



Platsgjuten betongstomme med halvprefab baserat på referenshuset Jungfrun

– yttervägg med halvsandwich eller lätt utfackningsvägg

Rapportnummer: C773

Författare: Martin Erlandsson, Daniel Peterson, Carlos Gil Berrocal

Medel från: Thomas Betong AB

Granskare: Jeanette Green

Godkännare: Anna Jarnehammar

ISBN: 978-91-7883-516-4

Fotograf: Thomas Betong AB

Summary

This report contributes with another comparable building platform according to the reference building Blå Jungfrun with two different solutions with concrete frames. These have since been climate improved in two stages.

The results from the calculations carried out show that the best climate-improved alternative from Thomas Betong's selected construction solutions is the alternative called: "In-situ cast with filigran slab, thin-shell precast walls and light curtain wall with climate-improved ready-mixed concrete step two". This alternative is the most climate-improved concrete alternative analyzed from Thomas Betong, with a climate impact that is in the same order of magnitude as the previously analyzed alternative with volume elements made of wood or CLT. The two versions with standard concrete show the same climate impact from the construction phase as previous studies (Erlandsson, Malmqvist, Francart, Kellner 2018), but significantly lower than the concrete buildings found among the apartment buildings included in the National Board of Housing, Building and Planning (Boverket) report for setting limit values (Malmqvist et al. 2021) and are due to the fact that these buildings have a significantly higher amount of concrete per m².

There is a general interest to compare the climate impact of different building platforms. To make such a calculation, all building elements from the draining layer upwards in the building as well as the entire life cycle must be included. Other studies usually do not include all building parts, nor the entire life cycle, but only selected parts are missing, which undermines a fair comparison.

To enable a comparison between the climate impact of different building platforms during their life cycle, IVL and KTH conducted calculations for five different building systems for the same six-story apartment building (Erlandsson et al. 2018). These calculations used the Blå Jungfrun architectural drawings as a common basis for comparison. The building has the same heated area and in addition to the minimum requirements of the building regulations (BBR), higher functional requirements are imposed on energy use and sound class. These LCA calculations were then supplemented with an analysis of a building system consisting of column-decks with steel columns and hollow beams as well as light curtain walls (Erlandsson & Malmqvist 2018) and light joists made of wood (Erlandsson et al. 2020). All these studies are comparable in terms of method selection, the scope of

the inventory (also called coverage rate), which makes it possible to analyze the differences between different building platforms.

For standard data for installations and internal surface layers, previously used data (Erlandsson et al. 2018) have been replaced with those used in the so-called Benchmark Study version 2021 (Malmqvist et al. 2021). The calculation according to the reference house Blå Jungfrun thus includes all the selected building parts that will be included in the proposed upcoming mandatory climate declaration with limit value 2025.

Sammanfattning

Denna rapport bidrar med ytterligare en jämförbar byggplattform enligt referensbyggnaden Blå Jungfrun med två olika lösningar med betongstomme. Dessa har sedan klimatförbättrats i två steg.

Resultatet från de beräkningar som genomförts visar att det bästa klimatomässigt förbättrade alternativet från Thomas Betongs utvalda konstruktionslösningar är det alternativet som benämns: "Platsgjutet med plattbärlag, skalväggar och lätt utfackningsvägg med klimatförbättrad fabriksbetong steg två" (ska inte förväxlas med Svensk Betong steg 1, 2, 3 och 4). Detta alternativ är det mest klimatförbättrade betongalternativet som analyserats från Thomas Betong, med en klimatpåverkan som är i samma storleksordning som tidigare analyserade alternativet med volymelement av trä eller KL-trä. De två utförande med standardbetong uppvisar samma klimatpåverkan från byggskedet som tidigare studier (Erlandsson, Malmqvist, Francart, Kellner 2018), men betydligt lägre än de betongbyggnader som finns bland de flerbostadshus som ingår i Boverkets rapport för att sätta gränsvärde (Malmqvist m.fl. 2021) och beror på att dessa byggnader har betydligt högre mängd betong per m².

Det finns ett allmänt intresse att kunna jämföra klimatpåverkan för olika byggplattformar. För att göra en sådan beräkning måste alla byggdelar från dränerande lager och uppåt i byggnaden samt hela livscykeln inkluderas. Andra studier har vanligtvis inte med alla byggdelar och inte heller hela livscykeln utan valda delar saknas, vilket underminerar en rättvis jämförelse.

För att möjliggöra en jämförelse mellan olika byggplattformars klimatpåverkan under dess livscykel genomförde IVL och KTH beräkningar för fem olika byggsystem för samma flerbostadshus i sex våningar (Erlandsson m.fl. 2018). Dessa beräkningar använde projektet Blå Jungfruns A-ritningar som en gemensam grund för jämförelse. Byggnaden har samma uppvärmd yta och utöver byggreglernas (BBR) minimikrav ställs högre funktionskrav på energianvändning och ljudklass. Dessa LCA-beräkningar kompletterades därefter med en analys av ett byggsystem bestående av pelar-däck med stålpelare och hålbjälklag samt lätta utfackningsväggar (Erlandsson & Malmqvist 2018) samt lättreglar av trä (Erlandsson m.fl. 2020). Alla dessa studier är jämförbara med avseende på metodval, inventeringens omfattning (även benämnt täckningsgrad), vilket gör det möjligt att analysera skillnaderna mellan olika byggplattformar.

För schablondata för installationer samt invändiga ytskikt har tidigare använda uppgifter (Erlandsson m.fl. 2018) bytts ut till de som används i den så kallade Referensvärdesstudien version 2021 (Malmqvist m.fl. 2021). Beräkningen enligt referenshuset Blå Jungfrun inkluderar därmed alla de utvalda byggdelar som ska ingå i den föreslagna kommande obligatoriska klimatdeklarationen med gränsvärde 2025.

Innehåll

Summary	3
Sammanfattning	5
1 Inledning	8
1.1 Syfte och problemställning	8
2 Metodval och beräkningsgång	9
2.1 Metodval	11
2.2 Arbetsbeskrivning	12
2.3 Analyserade byggsystem	14
2.4 Gemensamma schabloner	16
2.5 Tidigare resultat från andra byggsystem som beräknats för referenshuset Blå Jungfrun	18
3 Referensvärdestudien och Boverkets förslag på gränsvärde	19
4 Resultat för betongbaserade stomalternativ	21
5 Slutsatser och diskussion	23
6 Referenser	26
Bilagor	27
EPD som används vid beräkningarna	27
Beräkningar för karbonatisering av betong	28
Vissa kompletterande projektdata	29

1 Inledning

Det finns ett allmänt intresse att kunna jämföra klimatpåverkan för olika byggplattformar, samt att analysera vilka förbättringar som går att göra med respektive byggsystem, och förstå vilka skeden under byggnadens livscykel som är mest bidragande.

IVL har tillsammans med KTH genomfört en utförlig beräkningen med livscykelanalys (LCA) för ett flerbostadshus i kvarteret Blå Jungfrun (Liljenström m.fl. 2015). Det som utmärker denna beräkning är att både alla byggdelar från dränerande lager och uppåt i byggnaden samt att hela livscykeln inkluderas. Andra studier har vanligtvis inte med alla byggresurser och inte heller hela livscykeln utan valda delar saknas, vilket underminerar en rättvis jämförelse. Byggnaden Flerbostadshuset i kvarteret Blå Jungfrun är i original utförd med en stomme av betong. Olika förbättringsförslag har sedan analyserats för denna konstruktionslösning med betong (Erlandsson 2017).

