

# TRÄDGÅRDSSTÄDER VS KOMPAKTA STÄDER - KOMPLETTERINGAR

Kompletteringar och justeringar för "trädgårdsstäder och hållbarhet"

# TRÄDGÅRDSSTÄDER VS KOMPAKTA STÄDER - KOMPLETTERINGAR

## Kompletteringar och justeringar

Efstathia Vlassopoulou

Anthesis

2021-01-11

Rapport 2021:08

[www.anthesis.se](http://www.anthesis.se)

## Innehåll

inledning .....	4
1.1 Bakgrund - Syfte .....	4
1.1.1 Del 1 - Komplettering avseende 4-vånings flerbostadshus i trä .....	4
1.1.2 Del 2 - Blå Jungfrun justering med klimatförbättrad betong .....	4
1.1.3 Del 3 - Klimatförbättrad betong i grundläggningen av småhus och flerbostadshus i trä .....	4
Genomförande .....	5
2.1 Del 1 - Komplettering avseende 4-vånings flerbostadshus i trä .....	5
2.1.1 Referenshus .....	5
2.1.2 Metod - LCA beräkningar .....	5
2.2 Del 2 - Blå Jungfrun justering med klimatförbättrad betong .....	6
2.2.1 Metod .....	6
2.2.2 Sammanställning av de LCA studierna för Blå Jungfrun och Brf Viva .....	6
2.3 Del 3- Klimatförbättrad betong i grundläggningen av småhus och flerbostadshus i trä .....	7
resultat och analys .....	8
3.1 Del 1 - Komplettering avseende 4-vånings flerbostadshus i trä .....	8
3.1.1 Föreställningen - LCA-resultat .....	8
3.1.2 Utbyte av Hus X till Föreställningen i trädgårdsstaden .....	9
3.2 Del 2 - Blå Jungfrun justering med klimatförbättrad betong. ....	11
3.2.1 Blå Jungfruns LCA-resultat med Brf Vivas klimatförbättrad betong .....	11
3.2.2 Känslighetsanalys - klimatförbättrad Blå Jungfrun i den täta kompakta staden .....	12
3.3 Del 3- Klimatförbättrad betong i grundläggningen av småhus och flerbostadshus i trä .....	15
3.3.1 Småhus resultat med klimatförbättrad betongplatta .....	15
3.3.2 Hus A (Föreställningen) resultat med klimatförbättrad betongplatta .....	15
3.3.3 Trädgårdsstadens F resultat med klimatförbättrade plattor på mark .....	15
slutsatser .....	17
Referenser .....	18

## INLEDNING

### 1.1 Bakgrund - Syfte

#### 1.1.1 Del 1 - Komplettering avseende 4-vånings flerbostadshus i trä

I studien "Trädgårdsstäder och hållbarhet" (Vlassopoulou, 2020) som genomfördes under våren 2020 designades en trädgårdsstad bestående av tre olika typer av låga bostadshus - villor, radhus och ett fyra-våningar flerbostadshus. Livscykelanalysen gav olika resultat för de olika bostadstyperna, och det höga utsläppet från tillverkningen av flerbostadshuset (Hus X) var anmärkningsvärt. Största anledningen till det höga värdet är att Hus X produceras i Estland, där Estlands residualmix<sup>1</sup> som används för fabriken elanvändning och avfall har en 30 gånger högre emissionsfaktor än Sveriges residualmix. Till följd av detta blev klimatpåverkan för produktionssteget för Hus X 227 kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> (dvs 43,6 procent av totalt 520 kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> för hela byggnaden). Förutom produktionssteget framgick av analysen att även driftskedets klimatpåverkan var relativt hög, vilket kan förklaras av att byggnaden energiprestanda är klass C.

Denna studies del 1 är en fortsättning på den studie som genomfördes under våren 2020 med syfte att undersöka hur en motsvarande referensbyggnad (också fyra våningar flerbostadshus i trä) som produceras i Sverige presterar i ett LCA-perspektiv, att jämföra dess prestanda med Hus X:s prestanda och att analysera hur stadsdelens (trädgårdsstaden i (Vlassopoulou, 2020)) klimatpåverkan förändras med det nya flerbostadshuset.

#### 1.1.2 Del 2 - Blå Jungfrun justering med klimatförbättrad betong

I studien "Trädgårdsstäder och hållbarhet" (Vlassopoulou, 2020) valdes som kompakt stadsdel en stadsdel med flera Blå Jungfrun-kvarter eftersom denna typ av byggnad ansågs vara representativ för de flerbostadshus i betong som byggs idag i Sverige. Dock utvecklas teknologi och metoder ständigt och bedömningen av de mest miljövänliga alternativen med betongbyggande kräver rätt val av betongtyp. Detta analyserades i studien "Energi och klimateffektiva byggsystem: Miljövärdering av olika stomalternativ (SP rapport)" (Kurkinen, Noren, Peñaloza, Al-Ayish, & During, 2015), där olika typer av stommar studerades för att välja det bästa alternativet för Riksbyggens Brf Viva. I denna process studerades vissa innovationer i betongframställningen. Syftet med den andra delen av denna studie är att bedöma vilken inverkan på LCA beräkningen det skulle ha för Blå Jungfrun om man istället hade bytt ut betongen som användes i kalkylerna för Blå Jungfrun med den platsgjutna betong som användes i Riksbyggens Brf Viva (en del av portlandcementen byts mot flygaska och slagg som alternativt bindemedel).

#### 1.1.3 Del 3 - Klimatförbättrad betong i grundläggningen av småhus och flerbostadshus i trä

Syftet med den tredje delen av denna studie är att i en känslighetsanalys simulera användning av den betongtyp som används för grundläggningen av Riksbyggens Brf Viva till de småhusbetongplattor samt till det referenshus som valdes i Del 1 för att ersätta Hus X i trädgårdsstaden.

---

<sup>1</sup> European Residual Mixes 2018 <https://www.aib-net.org/facts/european-residual-mix> Version 1.2; 20190711. Värdet är 37 g/kWh i Sverige och 1043 för Estland.

## GENOMFÖRANDE

### 2.1 Del 1 - Komplettering avseende 4-vånings flerbostadshus i trä

#### 2.1.1 Referenshus

Det flerbostadshus som har valts som referensbyggnad i Trädgårdsstaden är Flerbostadshus A från kvarteret "Föreställningen" i Norrköping (Björkalund) som är tillverkat av Derome. Detta flerbostadshus har en  $A_{temp}$  på 1 636m<sup>2</sup>. Det består av fyra våningar, varav det fjärde är ett fläktrum. De andra tre våningarna omfattar totalt 29 lägenheter i varierande storlekar. Totalt rymmer huset 54 invånare och det är ett flerbostadshus i trä som byggs med volymhusteknik. Deromes produktionsfabrik för kvarteret Föreställningen ligger i Värö och uppvärmningen sker helt med fossilfri el (50 procent solenergi och 50 procent energi som kommer från vind och vatten).

Huset benämns både "Föreställningen" och Hus A framöver i denna rapport.

#### 2.1.2 Metod - LCA beräkningar

Samma LCA-steg och byggnadsdelar som analyserades i den tidigare rapporten (Vlassopoulou, 2020) och LCA-antaganden används här för jämförelsens skull. Steg A1-3 beräknas med data i form av mängd material som användes i flerbostadshusets konstruktion (data från Derome) och med hjälp av LCA data från EPD:er, IVL LCR eller från BECEs (Basic Energy and CO<sub>2</sub> Emissions for Buildings) databas (Wallhagen, Glaumann, & Malmqvist, 2011). Avseende steg A4 beräknas det steget med det faktiska avståndet från leverantörer av de olika materielgrupperna till volymfabriken samt från volymfabriken till Stockholm (Sundbyberg) där alla andra byggnader från den tidigare rapporten (Vlassopoulou, 2020) antas ligga. För installationernas utsläpp för steg A1-3 används ett schablonvärde som är samma värde som används för Lindbäcks konstruktion från "Minskad klimatpåverkan från nybyggda flerbostadshus" (Malmqvist, Erlandsson, Francart, & Kellner, 2018). Det värdet är 9,7 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>. Det bör nämnas att för Lindbäcks system används fjärrvärme medan det i kvarteret Föreställningen används en bergvärmepump, tillverkning och installation av den ger ca 8 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> (se Appendix 1). Hiss svarar för 5,9 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> enligt schablonen från (Malmqvist, Erlandsson, Francart, & Kellner, 2018).

För en uppskattning av LCA-steg A5, B2 och B4 används Lindbäcks system från (Malmqvist, Erlandsson, Francart, & Kellner, 2018). Det anses vara en god uppskattning eftersom Lindbäcks system också är ett prefabricerat volymbyggande med träregelstomme. Enligt studien är utsläpp för steg A5: 29 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> respektive 24 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> för steg B2-4. Steg A5 omfattar alla moduler A5.1 till A5.5 enligt "Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg BM1.0 (Erlandsson, Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg BM1.0 - Ett bransch gemensamt verktyg, 2018). Steg B2 och B4 omfattar främst underhåll och utbyte av byggnadsdelarna i klimatskalet och installationer, dvs målning, underhåll av tak, omputsning av fasad, underhåll av balkonger, utbyte av utvändiga plåt detaljer, underhåll och utbyte av vissa installationer med mera.

