORR SILVA gjord av Snidare Arkitekter.	43
Figur 9: Fasad mot öster Silva gjord av Snidare Arkitekter.....	44
Figur 10: Fasad mot väster Silva gjord av Snidare Arkitekter.	44
Figur 15: Mängden kg CO ₂ e/m ² i förskolan Silva, angivet i riktvärden A-G.....	46
Figur 16: Procentuell andel inbäddad koldioxid efter livscykelstadie A1-4, B4-5 och C1-C4..	47
Figur 17: Procentuell andel inbäddad koldioxid efter byggnadens struktur i livscykelsskede A1-A3.	47
Figur 18: Procentuell andel kg CO ₂ e i livscykelsskeden: A1-3, A4, B1-5, B6 och C1-4.	48
Figur 19: Procentuell andel kg CO ₂ e för de olika klassificeringarna.....	49
Figur 20: Procentuell andel kg CO ₂ e för olika ingående resurser.....	50
Figur 21: Procentuell andel kg för de olika byggnadsdelarna.	51
Figur 22: Top-3 mest bidragande material för Bettorp.	52
Figur 23: Sociala kostnader för kol för Bettorp.	53
Figur 24: Mängden kg CO ₂ e/m ² i förskolan Silva, angivet i riktvärden A-G.	54
Figur 25: Procentuell andel inbäddad koldioxid efter livscykelstadie A1-4, B4-5 och C1-C4..	55

Figur 26: Procentuell andel inbäddad koldioxid efter byggnadens struktur i livscykelsskede A1-A3.....	55
Figur 27: Procentuell andel kg CO ₂ e i livscykelsskeden: A1-3, A4, B1-7 och C1-4.....	56
Figur 28: Procentuell andel kg CO ₂ e för de olika klassificeringarna.	57
Figur 29: Procentuell andel kg CO ₂ e för olika ingående resurser.....	58
Figur 30: Procentuell andel kg för de olika byggnadsdelarna.	59
Figur 31: Top-3 mest bidragande material för Silva.	60
Figur 32: Sociala kostnader för kol för Silva.....	61
Figur 33: Jämförelse mellan alla slagkategorier i LCA för förskolorna.	62
Figur 34: Jämförelse mellan förskolornas CO ₂ e i förhållande till byggnadernas komponenter, elanvändning, vattenförbrukning och användning av fjärrvärme.....	63
Figur 35: Utsläpp av CO ₂ e i olika livscykelsskeden för förskolorna.	64
Figur 36: Visualisering av mervärden för energiingenjören för Bettorp.	65
Figur 37: Visualisering av mervärden för energichefen för Bettorp.	66
Figur 38: Visualisering av mervärden för projektledaren för Bettorp.....	67
Figur 39: Mervärden påverkan på FN:s globala mål för energiingenjören för Bettorp.	68
Figur 40: Mervärden påverkan på FN:s globala mål för energichefen för Bettorp.	69
Figur 41: Mervärden påverkan på FN:s globala mål för projektledaren för Bettorp.....	70
Figur 42: Visualisering av mervärden för energiingenjören för Silva.	71
Figur 43: Visualisering av mervärden för energichefen för Silva.	72
Figur 44: Visualisering av mervärden för projektledaren för Silva.	73
Figur 45: Mervärden påverkan på FN:s globala mål för energiingenjören för Silva.	74
Figur 46: Mervärden påverkan på FN:s globala mål för energichefen för Silva.....	75
Figur 47 : Mervärden påverkan på FN:s globala mål för projektledaren för Silva.....	76

TABELLFÖRTECKNING

Tabell 1: Olika skeden under en byggnads livscykel. A2 gäller transporten från råvaruförsörjning till tillverkningsprocess. A4 gäller transport från tillverkningsprocess till byggarbetsplats.....	3
Tabell 2: Parametrar som inkluderas i studentlicens.	5
Tabell 3: U-värden byggnadsdelar Bettorp hämtad från Indikator 3 – Energianvändning....	40
Tabell 4: Köldbryggor Bettorp hämtad från Indikator 3 – Energianvändning.	40
Tabell 5: U-värden byggnadsdelar Bettorp hämtad från Indikator 3 – Energianvändning....	45
Tabell 6: Köldbryggor Bettorp hämtad från Indikator 3 – Energianvändning.	45

FÖRKORTNINGAR

Förkortning	Beskrivning
LCA	Livscykelanalys
LCC	Livscykelkostnadsanalys
Kg CO ₂ e	Kilogram koldioxidekvivalenter
BOA	Boarea
BTA	Bruttoarea
EPD	Environmental Product Declaration
PUE	Partneringentreprenad
A-ritning	Arkitektritning
K-ritning	Konstruktionsritning

1 INLEDNING

Naturvårdsverket (u.å.) påpekar att bygg- och fastighetssektorn har en stor inverkan på framtida utsläpp av växthusgaser. Byggbranschen har samordnat kollektiva riktlinjer för att uppnå nettonollutsläpp år 2045. För att uppnå dessa mål finns ett flertal parametrar att ta hänsyn till som, byggmaterial, transport, energi och uppvärmning. En grön omställning kräver bland annat, att de ingående byggnadsmaterialen har låg miljöpåverkan, att transport av råvaror sker med fossilfritt bränsle samt att energi och uppvärmning till byggnader är av förnyelsebar karaktär. Syftet med detta arbete är att genomföra en fallstudie som jämför två konceptförskolor, den ena byggd i trä och den andra uppförd med betong och stål. Med hjälp av en livscykelanalys och en kompletterande livscykelkostnadsanalys visar det tydligt vilka material som har mest inverkan på de olika livsskeden av ett byggnadsprojekt. Livscykelkostnadsanalys ger en balans i vilken lösning som är möjlig ur ett kostnadsperspektiv.

1.1 Bakgrund

Ur ett livscykelperspektiv släpper bygg- och fastighetssektorn ut ca 21% av de totala växthusgaserna i Sverige år 2019 (Boverket, 2021). Därmed blir hållbar bebyggelse en viktig aspekt som beställare till byggprojekt alltmer eftersträvar. Hållbart byggande från en ingenjörssynvinkel innebär att komponenter som är en del av ett byggnadsverk, kartläggs och optimeras för att få en byggnad som har en minimal miljöpåverkan. En av de viktigare aspekterna i en byggnad är just valet av stomme, den bärande konstruktionen av en byggnad. SKR (2022) menar att val av stomme påverkar bland annat utsläpp, energiåtgång och inneklimat, som i sin tur har en stor betydelse för om en bebyggelse blir hållbar eller inte.

Vidare menar SKR (2022) att betong är ett vanligt förekommande byggmaterial i stora bebyggelser. Betong har möjliggjort skysrapor och andra höga byggnadsverk att ta form bland annat på grund av sina föredömliga egenskaper gällande bärighet. Däremot är betong extremt energi- och resurskrävande material. Utvinning av kalk, en mineral som krävs för att framställa cement, en av dem aktiva ingredienserna till betong kräver väldiga energiresurser. Dessa energiresurser leder till utsläpp av växthusgaser som skadar vårt ozonskikt och är en av anledningarna till bildandet av FN:s Globala Klimatmål.

FN:s Globala Klimatmål består av 17 mål som ska bidra till ett mer hållbart samhälle i framtiden (UNDP, 2022).

Ramboll (u.å.) poängterar att trä binder koldioxid som till följd kan leda till koldioxidnegativa byggnader. Dessutom är trä en förnyelsebar råvara som kräver mindre energi vid tillverkningsprocesser i jämförelse med betong och stål. Drift och underhåll av träbyggnader kräver därutöver mindre energi.

På uppdrag av Futurums fastigheter i Örebro AB skall dessa två material undersökas och jämföras genom att göra LCA och LCC beräkningar. Dessa beräkningar ska ge en tydlig bild på vad som kan förbättras under ett tidigt skede i byggprocessen ur ett klimat, energi- och kostnadsperspektiv.

1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att undersöka vad som bidrar mest till en hållbar bebyggelse, att bygga i trä eller betong. Med hjälp av LCA och LCC beräkningar på två konceptförskolor, ska det jämföras hur mycket klimatpåverkan en konceptförskola i betong har, kontra en konceptförskola i trä. Klimatpåverkan omfattar majoriteten av livscykelstadier för en byggnad. Därutöver jämförs byggnadernas energianvändning och inomhusklimat

Målsättningen med arbetet är att främja det framtida trähusbyggandet. Genom att analysera möjliga förbättringsområden i ett tidigt skede kan man nå verksamhetens uppsatta hållbarhetsmål.

1.3 Frågeställningar

Rapporten har besvarat följande frågor.

- Hur bidrar olika stommaterial till utsläpp av växthusgaser med avseende på LCA?
- Hur bidrar olika stommaterial kostnadseffektivt med avseende på LCC?
- Hur olika stommaterial påverkar energianvändningen i byggnader?
- Vilka mervärden får man på köpet vid nyproduktion och hur skiljer det sig i relation till val av olika stommaterial?

1.4 Avgränsning

Arbetet är avgränsat till att endast gälla LCA och LCC beräkningar på Futurum fastigheters konceptförskolor Bettorp och Silva, som är lokaliserade i Örebro. Rapporten kommer endast ta upp en jämförelse mellan en trästomme och en betongstomme.

Tabell 1: Olika skeden under en byggnads livscykel. A2 gäller transporten från råvaruförsörjning till tillverkningsprocess. A4 gäller transport från tillverkningsprocess till byggarbetsplats.

Byggskede A1-5	Användningsskede B1-7	Slutskede C1-4
A1 – Råvaruförsörjning	B1 – Användning	C1 – Demontering, rivning
A2 – Transport	B2 – Underhåll	C2 – Transport
A3 – Tillverkning	B3 – Reparation	C3 – Restproduktsbehandling
A4 – Transport	B4 – Utbyte	C4 – Bortskaffning
A5 – Bygg- och installationsprocess	B5 – Ombyggnad	
	B6 – Driftenergi	
	B7 – Driftens vattenanvändning	

Skedet A5 (Bygg-och installationsprocess) kommer inte tas med i LCA beräkningen eftersom det kräver en del information från byggtreprenören gällande resursanvändning. Exempelvis behövs detaljerad information om energianvändning på plats, vattenanvändning etc. Skedet A5 avgränsas eftersom området var frivilligt och har en liten påverkan för resultatet av LCA. När det kommer till LCC-beräkningen är omfattningen väldigt begränsad. För att genomföra en träffsäker LCC krävs det mycket data och tid. Tidsbrist är en orsak till avgränsningen. LCC omfattar endast följande parametrar: Valuta och växelkurs där valutasymbol och tillämplig växelkurs ingår. Lokala byggarbetspriser och lokalkostnadsindex där regionalt materialkostnadsindex och timpris för arbetare ingår. Diskonteringsfaktor (kapitalkostnad) och inflation där diskonteringsränta (kapitalkostnad), allmän inflationstakt, energiinflationstakt och vatteninflationstakt ingår.

Baserat på dessa parametrar kommer ett automatiserat värde genereras av One Click LCA som visar på sociala kostnader för kol angivet i euro. Inga vidare LCC-beräkningar kommer utföras. Utöver detta kommer inte heller driftens vattenanvändning (B7) att tas hänsyn till för förskolan Bettorp. Programvaran One Click LCA räknar ut vattenanvändningens påverkan sett över ett års tid och eftersom förskolan varit i drift under fem månader kan inte data uppskattas.

2 METOD

Examensarbetet bygger på litteraturstudie och fallstudie.

2.1 Litteraturstudie

Litteraturstudien inkluderar vetenskapliga rapporter som studerar skillnaden mellan byggnader med trästomme och byggnader med betongstomme ur ett hållbarhetsperspektiv. De vetenskapliga publikationerna ska styrka argument för och emot byggande av trä respektive betong genom en objektiv bedömning.

För att litteraturstudien ska vara varierande och forskningsmässigt innovativ studeras både internationella rapporter och inhemska rapporter från myndigheter, institut och andra tillförlitliga organisationer. Vidare fokuserar litteraturstudien på vetenskapliga publikationer som kan ge en tydligare bild på hur energianvändning och inomhusklimat kan påverkas av valet mellan trä- och betongstomme.

Slutligen är tanken att summera hur kostnadseffektiv den mer hållbara lösningen är genom att ta stöd av studier som tar upp relevanta synpunkter gällande valet av stommaterial.

Vetenskapliga rapporter och andra relevanta studier inhämtas från sökmotorn Google Scholar, studentlitteratur samt publikationstjänsten Diva.

Sökord: Trästomme, betongstomme, LCA, LCC, energianvändning.

2.2 Fallstudie

Detta examensarbete genomförs i samarbete med Futurum Fastigheter i Örebro AB. Syftet med studien är att jämföra förskolan Bettorp som är byggd i trästomme och förskolan Silva som är konstruerad i form av en betongstomme. Studiens fokus är att genomföra LCA och LCC beräkningar på tidigare nämnda förskolor. De avgörande parametrarna i studien inkluderar klimatperspektiv, energianvändning och inomhusklimat. Med hjälp av bygghandlingar som tillhandahålls från Futurum Fastigheter i Örebro AB ska byggmaterial integreras från Autodesk Revit till programvaran One Click LCA med hjälp av One Click LCA REVIT plugin. Detta ska resultera i en överblick på hur stor klimatpåverkan respektive förskola har i olika skeden av byggnadens livscykel.

2.2.1 Dokumentanalys

Den största delen av material och data som är nödvändig för att beskriva dessa förskolor har inhämtats från Futurum Fastigheter i Örebro AB. Dessa underlag består av digitala filer som innehåller följande relevanta handlingar: A-ritningar, K-ritningar, Indikator 3 i Miljöbyggnad och Excelfiler. Övriga handlingar som energideklarationer för respektive förskola kommer också utnyttjas. Dessutom kommer årlig vattenanvändning att nyttjas för förskolan Silva. Vi kommer också att använda oss av ett mervärdesverktyg bestående av ett frågeformulär som kommer besvaras av tre tjänstemän från Futurum Fastigheter i Örebro AB.

2.2.2 One Click LCA

One Click LCA är ett global LCA- och EPD-mjukvara som används i över 100 länder (One Click LCA, 2015). Företagets mål är få byggnadssektorn att hantera kol på ett effektivt sätt som ska resultera i minskade kostnader menar One Click LCA (2015). Detta kräver att mätning, rapportering och kolreducering är väsentliga delar av verksamheten. Just det tidigare nämnda tillhandahåller One Click LCA praktiska lösningar i form av mjukvara.

Vi använder oss av One Click LCA studentlicens som inkluderar flertalet faktorer enligt tabell 2.

Tabell 2: Parametrar som inkluderas i studentlicens.

Indikatorer för miljöpåverkan	×
Livscykelstadier	×
Jämför alternativ med detaljerade tabeller och diagram	×
Spåra resultat från design till färdig byggnad	×
Kopiera data från andra projekt och alternativ	×
Gruppera material för att skapa konstruktionsenheter	×
Importera data från Excel	×
Automatisk kartläggning av importerade data	×

BIM-modellkontroll	×
Importera data	×
Spåra LCA-data till BIM eller inmatade data som du har importerat	×
Omfattande generisk databas för material, energi och processer	×
One CLICK LCA:s generiska konstruktions- och systemdata-bibliotek	×
Omfattande verifierad databas med globala och lokala EPD:er	×
Ladda ner EPD:er direkt	×
Se produktens koldioxidintensitet i olika tillgängliga enheter	×
Koldioxideffekt som visas för varje material uppdelat efter livscykelstadie	×
Scenarier för transport och livslängd	×
LCA checker	×
Sammanfattning av resultat och analysdiagram	×
Delvis LCC baserad på ett fåtal parametrar	×

Med hjälp av One Click LCA REVIT plugin kunde majoriteten (ca 70%) av all material för de båda förskolorna integreras från Autodesk Revit till One Click LCA med angivna EPD:er. Ca 30% av materialen kunde inte integreras på ett optimalt sätt med angivna EPD:er, därför behövdes data för dessa material ersättas manuellt med liknande befintligt material som var tillgänglig i programvaran. Detta utfördes genom att söka bland tillgängliga byggmaterial i databasen. Med hjälp av EPD:er kunde de mest passande materialen väljas. Besluten baserades på tillgängliga bygghandlingar från respektive förskola, allmän efterforskning och EPD:er från One Click LCA.

2.2.3 **Mervärdeverktyg**

Efter ett antal diskussioner med handledaren blev det uppenbart att ett mervärdesverktyg var väldigt relevant för arbetet. Eftersom Futurums Fastigheter i Örebro AB är ett kommunalägt bolag, är det väldigt passande att använda sig av verktyget som riktar sig mot den offentliga sektorn. För att verktyget ska vara så effektivt som möjligt, är det viktigt att individerna som deltar är insatta i förskolorna. Detta då det finns ett antal olika parametrar att ta hänsyn till. En energichef, energiingenjör och projektledare är samtliga deltagare som deltog för att besvara frågeformuläret i mervärdesverktyget och alla deltagare är väl insatta i förskolorna. Baserat på deras svar kommer ett resultat att presenteras i form av diagram och tabeller. Ytterligare bakgrund om mervärden och mervärdesverktyget presenteras i avsnitt 3.6 ”Mervärde av energieffektivisering”.

2.3 Beskrivning av hur frågeställningarna är besvarade

2.3.1 Första frågeställning: Hur bidrar olika stommaterial till utsläpp av växthusgaser med avseende på LCA?

Frågeställningen besvaras genom användning av programvaran One Click LCA. Revit filer som tillhandahållits från Futurum Fastigheter i Örebro AB för förskolorna Bettorp och Silva var nyckeln. Byggnadens olika delar och material har integrerats från Autodesk Revit till One Click LCA med hjälp av One Click LCA REVIT plugin. Andelen av byggnaden som inte kunde integreras automatiskt (det vill säga med angivna EPD:er) har ersatts manuellt med de mest efterliknande materialen. Resultaten presenteras i form av tabeller och diagram. Därutöver fylldes: Årlig energianvändning, årlig vattenkonsumtion, byggnadsyta och beräkningsperiod (livslängd) med hjälp av Indikator 3-Energianvändning, energideklarationer och månadsrapporter för vattenkonsumtion.

2.3.2 Andra frågeställningen: Hur bidrar olika stommaterial kostnadseffektivt med avseende på LCC?

Frågeställningen besvaras genom att använda sig av programvaran One Click LCA. Dock har avgränsningar gjorts som nämnts i kapitlet 1.4 "Avgränsningar". Resultatet presenteras i form av en figur för varje förskola, där sociala kostnader för kol angavs i euro.

2.3.3 Tredje frågeställningen: Hur olika stommaterial påverkar energianvändningen i byggnader?

LCA beräkningen av förskolorna kommer visa på vilken förskola som använder sig av mest energi i bruksskedet i form av tabeller och figurer. Förskolornas U-värde, isolering och lufttäthet kommer att jämföras med stöd av den ämnesmässiga referensramen som berör aktuella områden. U-värden tas fram genom Indikator 3 – Energianvändning för respektive förskola.

2.3.4 Fjärde frågeställningen: Vilka mervärden får man på köpet vid nyproduktion och hur skiljer det sig i relation till val av olika stommaterial?

Denna frågeställning besvaras genom att använda sig av det utvecklade mervärdesverktyget från EnOff. Mervärdesverktyget har vidareutvecklats för en smidigare användning. Tanken är att en energiingenjör, energichef och en projektledare som är insatta i det aktuella projektet för båda förskolorna, ska besvara ett antal frågor i syfte att få en visualisering av mervärden i

form av tabeller och diagram. Vidare ska det visualiseras hur mycket projektet påverkar FN:s Globala Hållbarhetsmål.

3 ÄMNESMÄSSIG REFERENSRAM

Detta kapitel tar upp olika material som trä och betong samt vad de har för roll när man bygger. Vidare tas det även upp energianvändningens roll vid tillverkning- och driftskedet. Utöver det tas livscykelanalys och livscykelkostnadsanalys upp och vad som påverkar ett kvalitativt resultat. Även mervärden tas upp för att få en bättre helhetsbild för vad en hållbar bebyggelse är. Slutligen klargörs begreppet konceptförskola.

3.1 Trä

3.1.1 *Trästomme*

Berg (2007) understryker att Sverige är ett land berikat med skog och därför är trä ett väldigt vanligt byggnadsmaterial. Trots den stora variationen av byggnadsmaterial som finns har trä fortfarande en viktig roll i byggnadsindustrin. Framförallt är trä vanligt som stommateriäl till mindre byggnader som exempelvis småhus. De som är framstående med trästommar är att:

- De är lätta att tillverka
- Relativt lätta att bearbeta
- Har god värmeisolerande egenskaper
- God hållfasthet i förhållande till dess vikt

Nackdelar med trästommar är bland annat:

- Ett brännbart material
- De medföljer risk för röta och mögel
- Rörelser i form av krympning och svällning orsakad av fukt.

Enligt Berg (2007) är stommens syfte att vara den bärande delen som för ner en konstruktions alla laster ner till grunden. För småhus är det oftast talan om bärande ytterväggar och utfackningsväggar som främst används i flerbostadshus. Stommateriäl används som dimensionshyvlat virke för att isoleringen enklare ska sättas på plats. I takt med ökade isoleringskrav räcker det inte att väggkonstruktionen består av stående massiva reglar. Nuförtiden använder man sig av stående och horisontella reglar som har visat sig minska köldbryggor. Syll är ett material som används för att fördela laster från de bärande reglarna.

För att minska risken för rötangrepp ska syllen vara tryckimpregnerat och dessutom ha en fuktkvot som är högst 20% vid montering. Det bästa sättet att skydda trä mot mögel och röta är genom att hålla fuktkvoten till under 20%.

3.1.2 *Billigaste valet av stomme*

Betong (2019) beskriver att debatten mellan valet av trä eller betong som stomsystem, har pågått i 25 år. För 25 år sedan blev det tillåtet att bygga trähus högre än 2 våningar. Förespråkarna för betong lyfter upp dess föredömliga egenskaper som, brandskydd, akustik och omfattning. Förespråkarna för trä, talar om dess mildrade miljöpåverkan och kortare byggtid. Frågan är, vilket val är billigast? Åsikterna skiljer sig åt. En del sakkunniga är av åsikten att om det byggs mindre hus exempelvis småhus, är det mer kostnadseffektivt att bygga med trä. En del sakkunniga menar att det inte går att jämföra kostnaderna på rak arm utan att alla projekt är unika och därmed inte jämförbara.

Betong (2019) skriver att detta måste undersökas och har tagit hjälp av SCB, Statistiska Centralbyrån som har genomfört en databaskörning för att avgöra vilken stomme som har högst byggkostnader. Genom en databaskörning har SCB gått igenom 2039 byggprojekt som framställt 123 878 lägenheter i flerbostadshus med minst tre lägenheter under åren 2013–2017. Resultatet visar på att en trästomme är billigare än en betongstomme. Den genomsnittliga kostnaden för en trästomme år 2017 var 29 675 kronor per kvadratmeter BOA. För betongstommen var den kostnaden 36 550 kronor per BOA. Detta visar på att trästommen är nästan 20% billigare än betongstommen. Prisskillnaderna från år 2013 har dock stadigt minskat med åren. Det som är anmärkningsvärt är prisskillnaden över landet. Där skiljer prisskillnaderna avsevärt. Stor Stockholm som ett exempel, har de överlägset högsta byggkostnaderna, både gällande trästomme och betongstomme. Kostnaden för trästomme i Stor Stockholm var 36 761 kronor per kvadratmeter BOA och för betongstommen 45 607 kronor per kvadratmeter BOA. De lägsta byggkostnader fanns i Sydsverige (Skåne, Blekinge, Småland etc.). Där var kostnaden för betongstommen 29 805 per kvadratmeter BOA och för trästommen 24 571 kronor. Den lägsta prisskillnaden fanns i Mellansverige, där var byggkostnaden för betongstommen endast 6% dyrare. Den största prisökningen för trästomme har skett i Stor Stockholm. Där har trästommar för hus ökat med 52% under åren 2013–2017. I statistiken ingår byggnader med en och två våningar. Dessa byggnader byggs nästan alltid med trä på grund av dess låga höjd som resulterar i lägre byggkostnader. När man tar bort dessa byggnader från statistiken, ungefär 20% av hela beståndet, visar resultat fortfarande att trästommar är billigare än betongstommar. En trästomme kostar då 30 987 kontra betongstommen som kostar 36 846 per kvadratmeter

BOA. Statistiken visar på högre byggkostnader runt storstadsområdena Malmö, Göteborg och Stockholm.

Betong (2019) berättar att man pratat med erfarna personer inom branschen som poängterar svårigheten med att utföra jämförelser på byggkostnader baserat på stommaterialet. Det beror på de olika metodval som finns när man bygger med respektive stomme. Exempelvis finns det platsgjuten betong, prefabstomme, modulbyggd trästomme eller samverkanssystem. Med anledning av de olika tillverkningsprocesserna är det svårt att separera kostnaderna. Generellt säger experterna att det är svårt att säga vad statistiken som SCB tagit fram säger eftersom omständigheterna för ett projekt är olika. En annan expert säger förenklat att, ju högre byggnaden är desto mer kostar det att bygga med trä. Enligt hans erfarenhet och uppfattning, bygger man inte med trä primärt på grund av kostnaden, utan det finns andra bakomliggande faktorer. I Skövde genomförs omfattande bostadsprojekt på uppdrag av Skövdebostäder, för att tillgodose bostäder och därmed minska de långa bostadsköerna som råder. Där har ett aktivt val gjorts att bygga med trästomme efter politiska beslut. Detta har gjorts utan några jämförelser med exempelvis betongstomme och av den anledningen går det inte med säkerhet att säga, att en trästomme var det billigare alternativet. En av byggcheferna på Skövdebostäder säger dock att ju högre det byggs desto mer fördelaktig blir en betongstomme. I Fribo har det byggts två flervåningshus som tillsammans rymmer 44 lägenheter. Här har det genomförts en jämförelse mellan valet av trä och betong som stomsystem. Resultatet visar ingen prisskillnad mellan en betong- eller trästomme. Dock har det konstaterats att bygga med trä adderar mersmak till projektet.