För att möjliggöra en jämförelse mellan olika byggplattformars klimatpåverkan under dess livscykel genomförde IVL och KTH en uppföljande beräkning för fem olika byggsystem (Erlandsson m.fl. 2018). Dessa beräkningar använde Blå Jungfruns A-ritningar som en gemensam grund för jämförelse. Byggnaden har samma uppvärmd yta och utöver byggreglernas (BBR) minimikrav ställs högre funktionskrav på energianvändning och ljudklass. Dessa LCA-beräkningar kompletterades därefter med en analys av ett byggsystem bestående av pelar-däck med stålpelare och hålbjälklag samt lätta utfackningsväggar (Erlandsson & Malmqvist 2018). Alla dessa studier är jämförbara med avseende på metodval, inventeringens omfattning (även benämnt täckningsgrad), vilket gör det möjligt att analysera skillnaderna mellan olika byggplattformar.

1.1 Syfte och problemställning

Syftet med föreliggande rapport är att utföra en LCA-beräkning för referenshuset Blå Jungfrun utförd med ett byggnadssystem som baseras betongstomme. Målet är att kunna analysera skillnaderna med de moderna analyserade betongstommarna i sitt standardutförande samt med klimatförbättrade betongval. Klimatpåverkan för detta system jämförs med tidigare analyser utförda av IVL och KTH för referenshuset Blå Jungfrun. På så sätt kommer resultatet kunna bidra med en bild

av spridningen med avseende på klimatpåverkan för exakt samma gestaltning och planlösning samt funktion, där skillnaden består i val av byggsystem. Framför allt är intresset att jämföra denna klimatpåverkan för de moderna alternativen, dess förbättringsmaterial med de betongkonstruktioner som analyserades 2015-2018. Vår vision är därmed att visa på förbättringspotentialen för betongstommar.

Projektet har genomförts på uppdrag av Thomas Concrete Group och Thomas Betong AB. IVL har varit konsult tillsammans med Informationsbyggarna. Beräkningarna har baserats på ett projekteringsunderlag som tillhandahållits av Thomas Concrete Group och kompletterats med de delar som saknas av Informationsbyggarna samt IVL, så att alla byggresurser ingår. För installationer, ytskikt samt övrig inredning samt byggarbetsplatsen klimatpåverkan används schabloner enligt Erlandsson m.fl. 2018.

2 Metodval och beräkningsgång

Referensbyggnaden i kvarteret Blå jungfrun valdes för att vara representativ med avseende på gestaltning och planlösning för ett vanligt förekommande flerbostadshus. Byggnaden har sex våningsplan inklusive entréplanet, inrymmer 22 lägenheter och har två hissar och en uppvärmd yta på totalt 2198 m² Atemp. På vinden finns ett teknikutrymme.



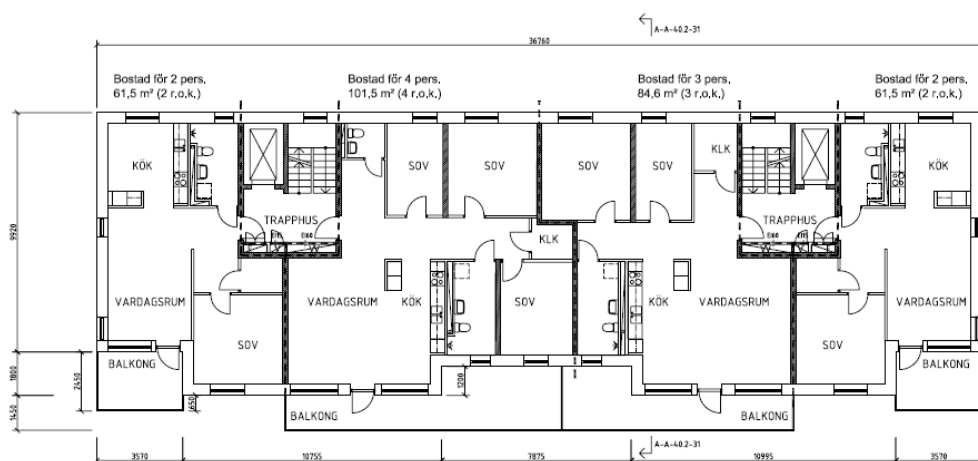
Figur 1 Hus 3 i Svenska Bostäders kvarter Blå Jungfrun i Stockholm som är det referenshus som respektive byggplattform har projekterats för.
Bilder: Reflex Arkitekter AB

Den aktuella byggnaden uppfyller FEBYs energikrav (2008) för passivhus samt ljudklass B, vilket gör att de tekniska funktionskraven är högre än vad Boverkets byggregler kräver, men med ambitionen att bättre avspegla det som byggs i en närtid. Originalbyggande har verifierat att ställda energikrav uppfylls, det vill säga

PLATSGJUTEN BETONGSTOMME MED HALVPREFAB BASERAT PÅ

– yttervägg med halvsandwich eller lätt utfackningsvägg
Juli 2023

ett energibehov på 41 kWh/m² Atemp och år med köpt fjärrvärme och 12 kWh/m² Atemp och år fastighetsel. De analyserade byggnadernas energianvändning baserat på beräkningar.



Figur 2 Planlösning för referenshuset plan 2-6, hus nr 3, Blå Jungfrun.
Källa: Svenska Bostäder

Referensbyggnaden i original utfördes av betong som är det vanligaste stommaterial för flerbostadshus. Eftersom valet av fasadmateriel inte har något med val av stomme att göra så har alla byggnader puts, som är vanligt förekommande för denna typ av byggnad. Exakt utformning av putsningen skiljer något för de olika byggplattformarna anpassat till vald konstruktionslösning.

Alla analyserade byggsystem har projekterats för referenshuset i enlighet med planlösningar och typritningar enligt originalet. Det vill säga, samma antal lägenheter, planlösningar, fönster- och balkongsättningar och så vidare. De olika plattformsalternativen har därmed samma uppvärmda yta, men detaljer för balkonglösningar skiljer något mellan systemen. I samtliga fall är fasaderna putsade, taket är täckt med papp och grundläggningen en platta på mark. Byggnaden saknar underliggande garage och har parkering i markplan. Samtliga byggplattformar uppfyller byggreglernas (BBR) grundläggande krav samt ljudklass B och ett gemensamt teoretiskt energibehov definierat som 41 kWh/m² Atemp och år med köpt fjärrvärme och 12 kWh/m² Atemp och år fastighetsel.

2.1 Metodval

För att bedöma en produkts miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv används livscykelanalysmetodik. En livscykelanalys (LCA) beskriver miljöpåverkan numeriskt inom olika miljöpåverkanskategorier såsom klimatpåverkan, övergödning, marknära ozon och resursanvändning. I detta projekt är det enbart klimatpåverkan som har beräknats.

Livscykelinformation byggnad														Återvinning – samlings- bedömning		
A 1-5 Byggskedet																
A 1-3 Produktskedet			A 4-5 Byggprodukt- tionsskedet		B 1-7 Användningsskedet							C 1-4 Slutskedet			D Övrig miljöinfo	
A1 – Råvaruförskning	A2 – Transport	A3 – Tillverkning	A4 – Transport	A5 – Bygg- och installationsprocessen	B1 - Användning	B2 - Underhåll	B3 - Reparation	B4 - Utbyte	B5 – Renovering	B6 - Energianvändning	B7 - Vattenanvändning	C1 – Demotering, rivning	C2 – Transport	C3 - Restprodukthantering	C4 - Bortskaffning	Återanvändnings-, Återvinnings- & Materialåtervinningspotential

Figur 3 En byggnads livscykel uppdelat i skeden och informationsmoduler (EN15804, EN 15978). "X" anger vilka delar av livscykeln som ingår i beräkningarna för de studerade byggsystemen som redovisas här. I den svenska översättningen av har SIS infört benämningen Byggskedet för modul A1-5 (SIS 2020).