Avseende steg B6 uppfyller huset krav för BBR28, BBR29 och SGBC Miljöbyggnad 3.1. Ventilationssystemet är ett från- och tilluftssystem med värmeåtervinning (FTX) och värmesystemet består av en bergvärmepump. Värmepumpen täcker 75 procent av det totala effektbehovet och direktverkande el används som spetslast. En 58 m<sup>2</sup> solcellsanläggning på taket täcker en stor del av byggnadens fastighetsel. Totalt köpt energi (exkl. hushållsel) är med en säkerhetsmarginal på 10 procent 23,3 kWh/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> (se Appendix 2). För att detta resultat ska bli jämförbart med resultatet för de andra bostadstyper används samma emissionsfaktorer även för kvarteret Föreställningen, vilket innebär att den använda emissionsfaktorn för el är 0,102 kg CO<sub>2e</sub>/kWh.

Slutskedets utsläpp beräknas på samma sätt som i den tidigare rapporten (Vlassopoulou, 2020). Den omfattar förberedande av- och rivningsarbete, med tillkommande energianvändning enligt (Erlandsson & Pettersson, Klimatpåverkan för byggnader med olika energiprestanda, Tabell 10, 2015),

restprodukthantering enligt (Erlandsson & Pettersson, Klimatpåverkan för byggnader med olika energiprestanda, Tabell 10, 2015), generiska transportemissioner till deponi, återvinning och energiåtervinning där avståndet antas vara 15 km i enlighet med "Byggandets klimatpåverkan" (Liljenström, o.a., 2015). Bergvärmepumpar består till största delen av metaller vilka till 100 procent återanvänds eller återvinns. Hur de andra materialen hanteras kan påverka slutskedets resultat avseende klimatpåverkan, dock anses värmepumpens klimatpåverkan i slutsteget här som försumbar i förhållande till de andra LCA-utsläppen.

När det gäller förändringen av stadsdelens klimatpåverkan efter utbyte av Hus X till Föreställningen bör det nämnas att det sistnämnda har en uppvärmd area på 1 636 m<sup>2</sup> och rymmer 54 personer medan Hus X har en A<sub>temp</sub> på 1 655 m<sup>2</sup> och rymmer 64 personer. Vidare är det viktigt att notera att solpaneler är installerade i Föreställningen till skillnad mot Hus X samt att i Hus X:s LCA-beräkning ingår inte transport från leverantör till husfabriken, och den största delen av transporten Hus X sker med färja (från Estland till Sverige) vilket är klimateffektivare än transport med lastbil. Medan antalet byggnader (inklusive småhus och radhus) i stadsdelen blir oförändrat förändras antalet bostäder i stadsdelen från 1 407 för stadsdelen med Hus X till 1 974 för stadsdelen med Föreställningen eftersom det sistnämnda har 29 lägenheter (1-3 RoK) medan Hus X har 20 lägenheter (2-4 RoK).

## 2.2 Del 2 - Blå Jungfrun justering med klimatförbättrad betong

### 2.2.1 Metod

I andra delen av detta projekt är syftet att justera de i rapporten "Minskad klimatpåverkan från nybyggda flerbostadshus" (Malmqvist, Erlandsson, Francart, & Kellner, 2018) beräknade CO<sub>2</sub>-utsläppen som skulle ha erhållits om det betongrecept som används i Brf Vivas studie (Kurkinen, Noren, Peñaloza, Al-Ayish, & During, 2015) även skulle användas här. Studier med redan genomförda LCA-beräkningar för både Blå Jungfrun och Brf Viva med stomme av platsgjuten betong har analyserats för att undersöka konsekvenserna av skillnaderna i betongreceptet samt i antaganden som användes vid livscykelanalysen. Efter analys och sammanställning av de studierna justerades Blå Jungfruns CO<sub>2</sub>-utsläpp med den nya klimatpåverkan som beräknas med det betongrecept som används i Brf Vivas olika delar. Detta gjordes med hjälp av information (tillhandahålls av Tove Malmqvist, KTH) om vilken mängd betong som har använts i Blå Jungfrun för att beräkna vilken förändring som skulle ske med en annan typ betong.

### 2.2.2 Sammanställning av de LCA studierna för Blå Jungfrun och Brf Viva

Vid jämförelse av Blå Jungfruns utsläpp med andra typer av betongbyggnader i rapporten "Minskad klimatpåverkan från nybyggda flerbostadshus" (Malmqvist, Erlandsson, Francart, & Kellner, 2018) är det uppenbart att konstruktionslösningar med mycket betong - som system 1 i rapporten - orsakar högre klimatpåverkan i produktionsskede A1-3 än de andra systemen. System 1 omfattar platsgjuten betongstomme med kvarsittande form (VST system<sup>2</sup>) som i verkligheten användes för Blå Jungfrun, dock med en standardbetongtyp som skulle användas idag - Cementas Bascement 2017, dvs. inte med den tidigare betongtypen (med emissionsfaktorn 0,141 kg CO<sub>2-e</sub> /kg) som Blå Jungfrun byggdes med, enligt (Erlandsson, Blå Jungfrun version 2017 med nya cement, 2017) där beräkningar gjordes för att uppdatera betongreceptet med ett samtida betongrecept. Beräkningar för grundscenariot visar att utsläppen från produktionsskedet motsvarar 279 kgCO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>.

Å andra sidan visade studien "Energi och klimateffektiva byggsystem: Miljövärdering av olika stomalternativ" (Kurkinen, Noren, Peñaloza, Al-Ayish, & During, 2015) hur högre inblandning av slagg<sup>3</sup> och flygaska<sup>4</sup> i bindemedlet för betongen kan minska miljöpåverkan från betonganvändning betydligt. I

<sup>2</sup> VST system: metod för att bygga platsgjutna väggar med väggformelement bestående av cementbundna träfiberskivor. Prefabricerade formelement gjuts ihop på plats med betong. Bjälklagen består av platsgjuten betong samt slakarmerat plattbärlag (kvarsittande form av betong).

[https://www.vstnordic.se/wp-content/uploads/2020/03/VST\\_Broschyr3.0.pdf](https://www.vstnordic.se/wp-content/uploads/2020/03/VST_Broschyr3.0.pdf)

<sup>3</sup> Slagg: restprodukt från ståltillverkning

<sup>4</sup> Flygaska: restprodukt från kraftindustrin

den studerade platsgjutna stommen i studien för Brf Viva (Kurkinen, Noren, Peñaloza, Al-Ayish, & During, 2015) gjuts bjälklagen på plattbärlag och balkonger är tillverkade av prefabricerad betong. De olika betongtyperna som används för de platsgjutna väggarna och bjälklag, den platsgjutna fasaden och plattan på mark samt de prefabricerade plattbärlag och de balkongerna har olika emissionsfaktorer, 125,8 kg CO<sub>2-e</sub> /m<sup>3</sup>, 176,2 kg CO<sub>2-e</sub> /m<sup>3</sup>, 213,2 kg CO<sub>2-e</sub> /m<sup>3</sup> respektive 260,2 kg CO<sub>2-e</sub> /m<sup>3</sup>. Brf Vivas LCA-beräkning omfattar 100 års livslängd, och slutresultatet för klimatpåverkan från det platsgjutna alternativet för produktionssteget var 170 kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup><sub>BOA</sub>.

Det är en stor skillnad mellan de två resultaten (Blå Jungfrun och Brf Viva med platsgjuten betong), men det är viktigt att notera att LCA beräkningar för Brf Viva genomfördes med den funktionella enheten 1m<sup>2</sup> boarea (BOA) under 100 år i ett flerbostadshus, medan den funktionella enheten för Blå Jungfrun var 1m<sup>2</sup> uppvärmd area (A<sub>temp</sub>) under en livslängd på 50 år för ett flerbostadshus. Ingen av studierna tilldelar någon klimatpåverkan för restprodukter (flygaska och slagg), baserat på en ekonomisk allokering.

I studien "Minskad klimatpåverkan från nybyggda flerbostadshus" (Malmqvist, Erlandsson, Francart, & Kellner, 2018) genomfördes också känslighetsanalyser för klimatförbättringar, och alternativ C omfattande användning av en typ betong av med "högsta möjliga ersättningsnivån, dvs. 35 procent portlandcement och 65 procent slagg". Detta är den betongtyp som används i Brf Viva för de platsgjutna väggarna och bjälklag med emissionsfaktor 125,8 kg CO<sub>2-e</sub> /m<sup>3</sup> (Betong FBLC50). Dock förbättras den cementbundna skivan inte i det förbättringsscenarioet (alternativ C), vilket bidrog till 20 procent av klimatpåverkan från byggskedet (A1-5) i grundscenarioet. Slutresultat för klimatpåverkan av alternativ C från steg A1-3 var 231 kgCO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>. Det ska noteras att här användes betongtypen med låg klimatpåverkan i hela konstruktionen i motsats till Brf Vivas studie där olika betongtyp användes för olika byggnadsdelar.