3.1.3 *Användningsområde*

Skogsindustrierna (2004) menar på att processgången för att en stock ska bli till ett virke endast tillvaratar på hälften av stockens volym. Den resterande delen blir till restprodukter som, flis, spån och bark. Dessa restprodukter säljs vidare till bland annat massaindustrin och träskiveindustrin. Biprodukterna säljs också vidare till biobränslesektorn. Nysågat virke har en fuktkvot som varierar mellan 30% och 60%. För att försäkra att virket inte förlorar sina kvalitativa egenskaper, torkas virket till en fuktkvot på 20%. Detta säkerhetsställer att virket inte angrips av mögel, blånad eller röta. Dessutom medför det att inga sprickbildningar orsakas. Slut användningen avgör vilken fuktkvot som virket ska ha. Fuktkvoten delas in i olika klasser enligt följande:

- Leveranstorr: Konstruktionsvirke och fasadbeklädnad, har fuktkvot på 18%.

- Snickeritorrt: 10–15%, inkluderar limträ och fönster.
- Möbeltorrt 6–10, inkluderar möbler och inredning.

Trä är ett traditionellt byggnadsmaterial som använts en lång tid påtalar Skogsindustrierna (2004). Gran är ett trädslag som primärt används som byggnadsvirke. Lövträd som ek och bok används i golv och i möbler. Virkets materialegenskaper varierar beroende på trädslag men också inom samma trädsort kan det variera. Tall och gran har liknande uppbyggnad som inte gör det möjligt att leda vatten och har därmed låg fuktkvot på ca 30–50%.

3.1.4 **Beständighet**

Skogsindustrierna (2004) konstaterar att fiberriktning hos trä har en avgörande roll. Längst med fiberriktningen är trä väldigt starkt material i jämförelse med vinkelrät riktning. Den skillnaden är oavsett om de är frågan om, drag-, tryck- eller böjkraft som virket utsätts för. Framförallt beror styrkan hos ett virke på dess densitet och att fiberriktningen stämmer överens med lastens riktning. Därtill påverkas ett virkes styrka på, fuktighet, temperatur och tiden den belastas. Ju torrare ett virke är desto starkare är det, samtidigt är ett kallare virke starkare än ett varmare virke. Tidsperioden som ett virke belastas påverkar virkets styrka negativt genom att det förlorar bärformåga. Brott som kan uppstå kan antingen vara sega eller plötsliga. Ett segt brott är ett brott som inträffar långsamt, ofta med ett par varningar som formförändringar. Denna typ av brott är att föredra då man får tid att åtgärda felen. Sprött brott är ett brott som sker plötsligt och som inte lämnar utrymme för att justera felen. Denna typ av brott är den värsta sorten. Till styrkeegenskaper räknas, styvhet och hårdhet. Ett virke med god styvhet visar på ett virke som inte böjer sig lätt utan virket håller sig tämligen rakt. Hårdhet för ett virke avgörs på hur lätt en yta på virket får en skada på grund av yttre tryck. Ett exempel är en tung bokhylla som placeras på ett parkettgolv. Hårdheten beror då på hur mycket skada parkettgolvet tagit. Hårdheten för trä är som bäst längst med fiberriktningen kontra tvärs fiberriktningen.

3.1.5 **Brandsäkerhet**

Trä är ett antändligt material som kan antändas genom, öppen låga, glödande föremål samt genom överhettning förklarar Skogsindustrierna (2004). Är tillgången till luft god och tidsförloppet långt kan trä antändas vid temperaturer under 200 grader °C. För en öppen låga krävs de temperaturer mellan 300–400 grader °C. För att trä ska antändas genom strålning krävs ännu högre temperaturer, ungefär 500–600 grader °C. Trä brinner på ett kontrollerat sätt på grund av dess långsamma brandutveckling som orsakas av de isolerande kolskikt i virket.

3.1.6 **Fukt**

Berg (2007) konstaterar att virke oftast kommer till byggarbetsplatsen med hög fuktkvot. I sådana situationer är det viktigt att trä byggs in på ett sådant sätt att det kan torkas ut. Vid uppbyggnaden av en- eller tvåvånings småhus utformas väggar som bärande väggar. Ytterväggar består av ett flertal olika skikt som har olika funktioner. Träväggar är konstruerade så att ånggenomsläppligheten för de ingående materialen ökar, ju längre ut i väggen man kommer. I Sverige rör vi oss konstant mot mer energisnåla byggnader. Med energibesparande åtgärder dyker ett annat problem upp, nämligen fukt. De energieffektiva lösningar som, ökad täthet, ökad isolering och förändringar av ventilationssystem ändrar den fundamentala fuktbalansen som råder i byggnader. Det kan i sin tur leda till ökad skaderisk om inte nödvändiga åtgärder tas till bruk. En sådan åtgärd är att konstruktionsvirke till en byggnad inte får ha en fuktkvot högre än 20%. Detta gäller även tryckimpregnerat virke, som är ett virke som redan är utformat för att klara av fuktiga miljöer. Tanken är att regn som tar sig igenom en vägg, ska kunna torkas ut genom fasadbeklädnaden. För att påskynda processen kan man skapa en luftspalt bakom fasadbeklädnaden.

3.1.7 **Tillverkningsprocess**

Skogsindustrierna (2004) förklarar att avverkning av träd sker när trädet blivit moget och kapas sedan till rotstock, mellanstock, toppstock i en till tre massavedsbitar. De 20 största sågverken i Sverige står för 70% av hela landets sågproduktion.

Barrträ sågas oftast genom blocksågning menar Svenskt Trä, (2004). Bräder och plankor får rektangulär form medan den yttre delen blir avrundad och blir sidobrädor. Stockens inre del kallas centrumutbyte.

3.1.8 **Hållbarhetsperspektiv**

Skogsindustrierna (2004) poängterar att Sveriges skogstillgångar fördubblats de senaste hundra åren. Det beror på att Sveriges skogstillväxt är högre än avverkningen. Ungefär 50 procent av den avverkade skogen går till sågverken. Virkesvolymen består till 44% av gran, 40 procent av tall, 11% av björk och de resterande 5% består av olika typer av lövträdslag.

Skog kan förnygras på olika sätt påvisar Skogsindustrierna (2004). De mest framstående huvudtyperna är plantskogbruk och naturlig förnygring. Plantskogbruk är en metod som bäst passar när en skogsägare vill sluta avverka skog och snabbt få en ny skog. Denna metod är väldigt användningsbar i dem flesta miljöer förutom i torrt klimat. Naturlig förnygring är däremot passande för skogsägare som tror på ökad prisutveckling för virke med hög kvalité

och grova dimensioner. Efter miljökonferensen i Rio de Janeiro 1992 har Sverige förbättrat sina förhållanden i skogsindustrin för att uppnå ett hållbart brukande. Undersöks det från ett ekonomiskt och socialt perspektiv har Sverige påvisat en hög standard. Med en ekonomisk hållbarhet menas att virkesproduktionen och dess avkastning ska generera tillräcklig med vinst för att skogsbruket och skogsskötseln ska kunna hållas igång. Social hållbarhet gäller frågor som berör, ursprungsbefolkningar, arbetarrättigheter, rekreationsmöjligheter, alltså samhällets möjlighet att på sikt kunna livnära sig på sitt skogsbruk. För att uppnå ekologisk hållbarhet gäller det att området som genomgår förändringar kan upprätthålla naturliga biologiska processer och bevara den biologiska mångfalden. Som företagare eller privatperson går det att säkerhetsställa att skogsbruket upprätthåller alla krav. Denna bekräftelse kallas certifiering och den utförs av ett oberoende certifierande organ. Med hjälp av certifiering kan skogsbrukare påvisa att skogen uppfyller alla hållbarhetskrav från ett ekonomiskt, ekologiskt och socialt perspektiv. Detta leder till möjligheten att certifiera träprodukter som kommer från certifierade skogsområden. Träprodukter som certifierats kan företag, privatpersoner och offentliga sektorn ha med i sin kravställning vid eventuella upphandlingar.

3.1.9 *Inomhusklimat*

Samuelson et al. (1999) radar upp ett flertal krav för att en byggnad ska uppnå god inommiljö. Kraven som inkluderas är:

- Att byggnadsdelar är torra innan montering för att undvika att “bygga in” fukt
- Att byggnadsmaterial i olika delar av byggnaden inte avger föroreningar
- Att erforderlig luftkvalité erhålls genom användning av effektiva ventilationssystem
- Att inommiljön ska förse termisk komfort, goda ljusförhållanden och låg ljudnivå

Efter tre år har de europeiska forskningsprojektet Wood2New, framställt en rapport som visar på att trä i byggnader ökar människors hälsa och välbefinnande, enligt Svenselius (2017). Trä jämnar ut luftfuktigheten och därtill binder och lagrar koldioxid. Forskare från bland annat Aalto-universitetet i Finland har bevisat att trä suger och avger fukt, vilket leder till bättre inomhusklimat. Detta sker i samband med aktiviteter som ökar luftfuktigheten, exempelvis att duscha eller matlagning. Vid det föregående exemplet visas det att trä binder upp den nybildade fukten, för att sedan avge den lagrade fukten när luften blir torrare. Denna process har studerats med hjälp av värmekamera och det har observerats att fukten som träet lagrar också tar med sig värme från rummet.

Wood2New projektet visar på fördelaktiga resultat baserat på bland annat luftkvaliteten och fuktbalans påvisar Cronhjort et al. (2017). Nya upptäckter från rapporten är förbättrad

upplevd akustik och förbättrad luftkvalitet inomhus. Det är viktigt att detaljer och hörn är sammanfogade på ett noggrant sätt för att undvika drag och damm.

3.1.10 *Energianvändning för tillverkning*

Gustavsson et al. (2020) förklarar att träd är levande organismer och innehåller stora mängder vatten. Fuktinnehållet hos nyligen skövad träd ligger mellan 50% till 200%, sett till vikten vatten per vikt torrt material. På grund av faktorer som hållfasthet, biologisk nedbrytning är det av stor betydelse att reducera fuktkvoten hos virke till under 25%. Traditionellt sett har detta utförts med hjälp av lufttorkning men på senare tid är det mer vanligt att man använder sig av uppvärmda ugnar vid industriell träproduktion. Med avseende på de tidigare nämnda har den uppvärmda ugnen den enskilt största energianvändningen vid tillverkning av träprodukter. Utnyttjandet av ugnar vid torkningsprocessen står för 70–90% av den totala energianvändningen vid omvandlingen av sågat virke.

Transport av material, både råmaterial och färdiga produkter, bidrar till energianvändningen tillsammans CO₂ emissioner påpekar Gustavsson et al. (2020). Olika fossila drivmedel har varierande verkningsgrader och genererar därmed olika CO₂-utsläpp per enhet värmeenergi. Enligt referensstudier används fossila bränslen som kol för att generera elektricitet som används vid materialproduktion (Gustavsson et al., 2020). Ett sätt att fasa ut fossila bränslen är genom att använda biprodukter från skogsskövling som ersättning. Vanligtvis lämnas dessa biprodukter kvar vid skogar men på senare tid har värdet av denna energikälla värderats. För att göra användandet av biprodukter möjligt krävs en logistisk förmåga att samla upp avverkningsrester och transportera dessa rester. Omvandlingen av sågade trästockar till färdiga produkter har resulterat i sågverksbiprodukter som flis, bark, träplattor etc. Traditionellt sett har avfallsprodukter blivit lämnade i skogar eller blivit brända utan någon energiåtervinning, men i Sverige utnyttjas dessa biprodukter som drivmedel till sågverk eller till andra energiområden, däribland fjärrvärme. En del sågverksrester kan omvandlas till spånskivor och andra konstruktionsmaterial. Återvinning av trä från demolerade byggnader börjar bli allt vanligare på grund av fördelarna som medföljer. Fördelarna som nämns är, värdet av återvunnet trä ur ett energi- och materialperspektiv samt förordningar riktat mot organiskt material som träder kraft i Sverige och EU.

Träd innehåller stora mängder fukt och med anledning av detta måste fuktkvoten minskas för att materialet inte ska påverkas av biologisk nedbrytning. Gustavsson et al. (2020) förklarar att detta har gjorts med hjälp av lufttorkning men på senare tid har det blivit allt vanligare att använda sig av uppvärmda ugnar. Med anledning av det förgående förbrukar ugnar mest energi av alla enskilda processer vid industriell träproduktion. Transport av

material, både råmaterial och träprodukter bidrar också till mycket utsläpp. För att minimera energianvändning hos ugnar krävs en användning av återvinningsbara energikällor. Ett sätt är genom att sågverken utnyttjar restprodukter från skogsavverkning till energiåtervinning. Ett annat sätt är att transport av råvaror och andra material sker med hjälp av fossilfria drivmedel, exempelvis el lastbilar eller med hjälp av biodrivmedel. Att minimera fuktkvoten i träprodukter är fundamentalt och man bör inte kompensera med detta. Men det krävs olika ansträngningar i delprocesser för att uppnå en fossilfri drift i produktionsverksamheter. Här gäller det att beställare till byggprojekt sätter krav på byggentreprenörer, tillverkningsindustrier etc. att ställa om till en fossilfriproduktion. Enbart genom en kollektiv satsning kan en byggnads klimatpåverkan minimeras.

3.2 Betong

3.2.1 *Användningsområde*

Enligt Burström (2021) har betongen under en längre tid varit det mest dominerande och ett av de viktigaste byggmaterialen. Materialet används i bärande konstruktioner och där påfrestningarna i form av t.ex. fukt och slitage är stora. Några exempel på användningsområden är byggandet av infrastruktur (broar, vägar, flygfält, hamnar, m.m.) samt industri och husbyggandet. Betongens användningsområde är mångsidig och är större än alla andra konstruktionsmaterial.

Enligt Fagerlund et al. (1999) kan betongen användas såväl för avancerade konstruktioner som för mer enkla byggnadsvaror och är en essentiell anledning till att betong fått en kolossal användning i Sverige men även globalt.

3.2.2 *Platsgjuten betong*

Fagerlund et al. (1999) konstaterar att det finns två olika sätt en betongstomme kan uppföras, antingen genom att gutas direkt på arbetsplatsen eller byggas av prefabricerade element som monteras på byggplatsen. Fagerlund påpekar att det i många fall är fördelaktigt att kombinera metoderna.

Enligt Fagerlund et al. (1999) är fördelarna med en platsbyggd konstruktion att den på ett enkelt sätt kan göras fogfri, vilket medför att den klara uppsatta krav gällande t.ex. ljudisolering, beständighet och stabilitet. Dessutom möjliggör det en stor formvariation hos stommen, t.ex. i form av krökta och komplexa former. Utöver dessa fördelar kan man även bygga smala pelardäck med platsgjuten betong och de höga ljudisoleringskraven kan uppfyllas via bredare tjocklek på bjälklag och väggar.

Fagerlund et al. (1999) understryker att platsgjuten betong måste ha en så kallad "form" som uppförs på byggarbetsplatsen. Formen utformas oftast på ett sådant sätt så att standardmoduler flyttas från gjut etapp till gjut etapp. Utöver formbygget görs även armeringsarbetet på platsen. Ifall bygget är väl planerat kan man med hjälp av standardiserade formmoduler tillämpa prefabricerade armeringsmoduler som läggs direkt i behållaren vid gjutning. Det ska dock tilläggas att man är väldigt beroende av yttre klimat när det kommer till platsbyggt. Detta kan medföra besvärigheter t.ex. i samband med

vinterbygget, då betongen måste skyddas mot frysning. En annan komplikation som kan uppstå är att byggtopot påverkas om inga åtgärder vidtas. Andra faktorer som berör det yttre klimatet är uttorkningen av byggfukt.

Enligt Fagerlund et al. (1999) kan dessa problem undvikas genom rationellt utnyttjande av olika betongtyper för olika klimat med hjälp av ett datorverktyg som heter "HETT". Ett annat datorprogram som används vid val av betong, när det kommer till uttorkningen av byggfukt, är TorkaS. Med hjälp av programmet kan man enkelt välja den betong som ger en önskad uttorkningstid för den aktuella årstiden. Genom rationell användning av betongmaterialet göra sig oberoende av omväxlingar i det yttre klimatet. Detta medför däremot att betongkvalitén är varierande utefter de variationerna från de yttre förhållandena.

3.2.3 *Prefabricerad betong*

Fagerlund et al. (1999) poängterar att till skillnad från platsgjuten betong är prefabricerad betong inte beroende av "väder och vind" vid elementbygge, då dessa förtillverkas inomhus i en elementfabrik. Processen är snabb vilket innebär att montage kan ske direkt, vilket möjliggör att stombygget sker snabbt förutsatt att elementtillverkningen påbörjas i ett tidigt skede. Vid ett välplanerat elementbygge är det av stor vikt att man har framförhållning i beställning samt produktion av elementen.

Fagerlund et al. (1999) poängterar att problem som kan dyka upp när det gäller elementbygge är i princip att de kan vara bristfälligt uttorkade när kommer fram till byggarbetsplatsen eller att de blir nedfuktade på byggarbetsplatsen.

Enligt Fagerlund et al. (1999) kan dock dessa problem enkelt åtgärdas genom att använda sig av element som prefabriceras av självtorkande betong. Det är inte bara elementbyggen som är bristfälligt uttorkade eller fuktas ned på plats utan även pågjutningar tillför detta problem. I det fall pågjutningarna utförs med så kallad "byggfuktfri" betong kan negativa effekter undvikas.

Fagerlund et al. (1999) understryker att ett arbetsmoment som är oundvikligt vid elementbygge är fogning, vilket i sig är klimatberoende. För att få en tillfredställande funktion på stommen med avseende på akustik måste fogarna tätas. Problemet kan dock åtgärdas antingen genom värmning eller användning av temperaturokänsliga fogmaterial.

Fagerlund et al. (1999) hävdar att tillämpningen av elementbyggnadstekniken inom det svenska bostadsbyggandet är tämligen liten jämfört med platsbyggnadstekniken, som dominerat under en längre tid. En stor fördel med elementbygge är att använda sig av så kallade håldäck, dvs bjälklagselement med längsgående kanaler. Håldäcken har haft stora

framgångar i kontorshus, industribyggnader och bostäder på grund av fördelen att de används i samband med energilagring i stommen.

3.2.4 Kombination av platsgjutna och prefabricerade betongkonstruktioner

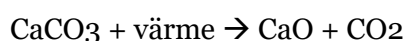
Som tidigare nämnt poängterar Fagerlund et al. (1999) att en kombination av platsgjutet och elementbygge den mest fördelaktiga lösningen. Några exempel på kombinationer är, platsbyggd stomme och elementfasad, prefabricerade plattbärlag av betong för bjälklag och väggar, prefabricerade betongpelare och platsgjuten bjälklagsplatta. Detta är bara några få exempel, det ska dock tilläggas att möjligheterna är av större grad när det kommer till olika kombinationer gällande platsgjutning och elementbygge.

3.2.5 Beståndsdelar i betong

Idag används det en relativt stor andel betong när olika slags byggnader konstrueras. Gillberg et al. (1999) beskriver att betongen består av ca: 80% ballast, 14% cement och 6% vatten betraktas som ett naturmaterial eftersom råvarorna i huvudsak utgörs av cement (kalksten och lera) samt grus/sand/ sten och vatten. Även om det klassas som naturmaterial, har betong en stor påverkan på miljön men det är inte själva betongen i sig utan tillverkningsprocessen för cement som är den största boven. De viktigaste områdena som berör klimatpåverkan är koldioxidutsläpp, förorening av mark och vatten (svaveldioxid) samt övergödning av mark och vatten bestående av kväveoxider. Den klimatbelastande effekten orsakad av betong kan minskas om man ersätter cementen med olika typer av tillsatsmaterial (Burström, 2021). Tillsatsmaterial kan vara flygaska, silikastoft, mald granulerad masugnsslagg och kalkstensfiller (Burström, 2021).

3.2.6 Tillverkningsprocessen av cement

Cementa (u.å.) påpekar att vid tillverkningsprocessen av cement krävs kalksten som är huvudråvaran. Kalkstenen måste brytas ned genom sprängning i kalkstenstäckter. Därefter krossas stenen till en storlek av max 80mm. När stenen har krossats skickas det vidare till lagret som i princip fungerar som en buffert till råkvärnen. Huvudsyftet i detta steg är att materialet ska få en så jämn kvalitet som möjligt. Vidare så mals det ned till ett pulver (råmjöl). Råmjölet förbereds så att det innehåller rätt kemisk sammansättning. Efteråt bränns klinkern, i denna process värms råmjölet upp till ca 600–900 C i cyklonstegen och släpper då ifrån sig koldioxid enligt:



Enligt Johansson och Wallet (2014, refererat i Burström, 2007) kallas processen kalcinering och orsakar enorma utsläpp av koldioxid. Värmen till processen kommer från de heta förbränningsgaserna från den roterande ugnen. Efter kalcineringen går kalciumoxiden vidare till den roterande ugnen där kalciumoxiden smälts ihop och bildar klinker som är huvudingrediensen i cement. För att kalciumoxiden skall kunna smältas krävs en temperatur på 1450 C. Slutligen mals cementen, där klinker och tillsatsämnen mals och blandas.

3.2.7 Cementtillverkningens klimatpåverkan

Gillberg et al. (1999) betonar att cementtillverkningen ger upphov till stora mängder utsläpp av CO₂. Energiåtgången för tillverkningen av cement grundar sig för närvarande primärt på fossila bränslen som kol och olja.

Gillberg et al. (1999) skriver att för varje ton producerad cement förbrukas bränsle som motsvarar ca 120kg kol, varav ca 98% av energin går åt för drift av cementugnen och resterande 2% för maskiner i kalkbrottet.

Enligt svenskbetong (u.å.) kommer ungefär 60–65% av koldioxidutsläppen från kalcineringsprocessen och resterande del från bränslet.

Gillberg et al. (1999) är kalcineringsprocessen när kalkstenens karbonat konverteras till koldioxid i cementugnar vilket är en process som gör det omöjligt för koldioxidutsläppen att undvikas. Däremot tar även betong upp lika mycket koldioxid när den hårdnar, denna process kallas karbonatisering. Karbonatisering av betong är en naturlig process som sker i betongkonstruktioner för att få tillbaka den mängd koldioxid som avgivits från cementtillverkningen.

Gillberg et al. (1999) menar att om man ser koldioxidutsläppen över ett längre tidsperspektiv från kalcineringsprocessen, påverkas inte atmosfärens koldioxidhalt. Dock, så länge processen används av fossila bränslen medför detta i en ökad halt koldioxid i atmosfären. För närvarande bär cementfabriker den största skulden för oerhörda utsläpp av försurande svavel- och kväveoxider. Dock skall det tilläggas att det finns tekniker till att reducera dessa utsläpp med 80–90% till en rimlig kostnad.

3.2.8 Betongens egenskapsprofil

Fagerlund et al. (1999) påstår att ett materials egenskapsprofil definierar kapaciteten och begränsningarna för användningen av materialet. Det finns olika typer av egenskaper som: Mekaniska, fysikaliska, kemiska beständighet och produktionstekniska.

- Mekaniska egenskaper ger möjligheter för konstruktionen, t.ex. möjliga spännvidder, möjliga belastningar, stabilitet, deformationer, etc.
- De fysikaliska egenskaperna bestämmer dessa egenskaper hos strukturen som värmeisolerande och värmelagrande förmåga, ljudisolerande förmåga, fuktegenskaper, beständighet/livslängd.
- Kemiska egenskaper fastställer brandegenskaper, beständighet/livslängd, påverkan på yttre och inre miljö etc.
- Beständighetsegenskaper, dvs betongens förmåga att under lång tid stå emot olika miljöpåfrestningar är avgörande för livstidskostnader, renoverings- och demoleringsbehov och därmed den erforderliga resursanvändningen.
- Produktionstekniska egenskaper är avgörande för byggkostnad, byggtid, möjlighet till arkitektonisk gestaltning, etc.

Fagerlund et al. (1999) konstaterar att betongmaterialet har en egenskapsprofil som i väldigt många aspekter påminner om natursten. Egenskaperna skiljer sig markant från andra byggnadsmaterial som stål, aluminium och trä. Fagerlund hävdar även att betongens mest angelägna egenskap är att den framställs lokalt direkt före användning.

3.2.9 *Energianvändning vid tillverkningsprocessen av cement*

Enligt Hossain et al. (2011) varierar energianvändningen i industrisektorn mellan 30–70%. Faktum är att majoriteten av detta kommer från tillverkningsprocessen av cement. Eftersom cementindustrin är en energiintensiv industri står de för ca 50–60% av alla produktionskostnader. Utöver att det är en energiintensiv industri står den termiska energin för ca 20–25% av cementproduktionskostnaderna. En modern cementfabrik har en energiförbrukning på ca 110–120kWh per toncement för elektriciteten. Primärt används den termiska energin under förbränningsprocessen medan elenergi används för cementslipning.

Hossain et al. (2011) påstår att den specifika energianvändningen varierar beroende på vilken teknik som används. Oftast används två olika typer av processer, den torra och våta. Torra processen kräver mer elenergi men mindre termisk energi än den våta processen.