För att en livscykelanalys ska bli entydig, det vill säga ge samma resultat oavsett vem som gör beräkningen, så måste metodanvisningar och andra preciseringar tas fram och låsas fast. De metodval och preciseringar som gjorts här följer de standarder som kopplar till EU:s Byggproduktförordning (EN15804 och EN 15978). Det innebär bland annat att beräkningar görs enligt principerna för en "bokförings-LCA" och principen om "modularitet". Enligt dessa standarder delas ett byggnadsverks livscykel in i moduler och livscykelskeden enligt Figur 3. Karbonatisering av betong ingår under modul B1. Lagring av biogent kol och dess bidrag som en positiv tillfällig biogen kolsänka har inte inkluderats i beräkningarna i denna sammanfattning, då det saknas allmänt accepterad metodik för att bedöma dess storlek.

Klimatpåverkan har beräknats i projektet med hjälp av data från IVL:s miljödatas bygg och LCA-beräkningsverktyget Anavitor. De LCA-data som används är så kallade generella och har valts för att vara representativa för de produkter som används på den svenska marknaden. Gjorda antaganden och beskrivning av beräkningarna i övrigt finns redovisade i projektets underlagsrapport (Erlandsson och Malmqvist, m.fl., 2018, Erlandsson m.fl. 2018).

LCA-beräkningarna har baserats på en digital modell som omfattar digital A- samt K-ritningar. Detta underlag består av IFC-modeller där mängder kan specificeras på elementnivå för alla delar av objektet som skall beräknas.

Den digitala modellen har kompletterats med sådana resurser som inte inkluderats enligt NCC resurssammanställning för alternativ B (se Figur 7), så att en resulterande resurssammanställning erhållits som är lika komplett för de byggdelar som ingår.

Denna resurssammanställning omfattar då dränerande lager och uppåt fransett installationer, invändiga ytskikt samt inredning. För schablondata för installationer samt invändiga ytskikt har tidigare använda uppgifter (Erlandsson m.fl. 2018) bytts ut till de som används i den så kallade Referensvärdesstudien version 2021 (Malmqvist m.fl. 2021). Beräkningen enligt referenshuset Blå Jungfrun inkluderar därmed alla de utvalda byggdelar som ska ingå i den föreslagna kommande obligatoriska klimatdeklarationen med gränsvärde 2025.

Specifika data för prefabricerade betongelement ingår och baserat på produktionen i Thomas Betong AB fabriker (återfinns i modul A1-3), samt byggarbetsplatsens miljöpåverkan beräknat enligt den schablonmetod som utvecklats i samma projekt, vilket innebär att samma uppgifter som för volymelement av trä används för det analyserade system (se Tabell 2). För vissa byggdelar såsom balkong, trapphus och tak har kompletterande resurssammanställningar tagits fram.

Det digitala ritningsunderlaget används som indata till LCA-beräkningsverktyget Anavitor. Detta underlag består av IFC-modeller, där mängder kan specificeras på elementnivå för alla delar av objektet som skall beräknas. Dessutom har beräkningen gjorts med en detaljerad specifikation på de olika byggelementens uppbyggnad, så att elementen kan beräknas repeterbart enbart baserat på parametrar, för att elementen enkelt skall kunna användas i framtida klimatberäkningar.

2.2 Arbetsbeskrivning

Informationsbyggarna och IVL Svenska Miljöinstitutet har på uppdrag av Thomas Concrete Group och Thomas Betong AB utfört klimatberäkningar baserat på referensbyggnaden Blå Jungfrun för två tekniska lösningar (stomalternativ) med betongstommar som sedan klimatförbättrats i två steg.

Thomas Concrete Group har tagit fram en 3D-modell (Revit) baserat på referenshusets Blå Jungfrun A-ritning och sedan dimensionerat stommarna som har två olika yttervägglösningar. Dessa lösningar har samma grundläggande teknisk prestanda såsom ljudklass och energianvändning som gäller för referenshuset Blå jungfrun (se Erlandsson m.fl. 2018). Som ytterligare stöd har Thomas Concrete Group haft tillgång till NCC byggkostnads kalkyl för referenshuset som har en betongstomme med lätta utfackningsväggar som ingick i studien som jämförde 5 olika byggsystem (Erlandsson m.fl. 2018). På så sätt har övriga delar utöver byggnadens stomme baserats på utformning och mängdning från NCC byggnad för platsgjuten betong och en lätt utfackningsvägg som finns beskriven i rapporten "LCA av fem byggsystem" (Erlandsson m.fl. 2018).

Baserat på ovanstående information har nya informationsmodeller skapats för de olika analyserade byggnadslösningarna i LCA-beräkningsverktyget Anavitor. Dessa informationsmodellers underlag har sedan används som består då av för mängdavgivning från modellen och som komplement har även ett Exceldokument med mängder levererats av Thomas Concrete Group, samt underlag från NCCs byggkostnads kalkyl för de byggdelen som inte ingick i den digitala modellen för stommen. Underlag för karbonatisering har beräknats av Thomas Concrete Group enligt standarden EN 16757:2017 (se antagande i separat bilaga).

Vidare har Thomas Betong AB tagit fram miljövarudeklarationer (EPD) för fabriksbetongen samt prefabricerade betongelement. Dessa EPD:er har tagits fram i IVLs EPD-generator för betong. EPD:erna är så kallade dotter-EPD, vilket innebär att de är en variant av en tredjepartsgranskad EPD som kommer från ett verktyg med låsta och kvalitetssäkrade underlagsdata. Dessa har sedan gjorts digitalt tillgängliga för Anavitor genom att publiceras i Byggsektorns Resurshubb (se separat bilaga med tabell över alla EPD som används). Resurshubben är uppbyggt kring ett resursregister över alla slags resurser som används under en byggnads livscykel. Till en resurs kopplas sedan generiska LCA-data från olika källor samt specifika EPD:er från enskilda företag. Vid beräkningar av klimatpåverkan för armering av de två stommarna för Thomas Concrete Group används EPD-data från Celsa Steel Service.

Informationsbyggarna har gjort LCA-beräkningarna i verktyget Anavitor baserat på det underlag som beskrivs ovan. Informationsbyggarna har använt beräkningsverktyget Anavitor kombinerat med generiska LCA-data från databasen IVL Miljödatabas Bygg (MDB 2022), som görs digitalt tillgängliga för Anavitor via Byggsektorns Resurshubb. IVL Miljödatabas Bygg innehåller fler resurser än

motsvarande databas från Boverket, samt har med alla miljöpåverkanskategorierna och inte bara klimatpåverkan.

Via byggsektorns resurshubb har IVL även tillhandahållit schabloner för de byggdelar som inte inventerats samt för byggarbetsplatsens miljöpåverkan (dvs SBEF bygghet 7 och 8 samt A51-5). Baserat på beräkningsresultat har Informationsbyggarna även tagit fram figurer och tabeller för att illustrera beräkningsresultatet (se separat bilaga).

IVL har slutligen räknat om resultaten för de olika byggnader som redan analyserats enligt referenshuset Blå Jungfrun så att de baseras på samma schabloner. IVL har kvalitetsgranskat beräkningarna från Informationsbyggarna, samt sammanställt beräkningsförutsättningarna i detta PM på samma sätt som övriga plattformar som redan analyserats för referensbyggnaden Blå Jungfrun.