I studien där Blå Jungfruns klimatpåverkan beräknades med den nya betongtyp som används i samtida konstruktioner (Erlandsson, Blå Jungfrun version 2017 med nya cement, 2017) genomfördes också vissa förbättringsåtgärder, en av dessa var att ta bort VST-skivorna och istället platsgjuta stommen med betong. Enligt samma rapport är de beräknade utsläppen för steg A från VST skivorna 51 kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup><sub>Atemp</sub>.

### **2.3 Del 3- Klimatförbättrad betong i grundläggningen av småhus och flerbostadshus i trä**

Här används emissionsfaktorn 176,2 kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>3</sup> som är emissionsfaktorn för den betongtyp som användes i Brf Vivas platta på mark (Kurkinen, Noren, Peñaloza, Al-Ayish, & During, 2015). Denna emissionsfaktor appliceras på småhusens betongplatta samt på Föreställningens grund för att se hur det kan påverka klimatpåverkan för trädgårdsstaden Hus X utbytt mot Föreställningen, enligt denna rapports del 1. Syftet med denna analys är att visa hur även småhus i trä kan påverkas positivt av val av betong med bättre klimatprestanda.

## RESULTAT OCH ANALYS

### 3.1 Del 1 - Komplettering avseende 4-vånings flerbostadshus i trä

#### 3.1.1 Föreställningen - LCA-resultat

Den genomförda LCA-beräkningen visar att klimatpåverkan från Föreställningens produktionssteg (A1-3) är **116,3 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>**. De installerade solpanelerna ger endast upphov till CO<sub>2</sub>-utsläpp under tillverkningsfasen, och har ett klimatavtryck på 20 g CO<sub>2-e</sub> per kWh genererad energi (se Appendix 2). Här medräknas deras utsläpp för 9 300 kWh per år i 50 år. Solcellerna på Föreställningens tak genererar således 9 300 kg CO<sub>2-e</sub> => 5,7 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>. Då blir den slutliga klimatpåverkan från produktionssteget **122 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>**. I Diagram 1 redovisas hur olika byggnadskomponenter och material påverkar Föreställningens utsläpp i produktionssteget. Gips svarar för det största utsläppet följt av den sandwichkonstruktion som används i badrummets tak, golv och väggar som består av glasfiber, polyester, PET och Lim (FI-184).

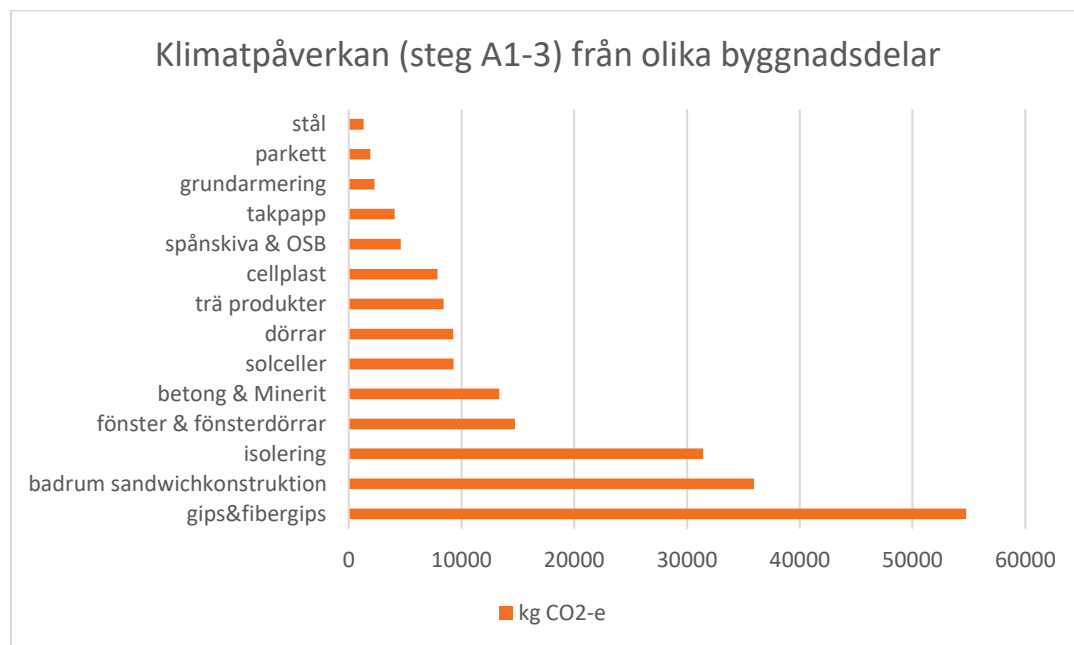


Diagram 1: Klimatpåverkan (kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>) från Föreställningens Hus A olika byggnadskomponenter och material.

I steg A4 är avståndet från volymfabriken i Värö till Stockholm 488 km och avståndet från de olika leverantörerna till Värö varierar beroende på leverantörernas lokalisering. Totalt utsläpp från transport av alla volymerna och byggnadsdelarna till byggplatsen i Stockholm är **16 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>**.

Som tidigare nämndes är utsläppet från steg A5 uppskattat med data från Lindbäcks system från (Malmqvist, Erlandsson, Francart, & Kellner, 2018), och värdet är ansatt till 29 kgCO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>. Då blir byggskedets totala utsläpp **167 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>**.

När det gäller driftsskedet medräknas modulerna B2-4 och B6 (underhåll och utbyte samt drift). För steg B2-4 är utsläppet även här uppskattat med data från Lindbäcks system (Malmqvist, Erlandsson, Francart, & Kellner, 2018), och det är ansatt till 24 kgCO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> medan för driftsskedet B6 beräknades klimatpåverkan vara 108,3 kgCO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>. Det ska dock noteras att värmepumpens miljöpåverkan under driftsskedet främst kommer från den el som går åt för att driva värmepumpen, och då är miljöpåverkan helt relaterad till vilken elmix som används. Om solcellerna inte används skulle klimatpåverkan från modul B6 vara 133 kgCO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> och från A1-3 vara 116,3 kgCO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>.



För slutskedet beräknas CO<sub>2</sub>-utsläppen vara 7 kgCO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>.

I Diagram 2 presenteras LCA-resultatet för Föreställningen. Det resultat som presenteras här saknar utsläpp från elutrustning och installationer i enlighet med grafen i avsnitt 3.2 i (Vlassopoulou, 2020) men inkluderar utsläpp från tillverkningen av solcellerna.

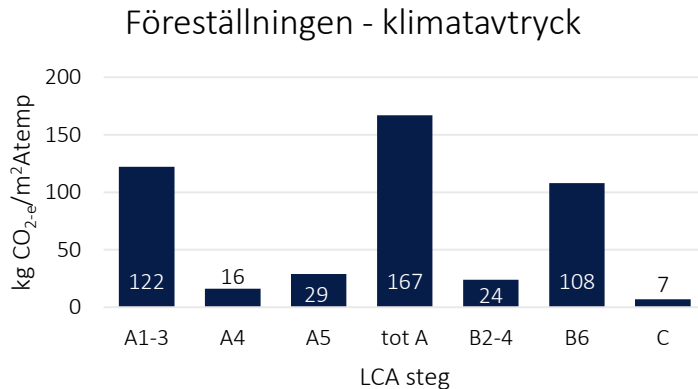


Diagram 2: LCA-utsläpp för Föreställningens Hus A.

### 3.1.2 Utbyte av Hus X till Föreställningen i trädgårdsstaden

Om Hus X byts ut mot Föreställningen kommer trädgårdsstadens utsläpp att minska betydligt. I Diagram 3 visas en graf som jämför LCA-utsläpp (inkl. el utrustning och installationer för steg A1-3) från Hus X med Föreställningen. I diagrammet kan man se att det är stor skillnad mellan de två flerbostadshusens utsläpp från tillverkningssteget, vilket främst beror på skillnaden mellan estnisk och svensk residualmix, som används i respektive fabriks energianvändning vid tillverkningen. Men det råder en omvänd skillnad i tranportemissioner (modul A4), vilket beror på att den transport från leverantör till husfabriken inte inräknas i Hus X:s LCA-beräkning samt att transporter från husfabriken till byggplatsen till största delen sker med färja (från Estland till Sverige) som är mer klimateffektiv än transport med lastbil (som används för Föreställningen). I steg B6 är utsläppen från Hus X ungefär dubbelt så stort som utsläppet från Föreställningen. Detta kan bero på att Hus X energiprestanda är klass C medan Föreställningens energiprestanda är klass A samt att solpaneler också används här. För modulerna B2-4 är värdet uppskattat i båda fallen.