Energianvändningen i en cementfabrik för I-länder består av ca: 75% av fossila bränslen och 25% elenergi i det fall en torr process används. Största andelen av den termiska energin går åt torrdestillationsprocessen. Den står för ca 93–99% av bränslets konsumtion i vissa fall. Däremot används elenergi främst för att driva råvaror, klinkerlossnings, malning och utrustning.

3.2.10 *Inomhusklimat*

Betongföreningen (2013) radar upp ett antal faktorer som påverkar vilket termiskt klimat det slutligen blir i en byggnad. Det kan vara en kombination av olika egenskaper såsom, värmelagringskapacitet, personer, interna laster, transmissionsförluster, byggnadens täthet, ventilationssystem, solinstrålning och typ av värme- och kylsystem. Människor upplever inte bara olika lufttemperaturer utan vi känner av förändringar i värmeflödet från och till kroppen. Med det sagt, är det av stor vikt att tänka på hur uppförandet av ytterväggar, tak, golv, fönster och dörrar är. Detta då man vill minska behovet av energikrävande installationer för både sommar-och vintertid.

Betongföreningen (2013) understryker att det finns 6 olika parametrar som behöver tas hänsyn till för klimatupplevelsen som inkluderar följande faktorer:

- Lufttemperatur
- Strålningstemperatur
- Luftrörelser
- Luftfuktighet
- Aktivitetsnivå
- Isolering från kläder

Betongföreningen (2013) hävdar att materialet betong har bra ljudisolerande egenskaper och bidrar därmed till god ljudmiljö. Isolering i väggar och bjälklag görs på ett effektivt sätt och med tanke på materialets tyngd, kan den även dämpa störande ljud vid låga frekvenser. Markradon är viktigt att ta hänsyn till vid projektering och uppförande av nya konstruktioner. Det kan bli ett problem ifall radonet från marken och grundvattnet når inomhusluften genom otätheter i grunden av konstruktionen. En korrekt utförd betongplatta ger ett bra och effektivt skydd mot radonet. Betong är ett fukttåligt material och kan i princip tillverkas på ett sätt som gör att den blir helt vattentät. Detta gör att det anses vara ett säkert material ur ett fuktperspektiv, vilket leder till minskad risk för ens hälsa. Genom att minimera energianvändningen i nyproducerade byggnader kan man bidra till ett bättre inomhusklimat. Dock under förutsättningen att det tillåts en viss variation mellan innetemperatur och utetemperatur.

3.3 Energianvändning

3.3.1 *U-värde*

Hamans et al. (2008) berättar att tidigare kravställning gällande energieffektiva åtgärder, endast tog byggkomponenterna i beaktning. U-värde kom till tal då man ville skapa marginal i syfte att undvika kondensation på ytor som kan orsaka termiskt obehag. När kostnadsbesparingarna för uppvärmning och kylning överskrider den totala investeringskostnaden för isolering, är det optimala U-värdet densamma för en nyproducerad byggnad som den är för en äldre byggnad. Detta är förutsatt att det inte finns några tekniska begränsningar.

Hamans et al. (2008) konkluderar att argument för både kostnadseffektivitet och klimatpåverkan resulterar i jämförbara maximi U-värden, vilket visar på en korrelation mellan kostnadsbesparing och klimatnytta.

I en studie om U-värden avslutar O'Hegarty et al. (2021) med att nämna att byggnader som upplevs väl isolerade vid projekteringsskedet, 9 av 10 fall underpresterar i praktiken. Kan detta få resultatet att man isolerar mer, i hopp om att få ett högre U-värde. Det man ska vara fundersam över är, huruvida dessa lägre U-värden är nödvändiga. Många studier försöker hitta balansen mellan kostnadseffektiva och klimatsmarta U-värden men effektiviteten av isoleringen minskar ju bättre isolerad byggnadens klimatskal är. Man bör vara försiktig med mängden isolering i projekteringsfasen på grund av risken för "thermal bypass", vilket orsakas av köldbryggor. Fokus bör ligga på att utveckla detaljer som är robusta och som går att implementera i verkligheten. Forskning pågår där man försöker ta reda på varför det uppstår skillnader mellan U-värden framtagna i designfasen och verkliga U-värden.

3.3.2 *Lufttäthet*

Energianvändningen i byggnader beror på ett antal faktorer, det kan vara värmeisolering i byggnadens klimatskal, ventilationssystem och lufttätheten i byggnadens klimatskal (Mortenssen et al., 2017).

Öman (2019) poängterar att de tre största faktorerna som påverkar energianvändningen är utomhusklimat, människor och teknik. Det enklaste är utomhusklimatet som är begränsad till endast omfatta utomhustemperatur, solinstrålning och vind. Teknik kan vara besvärlig men är till viss del förutsägbar. Det mest oförutsägbara är människor och deras beteende.

Eliasson hänvisar (2010, refererat i Lufttäthetens kontroll, 2009) att provtryckningar måste göras för att ta reda på om en byggnad är lufttät. Dessa tester är allt mer vanligt

förekommande när det kommer till nyproducerade byggnader. Detta kan göras i två olika skeden, antingen via tidig läckagesökning som görs innan invändiga skivor monteras eller slutlig täthetsprovning. Den slutliga täthetsprovningen utförs när klimatskalet står helt klart. Provtryckningen ska genomföras enligt standard EN 13829:2000 och utförs av en oberoende konsult. Täthetsprovningen utförs genom att luft transporteras in eller ut från byggnaden med hjälp av en fläkt. På så vis skapas ett över- och undertryck där det rekommenderade tryckskillnaden är 50Pa. Resultatet beräknas genom att ta medelvärdet av dessa två tryck tillsammans. Beroende på hur testet utförs kan resultaten variera. Till exempel kan resultaten vara missvisande i det fall bara enstaka delar av byggnaderna har provtryckts.

3.3.3 *Isolering*

Hawas et al. (2017) påpekar att värmeisolering är en av de viktigaste faktorerna som kan förbättra energiprestandan i byggnader. Genom att förbättra isoleringen för olika byggnadsdelar som, väggar och tak kan man påverka byggnadens energianvändning. Ökad tjocklek på värmeisoleringen leder till minskade värmeförluster samtidigt som energi och pengar sparas. Exempelvis kan detta göras genom att använda sig av dubbel- eller trippelglasfönster. En fallstudie som gjordes av Al Habaibeh undersökte användandet av dubbelglasfönster och kom fram till att värmeisoleringen förbättras avsevärt med denna metod. Det har även konstaterats att isoleringen på byggnadsmaterial är en av de mest effektiva metoderna för att spara energi och pengar genom ett antal studier. En studie som utfördes i Kamerun i syfte att se hur uteluftstemperaturen påverkar inomhusklimatet, kom fram till att olika tekniker för värmeisolering kan vara en av de främsta metoderna för att minska energianvändningen i nyproducerade byggnader. Däremot ska det tilläggas att det krävs en mer omfattande utvärdering kring materialets isoleringstjocklek då isoleringen kan kosta mycket pengar.

Berg (2007) hävdar att man värmeisolerar för att minimera värmeflödet. När man använder sig av regelstomme är det primärt mineralullsskivor som används som isolering. Isolering som monteras reducerar vertikala och horisontella luftrörelser. En alltför hög isolering kan dock resultera i skadlig egenkonvektion. Dessutom finns det risk att fuktkvoten i de yttre delarna av byggnaden ökar som ett resultat av en för hög isoleringstjocklek.

Värmeisolering av ytterväggar kan anses vara en ekonomisk investering hävdar Adamczyk et al. (2017). Investeringen har också en inverkan på miljön. Visserligen ökas produktion, tillverkning och installation av byggnadsmaterial vilket förorsakar mer utsläpp. Det andra argumentet är att värmeisolering medför minskad efterfrågan för uppvärmning vid bruksskedet. Detta minimerar de negativa effekterna som produktion av värmeenergi ger upphov till.

3.4 LCA

3.4.1 Vad är LCA?

Boverket (2019) förklarar att LCA (livscykelanalys) är ett tillvägagångssätt för att beräkna miljöpåverkan under en produkts hela livslängd. Allt från råvaruförsörjning till produktens slutskede, det vill säga rivning, återvinning och deponering. Med hjälp av en LCA får man reda på i vilket skede under en byggnads livscykel som en viss miljöpåverkan är som störst. Det slutgiltiga resultatet gör det möjligt att projektera och bygga med mindre miljöpåverkan.

3.4.2 LCA:s tillvägagångssätt

Boverket (2019) förklarar att en LCA görs i fyra olika steg:

1. **Definiera mål och omfattning:** Vad ska LCA-beräkningen användas till? Hur stort omfång ska inkluderas? Till vilken utsträckning ska krav läggas på datakvalitén? Vad ska resultatets ändamål vara. Vilka frågeställningar ska LCA-beräkningen besvara?
2. **Inventera:** Resurser som används under hela livscykeln kartläggs och en resurssammanställning framställs där det framgår hur mycket utsläpp som genereras.
3. **Bedöm miljöpåverkan:** Utsläppen kategoriseras till olika miljöpåverkningar beroende på utsläppskällan.
4. **Tolka resultat:** Resultatet som framtagits av LCA - beräkningarna presenteras i syfte till att besvara frågeställningarna.

3.4.3 Bakomliggande faktorer

Pasanen et al. (2018) benämner att det finns många bakomliggande faktorer för tillämpningen av LCA och LCC, den främsta anledningen är att byggbranschen står för 35% av de globala koldioxidutsläppen. Detta har varit ett orosmoln och har lett till ett ökat intresse till att minska utsläpp. Gällande LCC finns det två faktorer som styr användningen. Det första är möjligheten för arkitekter/konstruktörer att hitta den mest kostnadseffektiva lösningen genom användning av LCC-metoden. Den andra anledningen är att minska kostnaderna för byggnadsägarna över hela livslängden för byggnaden, vilket leder till mer attraktion för hyresgästerna. Den främsta orsaken för anpassningen av LCA är relaterad till användningen av livscykelmetodiken i Green Building certifieringssystem.

3.4.4 **Betydelsen av LCA**

Pasanen et al. (2018) hänvisar att byggsektorn i Europa varit fokuserade på att minska energianvändningen. Däremot har många studier visat att de inbäddade koldioxidutsläppen i byggnader har en betydande verkan och orsakas av byggnadsmaterialen, samt andra faser i livscykeln för byggnader.

Pasanen et al. (2018) påpekar att en förbättrad energieffektivitet ökar den relativa vikten av utsläppen från andra byggnadslivscykler, jämfört med den energin som krävs för driften av en byggnad. LCA är en metod som mäter dessa påföljder och tillåter optimalt beslutsfattande för att uppnå den effektivaste lösningen.

3.4.5 **Tillämpning i byggsektorn**

Pasanen et al. (2018) beskriver att en LCA mäter och jämför miljöpåverkan för olika stadier genom hela livscykeln för en byggnad. LCC mäter de finansiella kostnaderna för olika lösningar genom att använda sig av de nuvarande värdena för investeringar och underhåll/ersättningskostnader. Både LCA och LCC har många olika användningsområden, några exempel på dessa är: projekteringsförbättringar, produktutveckling, strategisk planering, användningen av land och områdesbestämmelser m.m.

Pasanen et al. (2018) nämner att det inte finns några krav för användningen av LCA i Europa för tillfället. Däremot siktar Construction Products Regulation (EC/305/2011) att koordinera de tekniska specifikationerna för byggprodukters prestanda. För att detta ska kunna fungera behövs standardiserade EPD:s (Environmental Product Declarations) för att uppskatta utsläppen baserade på LCA.

De grundläggande kraven för LCA oavsett sektor, bygger på ISO 14040 och ISO 14044 standarder (Klöppfer et al., 2011).

De specifika kraven för byggsektorn kan hittas i CEN standard TC/350 Sustainability of Construction Works och byggnaders LCA standard EN 15978 Sustainability of construction works (Pasanen et al., 2018).

3.4.6 **LCA som metodval**

Pasanen et al. (2018) berättar att traditionella sätt att förbättra en byggnads miljöpåverkan oftast består av energieffektiva åtgärder, tillsammans med utvalda parametrar som återvinning av material vid produktion. Man har tidigare fokuserat på parametrar som projektörer samt konstruktörer anser möjliga att hantera och förbättra. Den metoden är dock begränsad och tar inte hänsyn till byggnadens utsläpp över hela livscykeln. Med LCA är hela

livscykeln inkluderad. Exempelvis kan ett materials utsläpp analyseras från de allra tidigaste produktionsskedena och inte enbart utsläpp från tillverkningsprocessen. En fördel med LCA är möjligheten att jämföra olika skeden med varandra för att hitta optimala lösningar. Från ett kort tidsperspektiv kan ett byggnadsmaterial bidra till högre utsläpp i förhållande till ett annat byggnadsmaterial. Dessutom kan det leda till ökade kostnader. Kvalité hos byggnadsmaterial kan resultera till en längre livslängd som i sin tur kan leda till lägre utsläpp, sett över byggnadens hela livslängd.

3.4.7 *Ändamål*

LCA har bidragit till bredare kategorier gällande avfall och utsläpp menar Pasanen et al. (2018). Enligt den europeiska standarden EN, finns det 24 olika kategorier med information rörande klimatpåverkan. LCA och LCC gör det möjligt för beställare och beslutsfattare att sätta numeriska krav på byggnadens utsläpp. Tidigare har man krävt en specifik teknologi, eller krav på ett material som i tidigare fall visat på låg miljöpåverkan. Med denna metod kan man konkret härleda utsläpp till specifika delar av processen.

Pasanen et al. (2018) har genomfört en enkät mellan 2016–2017 där man intervjuat “Green Building professionals”. Enkäten har besvarats av 41 tjänstemän som utför LCA. Kompletterande intervjuer har utförts med BIM experter samt LCA utövare. För att säkerhetsställa goda resultat har man intervjuat ytterligare 93 tjänstemän som blivit tränade av Bionova Ltd i 21 länder, majoriteten i Europa. Målet med enkäten och intervjuerna var att fastställa vad som var syftet med att utföra en LCA. 84% av deltagarna nämnde miljöcertifiering som anledning bakom LCA. Resterande andelen bestod av bland annat, EPD beräkningar, infrastrukturprojekt samt andra orsaker.

3.4.8 *Utmaningar*

Pasanen et al. (2018) hänvisar till en studie av Bionova Ltd 2016 som genomfördes av European Green Building experter berättar att 40% av de responderade parterna behövde 1–4 veckor för att slutföra LCA och 13% behövde lite mer än 1 månad. Om flera olika projekteringsalternativ skulle undersökas eller om studien i sig vara repetitiv i olika stadier av projekteringsprocessen skulle det ta längre tid.

Enligt Panu Pasanen et al. (2018) kan det vara svårt att begripa sig på LCA-studier, han förklarar att LCA är en numerisk metod som inte direkt fastställer ifall LCA är bra eller dålig. För att fatta beslut med hänsyn till resultaten från LCA, kräver det en djupare förståelse av de typiska utsläppen samt att kunna jämföra det viktigaste innehållet enligt 90% av respondenterna. Utöver detta berättar 96% av respondenterna att tillgängligheten för en

produkts specifika data i form av EPD:s är nyckelfaktorn för att uppnå ett kvalitativt LCA resultat. I detta exempel fall genomfördes LCA-studien av hängivna Green Building konsulter. Det ska dock tilläggas att i normala fall är det arkitekter, byggnads- eller maskiningenjörer som har tillgång till relevant information. Dessutom har dessa discipliner tillräcklig förståelse om tillgängliga projekteringsval och de bästa förutsättningarna för att hitta den mest optimala lösningen. För tillfället har projekteringsproffsen dock en begränsad eller väldigt liten kunskap om LCA.

3.5 LCC

3.5.1 Vad är LCC?

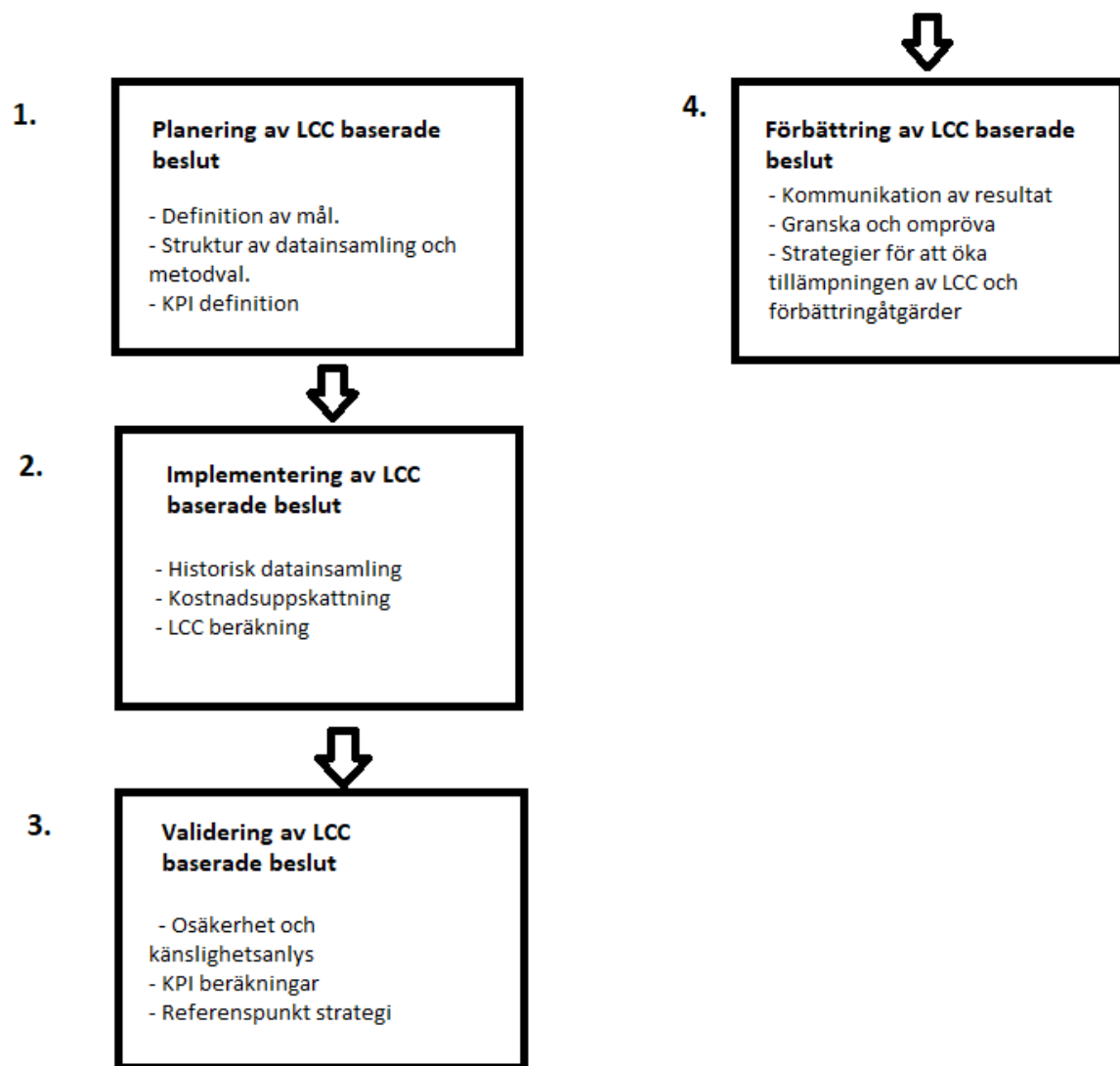
LCC är en metod avsedd till att bedöma de totala kostnaderna för en produkt, projekt eller ett system sett över en specifik tid menar Larsen et al. (2022). Den tar hänsyn till alla möjliga kostnader, allt från de initiala kostnaderna som investeringskostnader, inköp och installationskostnaderna till framtida kostnader som energi, drift- och renoveringskostnader. LCC används främst för att jämföra lönsamheten ur ett ekonomiskt perspektiv samt investeringskostnaderna och bör analyseras från både system- och slutanvändarperspektiv genom allmänt antagna LCC metoder i byggsektorn.

One Click LCA (2015) beskriver LCC som en typ av finansiell analys som är omgiven av alla stadier i ett byggprojekt. Olika designlösningar jämförs för att hitta det mest ekonomiska alternativet med högsta avkastningen på investeringen. För att LCC analysen ska vara framgångsrik bör den göras i ett tidigt skede i projektplaneringsstadiet. Utöver det bör det vara en pågående process som repeteras ett antal gånger under hela projektet. Detta då projektet kan ändras och utvecklas.

Hamidul et al. (2014) poängterar att det finns ett antal osäkerheter gällande LCC av byggnader. Byggnader har långa livslängder. En längre livslängd gör det svårare att förutse inflation och kalkylräntan. Noggrannheten påverkas även av den kommersiella karaktären hos priserna på varor och tjänster. Ett exempel på detta kan vara att fastighetsvärden varierar beroende på deras kommersiella värde. Dessutom ökar priserna på enskilda produkter i varierande takt jämfört med det genomsnittliga priset. Därför kan de uppskattade LCC resultaten skilja sig enormt med det faktiska framtidskostnaderna.

För att förbättra noggrannheten är valet av lämplig rabatt och inflation kritiska betonar Hamidul et al. (2014). En effekt av kalkylräntan är att minska effekten av osäkerhet i framtida kostnader. Ett flertal författare har föreslagit att en känslighetsanalys av kalkylräntan skall upprättas för att uppskatta dessa osäkerheter. Dave Langston Management Consulting rapporterar att LCC – analyser oftast utesluter inflationseffekter.

Hamidul et al. (2014) konstaterar att i det fall verkliga kostnader används, bör kalkylräntan inte inkluderas i inflationen. En annan studie använde sig av en verklig kostnadsmetod där nuvarande kostnader används till både initiala och återkommande kostnader. Däremot tas ingen hänsyn till inflationen.



Figur 1: Beskrivning av LCC processen.

3.5.2 Planering av LCC baserade beslut

LCC baserade beslut kan ha olika detaljnivåer menar Salvado et al. (2003). Det beror på den tillgängliga informationen och analysens karaktär (se figur 1). Analysen bör vara i linje med den uppsatta målbilden. Det kan exempelvis vara:

- Utvärdering av diverse investeringsmöjligheter vid tidpunkten av investeringsplanering.
- Val mellan olika designer, för hela eller delar av konstruktionen under projekterings- och produktionsskedet.
- Jämförelse och bedömning av tidigare beslut
- Uppskattning av framtida kostnader för budgetändamål samt för att bedöma den accepterade nivån baserat på ägarkostnader

Standardiserade metoder för datainsamling finns idag som, ISO 15686–5, EN 15643–4 och EN 16627 som möjliggör en definierad struktur för insamling av ekonomisk data (Salvado et al., 2003).

KPI definition (key performance indicator) understryker två tillvägagångssätt för att utföra ekonomiska resultatindikatorer enligt EN 16627 (Salvado et al., 2003). Ett av tillvägagångssätten är genom att utföra LCC beräkningar, som visar på den ekonomiska prestationen sett över hela livscykeln (Salvado et al., 2003).

3.5.3 Implementering av LCC baserade beslut

Salvado et al. (2003) betonar att det viktiga med historisk datainsamling är att man väljer en definierad struktur och konsekvent fullföljer den modellen. När det kommer till kostnads kalkyl finns det många tillvägagångssätt men det är viktigt att ha i åtanke att kostnads kalkylen är grunden till LCC beräkningen. LCC beräkning kan utföras med diverse program som bland annat tar hänsyn till, verkliga kostnader, nominellt värde och nuvärde.

3.5.4 Validering av LCC baserat beslut

För att utföra en verklighetstrogen LCC lyfter Salvado et al. (2003) att man måste vara transparent med dem osäkerheter man stött på under arbetets gång. Vid denna punkt är det viktigt att utföra en känslighetsanalys och kartlägga alla osäkerheter som krävt antaganden som:

- Otillräcklig information om projekteringen i tidig fas
- Förutsägelse om en produkts livslängd
- Antagande om arbets- och materialkostnader

Känslighetsanalys identifierar ytterligare information rörande osäkra antaganden vilket kan påverka resultatet som: opålitligt underhållsintervall, reparationer, kostnadsdata (Salvado et al., 2003). Vidare kan varierande krav kartläggas för att avgöra hur de ska hanteras för att på så sätt visa att LCC beror på varierande parametrar som: diskonteringsränta, livslängd och att dessa punkter kräver en vidare fördjupning utöver en LCC (Salvado et al., 2003).

3.5.5 *Förbättring av LCC baserade beslut*

Resultatet ska sammanställas och sparas i relevanta databaser menar Salvado et al. (2003) för att i framtiden kunna användas i verksamheten. Punkter som ska benämnas är:

- Den tilltänkta omfattningen av analysen
- Byggnadstekniska parametrar
- Metodval
- Vilken del av byggnadens livscykel som ska utvärderas
- Verifikation
- Tilltänkta undersökningsperioden
- Uttalande gällande verifikation

Slutligen krävs det en granskning av analysen för att förbättra kvaliteten, tillförlitligheten och konsekvensen av analysen med syfte att återanvända den ingående data i framtiden (Salvado et al., 2003). Tidigast efter granskningen kan riktlinjer för framtida användning av LCC för verksamheten presenteras, där felaktigheter och osäkerheter noterats och åtgärdats (Salvado et al., 2003).

3.6 Mervärde av energieffektivisering

Hawas et al. (2021) skriver att mervärdeverktyget är ett verktyg som vidareutvecklats från ett annat verktyg ("Visualiserade mervärden av energieffektivisering") - framtaget av Energimyndigheten. Verktöget skall ge en möjlighet till kvantifiering och visualisering av hur projektet påverkar olika globala hållbarhetsmål, både positivt och negativt. Vidare är det tänkt att verktyget ska agera som ett hjälpmedel för att ta reda på hur olika globala mål kan inkluderas och visualiseras i ett energieffektiviseringsprojekt, om målet av användningen är att bidra till ett specifikt globalt mål. Syftet med verktyget är att den skall användas i en bredare utsträckning, speciellt av den offentliga sektorn. Därmed har man förenklat och vidareutvecklat verktyget.