2.3 Analyserade byggsystem

Analysen utgår från en byggnad med platsgjuten betongstomme där valven gjuts med ett plattbärlag och innerväggarna med skalväggar. Stomlösningen kan beskrivas med termen halvprefab. Följande byggnadssystem har analyserats:

- **Platsgjuten betongstomme** med plattbärlag, skalväggar och med **halvsandwich i fasad**
- **Platsgjuten betongstomme** med plattbärlag, skalväggar och med **lätta utfackningsväggar i fasad**

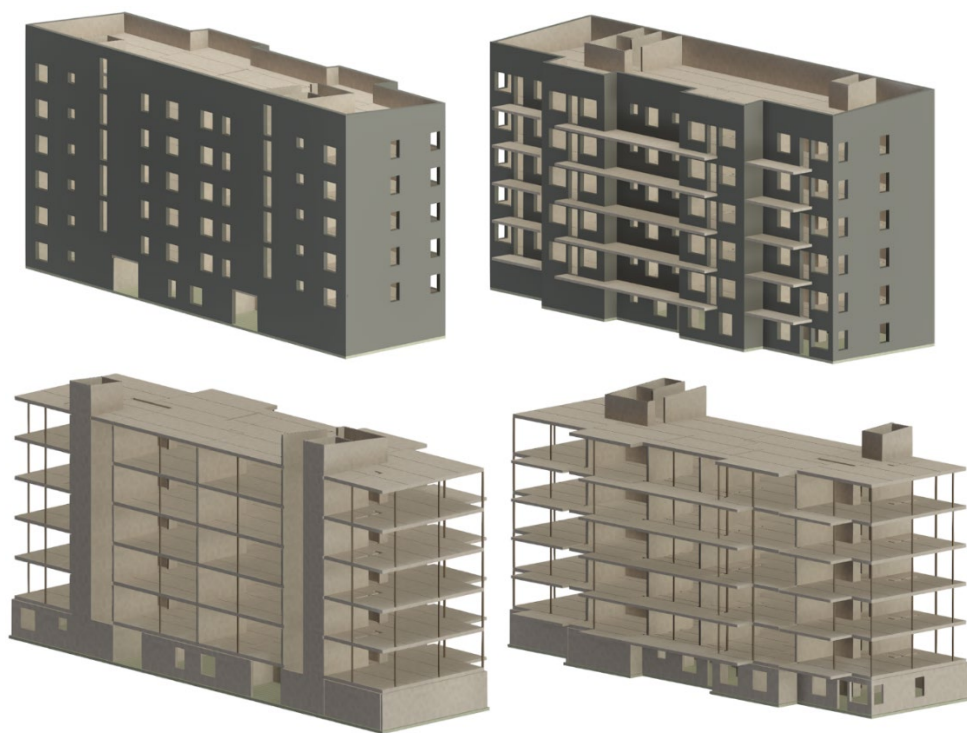
För den betong som används till stommen inventeras tre olika betongkvaliteter enligt nedan:

- **Referens** som utgör en bedömning av vad som är "vanliga" betongkvaliteter när man bygger idag
- **Steg ett** innebär en betongkvalité som relativt enkelt kan användas idag utan att påverka byggprocessen.
- **Steg två** innebär ett betongrecept som går ett steg längre för att minska klimatpåverkan och som kräver vissa åtgärder på arbetsplatsen.

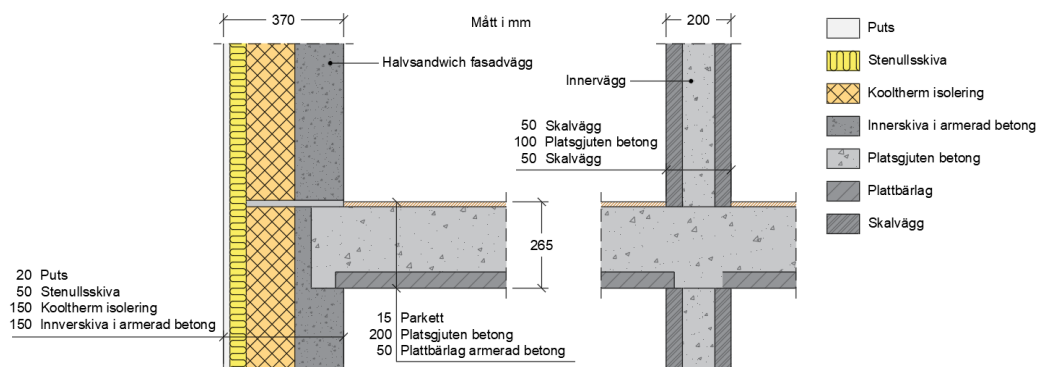
PLATSGJUTEN BETONGSTOMME MED HALVPREFAB BASERAT PÅ

– yttervägg med halvsandwich eller lätt utfackningsvägg
Juli 2023

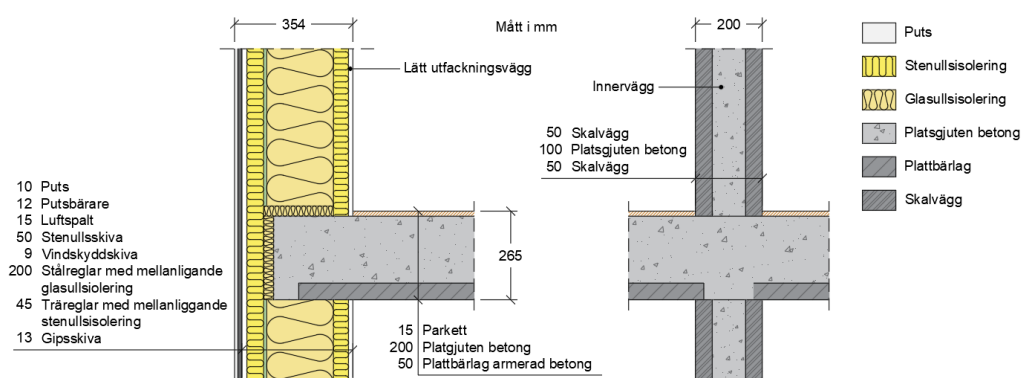
Byggnaden så som den ser ut i den digitala modellen som tagits fram av Thomas Concrete Group framgår av Figur 4. De två analyserade alternativens sammansättning illustreras av Figur 5 och Figur 6.



Figur 4 Referenshuset Blå Jungfrun baserat på en illustration från underliggande digital modell (översta raden visar modellen för alternativet med halvsandwich i ytterväggen och nedre raden alternativet med en lätt utfackningsvägg).



Figur 5 Platsgjuten betongstomme med plattbärlag, skalväggar och med halvsandwich i fasad.



Figur 6 Platsgjuten betongstomme med plattbärlag, skalväggar respektive med lätta utfackningsväggar i fasad.

Samtliga analyserade betongkvaliteter finns i Thomas Betongs produktion redan idag och visar med andra ord på klimatförbättringar som kan implementeras om minskad klimatpåverkan önskas.

2.4 Gemensamma schabloner

När de ursprungliga beräkningarna utfördes för "LCA av fem byggsystem" (Erlandsson m.fl. 2018), saknades det uppgifter om vilka mängder som användes för invändiga ytskikt och rumskomplettering (dvs främst SBEF Bygghel 7) för vissa byggsystem som inventerats. Detta gjorde att ett schablonvärde skapades som adderades till de system vars digitala modeller eller byggkostnadssammanställningar saknade denna typ av information. Installationerna (SBEF bygghel 8) inventerades med en gemensam inventering i rapporten LCA av fem byggsystem. Alla byggnader i originalstudien använde samma schabloner för installationer och liknande data för invändiga ytskikt mm, då det är samma A-ritning med planlösning och inredning som analysen utgår ifrån. Vid denna tidpunkt saknades inventeringar för dessa bygghel (vilket är ovanligt även idag) och eventuell brist i dessa uppgifter bedöms inte påverka jämförelsen utan bara storleksordningarna mellan olika delar av byggnaden och dess livscykel. Dessa schabloner har nu uppdaterats i referensvärdesstudien och för att uppnå jämförbarhet med denna studie och referensbygghel Blå Jungfrun har vi här valt att använda de nyare och uppdaterade schablonerna, se Tabell 1. En konsekvens av detta val är att jämförelse med tidigare analyser ska vara möjlig så måste även dessa resultat beräknas om baserat på nya uppdaterade schablonerna.

PLATSGJUTEN BETONGSTOMME MED HALVPREFAB BASERAT PÅ

– yttervägg med halvsandwich eller lätt utfackningsvägg
 Juli 2023

Tabell 1 Använda värde kg CO₂e/m² Atemp för invändiga ytskikt, installationer och byggarbetsplatsen i denna studie baserat på uppgifter för flerbostadshus från referensvärdesrapporten (Malmqvist m.fl. 2021), samt jämförelse med LCA för fem byggsystem) Erlandsson 2018).