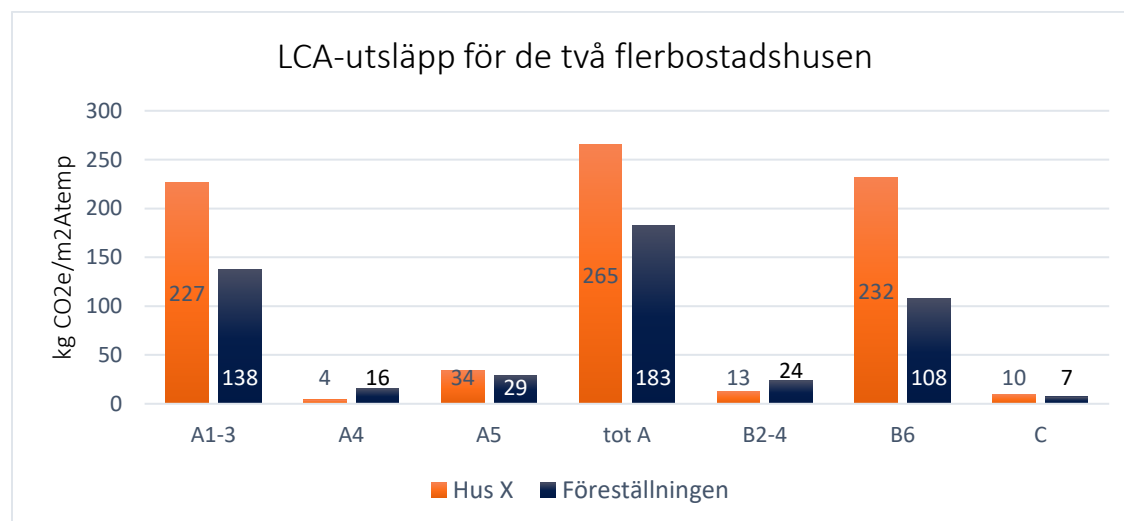


Diagram 3: Jämförelse av LCA-utsläpp för Hus X (Trädgårdsstäder och hållbarhet) och Föreställningens Hus A

I Diagram 4-Diagram 6 redovisas en jämförelse av klimatpåverkan för hela stadsdelen (kg CO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>, ton CO<sub>2e</sub>/år, kg CO<sub>2e</sub>/boende och år) mellan trädgårdsstaden med Föreställningen (kallas för "trädgårdsstaden F"), trädgårdsstaden med Hus X (kallas för "trädgårdsstaden X") och den täta kompakta staden. I Tabell 1 och

Tabell 2 visas en jämförelse mellan trädgårdsstaden F och den täta kompakta staden. Totalt rymmer den "trädgårdsstaden F" 3 990 invånare, medan trädgårdsstaden X rymmer 4 620 invånare och den täta kompakta staden rymmer 9 900 invånare.

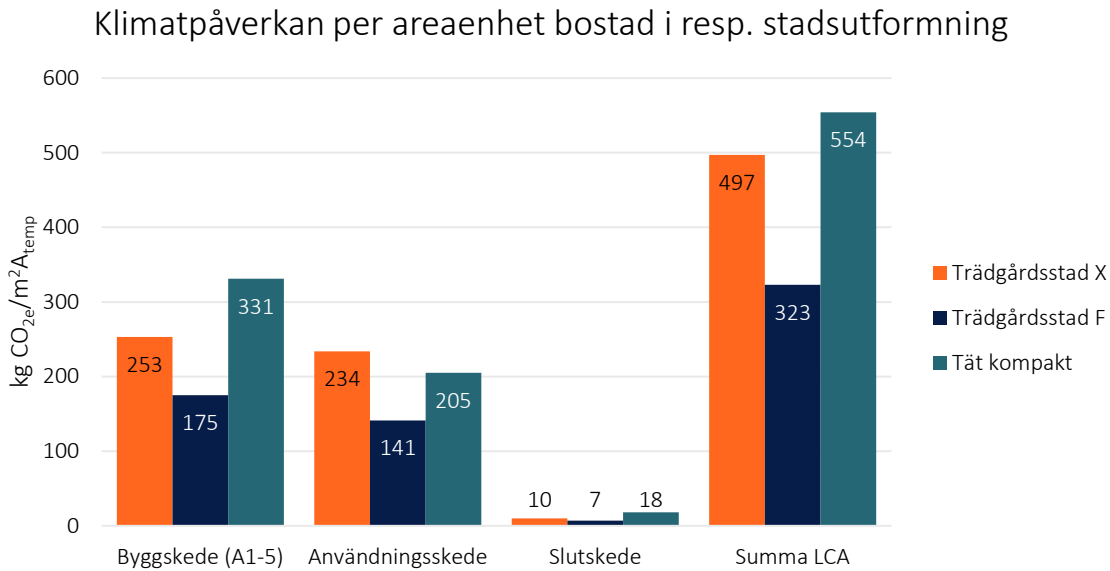


Diagram 4: Jämförelse av klimatpåverkan (kg CO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>) i de tre studerade stadsutformningarna (trädgårdsstad med Hus X, trädgårdsstad med Hus A från Föreställningen samt tätt kompakt stad).

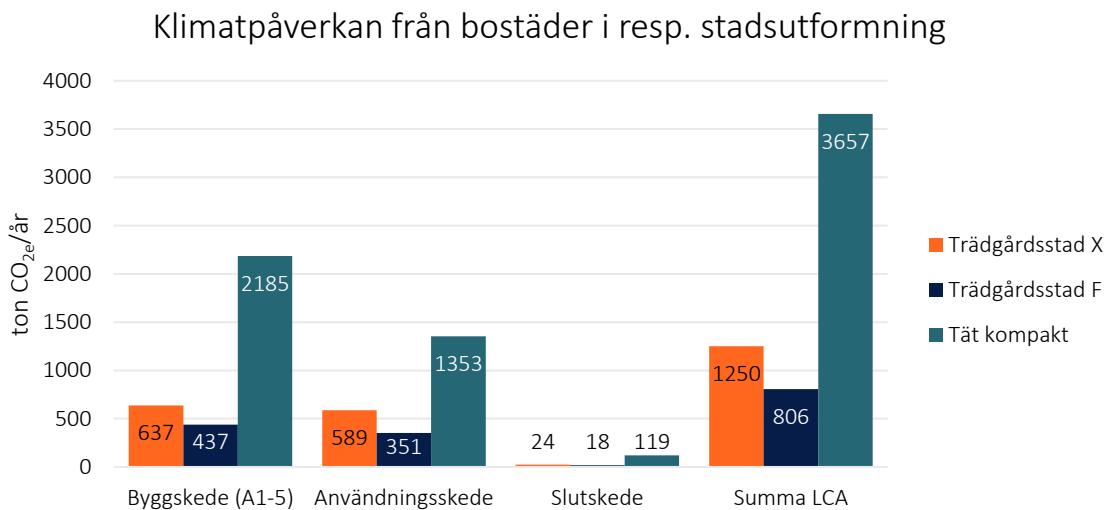


Diagram 5: Hela stadsdelens klimatpåverkan (ton CO<sub>2e</sub>/år) för de tre studerade stadsutformningarna.

## Klimatpåverkan per boende för resp. stadsutformning

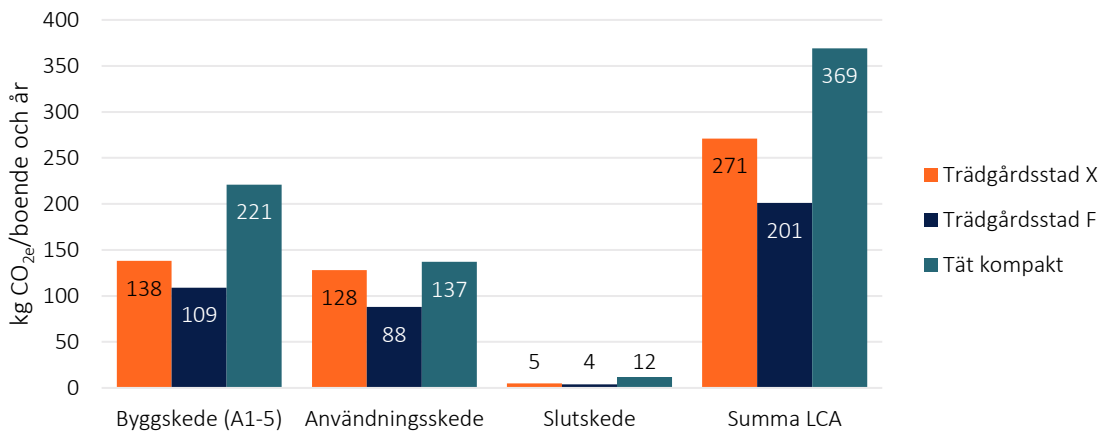


Diagram 6: Klimatpåverkan per boende (kg CO<sub>2</sub>-e/boende och år) för de tre studerade stadsutformningarna

Tabell 1: Jämförelse av CO<sub>2</sub>-e-utsläpp per invånare för den kompakta staden och trädgårdsstaden med Föreställningens Hus A.

(a)	CO <sub>2</sub> -utsläpp per invånare
Byggskede (A1-5)	Utsläpp <sub>kompakt</sub> = 2 x Utsläpp <sub>trädgårdsstad F</sub>
Användningsskede	Utsläpp <sub>kompakt</sub> = 1,6 x Utsläpp <sub>trädgårdsstad F</sub>
Total	Utsläpp <sub>kompakt</sub> = 1,8 x Utsläpp <sub>trädgårdsstad F</sub>

Tabell 2: Förhållandet mellan utsläpp och antal invånare för den kompakta staden och trädgårdsstaden med Föreställningen.