Hawas et al. (2021) förklarar att mervärderesultaten av kvantifieringar och visualiseringar presenteras i form av tabeller och diagram. Man får en detaljerad och en generell kvantifiering av mervärden angivet i ett procentuellt tal som kallas för Mervärdetal. Mervärdetalet har ett intervall mellan negativ och positiv 100%, angivet både på en lokal och nationell nivå. Vidare är det tänkt att det utvecklade verktyget ska ge användaren en möjlighet att själv bestämma mervärdesfaktor på olika områden i förhållande till aktuellt projekt. Mervärdesfaktorn indikerar hur viktigt ett specifikt område är för verksamheten, exempelvis energibesparing, på en skala 0–6.

Hawas et al. (2021) beskriver att verktyget består av sex olika flikar, "Start", "Komma igång", "Frågelista", "Diagram". "Globala mål" och "Förklarningar". I startfliken får man en introduktion till verktyget samt i vilka sammanhang det kan användas i. I fliken "Komma igång" ges information och instruktioner om hur det är tänkt att verktyget ska fyllas i. "Frågelista" är den fliken som väger tyngst i verktyget, där är tanken att frågor kring projektet ska besvaras. Diagramfliken ger både kvantifiering och visualisering av mervärden i form av ett diagram och en tabell. I fliken Globala mål, kopplas mervärden till FN:s globala hållbarhetsmål, samt kvantifierar och visualiserar dessa mål. Fliken "Förklarningar" som kanske namnet antyder ger förklarningar av frågorna i Frågelistan, med hjälp av olika exempel. FN:s första globala mål (Ingen fattigdom) ingår inte i mervärdesverktyget.

3.7 Konceptförskola

Enligt Hallgren et al. (2019) består en konceptförskola av en eller flera förskolor som har samma planlösning, teknik och funktion. Det enda undantag som får göras på utformningen av förskolan är om tomtmarken tvingar på vissa åtgärder. Man har dock frihet att ändra ytor, fasadbeklädnaden och invändig kulör på ytskikt. Anledningen bakom det är för att förhindra förskolorna att likna varandra alltför mycket och för att framhäva varierande estetik.

Anledningen bakom byggandet av konceptförskolor är att minimera den platsbrist som råder. Konceptförskolor gör det möjligt att genom ett redan utarbetat koncept, skapa förskolor under en kort tid, som uppnår målställda krav inom en stram budget. En konceptförskola blir i princip en mall på hur förskolor ska konstrueras. Detta leder till kortare ledtider och mindre kostnader.

Hallgren et al. (2019) har framställt en rapport som berör olika kommuners arbete med att bygga konceptförskolor. En av dessa kommuner var Örebro Kommun, som kommunalägda fastighetsbolaget Futurum Fastigheter i Örebro AB hade fått i uppdrag att genomföra. I rapporten nämns det att Futurum Fastigheter i Örebro AB certifierar sina förskolor enligt Miljöbyggnad Silver som ett sätt att försäkra sig om att alla miljömål uppnås med marginal. Valet av trästomme är på grund av kommunens ambition att leverera hållbara resultat ur ett energi-och miljöperspektiv.

Konceptförskolor skapar en trygghet till beställaren menar Byggnorden (2020) eftersom man bygger enligt ett färdigt koncept och därmed kan försäkra om en viss kvalitet i förväg. När man bygger enligt ett färdigt koncept skapar det kostnads- och tidsbesparingar. Som ett resultat till den ökade befolkningstillväxten har behovet av förskoleplatser växt.

Futurum Fastigheter i Örebro AB är ett kommunalägt fastighetsbolag som bland annat producerat 15 konceptförskolor (Futurum Fastigheter, 2020).

4 AKTUELL STUDIE

I detta kapitel redovisas handlingar som tillhandahållits från Futurum Fastigheter i Örebro AB. Från A-ritningarna har planlösningar för respektive förskola inhämtats och därefter presenterats på nedanstående vis. På liknande sätt har fasadvyer inhämtats och presenterats. Utöver det redovisas även U-värden tillsammans med köldbryggor för båda förskolorna, inhämtade från indikator 3 i miljöbyggnadsansökan. Tanken bakom presentationen av planlösningarna är att få en visuell bild som påvisar minimala skillnader gällande utformningen. Syftet bakom fasadvyerna är att få en illustration om uppbyggnaden av förskolorna och påvisa att gestaltningen i princip är identisk.

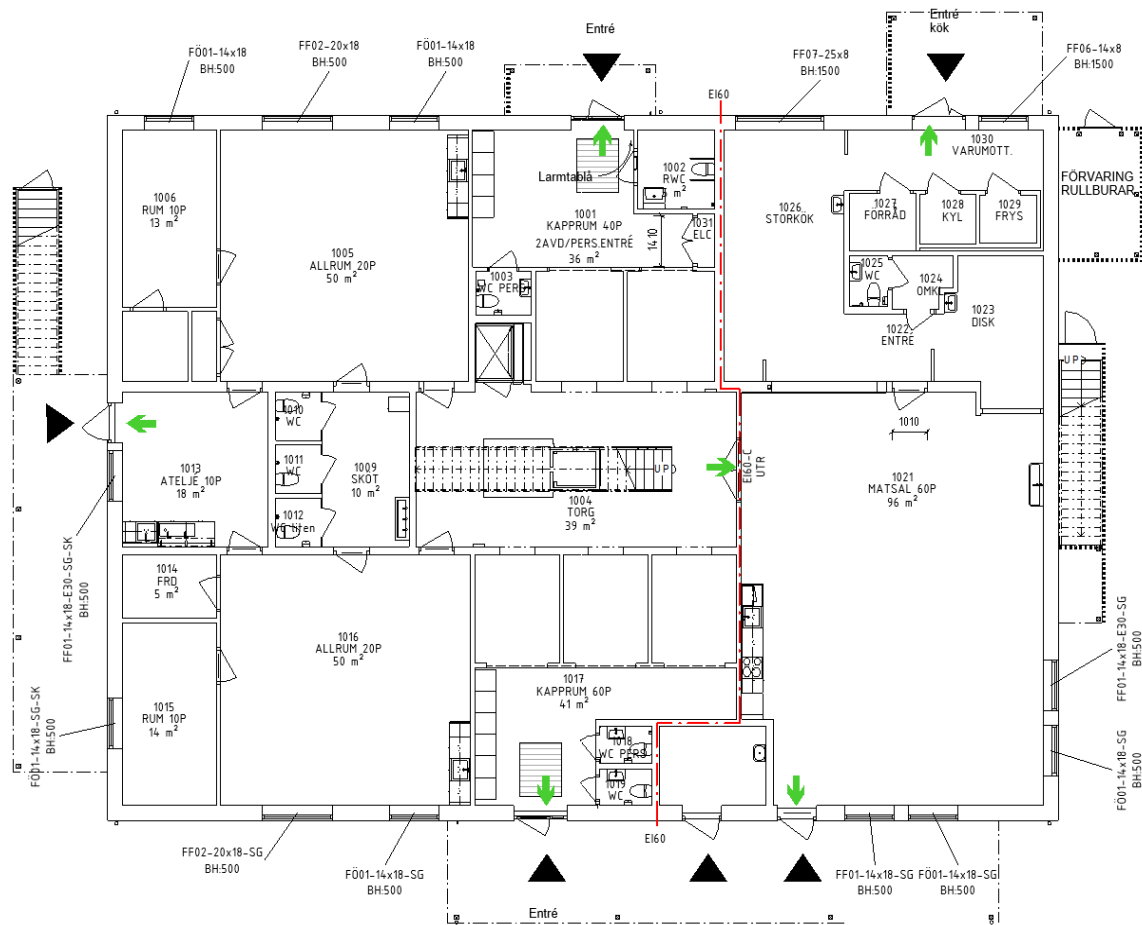
4.1 Förskola Bettorp

4.1.1 *Beskrivning av förskolan Bettorp*

Futurum Fastigheter i Örebro AB är beställare och har ingått i en samverkansentreprenad i form av totalentreprenad ihop med SjötorpsHus som är totalentreprenören (Futurum fastigheter, 2020). Förskolan har en bruttoarea på 1064m².

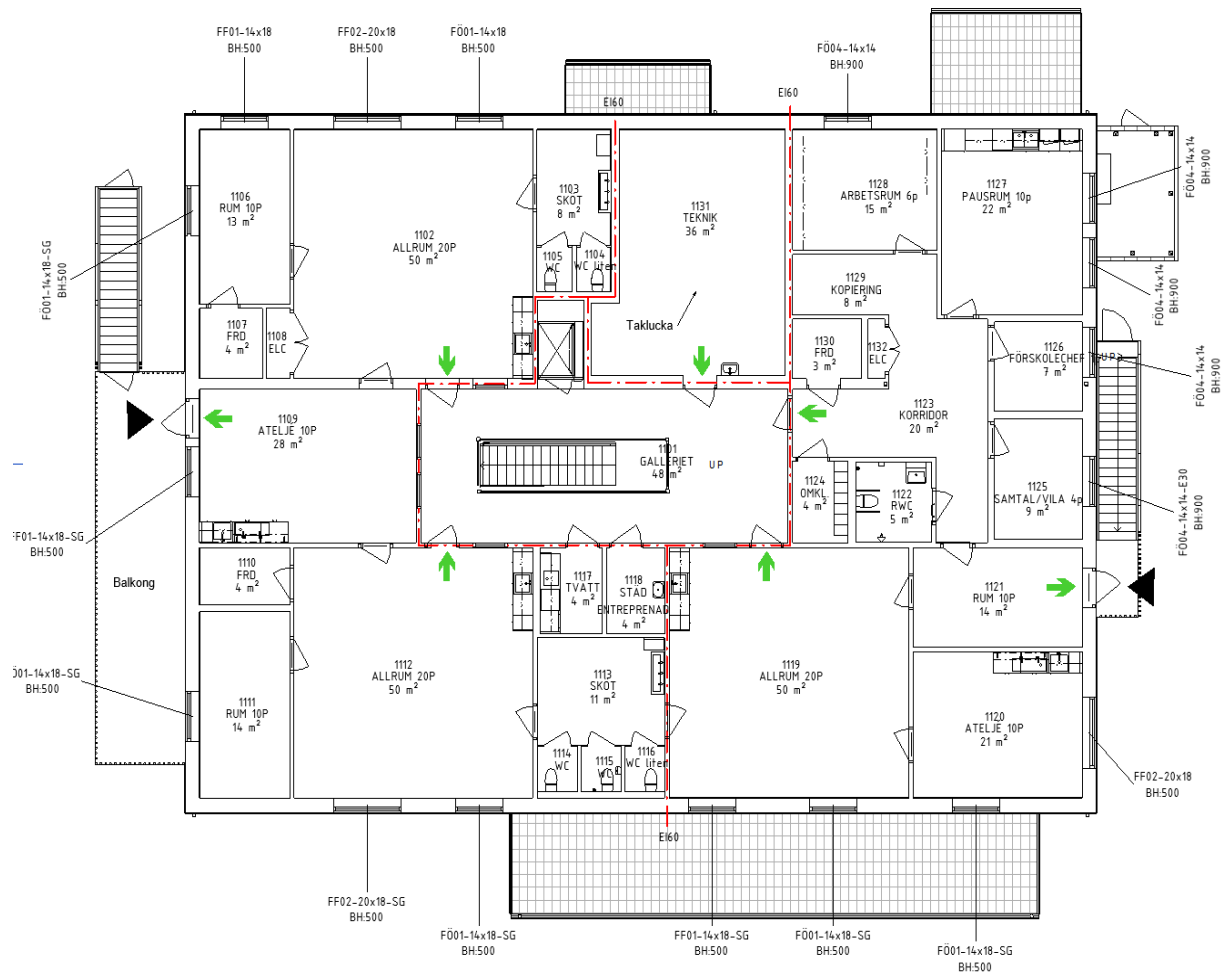
Denna förskola ligger i Lillån som är belägen ca 5 kilometer från Örebros stadskärna (Örebro kommun, 2022). Förskolan öppnades upp i nya lokaler januari år 2022 och består av fem avdelningar med barn i åldersklassen 1–5 år (Örebro kommun, 2022). Stommen och fasadbeklädnaden består av trä. Vidare har förskolan certifierats enligt Miljöbyggnad Silver med material som levererats från SundaHus databas (Futurum fastigheter, u.å.).

4.1.2 Planlösning våning 1



Figur 2: PLANLÖSNING VÅN 1 BETTORP gjord av Snidare Arkitekter.

4.1.3 Planlösning våning 2



Figur 3: PLANLÖSNING VÅN 2 BETTORP gjord av Snidare Arkitekter.

4.1.4 Fasadvy



Figur 4: Fasadvyer för förskola Bettorp gjord av Snidare Arkitekter.

4.1.5 U-värde

Tabell 3 och 4 visar byggnadsdelarnas U-värden, area, köldbryggor med en sammanställning av den totala påverkan uttryckt i W/K och procentuell andel av totalen för Bettorp. Dessutom visas en sammanställning av köldbryggor uttryckt i W/K. Till tabeller behöver ni hänvisa i texten!

Tabell 3: U-värden byggnadsdelar Bettorp hämtad från Indikator 3 – Energianvändning.

Byggnadskonstruktion	Area [m ²]	U [W/(K m ²)]	U*A [W/K]	% av total
Väggar ovan mark	516.61	0.11	59.11	19.13
Kylvägg ytterväg	4.69	0.07	0.33	0.11
Yttervägg Läkt	253.63	0.11	27.19	8.80
Yttervägg Läkt Sjötorp	258.29	0.12	31.59	10.23
Väggar under mark	0.00	0.00	0.00	0.00
Yttertak	456.29	0.08	37.07	12.00
Takbjälklag	456.29	0.08	37.07	12.00
Golv mot mark	497.07	0.07	36.31	11.75
Betonggolv platta på mark	497.07	0.07	36.31	11.75
Golv mot uteluft	0.00	0.00	0.00	0.00
Fönster	91.10	1.05	96.13	31.12
Pilkington Optitherm S3	49.66	1.10	54.68	17.70
Pilkington Suncool 70/40	41.44	1.00	41.45	13.42
Dörrar	5.97	1.51	9.02	2.92
Ytterdörr	5.97	1.51	9.02	2.92
Ytor mot ej uppvärmda zoner	0.00	0.00	0.00	0.00
Köldbryggor			71.29	23.08
Totalt	1567.04	0.20	308.93	100.00

Tabell 4: Köldbryggor Bettorp hämtad från Indikator 3 – Energianvändning.

Köldbryggor	Area eller längd	Värmekonduktivitet	Summa [W/K]
Yttervägg / bjälklag	173.14 m	0.023 W/(m K)	3.910
Yttervägg / innervägg	226.46 m	0.023 W/(m K)	5.113
Yttervägg / yttervägg	28.36 m	0.073 W/(m K)	2.065
Fönster i yttervägg omkrets	231.92 m	0.072 W/(m K)	16.721
Ytterdörr omkrets	14.39 m	0.062 W/(m K)	0.887
Tak / yttervägg	86.19 m	0.126 W/(m K)	10.877
Yttergolv / yttervägg	86.95 m	0.294 W/(m K)	25.529
Balkongplatta / yttervägg	1.50 m	0.152 W/(m K)	0.228
Yttergolv / innervägg	0.00 m	0.000 W/(K m)	0.000
Tak / innervägg	278.56 m	0.021 W/(m K)	5.956
Totalt klimatskal	1531.96 m ²	0.000 W/(m ² K)	0.000
Summa	-	-	71.285

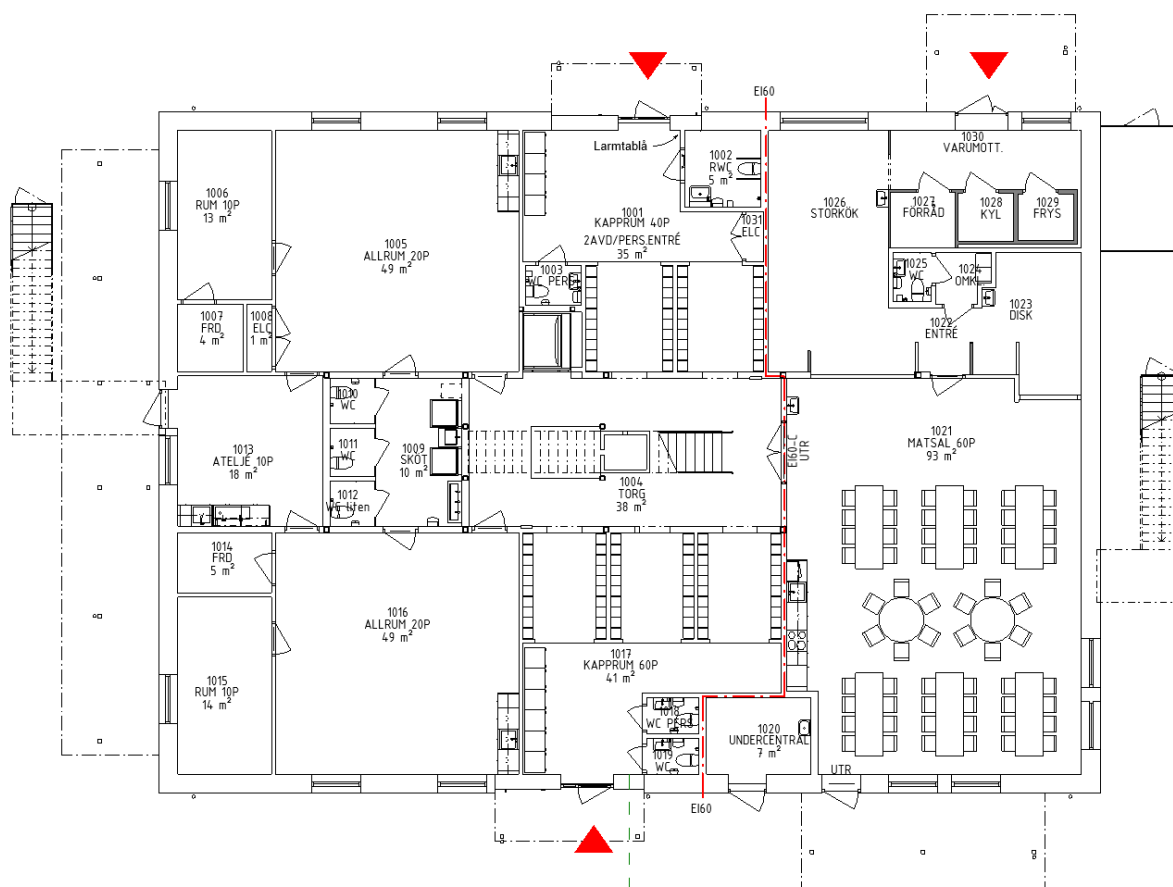
4.2 Förskolan Silva

4.2.1 Beskrivning av förskolan Silva

Beställaren för denna förskola är Futurum Fastigheter i Örebro AB och har en bruttoarea på 1053 m². Entreprenadform är PUE i partneringentreprenad med ByggDialog AB som totalentreprenör (Haggmarks, 2020).

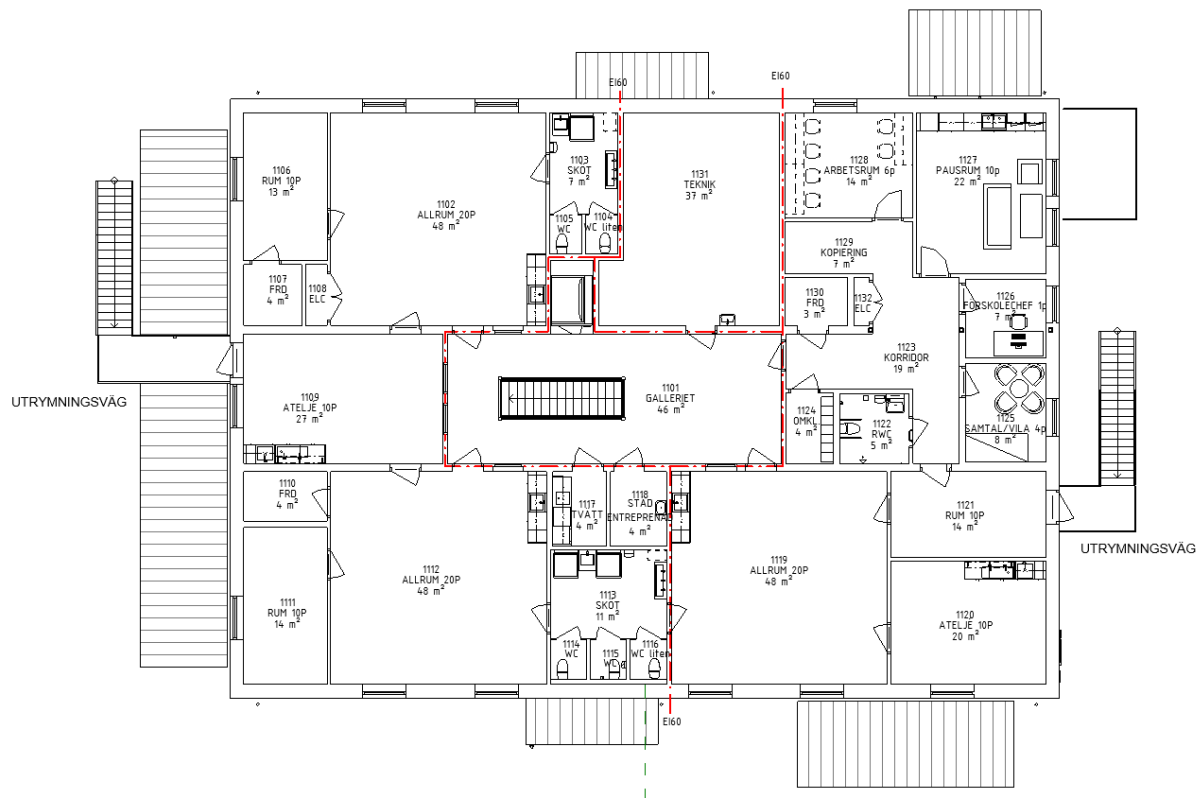
Förskolan Silva öppnade år 2019 och är stationerad i bostadsområdet Brickebacken (Örebro Kommun, 2020). Förskolan består av fem avdelningar och är anpassad för 90 barn (Örebro Kommun, 2020). Denna förskola är också certifierad enligt Miljöbyggnad Silver men till skillnad mot förskolan Bettorp är den byggd med betongstomme (Futurum fastigheter, u.å.).

4.2.2 Planlösning våning 1



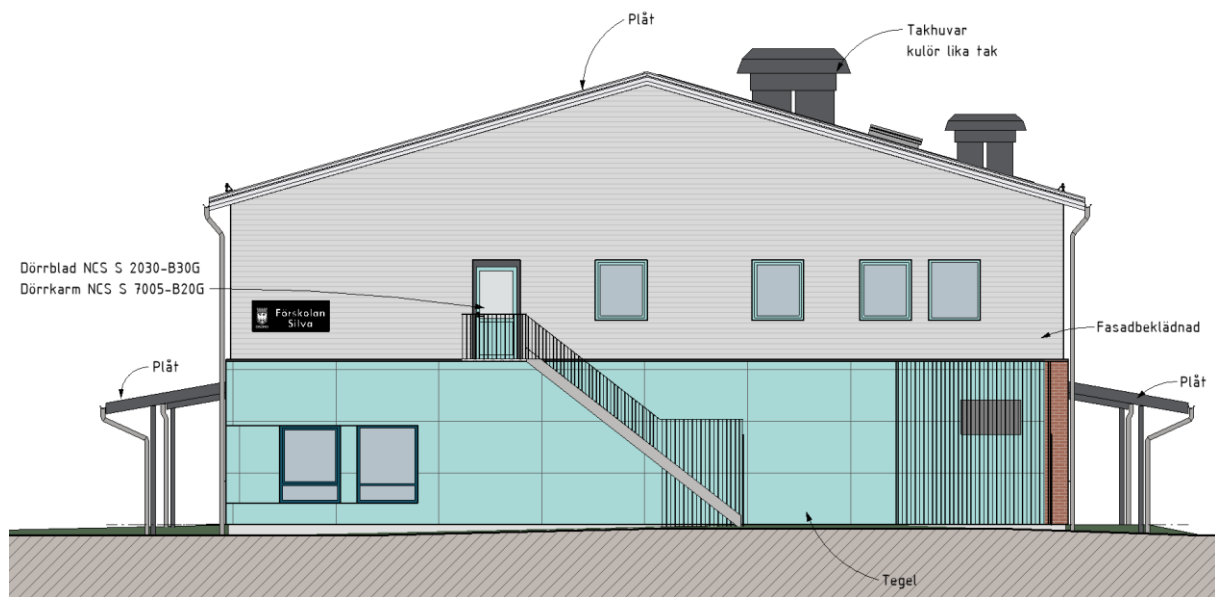
Figur 5: PLANLÖSNING VÅN 1 SILVA gjord av Snidare Arkitekter.