Källa	Invändiga ytskikt	Installationer	Byggarbetsplatsen
Referensvärdesstudien	34,3	17,2	19,4 (17,1 BTA)*
Fem byggsystem	19,2	15,6	30,8**

* Omräknat till Atemp med faktorn 1.14 baserad på tabell 3 i (Erlandsson m.fl. 2018) som beskriver BTA för de fem analyserade systemen.

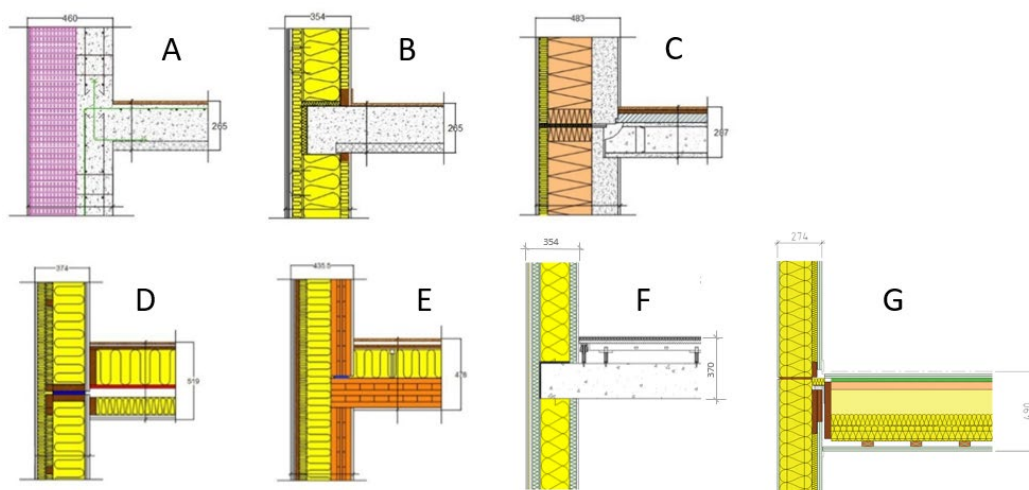
** Avser platsgjuten betongstomme. Värdena för byggarbetsplatsen för olika byggnadstyper varierar mellan 26 och 35 kg CO₂e/m² Atemp.

Skillnaden mellan de schabloner som användes i referensvärdesstudien och de som användes i LCA-studien av fem byggsystem är totalt sett bara 5,3 kg CO₂e/m² Atemp (70,9 – 65,6), men skillnaderna mellan invändiga ytskikt och byggarbetsplatsens klimatpåverkan skiljer relativt mycket mellan de två olika källorna. Notera att referensvärdesrapporten kommer uppdateras våren 2023 och detta kan påverka schablonerna ytterligare. Uppdateringen av schabloner i den uppdaterade referensvärdestudien baseras på ytterligare inventeringar som genomförts för att på så sätt öka precisionen på de schabloner som används för att beskriva ett tänkt medelvärde av det som byggs idag uppdelat på olika byggnadstyper. Genom att även använda dessa schabloner för referenshuset Blå Jungfrun kan man säga att dessa byggdelaers miljöpåverkan är representativa inte bara för referenshuset utan ett tänkt medelvärde för de flerbostadshus som byggs.

Eftersom beräkningarna baseras på hus som inte har byggts i verkligheten har förenklade och schablonbaserade beräkningar även använts för det Boverket som benämner "A5 Energi" eller som normalt i sektorn benämns A5.2-A.5.5. Informationsmodulerna A5.2-A.5.5 beskriver byggarbetsplatsens miljöpåverkan fränsett spill som av Boverket benämns A5 Spill respektive A5.1 enligt Svenska allmän praxis. De beräkningar som genomförts här följer de generiska uppgifter som anges i Boverkets databas, fränsett transportavstånd för fabriksbetong och prefabelement (se separat bilaga). Tidigare genomförda beräkningar använder de generiska data såsom finns i IVL Miljödatabas Bygg, men är i stort sett identisk med Boverkets databas, då dessa baseras på den förstnämnda referensen med vissa mindre ändringar.

2.5 Tidigare resultat från andra byggsystem som beräknats för referenshuset Blå Jungfrun

I detta stycke redovisas resultat för klimatpåverkan för de senast beräknade sex projekterade lösningarna för referenshuset Blå Jungfrun som publicerats i Erlandsson m.fl. (2018) och Erlandsson & Malmqvist (2018) och för detaljerad information för dessa plattformar hänvisas till dessa rapporter. De olika plattformarna som analyserats framgår av Figur 7.



Figur 7 Detalj från yttervägg/bjälklagsanslutningarna i A) platsgjuten betong med bärande yttervägg, B) platsgjuten betong och lätt utfackningsvägg C) prefab betong med bärande yttervägg, D) volymelement av trä, E) KL-trä i stomme och yttervägg och F) Pelardäck, betongprefab och stålpelare/-balkar, G) lätt utfackningsvägg.

Historiskt sett har det största bidraget till klimatpåverkan från byggnaderna kommit från uppvärmningen. Men genom allt högre krav på låg energianvändning och bättre energimix har dessa utsläpp minskat påtagligt och de är på väg ner ytterligare. I dag står därför byggandet och tillverkningen av byggnadsmaterial för allt större andel och klimatpåverkan från uppvärmningen är mindre än hälften analyserat över en analysperiod om 50 år, se Tabell 2. Vi behöver därför nu tydligare fokusera på att göra klimatsmarta materialval. Enligt beräkningar kan vi nå långt med känd teknik, men nya innovativa lösningar behöver också forskas fram om den byggda miljön ska bli klimatneutral.

I tabellen nedan har klimatpåverkan över hela livscykeln sammanställts från dels de fem byggnader som ingick i originalstudien (Erlandsson 2018) och en beräkning för ett pelardäck (Erlandsson, Malmqvist 2021) samt byggnaden med en stomme av lätta träreglar (Erlandsson m.fl. 2021). I tabellen nedan (Tabell 2) har alla schablonvärde där klimatpåverkan för byggdel 7 och 8 samt byggarbetsplatsen räknats om så att de överensstämmer med Referensvärdesrapporten från år 2023 (se Tabell 2).

Tabell 2 Hittills genomförda beräkningar enligt referenshuset Blå Jungfrun omräknat efter schabloner baserade på Referensvärdesstudien 2022 (enligt tabell1. Värdena ges i kg CO_{2e}/m² Atemp i alla kolumner utom den sista som är per m² BTA, det vill säga på så sätt som gränsvärdet anges enligt Boverkets förslag