(b)	CO <sub>2</sub> -utsläpp per stadsdel
Utsläpp	Utsläpp <sub>kompakt</sub> = 4,5 x Utsläpp <sub>trädgårdsstad F</sub>
Invånare	Invånare <sub>kompakt</sub> = 2,5 x Invånare <sub>trädgårdsstad F</sub>

## 3.2 Del 2 - Blå Jungfrun justering med klimatförbättrad betong.

### 3.2.1 Blå Jungfruns LCA-resultat med Brf Vivas klimatförbättrad betong

Som beskrivits i sektion 2.2.2 representerar resultatet i alternativ C från rapporten "Minskad klimatpåverkan från nybyggda flerbostadshus" (Malmqvist, Erlandsson, Francart, & Kellner, 2018) det CO<sub>2</sub> utsläpp som skulle orsakas om betong FBLC50 användes för hela Blå Jungfruns konstruktion med undantag av VST-skivorna. I Brf Viva studie (Kurkinen, Noren, Peñaloza, Al-Ayish, & During, 2015) användes olika betongtyp för olika byggnadsdelar. Ett exempel är plattan på mark. I den ursprungliga rapporten för Blå Jungfrun (Liljenström, o.a., 2015) visar tabell 8 att betongtjockleken för plattan är 200 mm och i den studien med den nya cementen (Erlandsson, Blå Jungfrun version 2017 med nya cement,

2017) framgår att betongplattan är 3 720 m<sup>2</sup> för alla husen i Blå Jungfrun kvarter. Det innebär att volymen betong som användes för betongplattan var ca 744 m<sup>3</sup>. Om Betong FBLC50 (125,8 kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>3</sup>) används blir klimatpåverkan från plattan på mark 93,5 ton CO<sub>2-e</sub>, vilket motsvarar drygt 8,5 kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup><sub>Atemp</sub>. Klimatpåverkan från plattan på mark i grundscenariot av "Minskad klimatpåverkan från nybyggda flerbostadshus" (Malmqvist, Erlandsson, Francart, & Kellner, 2018) var 17,5 kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup><sub>Atemp</sub> (emissionsfaktor 0,111kg CO<sub>2-e</sub>/kg).

Om den typ av betong som användes i Brf Viva skulle appliceras för grundplattan (176,2 kg CO<sub>2-e</sub> /m<sup>3</sup>) även här så skulle resultatet bli 11,9 kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup><sub>Atemp</sub>. Det är en minskning av klimatpåverkan jämfört med grundscenariot på 5,6 kg CO<sub>2-e</sub> /m<sup>2</sup><sub>Atemp</sub>.

Totalt skulle klimatpåverkan från steg A1-3 för Blå Jungfrun med användning av Betong FBLC50 i stommen och betong med bindemedel (CEM II/B-S) 30% slagg (176,2 kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>3</sup>) för grunden och utan förändringar i VST skivorna bli 234,4 kgCO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup><sub>Atemp</sub> istället för 279 kgCO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup><sub>Atemp</sub> i grundscenariot, dvs en minskning med 16 procent. De andra stegen i LCA förändras inte till följd av valet av betongtyp eftersom mängden betong bibehålls och endast betongreceptet ändras. Blå Jungfruns LCA-resultat med denna förändring visas i Diagram 7. Om VST skivorna skulle tas bort och ersättas med platsgjuten betong i fasaderna skulle klimatpåverkan från steg A (A1-5) minska med ca 51 kg CO<sub>2-e</sub> /m<sup>2</sup><sub>Atemp</sub> enligt (Erlandsson, Blå Jungfrun version 2017 med nya cement, 2017), dvs. steg A skulle svara för 236 kg CO<sub>2-e</sub> /m<sup>2</sup><sub>Atemp</sub> istället för 287 kg CO<sub>2-e</sub> /m<sup>2</sup><sub>Atemp</sub> (82 procent).

Blå Jungfrun med klimatförbättrad betong  
- klimatavtryck

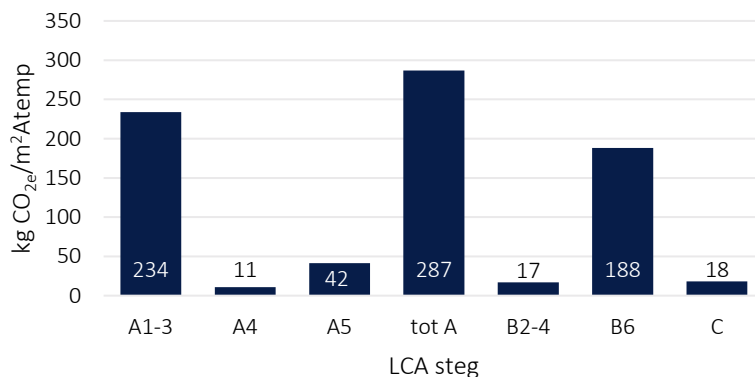


Diagram 7: LCA-resultat av Blå Jungfrun med användning av den betongtyp som användes i Brf Viva.

### 3.2.2 Känslighetsanalys - klimatförbättrad Blå Jungfrun i den täta kompakta staden

Om den täta kompakta stadsdelen byggs med Blå Jungfrun med klimatförbättrad betong enligt ovan kommer hela den kompakta stadsdelens klimatpåverkan från produktionssteget minska.

I Diagram 8-Diagram 10 redovisas en jämförelse av klimatpåverkan för hela stadsdelen (kg CO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup><sub>Atemp</sub>, ton CO<sub>2e</sub>/år, kg CO<sub>2e</sub>/boende och år) mellan trädgårdsstaden med Föreställningen (kallas för "trädgårdsstaden F"), trädgårdsstaden med Hus X (kallas för "trädgårdsstaden X") den ursprungliga täta kompakta staden, den klimatförbättrad täta kompakta staden och denna utan VST-skivorna. I Tabell 3 och Tabell 4 som följer diagrammen ges en jämförelse mellan trädgårdsstaden F och de olika former av den täta kompakta staden. Totalt rymmer den "trädgårdsstaden F" 3 990 invånare, medan trädgårdsstaden X rymmer 4 620 invånare och den täta kompakta staden rymmer 9 900 invånare.

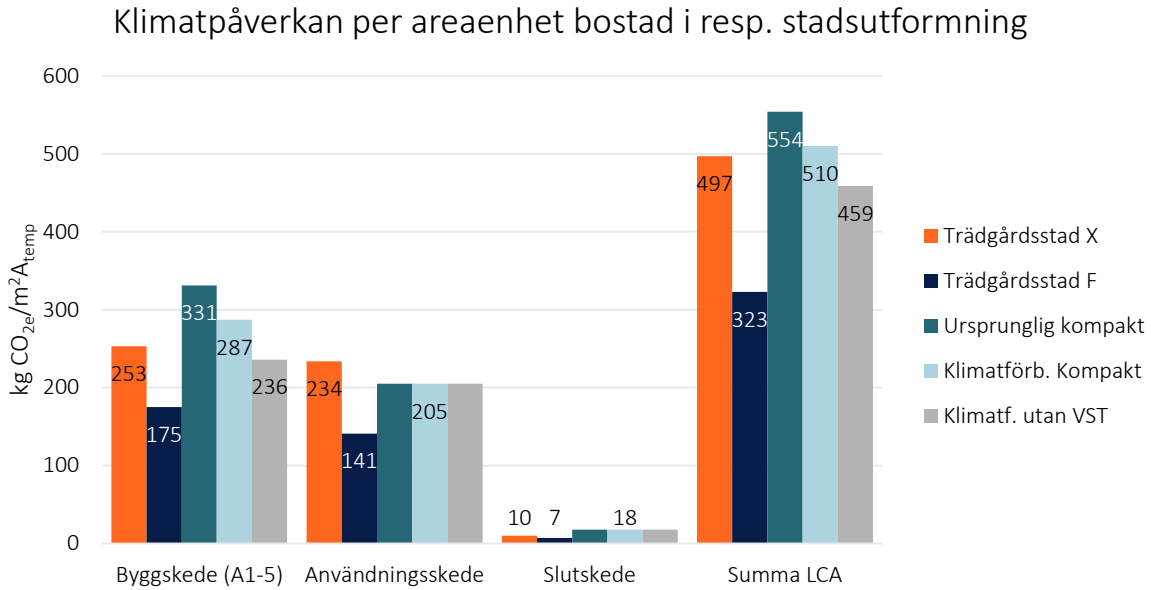


Diagram 8: Jämförelse av klimatpåverkan för de fem olika alternativen som har studerats (trädgårdsstad med Hus X bl.a., trädgårdsstad med Föreställningens Hus A bl.a., tät kompakt stadsdel, tät kompakt stadsdel med klimatförbättrad betong samt exkl. VST-skivorna).