4.2.3 Planlösning våning 2

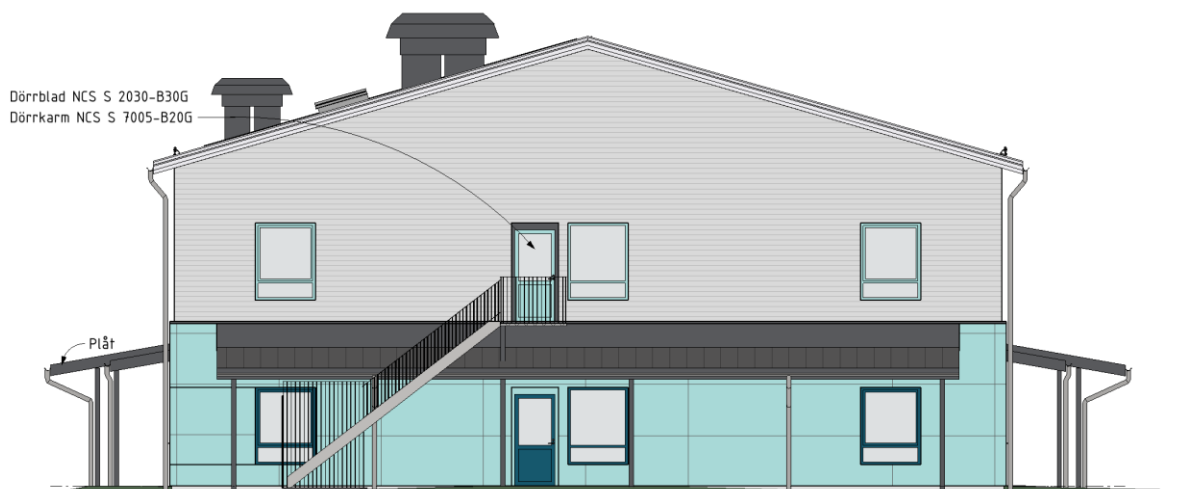


Figur 6: PLANLÖSNING VÅN 2 SILVA gjord av Snidare Arkitekter.

4.2.4 Fasadvy



Figur 7: FASAD MOT SÖDER SILVA gjord av Snidare Arkitekter.



Figur 8: FASAD MOT NORR SILVA gjord av Snidare Arkitekter.



Figur 9: Fasad mot öster Silva gjord av Snidare Arkitekter.



Figur 10: Fasad mot väster Silva gjord av Snidare Arkitekter.

4.2.5 U-värde

Tabell 3 och 4 visar byggnadsdelarnas U-värden, area, köldbryggor med en sammanställning av den totala påverkan uttryckt i W/K och procentuell andel av totalen för Bettorp. Dessutom visas en sammanställning av köldbryggor uttryckt i W/K.

Tabell 5: U-värden byggnadsdelar Bettorp hämtad från Indikator 3 – Energianvändning.

Byggnadskonstruktion	Area [m ²]	U [W/(K m ²)]	U*A [W/K]	% av total
Väggar ovan mark	516.61	0.11	59.11	19.13
Kylvägg ytterväg	4.69	0.07	0.33	0.11
Yttervägg Läkt	253.63	0.11	27.19	8.80
Yttervägg Läkt Sjötorp	258.29	0.12	31.59	10.23
Väggar under mark	0.00	0.00	0.00	0.00
Yttertak	456.29	0.08	37.07	12.00
Takbjälklag	456.29	0.08	37.07	12.00
Golv mot mark	497.07	0.07	36.31	11.75
Betonggolv platta på mark	497.07	0.07	36.31	11.75
Golv mot uteluft	0.00	0.00	0.00	0.00
Fönster	91.10	1.05	96.13	31.12
Pilkington Optitherm S3	49.66	1.10	54.68	17.70
Pilkington Suncool 70/40	41.44	1.00	41.45	13.42
Dörrar	5.97	1.51	9.02	2.92
Ytterdörr	5.97	1.51	9.02	2.92
Ytor mot ej uppvärmda zoner	0.00	0.00	0.00	0.00
Köldbryggor			71.29	23.08
Totalt	1567.04	0.20	308.93	100.00

Tabell 6: Köldbryggor Bettorp hämtad från Indikator 3 – Energianvändning.

Köldbryggor	Area eller längd	Värmekonduktivitet	Summa [W/K]
Yttervägg / bjälklag	173.14 m	0.023 W/(m K)	3.910
Yttervägg / innervägg	226.46 m	0.023 W/(m K)	5.113
Yttervägg / yttervägg	28.36 m	0.073 W/(m K)	2.065
Fönster i yttervägg omkrets	231.92 m	0.072 W/(m K)	16.721
Ytterdörr omkrets	14.39 m	0.062 W/(m K)	0.887
Tak / yttervägg	86.19 m	0.126 W/(m K)	10.877
Yttergolv / yttervägg	86.95 m	0.294 W/(m K)	25.529
Balkongplatta / yttervägg	1.50 m	0.152 W/(m K)	0.228
Yttergolv / innervägg	0.00 m	0.000 W/(K m)	0.000
Tak / innervägg	278.56 m	0.021 W/(m K)	5.956
Totalt klimatskal	1531.96 m ²	0.000 W/(m ² K)	0.000
Summa	-	-	71.285

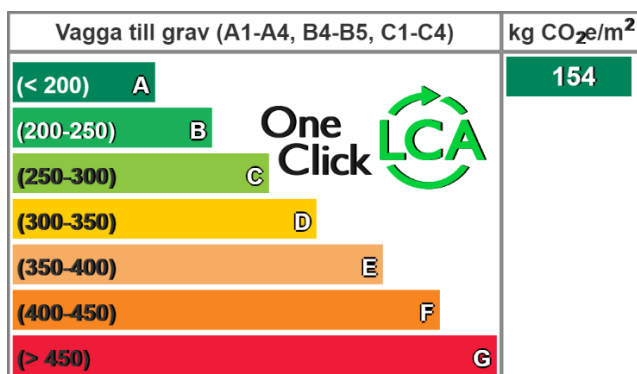
5 RESULTAT

I detta kapitel presenteras resultat för respektive förskola samt jämförelsen. Först presenteras resultat av LCA och LCC beräkningar, som är utförda i programvaran One Click LCA. Därefter presenteras mervärden.

5.1 LCA på förskolan Bettorp

5.1.1 Vagga till grav

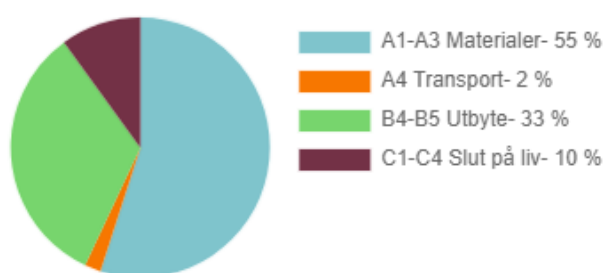
Figur 15 visar på hur mycket CO₂e/m² som byggnaden har. Detta görs med hänsyn till alla byggnadsmaterial och de angivna mängderna samt materialtransport och materialsättningar som krävs under byggnadens livslängd. Resultatet visar att trästommen har ett riktvärde för inbäddad koldioxid på 154 CO₂e/m². Detta leder till att byggnaden får ett betyg A på en skala A-G.



Figur 11: Mängden kg CO₂e/m² i förskolan Silva, angivet i riktvärden A-G.

5.1.2 Inbäddad koldioxid efter livscykelstadiet

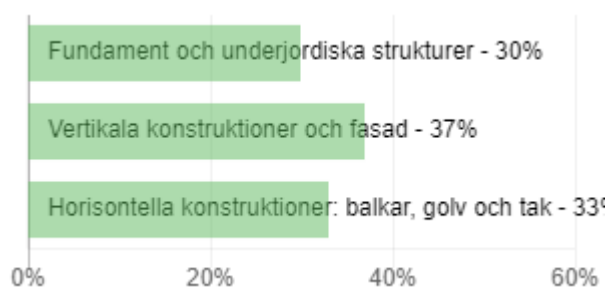
Figur 16 visar att största andelen inbäddad koldioxid sker i livscykelstadiet A1-A3. Detta stadiet står för 55%. Därefter kommer stadiet B4-B5, detta stadiet står för 33% av de inbäddade koldioxidutsläppen. Sedan kommer livscykelstadiet C1-C4 som står för 10% av de totala utsläppen. Diagrammet visar att stadiet A4 (transporten) har den minsta påverkan på de totala utsläppen, som står för 2%. Diagrammet tar ej upp följande skeden: A5, B1-B3 samt B6-B7.



Figur 12: Procentuell andel inbäddad koldioxid efter livscykelstadie A1-4, B4-5 och C1-C4.

5.1.3 Inbäddad koldioxid efter struktur A1-A3

Figur 17 visar procentuell andel inbäddad koldioxid för olika strukturer för byggnaden. Det var ganska jämt fördelat men de vertikala konstruktionerna och fasaden bidrog till störst andel utsläpp, detta stod för 37%. Horisontella konstruktioner såsom balkar, golv och tak stod för 33% av utsläppen medan fundament och underjordiska strukturer hade minst påverkan, detta stod för 30% av utsläppen.

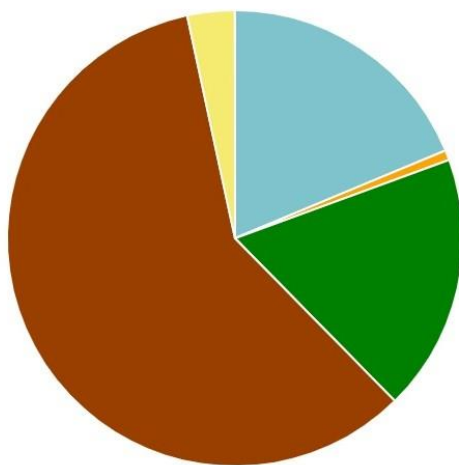


Figur 13: Procentuell andel inbäddad koldioxid efter byggnadens struktur i livscykelsskede A1-A3.

5.1.4 Global uppvärmning kg CO₂e – Livscykelstadier

Figur 18 visar fördelningen av global uppvärmning sett till CO₂e i de olika livscykelsskedena. Största andelen av den globala uppvärmningen står B6 (Energi) för, 59%. A1-A3 bidrog med 18,7% och B1-B5 utgör 18,2%. C1-C4 står för 3,4%. Minst påverkan hade A4, som står för 0,7%. En av tre största livscykelstadier är material, som inkluderar råvaruförsörjning, tillverkning och transport. De två andra livscykelstadier är energi i drift(B6) samt B1-B5 som innehåller, användning, underhåll, reparation, utbyte och ombyggnad. Diagrammet tar inte upp skedena, A5(bygg och installationsprocess) och B7(driftensvattenanvändning).

Global uppvärmning kg CO₂e - Livscykelstadier

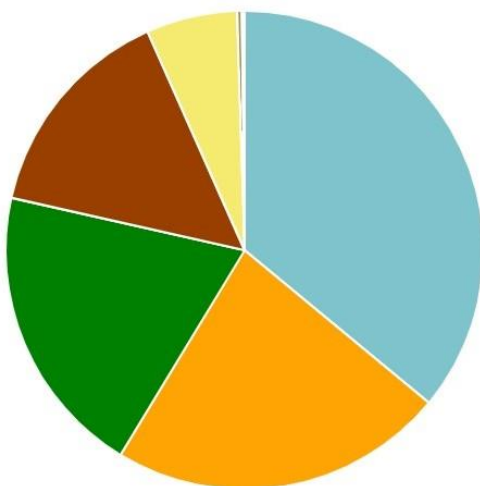
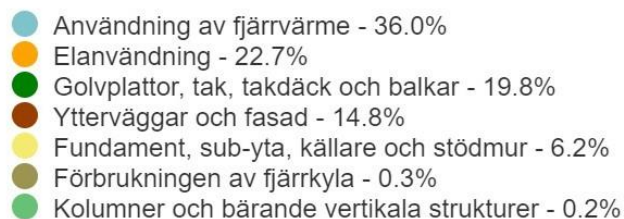


Figur 14: Procentuell andel kg CO₂e i livscykelsskedena: A1-3, A4, B1-5, B6 och C1-4.

5.1.5 Global uppvärmning kg CO₂e – Klassificeringar

I figur 19 visas en procentuell fördelning av olika klassificeringars påverkan på den totala globala uppvärmningen i förhållande till CO₂e. Däribland finns olika byggnadskomponenter, fjärrvärme, fjärrkyla samt elanvändning.

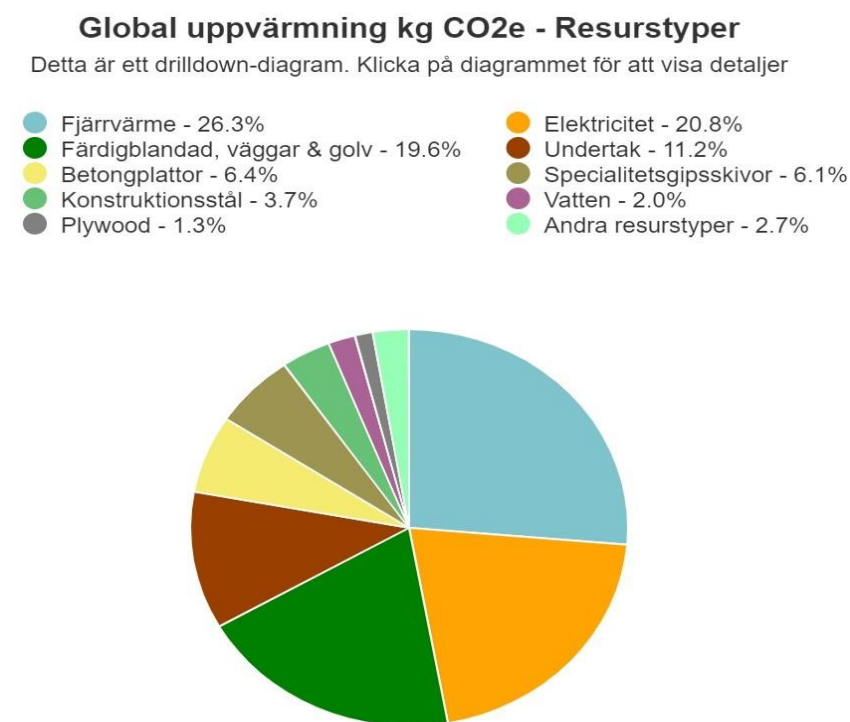
Global uppvärmning kg CO₂e - Klassificeringar



Figur 15: Procentuell andel kg CO₂e för de olika klassificeringarna.

5.1.6 Global uppvärmning kg CO₂e – Resurstyper

Figur 20 visar procentuell andel kg CO₂e för ingående byggnadsmaterial, fjärrvärme och elektricitet. Diagrammet visar hur mycket påverkan varje del har i förhållande till hela byggnaden.



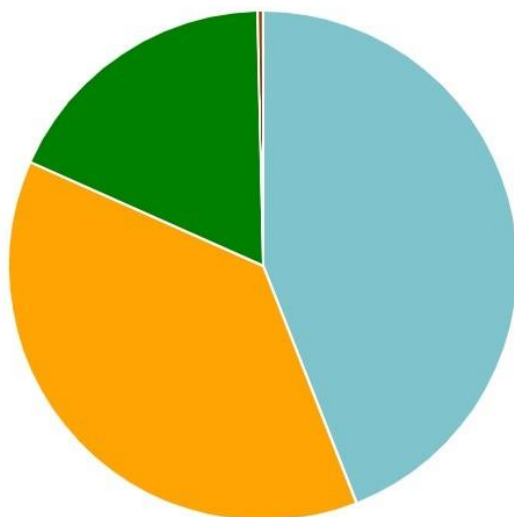
Figur 16: Procentuell andel kg CO₂e för olika ingående resurser.

5.1.7 Massa kg – Klassificeringar

Figur 21 visar hur stor andel kg varje byggnadsdel står för i förhållande till hela byggnaden.

Massa kg - Klassificeringar

- Fundament, sub-yta, källare och stödmur - 44.0%
- Ytterväggar och fasad - 37.6%
- Golvplattor, tak, takdäck och balkar - 18.0%
- Kolumner och bärande vertikala strukturer - 0.3%



Figur 17: Procentuell andel kg för de olika byggnadsdelarna.

5.1.8 Mest bidragande material Bettorp

Figur 22 visar top-3 mest bidragande material för Bettorp i skedena A1-A3. Tabellen visar procentuell andel och CO₂e angivet i ton. På första plats har vi färdigblandad betong för fundament som står 29,6% av de totala utsläppen. På andra plats har vi undertak som bidrar med 20,4%. På tredje plats hittar man gipsskivor som utgör 10,4 %.

▼ Mest bidragande material (Global uppvärmning)			
No.	Resurs	Vagga till grind påverkning (A1-A3)	Vagga till grind andel
1.	Ready-mix concrete for indoor floor appl., standard  ?	27 ton CO ₂ e	29.6 %
2.	Suspended metal ceiling system with acoustic insert/pad  ?	18 ton CO ₂ e	20.4 %
3.	Gypsum plasterboard, fire resistant  ?	9,4 ton CO ₂ e	10.4 %

Figur 18: Top-3 mest bidragande material för Bettorp.

5.2 LCC på förskolan Bettorp

5.2.1 Sociala kostnader för kol

Figur 23 visar uppskattade kostnader för samhället med avseende på koldioxid angivet i euro. Kostnaden kvantifieras utifrån miljöförstörelse, påverkan på människors hälsa och belastning på samhället.

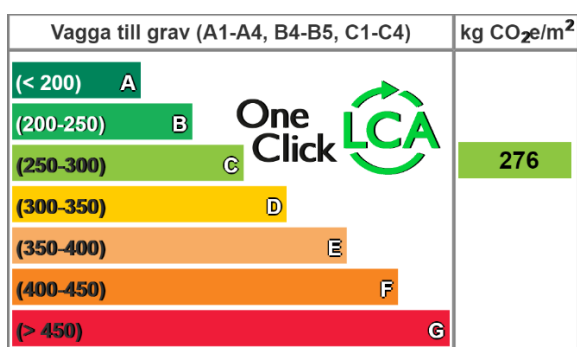


Figur 19: Sociala kostnader för kol för Bettorp.

5.3 LCA på förskolan Silva

5.3.1 Vagga till grav

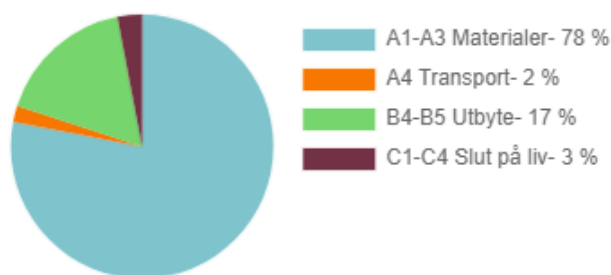
Figur 24 visar på hur mycket CO₂e/m² som byggnaden har. Detta görs med hänsyn till alla byggnadsmaterial och de angivna mängderna samt materialtransport och materialersättningar som krävs under byggnadens livslängd. Resultatet visar att betongstommen har ett riktvärde för inbäddad koldioxid på 276 CO₂e/m². Detta leder till att byggnaden får ett betyg C på en skala A-G.



Figur 20: Mängden kg CO₂e/m² i förskolan Silva, angivet i riktvärden A-G.

5.3.2 Inbäddad koldioxid efter livscykelstadiet

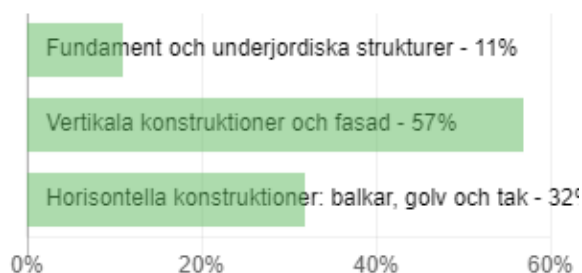
Figur 25 visar att största andelen inbäddad koldioxid sker i livscykelstadiet A1-A3. Detta stadiet står för 78%. Därefter kommer stadiet B4-B5, detta stadiet står för 17% av de inbäddade koldioxidutsläppen. Sedan kommer livscykelstadiet C1-C4 som står för 3% av de totala utsläppen. Diagrammet visar att stadiet A4 (transporten) har den minsta påverkan på de totala utsläppen, som står för 2%.



Figur 21: Procentuell andel inbäddad koldioxid efter livscykelstadie A1-4, B4-5 och C1-C4.

5.3.3 Inbäddad koldioxid efter struktur A1-A3

Figur 26 visar procentuell andel inbäddad koldioxid för olika strukturer för byggnaden. De vertikala konstruktionerna och fasaden bidrog till störst andel utsläpp, detta stod för 57%. Horisontella konstruktioner såsom balkar, golv och tak stod för 32% av utsläppen medan fundament och underjordiska strukturer hade minst påverkan, detta stod för 11% av utsläppen.

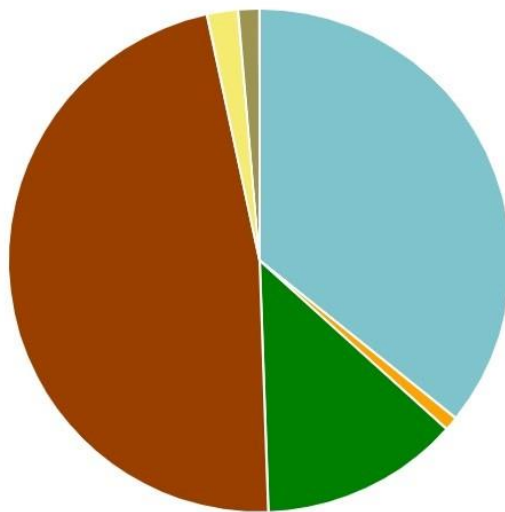


Figur 22: Procentuell andel inbäddad koldioxid efter byggnadens struktur i livscykelkedan A1-A3.

5.3.4 Global uppvärmning kg CO₂e – Livscykelstadier

Figur 27 visar fördelningen av global uppvärmning sett till CO₂e i de olika livscykelsskedena. Största andelen av den globala uppvärmningen står B6 (Energi) för, 47,2%. A1-A3 bidrog med 35,8% och B1-B5 utgör 12,8%. C1-C4 står för 1,4%. B7 står för 2%. Minst påverkan hade A4, som står för 0,9%. En av tre största livscykelstadier är material, som inkluderar råvaruförsörjning, tillverkning och transport. De två andra livscykelstadier är energi i drift(B6) samt B1-B5 som innehåller, användning, underhåll, reparation, utbyte och ombyggnad. Diagrammet tar inte upp skedet A5(byggs och installationsprocess)

Global uppvärmning kg CO₂e - Livscykelstadier

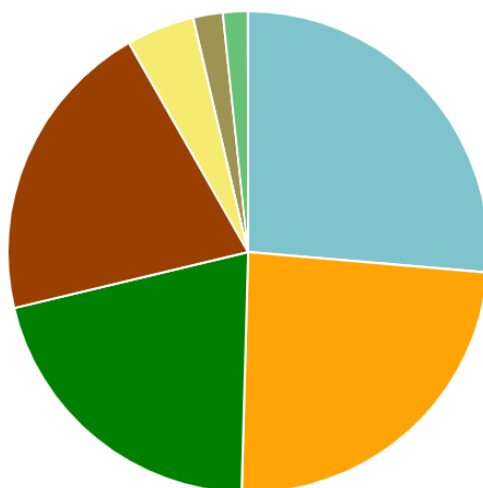
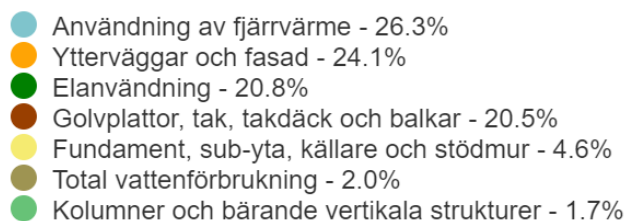


Figur 23: Procentuell andel kg CO₂e i livscykelsskedena: A1-3, A4, B1-7 och C1-4.

5.3.5 Global uppvärmning kg CO₂e – Klassificeringar

Figur 28 visar en procentuell fördelning av olika klassificeringars påverkan på den totala globala uppvärmningen i förhållande till CO₂e. Däribland finns olika byggnadskomponenter, fjärrvärme, fjärrkyla samt elanvändning.

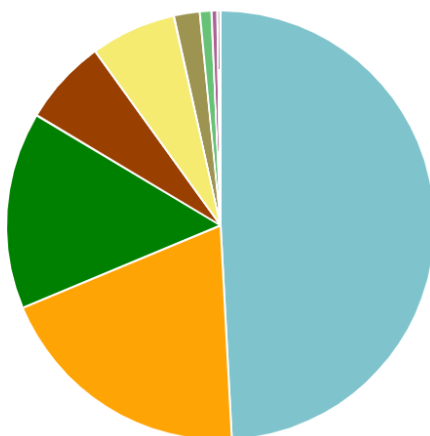
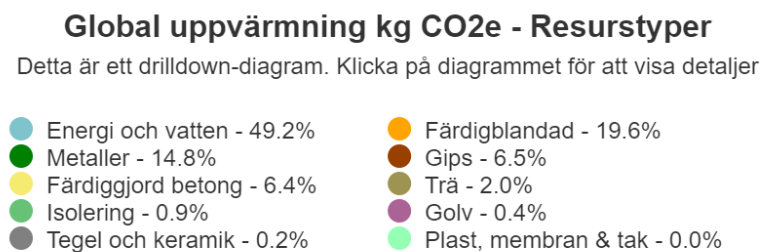
Global uppvärmning kg CO₂e - Klassificeringar



Figur 24: Procentuell andel kg CO₂e för de olika klassificeringarna.

5.3.6 Global uppvärmning kg CO₂e – Resurstyper

Figur 29 visar procentuell andel kg CO₂e för ingående byggnadsmaterial, fjärrvärme och elektricitet. Diagrammet visar hur mycket påverkan varje del har i förhållande till hela byggnaden.