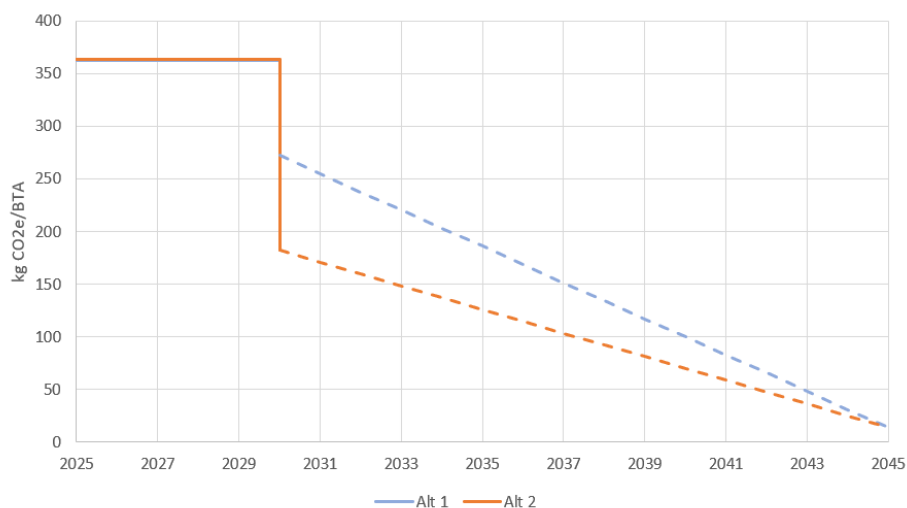
Byggsystem	A1-3 Produktskede	A4 Transport	A5.1 Spill	A5.2-5.5 Byggarbetsplatsen	B1) Karbonatisering	B2.4 Underhåll och utbyte 50 år	B6) Driftsenergi	CL-4 Slutskede	Summa livscykeln A-C	A1-5 Byggskedet, Atemp	A1-5 Byggskedet, BTA
A) Platsgjuten betong med kvärsittande form, bärande yttervägg	296	11	6	17	-4	17	188	18	549	330	291
B) Platsgjuten betong, lätta utfackningsvägg	251	11	14	17	-3	17	188	14	509	293	258
C) Prefab betong, bärande yttervägg i betong	231	24	4	17	-3	18	188	6	484	275	242
D) Volymelement med trä	193	18	6	10	-1	24	188	10	448	227	200
E) KL-trä i stomme och yttervägg	184	19	6	17	-1	22	188	8	442	225	198
F) Pelardäck, betongprefab och stålpelare/-balkar, lätta utfackningsvägg	199	24	4	17	-2	18	188	6	453	243	214
G) Träbaserade byggelement med lättbalkar	154	9	5	17	-1	24	188	5	403	186	164

Boverket har valt BTA/bruttoarea som ytenhet för den lagstadgade klimatdeklarationen. Atemp är på det sätt klimatpåverkan redovisas enligt Taxonomin och ”uppvärmd area” är det som vanligtvis används i en LCA, då det är närmre en ”funktionell enhet” än bruttoytan. I förslaget till det nya energiprestandadirektivet hänvisas till taxonomin, varför det är troligt att om denna nya obligatoriska europeiska klimatpåverkan blir av så ska Atemp användas. För att öka jämförbarheten med den lagstadgade klimatpåverkan så har klimatpåverkan per m² BTA lagts till i Tabell 2.

3 Referensvärdestudien och Boverkets förslag på gränsvärde

Med de omräkningar som gjorts här är de beräkningsresultat som ges i tabell 2 för byggskedet A1-5 direkt jämförbara med de gränsvärde som Boverket hittills publicerat i sin dialog från det pågående utredningsarbetet (se Figur 8 nedan). Samtliga byggnadstyper som analyserats enligt referensbyggnaden Blå Jungfrun

klaras dessa ett gränsvärdeskrav som motsvarar median för flerbostadshus (även om 100% generiska data används med ett påslag på 25% dvs 364 kg CO₂e/m² BTA).



Figur 8 Boverkets inledande förslag på nivå för skärpning (exempel flerbostadshus). Källa: Förslag presenterat på hearing med förslag på införande av gränsvärde 31 augusti 2022 anordnad av Boverket baserat på underlag ifrån referensvärdesstudien (Malmqvist et al 2021).

Om det i stället jämförs med det skarpa gränsvärde som också redovisas i Boverkets underlag till sin hearing 31 augusti 2022, så är det skarpaste förslaget; "30 % bättre än 75-persentilen" och ger ett gränsvärde på 314 kg CO₂e/m² BTA (se Figur 9).

Resultatet från de beräkningar som genomförts redovisas i tabellen nedan och visar att det bästa klimatomfattigt förbättrade alternativet från Thomas Betong utvalda konstruktionslösningar är det alternativet som benämns: "Platsgjutet med plattbärlag, skalvägg och lätt utfackningsvägg klimatomfattad fabriksbetong

PLATSGJUTEN BETONGSTOMME MED HALVPREFAB BASERAT PÅ

– yttervägg med halvsandwich eller lätt utfackningsvägg
Juli 2023

steg två”. Detta alternativ är det mest klimatförbättrade alternativet som analyserats av TCG, med en klimatpåverkan som är i samma storleksordning som tidigare analyserade alternativet med volymelement av trä eller KL-trä, se Tabell 3.

Alternativet med lättreglar av trä är det som har fortsatt lägst klimatpåverkan bland de byggsystem som analyserats. De två utförande med standardbetong uppvisar samma klimatpåverkan från byggskedet som tidigare studier (2018), men betydligt lägre än de betongbyggnader som finns bland de flerbostadshus som ingår i Boverkets rapport för att sätta gränsvärde (Malmqvist m.fl. 2021) och beror på att dessa byggnader har betydligt högre mängd betong per m².

Tabell 3 Klimatpåverkan under hela livscykeln för hittills genomförda beräkningar enligt referenshuset Blå Jungfrun omräknat efter schabloner baserade på referensvärdesstudien 2023 (enligt Tabell 1), samt här genomförda beräkningar. Värdena ges i kg CO₂e/m² Atemp i alla kolumner utom den sista som är per m² BTA, det vill säga på så sätt som gränsvärdet anges enligt Boverkets förslag.
Referenser: Omräknade uppgifter baserat på Erlandsson m.fl. (2018), Erlandsson och Malmqvist (2018), Erlandsson m.fl. (2020) och resultat från denna studie.

Byggsystem	A1-3 Produktskede	A4 Transport	A5.1 Spill	A5.2-5.5 Byggskedet	B1) Karbonatisering	B2-4 Underhåll och utbyte 50 år	B6) Driftsenergi	CL-4 Slutskede	Summa livscykeln A-C	A1-5 Byggskedet, Atemp	A1-5 Byggskedet, BTA
A) Platsgjuten betong med kvarsittande form, bärande yttervägg	296	11	6	17	-4	17	188	18	549	330	291
B) Platsgjuten betong, lätta utfackningsvägg	251	11	14	17	-3	17	188	14	509	293	258
C) Prefab betong, bärande yttervägg i betong	231	24	4	17	-3	18	188	6	484	275	242
D) Volymelement med trä	193	18	6	10	-1	24	188	10	448	227	200
E) KL-trä i stomme och yttervägg	184	19	6	17	-1	22	188	8	442	225	198
F) Pelardäck, betongprefab och stålpelare/-balkar, lätta utfackningsvägg	199	24	4	17	-2	18	188	6	453	243	214
G) Träbaserade byggelement med lättbalkar	154	9	5	17	-1	24	188	5	403	186	164
TCG 1: Platsgjutet med plattbärlag, skalväggar och halvsandwich, standard betong	293	9	5	17	-7	17	188	12	534	324	285
TCG 2: Platsgjutet med plattbärlag, skalväggar och halvsandwich, klimatförbättrad färskbetong steg 1	228	9	4	17	-5	17	188	12	470	258	227
TCG 3: Platsgjutet med plattbärlag, skalväggar och halvsandwich, klimatförbättrad färskbetong steg 2	214	9	8	17	-5	17	188	12	460	248	218
TCG 4: Platsgjutet med plattbärlag, skalväggar och lätt utfackningsvägg, standardbetong	267	6	3	17	-6	17	188	11	503	293	258
TCG 5: Platsgjutet med plattbärlag, skalväggar och lätt utfackningsvägg, klimatförbättrad färskbetong steg 1	218	6	3	17	-4	17	188	11	456	244	215
TCG 6: Platsgjutet med plattbärlag, skalväggar och lätt utfackningsvägg, klimatförbättrad färskbetong steg 2	203	6	3	17	-4	17	188	11	441	229	202

Klimatpåverkan för A5.2-5 samt B2-4 är hämtade från tidigare studier för motsvarande byggnader och vars relativa betydelse är liten i förhållande till A1-5.1 (som beräknats här). Klimatpåverkan för energianvändningen (B6) är samma i alla alternativen i Tabell 3. Generellt gäller att uppförandet av byggnaden dvs byggskedet A1-5 är det skede som dominerar, vilket även gäller det mest