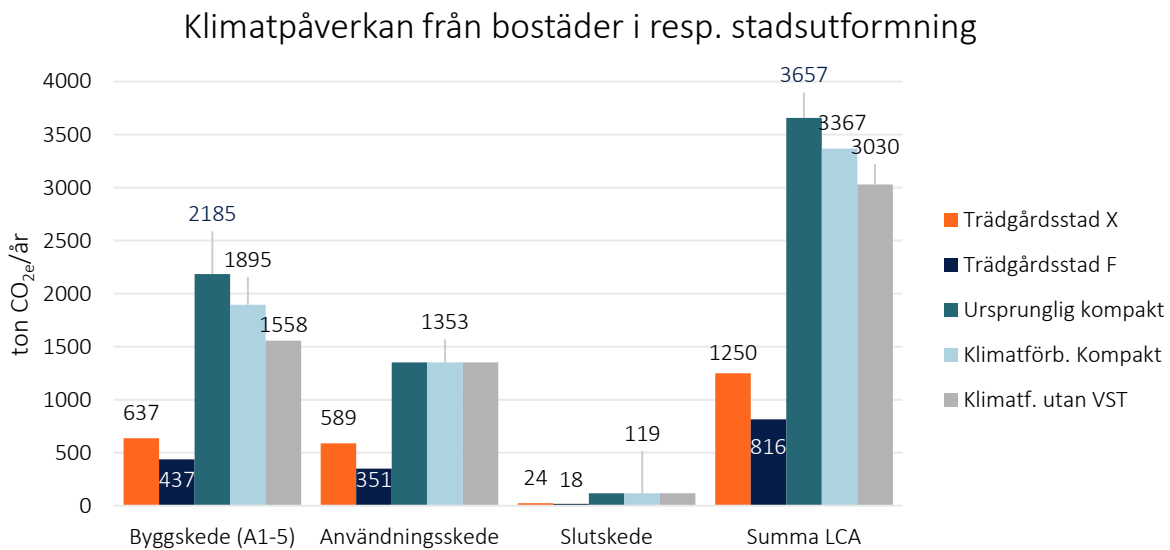


Diagram 9: Jämförelse av de fem studerade stadsdelarnas klimatpåverkan (ton CO<sub>2e</sub>/år).

## Klimatpåverkan per boende för resp. stadsutformning

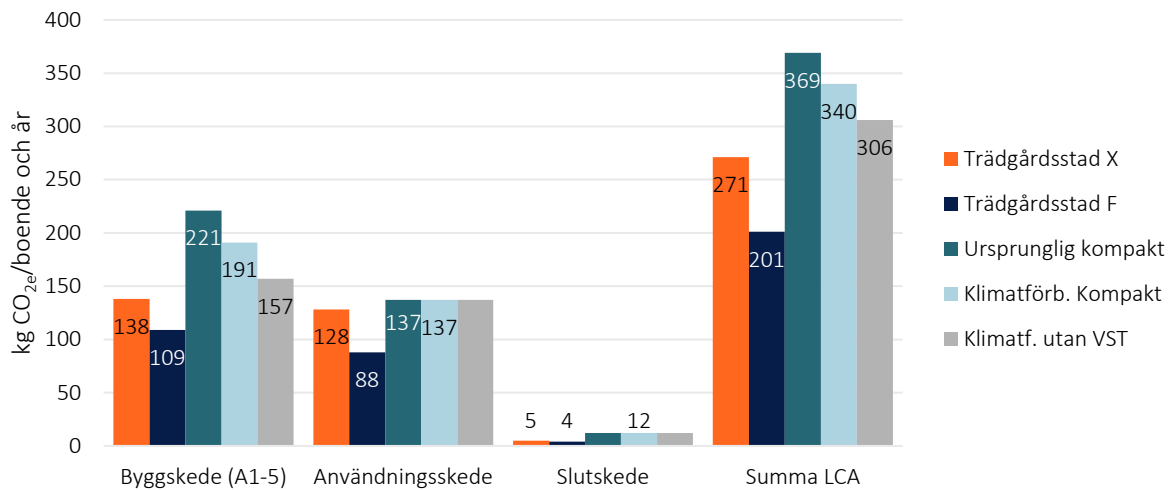


Diagram 10: Jämförelse av de fem studerade stadsdelarnas klimatpåverkan per boende (kg CO<sub>2e</sub>/boende och år).

Tabell 3: Jämförelse av det CO<sub>2</sub>-e-utsläppet per invånare för de tre alternativen av kompakta staden och den trädgårdsstaden med Föreställningens Hus A

(a)	CO <sub>2</sub> -utsläpp per invånare		
<b>Byggskede (A1-5)</b>	Utsläpp ursprunglig kompakt = 2 x Utsläpp trädgårdsstaden. F	Utsläpp förb. kompakt = 1,7 x Utsläpp trädgårdsstaden. F	Utsläpp förb. kompakt utan VST = 1,4 x Utsläpp trädgårdsstaden. F
<b>Användningskede</b>	Utsläpp ursprunglig kompakt = 1,6 x Utsläpp trädgårdsstaden. F	Utsläpp förb. kompakt = 1,6 x Utsläpp trädgårdsstaden. F	Utsläpp förb. kompakt utan VST = 1,6 x Utsläpp trädgårdsstaden. F
<b>Total</b>	Utsläpp ursprunglig kompakt = 1,8 x Utsläpp trädgårdsstaden. F	Utsläpp förb. kompakt = 1,7 x Utsläpp trädgårdsstaden. F	Utsläpp förb. kompakt utan VST = 1,5 x Utsläpp trädgårdsstaden. F

Tabell 4: Förhållandet av utsläpp och antal invånare mellan den trädgårdsstaden med Föreställningens Hus A bl.a. och de tre studerade alternativen av den kompakta staden

(b)	CO <sub>2</sub> -utsläpp per stadsdel (Invånare kompakt = 2,5 x Invånare trädgårdsstad F)
Utsläpp ursprunglig kompakt	= 4,7 x Utsläpp trädgårdsstaden. F
Utsläpp förb. kompakt	= 4,1 x Utsläpp trädgårdsstaden. F
Utsläpp förb. kompakt utan VST	= 3,7 x Utsläpp trädgårdsstaden. F

### 3.3 Del 3- Klimatförbättrad betong i grundläggningen av småhus och flerbostadshus i trä

#### 3.3.1 Småhus resultat med klimatförbättrad betongplatta

De resultat för småhus som presenterades i rapporten "Trädgårdsstäder och hållbarhet" (Vlassopoulou, 2020) kan förbättras genom att använda en sådan klimatförbättrad betong som användes i Brf Vivas betongplatta även i småhusens platta på mark. Kalkylerna i den förra rapporten (Vlassopoulou, 2020) genomfördes med BECEs materialdatabas där standardbetongens och den klimatförbättrade betongens utsläpp är 0,114 kgCO<sub>2-e</sub>/kg respektive 0,093 kgCO<sub>2-e</sub>/kg. TRANAN och HOME#601 beräknades med standardbetong och slutresultat för steg A1-3 var 110 kg CO<sub>2-e</sub> /m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> respektive 89 kg CO<sub>2-e</sub> /m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>, medan Radhus OBOS beräknades med klimatförbättrad betong och slutresultat för steg A1-3 var 97 kg CO<sub>2-e</sub> /m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>. (se Appendix 3)

Om istället den betongtyp som användes i Brf Viva-studien (176,2 kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>3</sup> = 0,075 kgCO<sub>2-e</sub>/kg) appliceras för alla småhusens platta på mark skulle resultaten bli:

- **TRANAN:** Utsläpp från platta på mark 10,73 kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>. Totalt utsläpp från steg A1-3 blir 104,4 kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> (dvs en minskning med 5,5 procent).
- **HOME#601:** Utsläpp från plattan på mark: 12,56 kg CO<sub>2-e</sub> /m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>. Totalt utsläpp från steg A1-3 blir 82,5 kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> (dvs en minskning med 6,7 procent).
- **Radhus OBOS:** Utsläpp från plattan på mark: 12,4 kg CO<sub>2-e</sub> /m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>. Totalt utsläpp från steg A1-3 blir 94,0 kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> (dvs en minskning med 3 procent).

#### 3.3.2 Hus A (Föreställningen) resultat med klimatförbättrad betongplatta

Samma process har genomförts för Hus A (Föreställningen) betongplatta. Resultatet för utsläppet från steg A1-3 med den klimatförbättrade (enligt Vivas betongrecept) plattan på mark är 136 kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> (dvs en förbättring med 1,6 procent).

#### 3.3.3 Trädgårdsstadens F resultat med klimatförbättrade plattor på mark

I Tabell 5 presenteras hur slutresultatet för tillverkningskedets utsläpp för de olika byggnadstyperna i trädgårdsstaden förändras genom att använda den klimatförbättrade betongtyp för grundkonstruktionerna.

Tabell 5: Utsläpp från tillverkningskedet av alla byggnadstyper i trädgårdsstaden F, med den ursprungliga eller den klimatförbättrade grundkonstruktionen exkl. el. utrustning och installationer

A1-3 utsläpp (kg CO <sub>2-e</sub> /m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	Ursprunglig platta på mark	Klimatförbättrad platta på mark
TRANAN	110	104
HOME#601	89	83
Radhus OBOS	97	94
Föreställningen	122	120

Slutresultatet med dessa värden för den trädgårdsstaden F skulle bli 321 kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>, istället för 323 kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> i den ursprungliga versionen av trädgårdsstaden F.