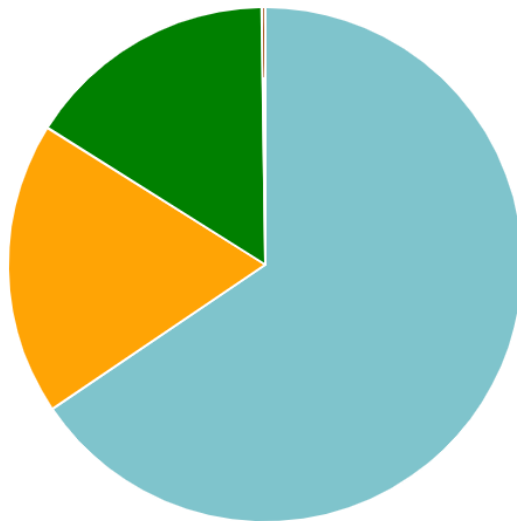
Figur 25: Procentuell andel kg CO₂e för olika ingående resurser.

5.3.7 *Massa kg – Klassificeringar*

I figur 30 visas hur stor andel kg varje byggnadsdel står för i förhållande till hela byggnaden.

Massa kg - Klassificeringar

- Ytterväggar och fasad - 65.5%
- Golvplattor, tak, takdäck och balkar - 18.4%
- Fundament, sub-yta, källare och stödmur - 15.9%
- Kolumner och bärande vertikala strukturer - 0.2%



Figur 26: Procentuell andel kg för de olika byggnadsdelarna.

5.3.8 Mest bidragande material Silva

Figur 31 visar top-3 mest bidragande material för Bettorp i skedena A1-A3. Tabellen visar procentuell andel och CO₂e angivet i ton. På första plats har vi färdigblandad betong för ytterväggar som står 39,8% av de totala utsläppen. På andra plats har vi bjälklagen som bidrar med 17,2%. På tredje plats hittar man färdigblandad betong för fundament som utgör 11,5 %.

▼ Mest bidragande material (Global uppvärmning)			
No.	Resurs	Vagga till grind påverknig (A1-A3)	Vagga till grind andel
1.	Ready-mix concrete for exterior walls  ?	93 ton CO ₂ e	39.8 %
2.	Prestressed floor slab  ?	40 ton CO ₂ e	17.2 %
3.	Ready-mix concrete for indoor floor appl., standard  ?	27 ton CO ₂ e	11.5 %

Figur 27: Top-3 mest bidragande material för Silva.

5.4 LCC på förskolan Silva

Figur 32 visar kostnader för samhället med avseende på koldioxid angivet i euro. Kostnaden kvantifieras utifrån miljöförstörelse, påverkan på människors hälsa och belastning på samhället.

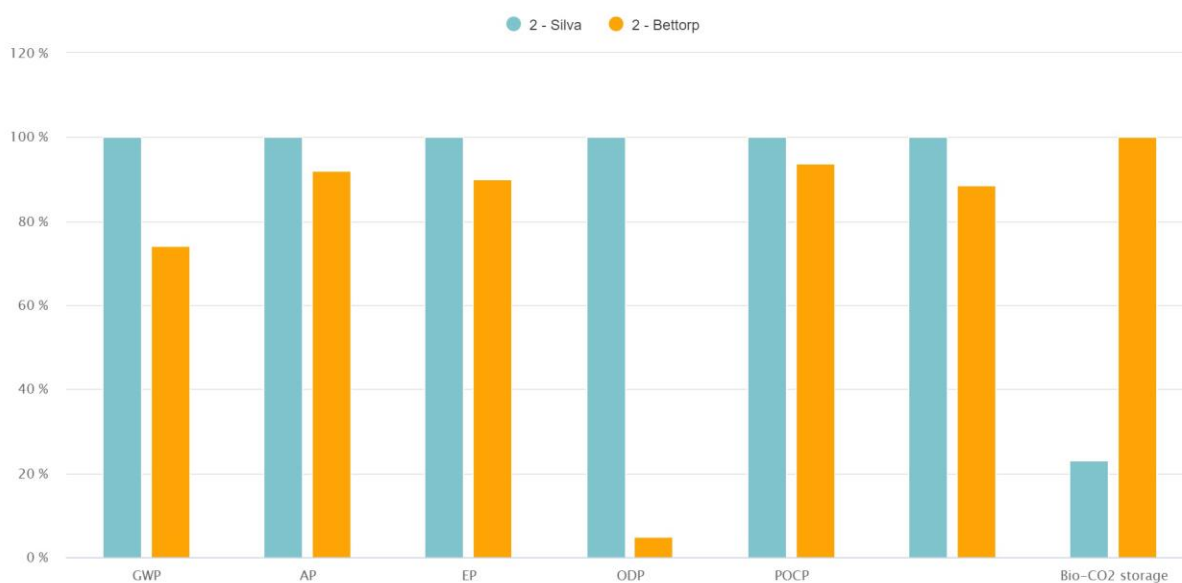
5.4.1 Sociala kostnader för kol



Figur 28: Sociala kostnader för kol för Silva.

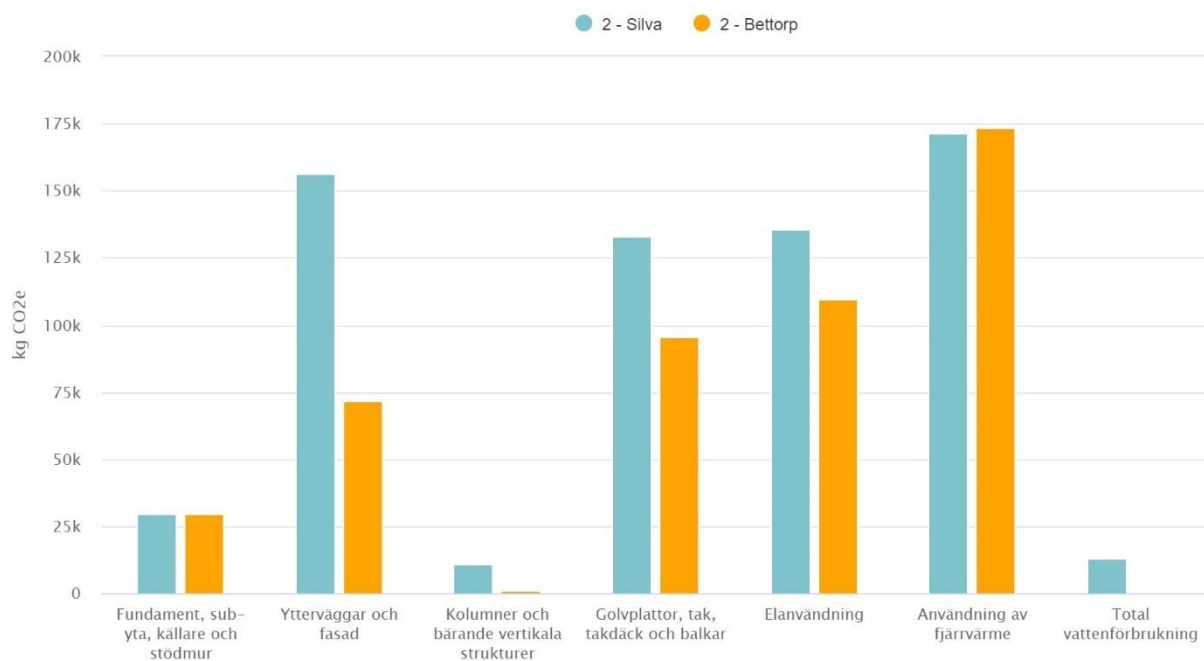
5.5 Jämförelse förskolan Bettorp och Silva

Figur 33 visar skillnaderna för olika kategorier, här ingår skillnader i global uppvärmning (GWP), försurning (AP), övergödning (EP), ozonnedbrytningspotential (ODP), bildning av ozon i lägre atmosfärer (POCP), total användning av primär energi exklusive råmaterial och koldioxidlagring (Bio-CO₂ storage). Diagrammet visar att betongstommen har större utsläpp i alla kategorier förutom koldioxidlagringen, där trästommen binder överlägset mer koldioxid.



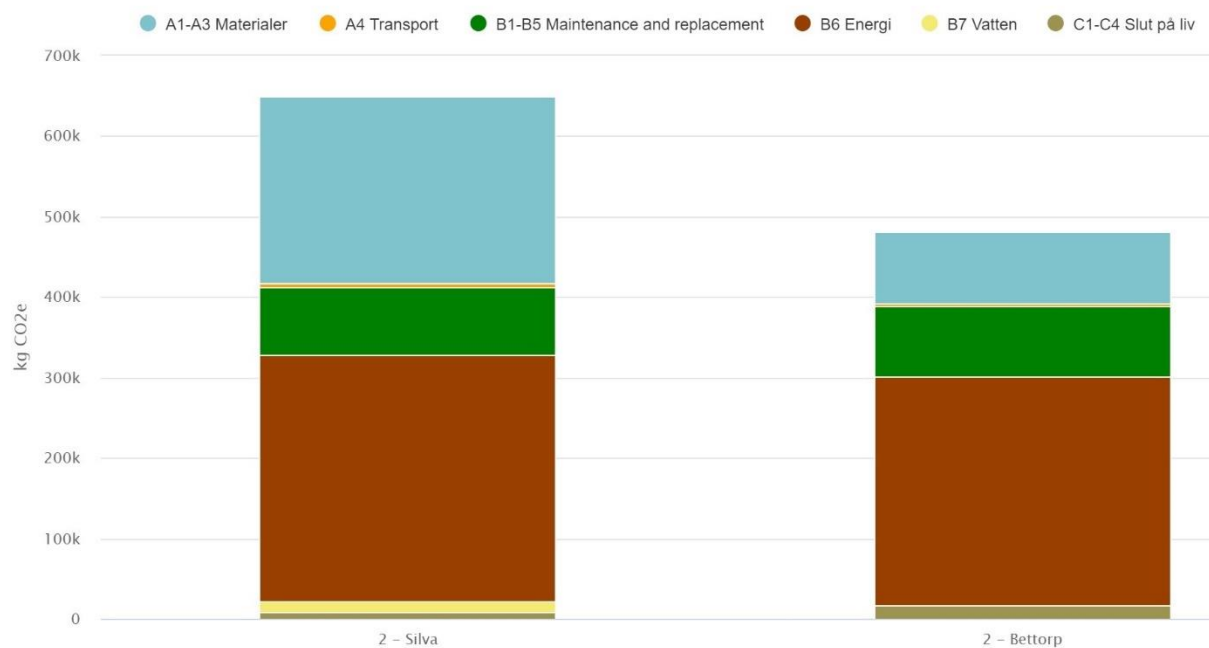
Figur 29: Jämförelse mellan alla slagkategorier i LCA för förskolorna.

Figur 34 visar hur mycket kg CO₂e som släpps ut för byggnadernas olika komponenter, elanvändning, vattenförbrukning och användning av fjärrvärme. Diagrammet visar att betongstommen har mest utsläpp i varje parameter förutom användning av fjärrvärme, där trästommen har lite större utsläpp.



Figur 30: Jämförelse mellan förskolornas CO₂e i förhållande till byggnadernas komponenter, elanvändning, vattenförbrukning och användning av fjärrvärme.

Figur 35 visar skillnaderna för stommarna med avseende på de olika livscykelstadierna. Här ser man att material (A1-A3) har mer än dubbelt (142 CO₂e) så mycket påverkan för betongstommen i form av utsläpp. Skillnaden i B6 (Energi i drift) är 20 ton CO₂e mellan båda stommarna. Skillnaden i A1-A5 är 5 ton CO₂e mellan stommarna. Däremot har Bettorp en större påverkan i livscykelstadiet (C1-C4), här är skillnaden 8 ton CO₂e.



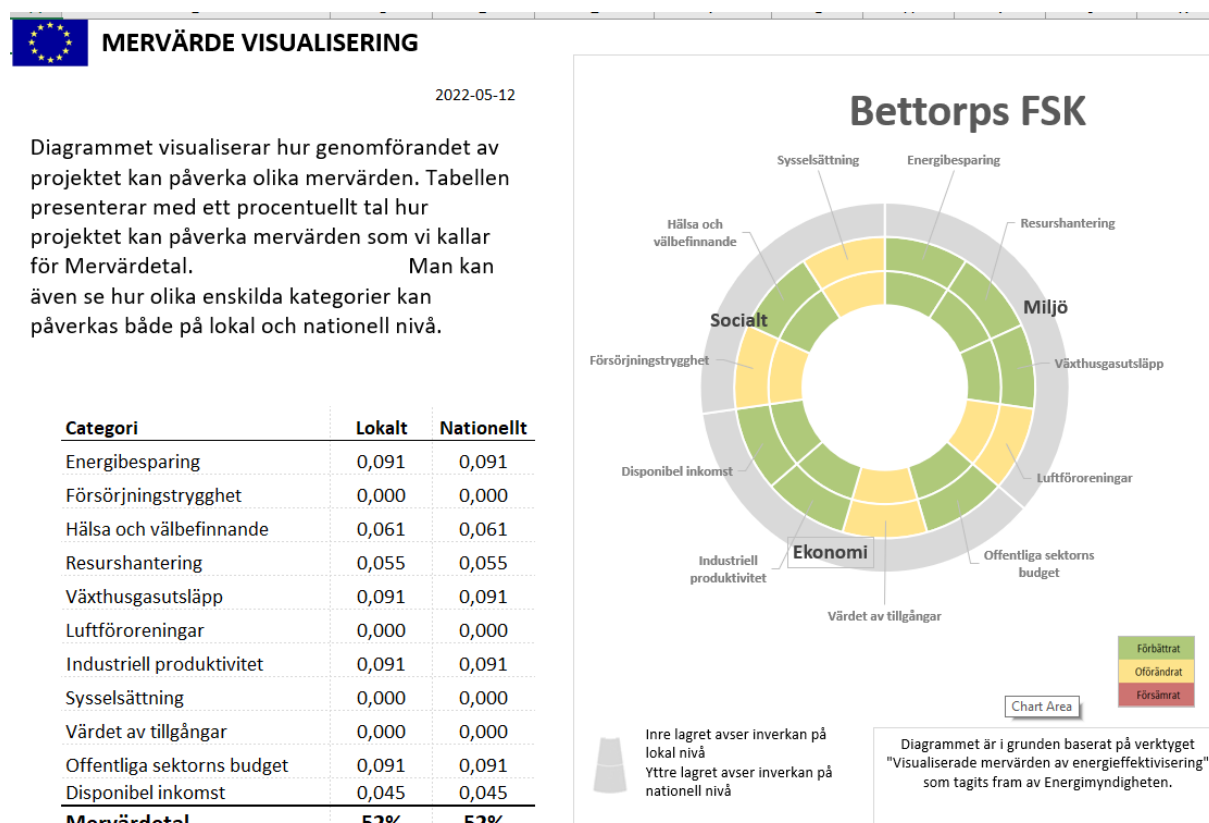
Figur 31: Utsläpp av CO₂e i olika livscykelkedan för förskolorna.

5.6 Mervärden

5.6.1 Mervärde visualisering Bettorp

Deltagare 1: Energiingenjör

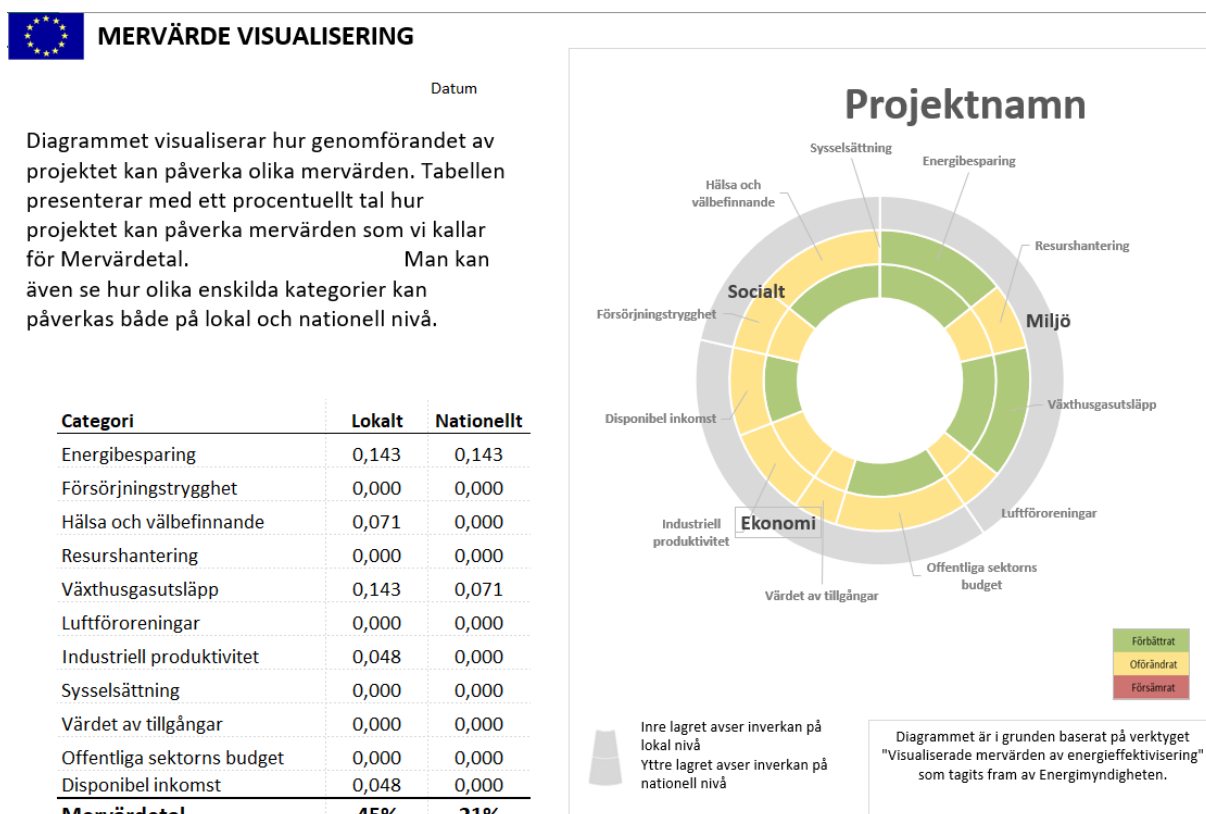
Energiingenjören, visade ett mervärdestal på 52% både på lokal och nationell nivå (se figur 36). Deltagaren har svarat med exakt likadana mervärdesfaktorer för respektive område och därmed skiljer sig inte andelarna för de olika kategorierna i cirkeldiagrammet. Förskolan Bettorp har haft en positiv inverkan på projektet, då deltagaren svarat med förbättrat och oförändrat för olika områden. Mervärdesfaktorn visar på deltagarens syn på hur väsentlig de olika kategorierna är för verksamheten på en skala 0–6.



Figur 32: Visualisering av mervärden för energiingenjören för Bettorp.

Deltagare 2: Energichef

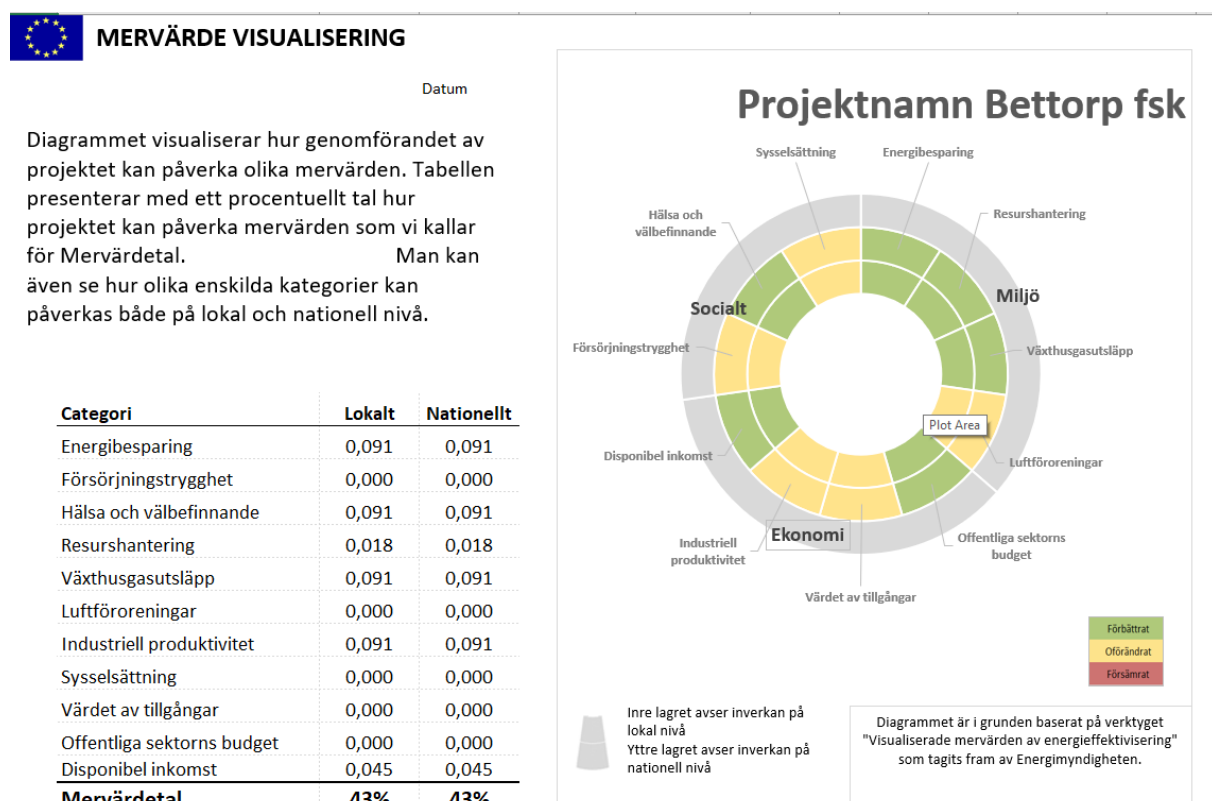
Energichefen, visade på olika mervärdestal på lokal och nationell nivå (se figur 37). Bettorp har haft en större påverkan på lokal nivå (45%) än nationell nivå (21%). Deltagaren har angivit olika mervärdesfaktorer för olika kategorier, vilket har bidragit till att andelarna för respektive kategori skiljer sig åt. Förskolan Bettorp har haft en positiv inverkan på projektet både lokalt och nationellt. Mervärdesfaktorn visar på deltagarens syn på hur väsentlig de olika kategorierna är för verksamheten på en skala 0–6.



Figur 33: Visualisering av mervärden för energichefen för Bettorp.

Deltagare 3: Projektledare

Projektledaren, visade ett mervärdestal på 43% på både lokal och nationell nivå (se figur 38). Deltagaren har svarat med exakt likadana mervärdesfaktorer för respektive område och därmed skiljer sig inte andelarna för de olika kategorierna i cirkeldiagrammet. Förskolan Bettorp har haft en lika stor positiv inverkan på lokal och nationell nivå. Mervärdesfaktorn visar på deltagarens syn på hur väsentlig de olika kategorierna är för verksamheten på en skala 0–6.



Figur 34: Visualisering av mervärden för projektledaren för Bettorp.

5.6.2 Mervärde och FN:s globala mål Bettorp

Deltagare 1: Energiingenjör

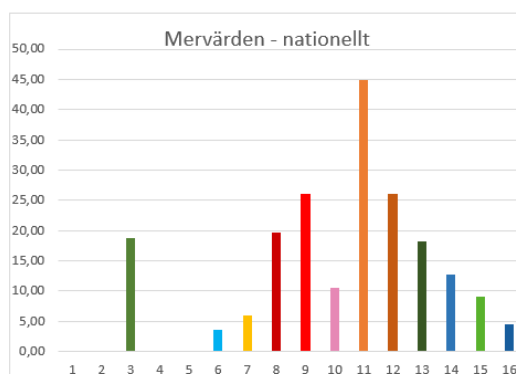
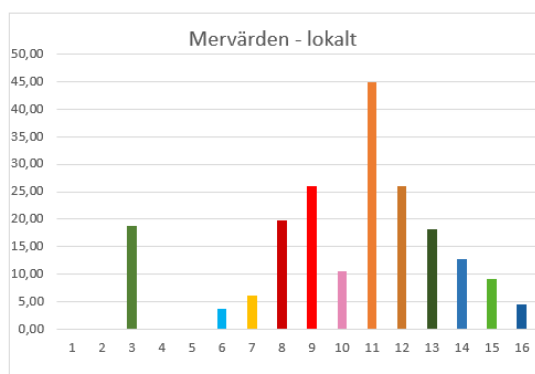
Figur 39 visar hur olika mervärden är kopplade till FN:s globala hållbarhetsmål. Dock ska det tilläggas att FN:s hållbarhetsmål 1 (Ingen fattigdom) inte är inkluderad men resterande 16 finns med. Eftersom deltagare 1 svarade exakt likadant på både lokal och nationell nivå har det inte medfört några skillnader. Däremot har FN:s globala hållbarhetsmål 11 (Hållbara städer och samhällen) haft störst inverkan för förskolan Bettorp.



Mervärden och FNs globala mål

Diagrammen nedan visar hur genomförandet av projektet kan påverka globala målen.

Globala Mål	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Lokalt	-	-	18,79	0,00	-	3,64	6,06	19,70	26,06	10,61	44,85	26,06	18,18	12,73	9,09	4,55
Nationellt	-	-	18,79	0,00	-	3,64	6,06	19,70	26,06	10,61	44,85	26,06	18,18	12,73	9,09	4,55



Figur 35: Mervärden påverkan på FN:s globala mål för energiingenjören för Bettorp.