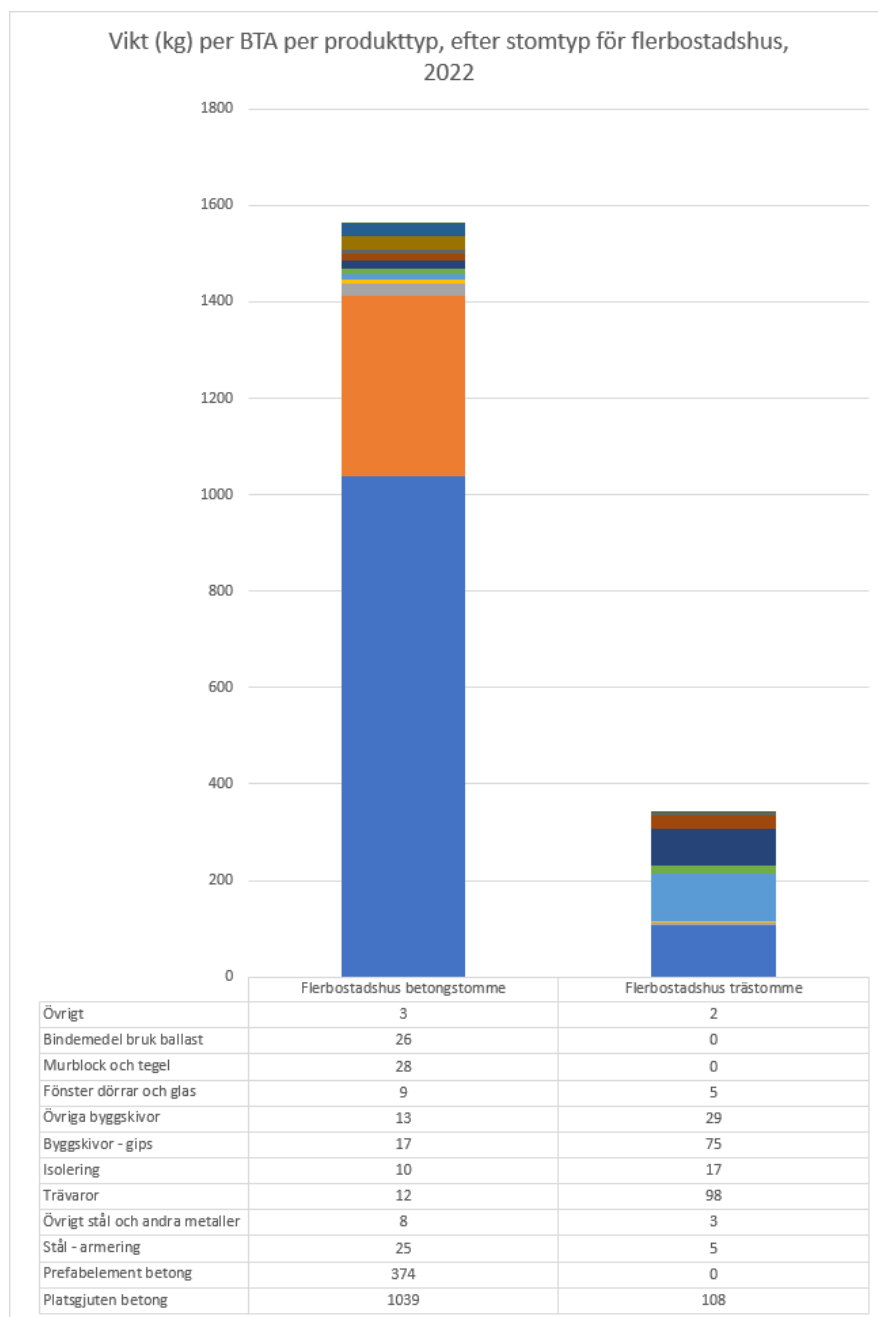
klimatförbättrade alternativet som analyserats. Detta klimatförbättrade alternativ står för ca 80% av byggnadens klimatpåverkan under dess analyserade livscykel på 50 år, om man tar bort brukarnas energianvändning (B6).

5 Slutsatser och diskussion

Det finns alltid ett behov att kunna validera olika beräkningar mot varandra. Fördelen med klimatberäkningar enligt referenshuset Blå Jungfrun är att de avser en hel livscykel (50 år) och är i sin utformning med grundläggande prestanda jämförbara. En möjlig alternativ kunskapskälla för att jämföra resultaten för de betonghus som beräknats här baserat på de projekteringslösningar som Thomas Concrete Group har tillhandahållit är att jämföra med den så kallade referensvärdesstudien. Median ligger i denna studie för hus med betongstomme på cirka 350 kg CO_{2e}/m² BTA vilket är betydligt högre än samtliga hus som beräknats enligt referenshuset Blå Jungfrun. Den enskilt största skillnaden mellan de betonghus som ingår i referensvärdesstudien och beräknats enligt Referenshuset Blå Jungfrun är mängden betong som används.

PLATSGJUTEN BETONGSTOMME MED HALVPREFAB BASERAT PÅ

– yttervägg med halvsandwich eller lätt utfackningsvägg
Juli 2023



Figur 10 Materialanvändning för de flerbostadshus som ingick i referensvärdesstudien. Uppgifterna i figuren baserad på underlagsmaterial till referensvärdesstudien (Malmqvist m.fl. 2021).

I referensvärdestudien åtgår det i medelvärde ca 1500 kg betong (prefab och fabriksbetong, se Figur 10) per m² BTA. Samma siffra för Thomas Concrete Group är drygt 1000 kg/ m² BTA och i NCC plattformshus så är siffran knappt 1000 kg/m² BTA (Dahlqvist 2023). Ett enkelt överslag visar således att det skulle kunna gå att

spara 500 kg betong per medelvärdeshus bara genom att effektivera materialanvändningen. Detta skulle leda till en minskad klimatpåverkan på ca 75 kg CO₂e/m² BTA dvs 275 kg CO₂e/m² BTA A1-5, dvs i samma storleksordning på klimatpåverkan som de två analyserade standardlösningarna har. Denna besparingspotential ligger i paritet med vad som redan tidigare analyserats för referensbyggnaden Blå Jungfrun får ett betonghus där klimatpåverkan i basutförandet 350 kg CO₂e/m² Atemp minskar stegvis genom sammanlagt 10 olika förbättringssteg för att landa på ca 220 kg CO₂e/m² Atemp A1-5. Dessa förbättringar av byggnaden resulterar precis som i de alternativ som beräknats i denna studie att med befintlig teknik kan de klimatförbättrade betongalternativen komma ner i samma storleksordning som KL-Trä och volymelement av trä, men inte klimatmässigt till den nivå som lättbyggnadsteknik av trä (Masonite-balkar) visar på, se alternativ G i Tabell 3 (Erlandsson m.fl. 2020).

De analyserade betonglösningarna framtagna av Thomas Concrete Group kan i detta perspektiv beskrivas som betongeffektiva/-slimmade och med de exempel på förbättringsåtgärder som beräknats kan de stå som exempel för den som vill klimatförbättra sin byggnad av betong.

Det finns ytterligare förbättringspotential som inte har beaktats för de analyserade stommarna i denna LCA-studie, t.ex. minskat armeringsspill genom att använda ilägningsfärdig armering (ILF), vilket då skulle gå från 9% till 2% spill. Det är också möjligt att minska bjälklagstjockleken och väggar med 10 till 20 mm med bibehållen ljudklass vilket skulle leda till att betongvolymen skulle kunna minskas med cirka 4 till 8 %.