Nedan presenteras två grafer (Diagram 11 och Diagram 12) som visar hur klimatförbättrad betong påverkar LCA-utsläppen för båda stadsutformningar.

### Klimatpåverkan per areaenhet bostad i resp. stadsutformning

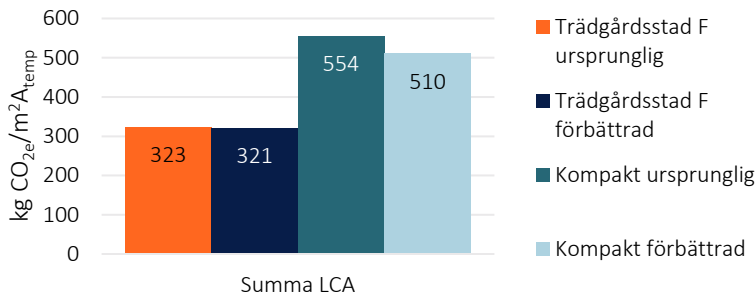


Diagram 11: Hur klimatförbättrad betong (i grundläggningen för den trädgårdsstaden och i hela konstruktionen för den kompakta staden) påverkar LCA-slutresultat (kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>) för båda stadsutformningarna (trädgårdsstad F respektive tät kompakt stad).

### Klimatpåverkan per boende för resp. stadsutformning

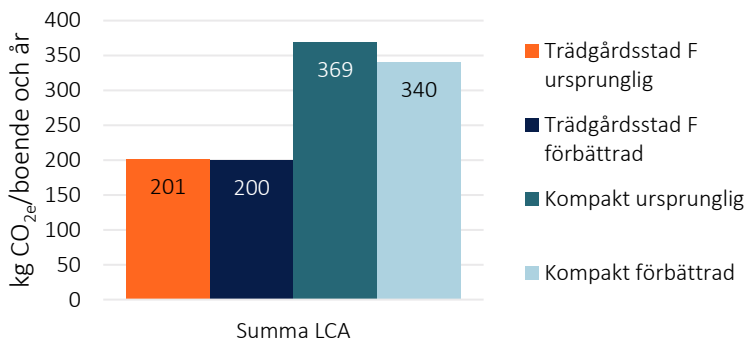


Diagram 12: Påverkan av ersättning med klimatförbättrad betong i LCA-utsläppen per boende (kg CO<sub>2-e</sub>/boende och år) för de två stadsutformningarna (trädgårdsstad med Föreställningens Hus A bl.a. och tät kompakt stad).

Det är uppenbart att det finns en större skillnad i den kompakta stadsdelens utsläpp med användning av den klimatförbättrade betong och det beror på att i den kompakta stadsdelen är byggnaderna byggda i betong så hela konstruktionens klimatpåverkan förändras med den miljövänliga betongen medan i den trädgårdsstaden förändras endast klimatpåverkan från grundkonstruktionen sedan resten av konstruktioner är byggda i trä.



## SLUTSATSER

Detta projekt är en fortsättning på studien ”Trädgårdsstäder och hållbarhet” (Vlassopoulou, 2020) som genomfördes under våren 2020. Den sistnämnda studien resulterade i ett intresse för vissa förändringar och känslighetsanalyser för att belysa skillnaderna i resultatet vid användning av olika förutsättningar i beräkningarna. I denna rapport presenteras tre delar:

- Först byttes det **flerbostadshus** som användes i **trädgårdsstadens** beräkningar ut mot en annan typbyggnad. Hus X som analyserades i ”Trädgårdsstäder och hållbarhet” (Vlassopoulou, 2020) visade höga utsläpp till stor del till följd av att det tillverkas i Estland. Därför valdes Föreställningens flerbostadshus A, som tillverkas av Derome, som ersättning av Hus X i trädgårdsstadens standarduppsättning.  
Den LCA som genomfördes 2021 visade att de byggnadskomponenter och material som orsakar de största utsläppen vid tillverkningen är gips och fibergips, följt av badrummets sandwichkonstruktion, isolering, fönster/fönsterdörrar och grundläggningens betong. Vid jämförelse mellan Föreställningen och Hus X visade resultatet stora skillnader i det LCA-utsläppet mellan de två flerbostadshusen. Utsläppet från tillverkningen av Hus X är 1,6 gånger högre än det för Hus A (Föreställningen) medan Hus X utsläpp i driftskedet är dubbelt så högt som driftsutsläppet från Hus A (Föreställningen).  
På stadsdelsnivå minskas trädgårdsstadens totala utsläpp både per bostadsareaenhet och per boende med 35 procent respektive 26 procent när Hus X ersätts med Hus A (Föreställningen). Det gör jämförelsen mellan trädgårdsstaden och den täta kompakta staden ännu mer förmånlig för trädgårdsstaden även om den nu endast rymmer 3 990 invånare istället för 4 620 som den gjorde med Hus X. Totalt är utsläppet per invånare 1,8 gånger högre (jämfört med 1,4 gånger i den tidigare analysen med Hus X) i den kompakta stadsdelen jämfört med trädgårdsstaden F (trädgårdsstad med samma småhus och radhus men med utbyte till (Föreställningens) Hus A istället för Hus X).
- I den andra delen av analysen undersöktes hur **ett förändrat betongrecept** påverkar LCA-resultatet för den kompakta stadsdelen. Riksbyggens Brf Viva studie ”Energi och klimateffektiva byggsystem: Miljövärdering av olika stomalternativ (SP rapport)” (Kurkinen, Noren, Peñalosa, Al-Ayish, & During, 2015) analyserades, och det betongrecept som användes för den platsgjutna alternativen i Brf Viva (där en del av portlandcementen bytts ut mot flygaska och slagg som alternativt bindemedel) justerades även vid beräkningarna för Blå Jungfrun.  
Blå Jungfruns LCA-utsläpp från tillverkningskedet minskade från 279 till 234 kgCO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> (16 procent). På stadsdelsnivå minskade de totala utsläppen per bostadsareaenhet i den kompakta staden med 8 procent med användning av den klimatförbättrade betongen. Totalt utsläpp per invånare i den förbättrade kompakta staden blir då 1,7 gånger högre än utsläppet för trädgårdsstadens F. Avseende utsläpp från hela stadsdelen ger den ursprungliga täta kompakta staden 4,7 gånger högre utsläpp än trädgårdsstaden F, medan den förbättrade kompakta staden ger 4,1 gånger högre utsläpp än trädgårdsstaden F. De kompakta stadsdelarna rymmer 2,5 gånger fler invånare än trädgårdsstaden F.
- I sista delen i denna rapport undersöktes hur användning av det betongrecept som användes i Brf Vivas studie för grundläggningen skulle påverka trädgårdsstadens LCA-resultat. Här har antagits att det nya betongreceptet används i småhusens, radhusens och Hus A:s grundkonstruktioner. Den skillnad i LCA-utsläppen som användning av den mer klimatvänliga betongtypen ger är betydligt tydligare i den kompakta stadsdelen, där 8 procent minskning av utsläpp uppnås, jämfört med en liten minskning (ca 0,6 %) som nås i trädgårdsstaden.

## REFERENSER

- Bengtsson, H. (2005). *Livscykelanalys av villauppvärmning - En studie av fjärrvärme, pelletspanna, oljepanna, elpanna och värmepump, examensarbete*. Hämtat från Undersökning av värmepumpars miljöpåverkan, Roger Nordman:  
[https://www.naturskyddsforeningen.se/sites/default/files/dokument-media/2007\\_energi\\_transport\\_varmepumpars\\_miljopaverkan.pdf](https://www.naturskyddsforeningen.se/sites/default/files/dokument-media/2007_energi_transport_varmepumpars_miljopaverkan.pdf)
- Erlandsson, M. (2017). *Blå Jungfrun version 2017 med nya cement*. Hämtat från IVL svenska miljöinstitutet: <https://www.ivl.se/publikationer/publikation.html?id=5417>
- Erlandsson, M. (2018). *Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg BM1.0 - Ett bransch gemensamt verktyg*. Hämtat från E2B2:  
[https://www.e2b2.se/library/3867/slutrapport\\_byggsektorns\\_miljoberakningsverktyg\\_bm10.pdf](https://www.e2b2.se/library/3867/slutrapport_byggsektorns_miljoberakningsverktyg_bm10.pdf)
- Erlandsson, M., & Pettersson, D. (2015). *Klimatpåverkan för byggnader med olika energiprestanda, Tabell 10*. Hämtat från  
[https://www.boverket.se/contentassets/1efdca0430b946e99d77527a93c24971/u5176-klimatpaverkan-for-byggnader-\\_mh\\_2\\_me\\_aw\\_me\\_bov-stem\\_16-april\\_clea...pdf](https://www.boverket.se/contentassets/1efdca0430b946e99d77527a93c24971/u5176-klimatpaverkan-for-byggnader-_mh_2_me_aw_me_bov-stem_16-april_clea...pdf)
- Kurkinen, E.-L., Noren, J., Peñaloza, D., Al-Ayish, N., & Doring, O. (2015). *Energi och klimateffektiva byggsystem : Miljövärdering av olika stomalternativ (SP Rapport)*. Hämtat från DiVA:  
<http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A962930&dswid=-7716>
- Liljenström, C., Malmqvist, T., Erlandsson, M., Fredén, J., Adolfsson, I., Larsson, G., & Brogren, M. (2015). *Byggandets klimatpåverkan*. Hämtat från IVL svenska miljöinstitutet:  
[https://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b76c4/1445517730807/B2217\\_ME.pdf](https://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b76c4/1445517730807/B2217_ME.pdf)
- Malmqvist, T., Erlandsson, M., Francart, N., & Kellner, J. (2018). *Minskad klimatpåverkan från nybyggda flerbostadshus*. Hämtat från Byggföretagen:  
<https://byggforetagen.se/app/uploads/2020/01/Minskad-klimatp%C3%A5verkan-fr%C3%A5n-flerbostadshus.pdf>
- Vlassopoulou, E. (2020). *Trädgårdsstäder och hållbarhet: Bostadssektorns LCA, känslighetsanalys*. Stockholm.
- Wallhagen, M., Glaumann, M., & Malmqvist, T. (2011). Basic building life cycle calculations to decrease contribution to climate change-Case study on an office building in Sweden. *Building and Environment, Vol. 46 (10)*, ss. 1863-1871.
- Omslagsbild: Letchworth garden city - <https://www.architecture.com/awards-and-competitions-landing-page/competitions-landing-page/re-imagining-the-garden-city> & Tensta - <https://www.mitti.se/internal/cimg!0/dyypy6ozwe2tkbilgo8vf3aol94ilqw.jpeg>