Deltagare 2: Energichef

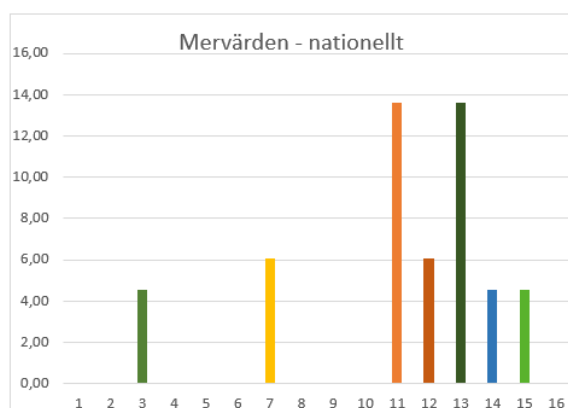
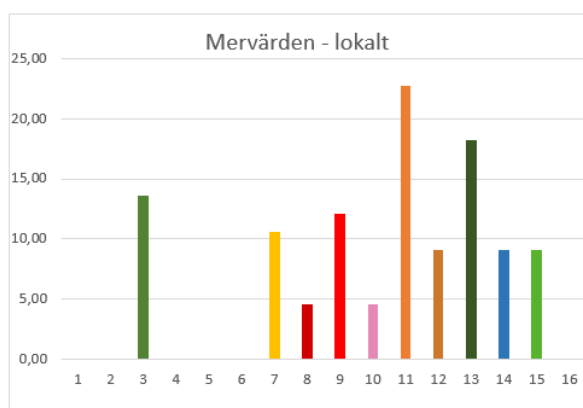
Figur 40 visar hur olika mervärden är kopplade till FN:s globala hållbarhetsmål. Dock ska det tilläggas att FN:s hållbarhetsmål 1 (Ingen fattigdom) inte är inkluderad men resterande 16 finns med. Deltagare 2 svarade annorlunda på lokal och nationell nivå vilket har medfört att graferna varierar. Däremot är det FN:s globala hållbarhetsmål 11 (Hållbara städer och samhällen) och 13 (Bekämpa klimatförändringarna) som haft störst inverkan på både lokal och nationell nivå för förskolan Bettorp.



Mervärden och FN:s globala mål

Diagrammen nedan visar hur genomförandet av projektet kan påverka globala målen.

Globala Mål	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Lokalt	-	-	13,64	0,00	-	0,00	10,61	4,55	12,12	4,55	22,73	9,09	18,18	9,09	9,09	0,00
Nationellt	-	-	4,55	0,00	-	0,00	6,06	0,00	0,00	0,00	13,64	6,06	13,64	4,55	4,55	0,00



Figur 36: Mervärden påverkan på FN:s globala mål för energichefen för Bettorp.

Deltagare 3: Projektledare

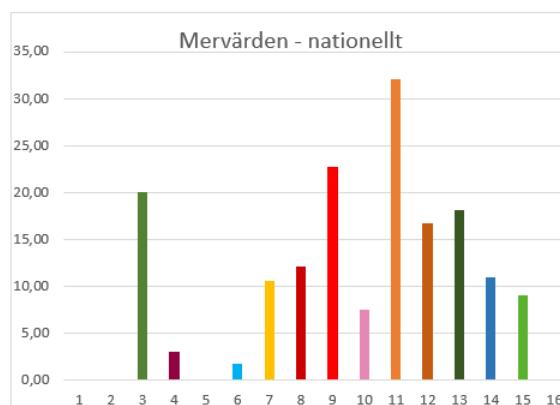
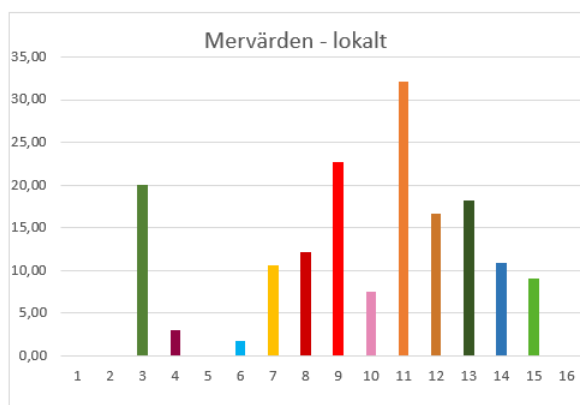
Figur 41 visar hur olika mervärden är kopplade till FN:s globala hållbarhetsmål. Dock ska det tilläggas att FN:s hållbarhetsmål 1 (Ingen fattigdom) inte är inkluderad men resterande 16 finns med. Eftersom deltagare 3 svarade exakt likadant på både lokal och nationell nivå har det inte medfört några skillnader. Däremot har FN:s globala hållbarhetsmål 11 (Hållbara städer och samhällen) och 9 (Hållbar industri, innovationer och infrastruktur) haft störst inverkan för förskolan Bettorp.



Mervärden och FN:s globala mål

Diagrammen nedan visar hur genomförandet av projektet kan påverka globala målen.

Globala Mål	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Lokalt	-	-	20,00	3,03	-	1,82	10,61	12,12	22,73	7,58	32,12	16,67	18,18	10,91	9,09	0,00
Nationellt	-	-	20,00	3,03	-	1,82	10,61	12,12	22,73	7,58	32,12	16,67	18,18	10,91	9,09	0,00

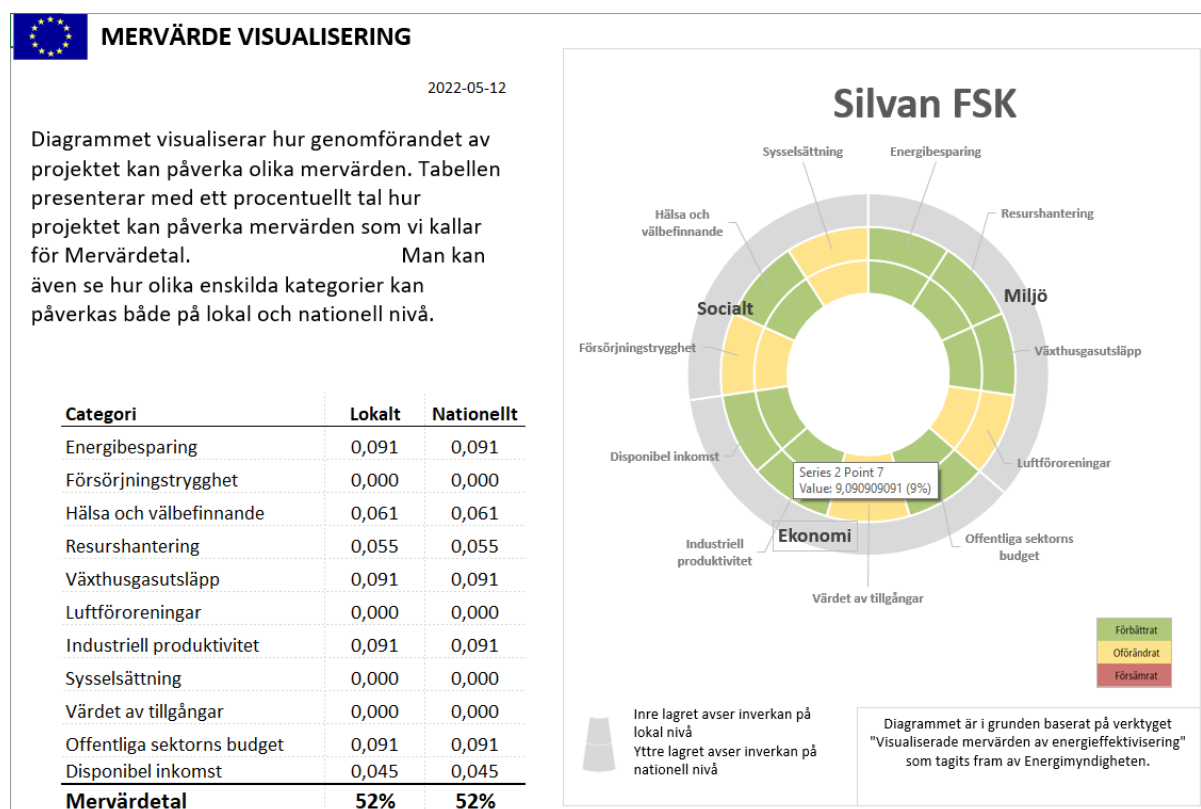


Figur 37: Mervärden påverkan på FN:s globala mål för projektledaren för Bettorp.

5.6.3 Mervärde visualisering Silva

Deltagare 1: Energiingenjör

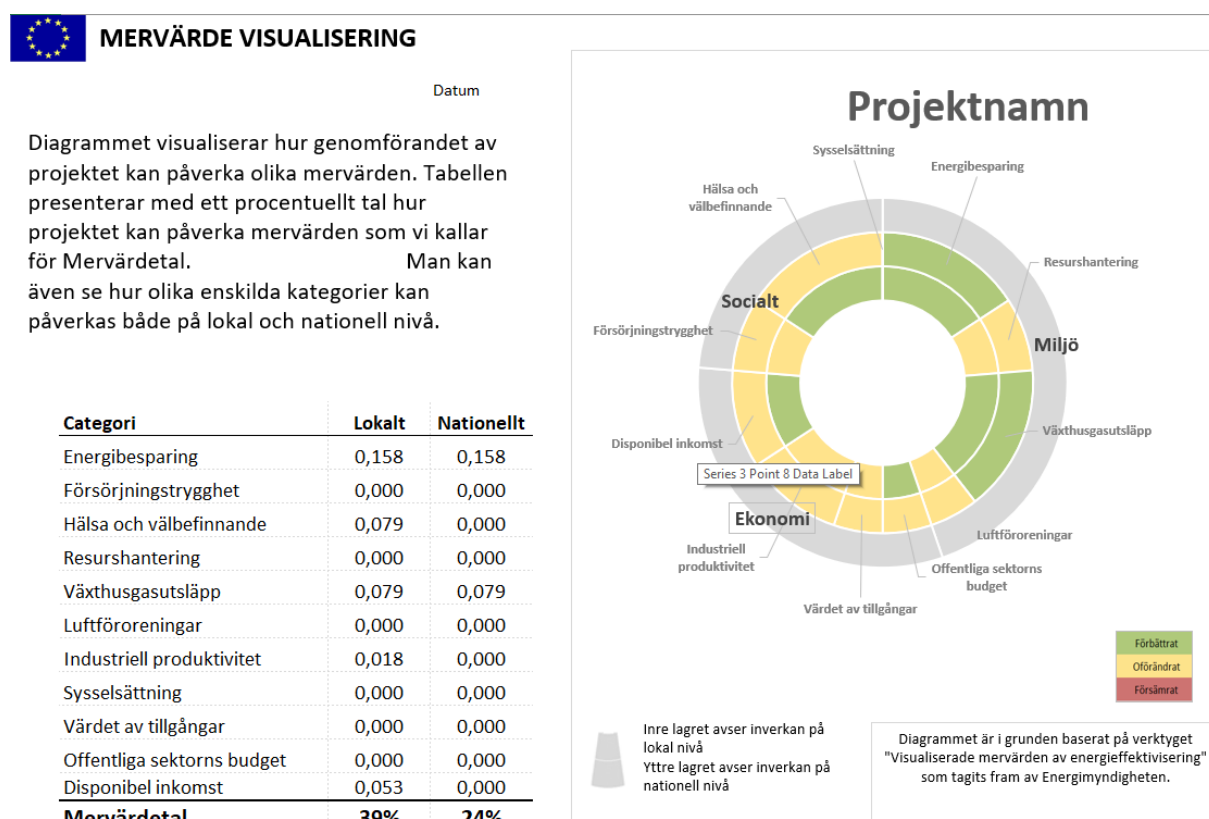
Energiingenjören, visade ett mervärdestal på 52% både på lokal och nationell nivå (se figur 42). Deltagaren har svarat med exakt likadana mervärdesfaktorer för respektive område och därmed skiljer sig inte andelarna för de olika kategorierna i cirkeldiagrammet. Förskolan Silva har haft en positiv inverkan på projektet, då deltagaren svarat med förbättrat och oförändrat för olika områden. Mervärdesfaktorn visar på deltagarens syn på hur väsentlig de olika kategorierna är för verksamheten på en skala 0–6.



Figur 38: Visualisering av mervärden för energiingenjören för Silva.

Deltagare 2: Energichef

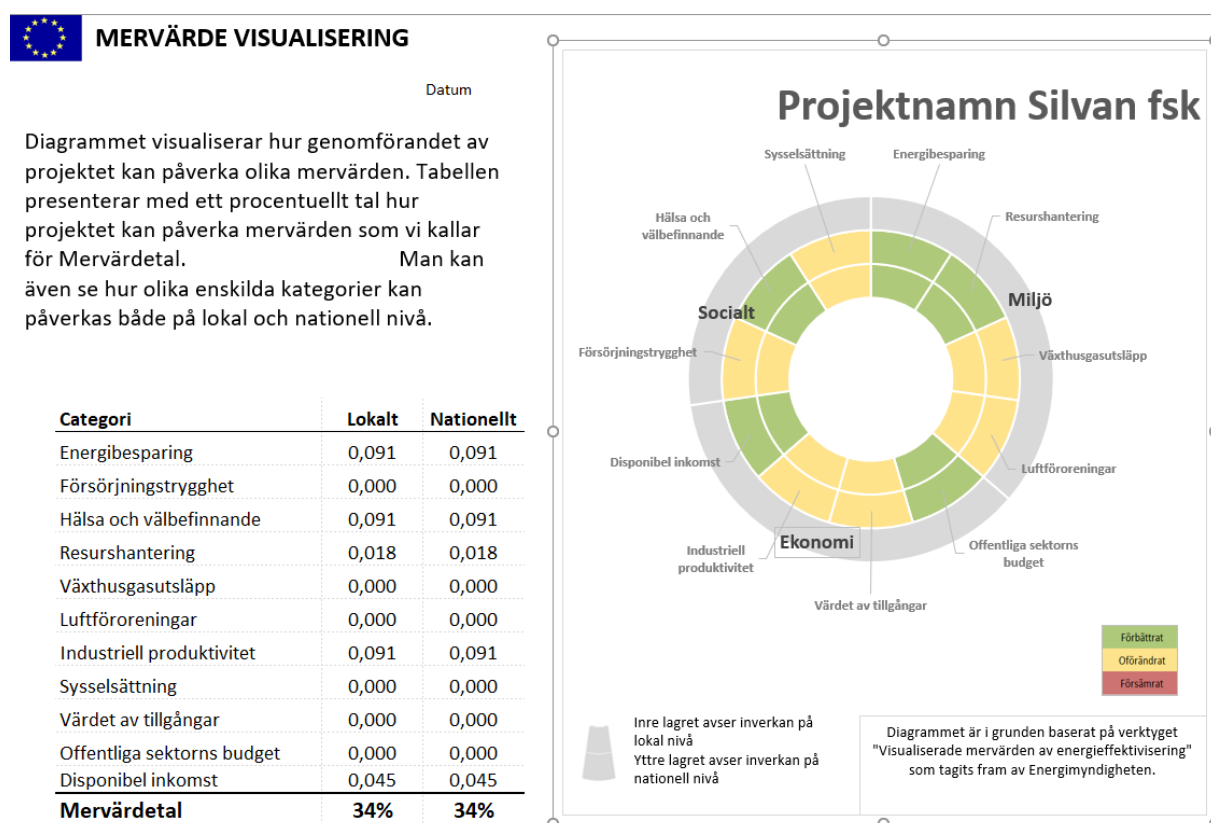
Energichefen visade på olika mervärdestal på lokal och nationell nivå (se figur 43). Silva har haft en större påverkan på lokal nivå (39%) än nationell nivå (24%). Deltagaren har angivit olika mervärdessfaktorer för olika kategorier, vilket har bidragit till att andelarna för respektive kategori skiljer sig åt. Förskolan Silva har haft en positiv inverkan på projektet både lokalt och nationellt. Mervärdessfaktorn visar på deltagarens syn på hur väsentlig de olika kategorierna är för verksamheten på en skala 0–6.



Figur 39: Visualisering av mervärden för energichefen för Silva.

Deltagare 3: Projektledare

Projektledaren, visade ett mervärdestal på 34% på både lokal och nationell nivå (se figur 44). Deltagaren har svarat med exakt likadana mervärdesfaktorer för respektive område och därmed skiljer sig inte andelarna för de olika kategorierna i cirkeldiagrammet. Förskolan Silva har haft en lika stor positiv inverkan på lokal och nationell nivå. Mervärdesfaktorn visar på deltagarens syn på hur väsentlig de olika kategorierna är för verksamheten på en skala 0–6.



Figur 40: Visualisering av mervärden för projektledaren för Silva.

5.6.4 Mervärde och FN:s globala mål Silva

Deltagare 1: Energiingenjör

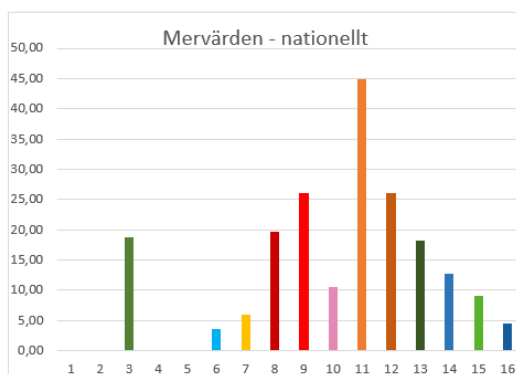
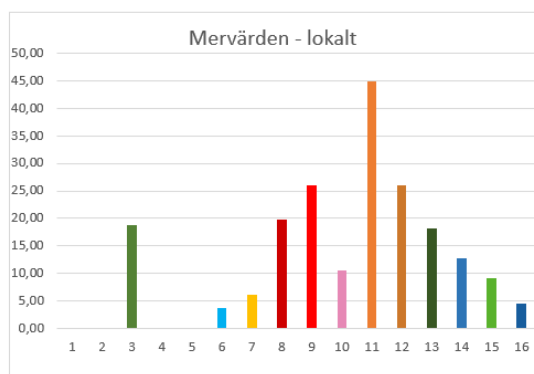
Figur 45 visar hur olika mervärden är kopplade till FN:s globala hållbarhetsmål. Dock ska det tilläggas att FN:s hållbarhetsmål 1 (Ingen fattigdom) inte är inkluderad men resterande 16 finns med. Eftersom deltagare 1 svarade exakt likadant på både lokal och nationell nivå har det inte medfört några skillnader. Däremot har FN:s globala hållbarhetsmål 11 (Hållbara städer och samhällen) haft störst inverkan för förskolan Silva.



Mervärden och FN:s globala mål

Diagrammen nedan visar hur genomförandet av projektet kan påverka globala målen.

Globala Mål	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Lokalt	-	-	18,79	0,00	-	3,64	6,06	19,70	26,06	10,61	44,85	26,06	18,18	12,73	9,09	4,55
Nationellt	-	-	18,79	0,00	-	3,64	6,06	19,70	26,06	10,61	44,85	26,06	18,18	12,73	9,09	4,55



Figur 41: Mervärden påverkan på FN:s globala mål för energiingenjören för Silva.

Deltagare 2: Energichef

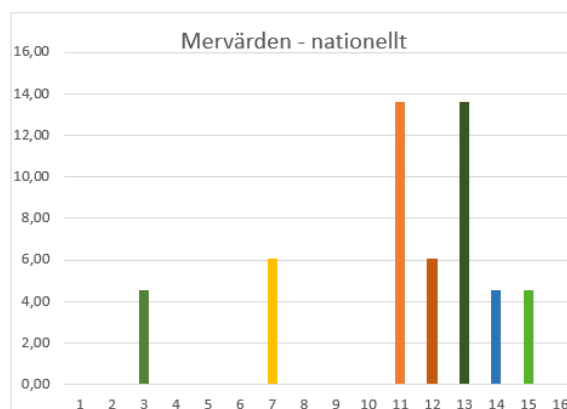
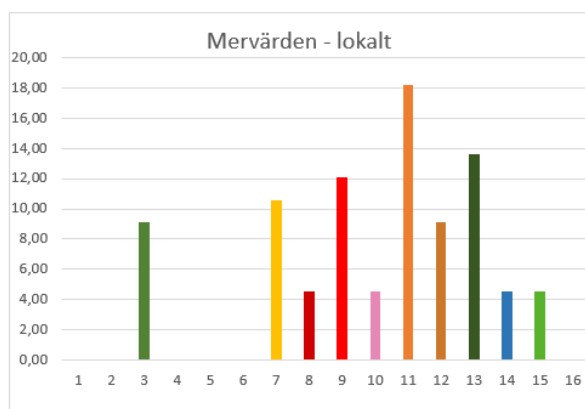
Figur 46 visar hur olika mervärden är kopplade till FN:s globala hållbarhetsmål. Dock ska det tilläggas att FN:s hållbarhetsmål 1 (Ingen fattigdom) inte är inkluderad men resterande 16 finns med. Deltagare 2 svarade annorlunda på lokal och nationell nivå vilket har medfört att graferna varierar. Däremot är det FN:s globala hållbarhetsmål 11 (Hållbara städer och samhällen) och 13 (Bekämpa klimatförändringarna) som haft störst inverkan på både lokal och nationell nivå för förskolan Silva.



Mervärden och FNs globala mål

Diagrammen nedan visar hur genomförandet av projektet kan påverka globala målen.

Globala Mål	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Lokalt	-	-	9,09	0,00	-	0,00	10,61	4,55	12,12	4,55	18,18	9,09	13,64	4,55	4,55	0,00
Nationellt	-	-	4,55	0,00	-	0,00	6,06	0,00	0,00	0,00	13,64	6,06	13,64	4,55	4,55	0,00



Figur 42: Mervärden påverkan på FN:s globala mål för energichefen för Silva

Deltagare 3: Projektledare

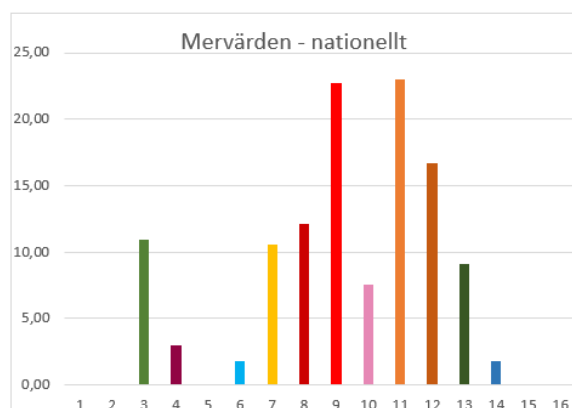
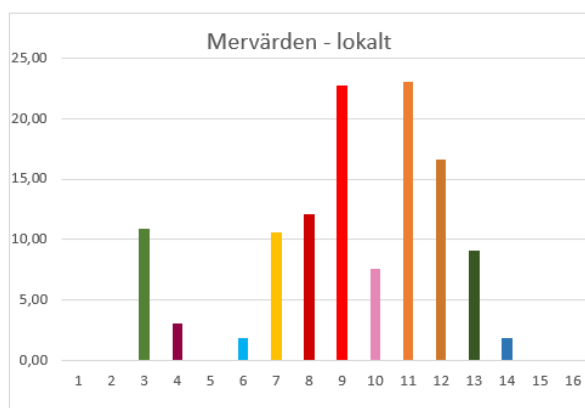
Figur 47 visar hur olika mervärden är kopplade till FN:s globala hållbarhetsmål. Dock ska det tilläggas att FN:s hållbarhetsmål 1 (Ingen fattigdom) inte är inkluderad men resterande 16 finns med. Eftersom deltagare 3 svarade exakt likadant på både lokal och nationell nivå har det inte medfört några skillnader. Däremot har FN:s globala hållbarhetsmål 11 (Hållbara städer och samhällen) och 9 (Hållbar industri, innovationer och infrastruktur) haft störst inverkan för förskolan Silva.



Mervärden och FNs globala mål

Diagrammen nedan visar hur genomförandet av projektet kan påverka globala målen.

Globala Mål	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Lokalt	-	-	10,91	3,03	-	1,82	10,61	12,12	22,73	7,58	23,03	16,67	9,09	1,82	0,00	0,00
Nationellt	-	-	10,91	3,03	-	1,82	10,61	12,12	22,73	7,58	23,03	16,67	9,09	1,82	0,00	0,00



Figur 43 : Mervärden påverkan på FN:s globala mål för projektledaren för Silva.

6 DISKUSSION

Diskussionen är uppdelad i 4 delkapitel där varje delkapitel berör varsin frågeställning. I detta kapitel diskuteras respektive frågeställning avseende resultat och metodfrågor.

6.1 Hur bidrar olika stommaterial till utsläpp av växthusgaser med avseende på LCA?

I arbetet jämfördes två konceptförskolor med två olika stommaterial. Den ena förskolan Bettorp, bestod av en trästomme medan den andra förskola Silva, var en betongstomme. Resultatet visade att förskolan Silva hade ett totalt utsläpp på 650 ton CO₂e, kontra Bettorp som endast hade 482 ton CO₂e. Det här visar att valet av stommaterial har en betydande roll. Eftersom det handlar om konceptförskolor, går det inte att påpeka skillnader gällande, utformning, planlösning, teknik etc. Detta styrker studien då referensobjekten är nästintill identiska. I Förskolan Silva utgjorde ”Top 3 mest bidragande material” 68,5% av den totala mängden material och för Bettorp var den siffran 60,4% (se figur 22 och 31). Fokus bör ligga på att minimera mängden av material som finns på den presenterade listan ”Top 3 mest bidragande material” för respektive förskola. De material som hade störst betydelse för betongstommen är färdigblandad betong för yttervägg, håldäckbjälklag och färdigblandad betong för platta på mark. Mönstret är tydligt. De tyngsta delarna av betongstommen är också de delarna som förorsakar mest koldioxidutsläpp. Det har att göra med andelen cement som behöver framställas för att producera materialet betong. Majoriteten av koldioxidutsläppen orsakas av kalcineringsprocessen, vilket är en process som gör det omöjligt att undvika utsläpp av koldioxid (Gillberg et al., 1999). En del av utsläppen återförs genom karbonatisering under byggnadens livslängd. Eftersom cementtillverkningen är en energiintensiv process som primärt använder sig av fossila bränslen som kol och olja, bidrar detta till ett ökat utsläpp av koldioxid. Däremot kan man ersätta andelen cement med andra bindemedel som flygaska för att minimera utsläppen, dock blir det på en bekostnad av betongens beständighet.