## Appendix 1 - Bergvärmepump Föreställningen

Bergvärmepumpens miljöpåverkan från tillverknings- och installationssteg har uppskattats genom resultaten från en LCA-studie för bergvärmepumpen IVT Greenline C7 som gjorts vid Chalmers (Bengtsson, 2005). I studien har en livscykelinventering genomförts som omfattar tillverkning av material, produktion samt installation (inkl. borrhning) av bergvärmepumpen. Värmepumpens livslängd har i analys satts till 20 år. Resultatet visar att driften orsakar den avgörande delen av miljöpåverkan (ca 91 procent av värmepumpens utsläpp under hela dess livstid) även om Sveriges låga emissionsfaktor för el används vid beräkningarna. Enligt samma studie, bidrar installationen och tillverkningen till ungefär 9 procent av LCA-utsläppen (4 procent respektive 5 procent).

Totalt köpt el för drift av bergvärmepumpen för Hus A (Föreställningen) är 25 823,1 kWh per år och nordisk elmix utsläppsfaktor som används i denna rapport är 0,102kgCO<sub>2-e</sub>/kWh. Då blir utsläppet från användning av bergvärmepumpen 131 700 kg CO<sub>2-e</sub> under 50 år (exkl. underhålls - och utbytesåtgärder). Om detta värde motsvarar 91 procent av den totala bergvärmepumpens LCA-utsläpp är resterande 9 procent produktionsstegets utsläpp, vilket blir 13 025 kgCO<sub>2-e</sub> under 50 år och motsvarar 8 kgCO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> för tillverkning och installation.

## Appendix 2 - Solpaneler Föreställningen

En takförlagd solcellsanläggning på 58 m<sup>2</sup> täcker en stor del av byggnadens fastighetselbehov (7 500 kWh per år) medan de resterande 1 800 kWh per år som produceras kan säljas till elnätet eller användas till hushållsenergi.

- Solel ger 7 500 kWh/år och solceller som installeras i Sverige i dag ger ett klimatavtryck på 20 g CO<sub>2</sub>/kWh <https://www.svensksolenergi.se/upload/fakta-om-solenergi/solel%20och%20klimatpaverkan%20SSE%202018.pdf>  
Elproduktionen till den mängd energi som täcks av solpaneler genererar:  
20g CO<sub>2</sub>/kWh \* 9 300 kWh/år = 186 kg CO<sub>2-e</sub> om något år \* 50 år => 9 300 kg CO<sub>2</sub> => 5,7 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub> (A<sub>temp</sub> = 1 636m<sup>2</sup>)  
Dock ger solpanelerna utsläpp endast under tillverkningsfasen. Utsläppen från solpanelerna (5,7 kg CO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>) bör därför betraktas som utsläpp i produktskede (A1-3).

Primärenergifaktorn för el i BBR29 (2020) är 1,8. Dock används här BBR28 med primärenergifaktorn 1,6 för el, för jämförelses skull med de andra hustyperna.

- Totalt köpt fastighetsel (pumpar och fläktar, elspets, gemensam belysning och hissar): 16 390,6 kWh
- Totalt köpt el till tappvarmvatten och uppvärmning: 25 823,1 kWh
- Totalt producerad el från solceller: 7 480,4 kWh
- Totalt köpt hyresgästel: 34 452 kWh

Så totalt köpt el till fastighet (exkl. hushållsel): 16 390,6 - 7 480,4 = 8 910,2 kWh

Totalt köpt el till uppvärmning: 25 823,1 kWh

Totalt köpt energi (exkl. hushållsel) = 8 910,2 + 25 823,1 = 34 733,3 kWh

A<sub>temp</sub> = 1 636 m<sup>2</sup>, Totalt köpt energi per kvadratmeter (exkl. hushållsel): 21,23 kWh/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>

Säkerhetsmarginal 10 procent => 23,35 kWh/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>  
(utan solcellerna skulle det vara 28,38 kWh/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>)

För att resultatet ska vara jämförbart med resultatet från de andra bostadstyperna ska samma emissionsfaktorer som användes för dem användas även för Hus A (Föreställningen). Då ska emissionsfaktorn för el vara: 0,102 kgCO<sub>2-e</sub>/kWh

Driftsskedet B6: 34 733,3 kWh \* 0,102 kgCO<sub>2-e</sub>/kWh = 3 542,8 kgCO<sub>2-e</sub> = 2,16 kgCO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>, år = 108,27 kgCO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>  
(utan solcellerna skulle det vara 4 348 kgCO<sub>2-e</sub> = 2,66 kgCO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>, år = 133 kgCO<sub>2-e</sub>/m<sup>2</sup>A<sub>temp</sub>)

Livslängden för en bergvärmepumpskompressor är 15-20 år, medan resten av värmepumpens komponenter (inkl. borrhålen) inte behöver bytas/repareras på 45-60 år. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:24415/FULLTEXT01.pdf>

## Appendix 3 - Mängd och utsläpp från betong - platta på mark

- TRANAN:  $A_{temp} = 176 \text{ m}^2$  Mängd betong för betongplattan=25,2 ton. Beräknat med normal betong är utsläppet från plattan på mark: 2 873 kg  $\text{CO}_{2-e}$  vilket motsvarar 16,32 kg  $\text{CO}_{2-e} / \text{m}^2 A_{temp}$ . Total utsläpp från steg A1-3 (utan el utrustning) är 110 kg  $\text{CO}_{2-e} / \text{m}^2 A_{temp}$ .
- HOME#601:  $A_{temp} = 157 \text{ m}^2$  Mängd betong för betongplattan=26,3 ton. Beräknat med normal betong är utsläppet från plattan på mark: 2 998 kg  $\text{CO}_{2-e}$  vilket motsvarar 19,09 kg  $\text{CO}_{2-e} / \text{m}^2 A_{temp}$ . Total utsläpp från steg A1-3 (utan el utrustning) är 89 kg  $\text{CO}_{2-e} / \text{m}^2 A_{temp}$ .
- Radhus OBOS:  $A_{temp} = 122 \text{ m}^2$  Mängd betong för betongplattan=20,2 ton. Beräknat med klimatförbättrad betong är utsläppet från plattan på mark: 1 878 kg  $\text{CO}_{2-e}$  vilket motsvarar 15,39 kg  $\text{CO}_{2-e} / \text{m}^2 A_{temp}$ . Totalt utsläpp från steg A1-3 (utan el utrustning) är 97 kg  $\text{CO}_{2-e} / \text{m}^2 A_{temp}$ .

## **Analyser, utredning och innovation för en hållbar framtid**

**Anthesis Enveco AB** är ett konsultföretag med rötterna i forskningsvärlden. Vi är ett växande företag med ca 15 medarbetare i nuläget. Vi tillhör koncernen Anthesis Group som har verksamhet i 16 länder och totalt ca 500 medarbetare.

Vi erbjuder tjänster inom områdena miljöekonomi, resursekonomi, hållbara energisystem och hållbara städer. Inom dessa områden erbjuder vi såväl strategisk rådgivning som affärsutveckling, analys, utredning samt forskning.

Vi har både bred och djup kunskap inom samhällsekonomiska analyser, social hållbarhet och innovationsupphandling m.m.

Vidare har vi mycket stor erfarenhet av projekt- och processledning av multidisciplinära projekt.

Vi har kontor i Stockholm och Göteborg men åtar oss uppdrag inom hela Sverige och internationellt.

### **Anthesis**

Barnhusgatan 4, 111 23 Stockholm

Kyrkogatan 30, 411 15 Göteborg

[anthesis.se](http://anthesis.se)

[anthesisgroup.com/about/europe/sweden](http://anthesisgroup.com/about/europe/sweden)