För att säkerställa att ingående träprodukter kommer från hållbart brukande kräver det att skogen certifieras. Certifierad skog gör det möjligt för återförsäljare att certifiera sina träprodukter. I upphandlingen kan fastighetsägare sätta krav på att använda sig av certifierade träprodukter i sina byggnader och genom detta sätt kan man påvisa berörda parter att man uppfyller hållbarhetskrav. Tillverkningen av trä släpper ut mindre koldioxid än betongtillverkningen men det finns fortfarande påtalande risker med att bygga med trä. En av de största riskerna är fukt, och hur risker med fukt på byggnaden kan leda till

biologiska- och strukturella förändringar på byggnaden i form av mögel, röta, krympningar och svällningar av konstruktionen. Av den orsaken är det viktigt att man håller fuktkvoten i konstruktionsvirke till under 20% för att inte ”bygga in fukt” (Berg, 2007).

Resultaten från LCA-studien visade att det som hade störst miljöpåverkan för båda förskolorna var i livcykelstadiet B6 (Energi i drift) och det har med att byggnaderna används över en längre tidsperiod (100år) i jämförelse med de andra stadierna i livscykeln. Däremot kan man se en markant skillnad under skedet A1-A3 för båda förskolorna, där Silva hade nästintill dubbelt så mycket utsläpp i det här skedet. I A1-A3 ingår råvaruförsörjning, transport och tillverkning och som tidigare nämnt har det med den negativa effekten av cementen att göra. Däremot i skedet B1-B5(maintenance and replacement) hade Bettorp en större påverkan på miljön. Detta kan möjligtvis bero på att omhändertagandet av träbyggnader är mer omfattande än för betongbyggnader. Betong är ett slitstarkare material än trä och kräver inte lika mycket underhåll. Slutskedet C1-C4 skiljde sig åt till 2%. Den längre procentsatsen hos Silva kan ha med betongens möjlighet att återvinnas och användas som fyllnadsmaterial. Förskolan Bettorp hade inte tillräckliga data gällande vattenanvändning och därmed togs inte denna del med i rapporten. Anledningen är att förskolan endast varit i drift i 5 månader.

Vi bedömer att resultatet är tillförlitligt dock måste det tas i beaktning att tillämpningen av mjukvaran One Click LCA kräver mellan 1 vecka till lite över en månad för experter inom European Green Building. Komplikationer stöttes på med att ladda ner One Click LCA plugin som tog tid från arbetet. Eftersom studentlicensen inte hade tillgång till konsultation innebar det att författarna var tvungna att lära sig programmet på egen hand och därmed kan det ha en viss påverkan på träffsäkerheten. Revit plugin som utnyttjades för att integrera byggnadsmaterial från referensobjektets Revitfil, sparade mycket tid och ledde till en träffsäkerhet på ungefär 70%. Detta tillsammans med att använda sig av programvarans LCA checker totalbetyg (där det uppnåts ett betyg: B) har gjort att författarna känner sig relativt säkra med resultatet som producerats fram. Mjukvaran har en begränsning gällande tillgängliga EPD:er som är en nyckelfaktor för att uppnå ett kvalitativt LCA resultat. Högre procentandel hittade EPD:er leder till ett träffsäkrare resultat och bör därmed vara i fokus när en LCA utförs (Pasanen et al., 2018). Kunskapen gällande LCA är begränsad hos insatta personer i byggsektorn. Eftersom dessa individer har en bred kunskap gällande byggnader är dessa personer också de mest optimala att genomföra en LCA.

6.2 Hur bidrar olika stommaterial kostnadseffektivt med avseende på LCC?

En omfattande LCC har inte utförts, då programvaran One Click LCA hade begränsningar. Det enda resultatet som producerats från LCC är sociala kostnader för kol. De enda parametrarna som har varit till stöd för resultatet "sociala kostnader för kol" är: "valuta och växelkurs", "lokala byggarbetspriser och lokalkostnadsindex" och "diskonteringsfaktor och inflation". Vissa av parametrarna var lättillgängliga som valuta och växelkurs och för andra parametrar har antaganden gjorts baserat på relevant information tillsammans med tidigare kunskaper från kursen Byggnadsproduktion 1 och 2. Det gäller framförallt för "lokala byggarbetspriser och lokalkostnadsindex". Programmetts begränsning tillsammans med tidsbrist gör det inte möjligt att karakterisera LCC resultatet som tillförlitligt. Det har inte något att göra med författarnas förmåga att utföra en LCC utan metoden kräver ett grundligt utförande. Eftersom fokus i arbetet har varit att genomföra en noggrann LCA, är det inte möjligt för författarna att utföra en noggrann LCC, med beaktning till den tillgängliga tiden. Med anledning till det tidigare nämnda ska man inte fästa för mycket vikt på resultatet under rubriken LCC. Däremot visar resultaten återigen att Silva har mer påverkan på människors hälsa, miljöförstörelse och belastning på samhället uttryckt i Euro. Med stöd av ämnesmässiga referensram kan det understrykas att en betongstomme är mindre kostnadseffektiv än en trästomme för 1–2 våningshus (Betong, 2019). Sedan varierar priserna beroende på det geografiska området (Betong, 2019). Förskolorna har två våningar vilket gör deras höjd fördelaktig för att byggas med trästomme ur ett kostnadsperspektiv.

6.3 Hur påverkar olika stommaterial energianvändningen i byggnader?

Träd innehåller stora mängder fukt och med anledning av detta måste fuktkvoten minskas för att materialet inte ska påverkas av biologisk nedbrytning. Längre bak i tiden har detta gjorts med hjälp av lufttorkning men på senare tid har det blivit vanligare att använda uppvärmda ugnar. Med anledning av det förgående använder ugnar mest energi av alla enskilda processer vid industriell träproduktion (Gustavsson et al., 2020). Transport av material, både råmaterial och träprodukter bidrar också till mycket utsläpp. För att minimera energianvändning hos ugnar kräver det en användning av återvinningsbara energikällor. En metod är genom att sågverken utnyttjar restprodukter från skogsavverkning till energiåtervinning. Ett annat tillvägagångssätt är att transport av råvaror och andra material sker med hjälp av fossilfria drivmedel, exempelvis el lastbilar eller med hjälp av biodrivmedel. Att minimera fuktkvoten i träprodukter är fundamentalt och av den anledningen bör det inte kompenseras. Det krävs olika ansträngningar i delprocesser för att uppnå en fossilfri drift i produktionsverksamheter. Här gäller det att beställare till byggprojekt sätter krav på byggtreprenörer, tillverkningsindustrier etc., att ställa om till en fossilfriproduktion. Enbart genom en kollektiv satsning kan man minimera klimatpåverkan som en byggnad förorsakar.

Resultaten gällande energianvändningen varierade för båda förskolorna. I driftstadiet hade Bettorp en energianvändning som bidrog med 59% och Silva 47,2%. Orsaken till detta kan ha med de olika U-värden för olika byggnadsmaterialen att göra. Till exempel har fönsterna ett högre U-värde ($1,05\text{W/K m}^2$) för Bettorp jämfört med Silva ($0,94\text{W/K m}^2$).

Energianvändningen för cementindustrin i Sverige, står för ca 75% av fossila bränslen, som har en negativ påverkan på miljön (Hossain et al., 2011). Materialet betong kan inte tillverkas utan en andel cement och det är i tillverkningsprocessen av cement som det krävs en stor andel energi. Normalt sett ligger energianvändningen för en cementfabrik på 110-120kWh per toncement. Två typer av energi används i denna process, termisk energi och elenergi. Beroende på vilken teknik som används för att framställa cement, blir det olika utslag på energianvändningen. Det finns ett antal olika sätt att kunna påverka energianvändningen. Störst påverkan har människans beteende men även faktorer som utomhusklimatet, teknik, isolering, U-värden och lufttäthet har en betydande roll (Öman, 2019). Eftersom förskolorna är certifierade enligt Miljöbyggnad Silver kan man säga att byggnaderna uppnår kvalitativa resultat när det kommer till energianvändning. Detta kan överblickas genom att jämföra bra U-värden i byggnader med förskolornas U-värden för olika byggnadsdelar. Ett bra U-värde för väggar bör ligga under $0,15\text{W/K m}^2$. I förhållande till både förskolan Bettorp och Silva kan det konstateras att de ligger en bra bit under det ($0,11\text{W/K m}^2$). Exempelvis bör tak ligga

under $0,12\text{W/K m}^2$ enligt standarder och båda förskolorna bra marginal då de har ett U-värde på $0,08\text{W/K m}^2$. Det visar att energieffektivisering har varit ett stort fokusområde för respektive förskolorna. Mervärdesverktyget visar att energibesparingen och ett fåtal andra parametrar värderats högt. Detta är inte konstigt då energianvändningen har den största påverkan under livscykelstadiet.

6.4 Vilka mervärden får man på köpet vid nyproduktion och hur skiljer det sig i relation till val av olika stommaterial?

Vid första anblick kan det vara svårt att tyda resultaten från mervärdesverktyget. Resultatet från energiingenjören hade ingen skillnad mellan förskolorna, däremot visar cirkeldiagrammet en förbättring gällande ”miljö”, ”socialt” och ”ekonomi”. Detta kan ha att göra med att det i dagsläget råder bristande kunskap om betydelsen av mervärden och hur det ska tillämpas i verksamheter. En annan aspekt som kan ha betydelse är individens roll. I de aktuella projekten skiljer inte mervärdestalet (52%) mellan förskolorna baserat på svar från energiingenjören (deltagare 1). Detta resulterade i sin tur att mervärden kopplade till FN:s globala hållbarhetsmål inte heller skiljde sig åt. Anledningen är att deltagare 1 svarat exakt likadant för båda förskolorna. Utöver detta har deltagare 1 använt sig av samma mervärdesfaktor för alla frågor som berör diverse områden. Faktorer som påverkar resultaten är mervärdesfaktorerna men även antalet frågor för respektive område samt hur frågorna är besvarade (Hawas et al., 2021). Om en deltagare använder sig av samma mervärde till alla berörda områden indikerar det att personen anser att alla områden är av samma värde, det vill säga verksamheten prioriterar alla områden lika mycket. Detta antagande är inte ett faktum utan en värdering baserat på individens kunskap, erfarenhet mm.

Energiechefens (deltagare 2) svar mellan de båda förskolorna skiljde sig åt. Mervärdestalet för Bettorp var 45% (lokalt) och 21% (nationellt). Förskolan Silva hade ett mervärdestal på 39% (lokalt) och 24% (nationellt). Här kan vi återigen se att mervärdesfaktorn har en betydande roll för det slutgiltiga mervärdestalet. I det här fallet har en 6: a angetts som mervärdesfaktor för industriell produktivitet för Bettorp och en 2: a för Silva. Detta har i sin tur medfört lägre mervärdestal på nationell nivå för Bettorp. Däremot har Bettorp ett högre mervärdestal på lokal nivå. Utslagen på mervärdestalen, har att göra med skillnaden på angiven mervärdesfaktor, det tillsammans med att deltagaren besvarat en frågeställning med förbättrat om växthusgasutsläpp, som har besvarats oförändrat för den andra förskolan. Svaren från den andra deltagaren indikerar att projektet har en större inverkan på lokal nivå än nationell nivå. Primärt har ett projekt påverkan på en lokal nivå men kan ha positiva effekter som kan spridas ut nationellt. Omfattande lokala förbättringar som exempelvis energibesparing leder ibland till en nationell förbättring.

Projektledaren har besvarat frågeställningarna gällande växthusgasutsläpp annorlunda för respektive projekt. För Silva har det besvarats oförändrat i båda frågorna rörande växthusgasutsläpp. För Bettorp har båda frågeställningarna besvarats med förbättrat. Det gäller både nationellt och lokalt. Frågorna de gäller är ”Hur har projektet påverkat dem direkta växthusgasutsläppen” och ” Hur har projektet påverkat bindningen av koldioxid”.

Projektledaren kan ha erfarenhet och kunskap som påvisar att träbyggnader förbättrar växthusgasutsläpp i jämförelse med betongbyggnader. Detsamma gäller bindandet av koldioxid. Tidigare kunskap kan vägleda projektledaren till beslutet att träbyggnaden Bettorp har bättre bindning av koldioxid.

Mervärden för energiingenjören ger mest utslag på Globala hållbarhetsmål: 9(Hållbar industri, innovationer och infrastruktur),11(Hållbara städer och samhällen) och 12(Hållbar konsumtion och produktion). Projektledaren visade på samma top-3 lista som energiingenjören för Silva.

Energichefen skiljde sig lite från de andra deltagarna gällande hållbarhetsmål. Respondenten hade en annorlunda top-3 lista. Globala mål 11(Hållbara städer och samhällen) och 13(Bekämpa klimatförändringarna) hade högst värde på respektive förskola både på en lokal och nationell nivå. Det tredje högsta hållbarhetsmålet skiljde sig åt mellan respektive förskola både på lokal och nationell nivå.

Det som kan konstateras är att Globala Hållbarhetsmål 11(Hållbara städer och samhällen) hade störst utslag mellan alla respondenter. Det är också inom de verksamhetsområde Futurum Fastigheter i Örebro AB verkar, det vill säga att bygga och förvalta framtida byggnader inom samhällsviktiga områden, på ett hållbart sätt.

7 SLUTSATSER

Syftet med denna studie är att ta reda på vad som bidrar mest till en hållbar bebyggelse, är det att bygga med trä- eller betongstomme? Med hjälp av LCA och LCC beräkningar kan det avgöras vilken stomme som har minst klimatpåverkan och vilken stomme som är mest kostnadseffektiv. Utöver beräkningar har en omfattande litteraturstudie framställts vars syfte är att stärka resultatet. För att få en helhetsbild av byggnadernas prestanda har även ett mervärdesverktyg bestående av ett flertal frågor besvarats.

- Förskolan Silva släppte totalt sett ut mer CO₂e än förskolan Bettorp under hela projektets omfattning. Under livscykelstadiet A1-A3 (Råvaruförsörjning, transport och tillverkning) hade Silva nästan dubbelt så mycket utsläpp som Bettorp. Bettorp hade dock större miljöpåverkan på skede B1-B5 (Maintenance and replacement). Alltså bidrar stommaterialet betong till mer utsläpp av växthusgaser än stommaterialet trä. Den bakomliggande faktorn är att betong kräver mycket mer energi i tillverkningsprocessen än trä.
- Livscykelkostnadsanalysen var ofullständig vilket gör det svårt att svara på vilken av förskolorna som hade lägst kostnader i förhållande till LCC.
- Energianvändningen i form av utsläpp i Bettorp är mindre än i Silva. Men energiutsläppen utgör en större andel i förhållande till andra livscykelkedan, vilket medför att Bettorp har större andel utsläpp i B6 (energi i drift). Det går inte att avgöra huruvida en viss byggnadsstomme har mer eller mindre påverkan på energianvändningen. Energianvändningen beror på människans beteende, utomhusklimatet, teknik, isolering, lufttäthet, U-värde och för att göra en rättvis bedömning måste samtliga parametrar studeras.
- Resultatet från mervärden baseras på vilka personer som svarar på frågorna och därför skiljer de sig åt. Det man däremot kan säga är att projektet i sig har bidragit till positiva mervärden, det vill säga att projekten har haft en positiv inverkan. FN:s globala hållbarhetsmål 11 (Hållbara städer och samhällen) är det målet som haft störst inverkan för båda projekten.

8 FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE

- Utföra en mer omfattande LCC beräkning på dessa referensobjekt där även hänsyn tas till alla parametrar som inkluderas i en LCC.
- Bygga vidare på resultaten från mervärden och genomföra beräkningar som tar reda på hur olika stommaterial påverkar inomhusklimatet.
- Studera olika betongalternativ som reducerar betongens klimatpåverkan men samtidigt gör den konkurrenskraftig.

REFERENSER

- Adamczyk, J., & Dylewski, R. (2017). Analysis of the sensitivity of the ecological effects for the investment based on the thermal insulation of the building: A Polish case study. *Journal of Cleaner Production*, 162, 856–864.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.123>
- Bejo, L. (2014, July). *Operational vs. Embodied Energy: A Case for Wood Construction*. Drvna Industrija. <https://doi.org/10.5552/drind.2017.1423>
- Berg, S. (2007) *Byggnadsteknik – stommar av betong, trä och stål och byggnadens klimatskydd*. Lärnöförlaget Lärno AB
- Betongföreningen. (2013, April). *Hållbart byggande med betong*.
<https://betongforeningen.se/wp-content/uploads/2013/02/Vagledning-Miljobyggnad.pdf>
- Boverket (2021). *Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn*.
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/> Hämtad 2022-07-21.
- Burström, G.P. (2021) *Byggnadsmaterial* (4:e upplaga). Studentlitteratur.
- Byggnorden. (2020). *Konceptförskolor – ett vinnande koncept*.
<https://www.byggnorden.se/konceptfa-rskolora-ett-vinnande-koncept>
- Cementa. (u.å.) Cementproduktion steg-för-steg
<https://www.cementa.se/sv/cementproduktion-steg-f%C3%B6r-steg>.
- Eliasson, E. (2010). *Att uppnå god lufttäthet. En studie av faktorer som påverkar byggnadens lufttäthet*. Göteborg: Chalmers.
<https://odr.chalmers.se/bitstream/20.500.12380/135844/1/135844.pdf>
- Erlandsson, M., & Pettersson, D. (2015, Maj). *Klimatpåverkan för byggnader med olika energiprestanda*. Svenska Miljöinstitutet.
<https://www.boverket.se/contentassets/4599afc689cd43fo892ad72bf133dadc/klimatpaverkan-for-byggnader-med-olika-energiprestanda.pdf>
- Futurum Fastigheter. (2020, Januari 21). *Futurums arbete med konceptförskolor*.
<https://www.futurumfastigheter.se/nyhetsarkiv/2020-01-21-futurums-arbete-med-konceptforskolor>
- Gillberg, B., Fagerlund, G., Jönsson, Å., Tillman, A-M. (1999) *Betong och miljö*. AB Svensk Byggtjänst.
- Gustavsson, L., & Sathre, R. (2005). Variability in energy and carbon dioxide balances of wood and concrete building materials. *Building and Environment*, 41(7) , 940-951.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.04.008>
- Hallgren, C., & Wetterberg, J. (2019, December). *Sammanställning och jämförelse av konceptförskolor*. Tornberget Fastighetsförvaltning.
https://www.futurumfastigheter.se/download/18.593d9f916faedec34433c1/1579261322308/Rapport%2020200107.pdf?fbclid=IwAR28Jkz261tTjiTSLzy3OqCiDeoVowNYwVcpLhk3q9bH4_-ekzUSR9Wyyvc

- Hamans, C., Bowle, R., Bos, J. (2008). U-values for better energy performance of residential buildings. *PLEA 2008 – 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Dublin, 22nd to 24th October 2008*
- Hawas, A., & Al-Habaibeh, A. (2017). Innovative concept of an educational physical simulation tool for teaching energy consumption in buildings for enhancing public engagement. *Energy Procedia*, 142 , 2942-2952.
- Hawas, A., & Nehler, T. (2021). *Kvantifiering och visualisering av mervärden vid energieffektivisering i offentlig sektor*. Energieffektiviseringsföretagen.
<https://eef.se/wp-content/uploads/2021/12/Kvantifiering-och-visualisering-av-merva%CC%88rden-vid-energieffektivisering-i-offentlig-sektor.pdf>
- Hossain, M. S., Madloul, N.A., Saidur, R., Rahim, N.A., (2011). *A critical review on energy use and savings in the cement industries*. doi:10.1016/j.rser.2011.01.005
- Häggmarks (2020). *Förskolan Silva*.
<https://haggmark.se/forskolan-silva/?fbclid=IwAR1QcWDVU1tIdgv3efr53m3YuucWAeclTjwmDow-AxwrPZox8MoAYwAopcE>
- Johansson, J., & Wallett, M. (2014). *Betongpålars miljöpåverkan*.
<https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=4531107&fileId=8961762>
- Larsen, V. G., Tollin, N., Sattrup, P.A., Birkved, M., Holmboe, T., (2022). What are the challenges in assessing circular economy for the built environment? A literature review on integrating LCA, LCC and S-LCA in life cycle sustainability assessment, LCSA. *Journal of Building Engineering*, 50, Artikel e104203.
<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104203>
- Liljenström, C., Malmqvist, T., Erlandsson, M., Freden, J., Adolfsson, I., Larsson, G., & Brogren, M. (2015). *Byggandets klimatpåverkan*. Svenska Miljöinstitutet.
https://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bbof58b76c4/1445517730807/B2217_ME.pdf
- Mortensen, L. H., Bergsøe, N. C., (2017). *Air tightness measurements in older Danish single-family houses*. 10.1016/j.egypro.2017.10.016
- Naturvårdsverket. (2019) *Klimatscenarier för bygg-och fastighetssektorn*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomställningen/omraden/klimatet-och-bygg--och-fastighetssektorn/>
- One Click LCA. (2015). *The Buisness Case for Life Cycle Costing in Construction*.
<https://www.oneclicklca.com/se/the-business-case-for-life-cycle-costing/>
- Palaniappans, S., Devi, P. L, (2014). A case study on life cycle energy use of residential building in Southern India. ScienceDirect.
- Pasanen, P., Castro, R., Hyrkäs, T.B. (2018). Overview of Whole Building Life-Cycle Assessment for Green Building Certification and Ecodesign through Industry Surveys and Interviews. *Procedia CIRP*, 69 , 178-183.

https://www.oneclicklca.com/wp-content/uploads/2018/04/Overview-of-Whole-Building-Life-Cycle-Assessment.pdf?fbclid=IwAR2brJgX_AfxVkVfOVd9WuJo4-rIpRi7m-WG1GJda6l9rnl4z1trOxEcMhI

Ramboll. (u.å.) *Varför bygga i trä?*

https://c.ramboll.com/sv-se/why-timber?hs_preview=nWxImEXa-40768924164&hsLang=sv-se&fbclid=IwARoccxCVHsYeW_F98LBsKSilNCocpiJHs4P5nnuRUUsDatbEB9TZrhCLD-w

Samuelson, I., Fransson, J., Gustafsson, H., Hilling, R., Rosell, L., Thorstensen, E., Tobin, L., Johansson, C. (1999). *Att undersöka innemiljö (1: a upplagan)*. Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.

Skogsindustrierna (2004) *Att välja i trä*. (8 uppl.). Skogsindustrierna

SKR. (2022). *Byggnadsstommens klimatpåverkan LIVSCYKELPERSPEKTIV PÅ OLIKA MATERIAL*.

https://skr.se/download/18.45167e4317e2b341b24b7cod/1642757824445/7585-350-5.pdf?fbclid=IwAR2EevbVM5cYiQGm6TltLQ9fyc1Wy3oqUHs7dMOK_WbWwIyNiv5rezYCObo

Tidskriften Betong (2019). *Betong. Betong dyrare än trä*.

<https://betong.prenly.com/p/tidskriften-betong/2019-05-17/r/1/1/1387/228151?fbclid=IwAR1z9RMCy-7CLZNRodl6O8xOU-Mz7HsCIPO5Ia7Dcqu7qZM5G9Y4Sz3KcB8>

Globala Målen (2022). *FN:s Globala Klimatmål*

<https://www.globalamalen.se/?fbclid=IwARoN5LtQgxGlKTDtQb3JK5AZc2ZKCKeqJNCWuzmXoXf7o6ko8X53mU6DbuY>

Öman, R. (2019). Byggnaders Energibalans. Aktiv – passiv och köpt – gratis. *Bygg & teknik*, 52-52.

<https://byggteknikforlaget.se/byggnaders-energibalans/?fbclid=IwARoQizPDxW7Ww9ViUCnGpFp3VV8IedltoGP3Ule5PYY-j6VfVLHvuEyu6ck>

Örebro kommun. (2022) *Silva. Örebro*

<https://www.orebro.se/barn--utbildning/forskola--pedagogisk-omsorg/alla-forskolor-i-orebro-kommun/forskolor/2018-11-28-silva.html?fbclid=IwARo-xkrWdQN8s96RPFROWu2o7oVk2wuFhTtpkFWi9NLbs7zdMI3r2vGbwHM>

Örebro kommun. (2022) *Bettorps förskola. Örebro*

<https://www.orebro.se/barn--utbildning/forskola--pedagogisk-omsorg/alla-forskolor-i-orebro-kommun/forskolor/2016-10-06-bettorps-forskola.html?fbclid=IwARolmTGtKgJJkVp-oRQ11OIsDY161jE3lFNU7x9zVrmboX5VAiKS8rCe9YE>



Box 883, 721 23 Västerås **Tfn:** 021-10 13 00
Box 325, 631 05 Eskilstuna **Tfn:** 016-15 36 00
E-post: info@mdu.se **Webb:** www.mdu.se