Begreppet en 'hel livscykel' med en analysperiod på 50 år som standard kan upplevas vilseledande då det flesta byggnader kommer ha en betydligt längre livslängd än så. För flerbostadshus kan man anta att 50 år skulle kunna vara en lämplig indikator på ett förväntat ombyggnadsintervall. Om analysperiod på säg 100 år väljs, så kan man konstatera att det blir oerhört svårt att ta fram scenario för energianvändningen och de energisystem som kommer finnas de närmaste 100 åren. När byggnaden byggs om efter säg 50 år så betraktas denna enligt standarden för byggnader (EN 15978) som en ny investering med ett nytt skede A, B och C. På så sätt kan man säga att metodiken inte visar på en långlivad byggnads fulla potential, där det mest cirkulära är just att skapa byggnader som byggs om i en framtid och inte rivs, men detta metodproblem får vi hantera i ett nytt projekt.

6 Referenser

Dahlqvist L (2023): Personlig kommunikation med Ludvig Dahlqvist, hållbarhetsspecialist, NCC Sverige AB.

Erlandsson M, Peterson D: Klimatpåverkan för byggnader med olika energiprestanda. Underlagsrapport till kontrollstation 2015. För Energimyndigheten och Boverket. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport nr U5176, 27 maj 2015, första version daterad 10 maj 2015.

Erlandsson M (2017): Blå Jungfrun version 2017 med nya cement. IVL Svenska Miljöinstitutet rapport C250, juni 2017.

Erlandsson M, Malmqvist T, Francart N, Kellner J (2018): Minskad klimatpåverkan från flerbostadshus – LCA av fem byggsystem. Underlagsrapport. Stockholm: Sveriges Byggindustrier, IVL Svenska miljöinstitutet rapport C350, oktober 2018.

Erlandsson M, Malmqvist T (2018): Olika byggsystem av betong och trä där mix av material inklusive stål ger klimatfördelar. Bygg & teknik 7/18, 2018 (även publicerad som IVL rapport C355).

Erlandsson M, Peterson D och Jönsson J-A (2020): Referensbyggnaden Blå Jungfrun med träbaserade element med lättbalkar och cellulosaisolering – en klimatdeklaration för hela byggnaden och livscykeln. IVL Svenska Miljöinstitutet, Rapport C 558, november 2020.

Liljenström C, Malmqvist T, Erlandsson M, Fredén J, Adolfsson I, Larsson G, Brogren M. Byggandets klimatpåverkan. Livscykelberäkning av klimatpåverkan och energianvändning för ett nyproducerat energieffektivt flerbostadshus i betong. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapportnummer B2217, 2015.

Malmqvist T, Borgström S, Brismark J, Erlandsson M (2021): Referensvärden för klimatpåverkan vid uppförande av byggnader. Stockholm: KTH Skolan för Arkitektur och Samhällsbyggnad TRITA-ABE-RPT-2021, ISBN: 978-91-7873-954-7, Stockholm oktober 2021.

Bilagor

EPD som används vid beräkningarna

Redovisning av dotter-EPDer som använts vid beräkningarna listas i tabellen nedan baserat på en tredjepartsgranskad "moder-EPD (NEPD-3539-2132-SE):

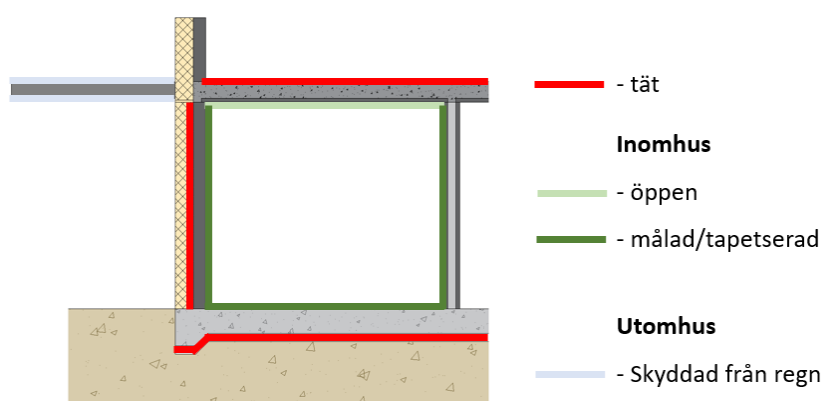
	Dotter-EPD	GUID	EPD nummer
1	balkong alt 1 → Thomabalkong Grön nivå 4 (dEPD)	a81316cd-f066-4f70-99c6-026a7d4d0491	5000000555
2	balkong ref →Balkongplatta ref	3c468d05-51b1-4475-82a9-f9c1da1970a0	5000000500
3	HSW Alt 1 → ThomaHSW Grön nivå 2	a2eee9c4-e43e-4254-a561-9c9af871cf50	5000000501
4	HSW Alt 2 → ThomaHSW Grön nivå 3	abe27651-b6c9-43a1-b077-985483360fe3	5000000502
5	HSW ref → Halvsandwich Yttervägg ref	c3a4e5a2-da7e-474d-aef8-26a9e4584ab2	5000000503
6	PBL Alt 1 Thomaplatta Grön nivå 3 (dEPD)	575cf49f-af67-45a6-9a45-9b813a9ea7e6	5000000504
7	PBL Alt 2 Thomaplatta Grön nivå 4	beaae3f1-a905-4ee0-817b-10871b225224	5000000505
8	PBL ref Plattbärlag ref	599f7dac-f06a-4e3c-b15e-4ece5d93764b	5000000506
9	SKV Alt 1 Thomaskal Grön nivå 2 (dEPD)	1dff8fb5-9bb8-429c-8187-34caa10d61ec	5000000508
10	SKV Alt 2 Thomaskal Grön nivå 4 (dEPD)	2ea26d52-21aa-4942-992f-841a1caf40cd	5000000509
11	SKV igjut alt 1 Thomagrön C 30/37 VCT 0,90	fece88f7-7b43-4ccd-8b34-05484b3757cc	5000000511
12	SKV igjut alt 2 Thomagrön C25/30 VCT 0,9 igjut skalvägg	b4a8b7d3-4326-44ce-a908-bbd25f5743f0	5000000512
13	SKV ref Skalvägg ref d(EPD)	a5a73ceb-716d-4351-9810-65094f1fbb13	5000000510
14	_ 1 PBL pagjut alt 1 Thomatork 5 Grön	d500a7f1-5389-4ab7-b1f8-70eafcc5f60e	5000000519
15	_ 1 PBL pagjut alt 2 Thomagolv 4v Grön	c45bea6f-5a21-4fa5-8e30-5c1d988fef19	5000000520
16	_ 1 PBL pagjut Ref Thomatork 4	34ed1f55-aba4-47e2-96df-7280dc5ea4da	5000000521
17	_ 1 SKV igjut ref C 30/37, VCT 0.9, XC1 (dEPD)	d0234727-56f2-420a-86a4-77880bb10f45	5000000541

Beräkningar för karbonatisering av betong

Beräkningarna för karbonatisering genomfördes av Thomas Concrete Group (Carlos Gil Berrocal) enligt bilaga BB2 i SS-EN 16757:2017 standarden.

Klassificering av betongytornas exponering är enligt Tabell BB.1 i standarden.

Antagande för exponering av betongytor i de olika element i Blå Jungfrus bostadshuset visas i Figur 1.



Figur 11. Antagande för exponering av betongytor.

Resultaten sammanfattas i Tabell 1 där koldioxid upptaget visas för de två olika stommarna för 50 och 100 år livslängd i ton CO₂. Tabell 2 visar resultaten i kg/m² BTA.

Tabell 4. Koldioxid upptag genom karbonatisering i ton CO₂

	50 år			100 år		
	Ref	Alt1	Alt2	Ref	Alt1	Alt2
Platsgjutet med plattbärlag, skalväggar och halvsandwich	17,68	12,29	11,99	19,94	13,97	13,60
Platsgjutet med plattbärlag, skalväggar och lätta utfackningsvägg	15,14	10,69	10,21	16,34	11,72	11,07

Tabell 5. Koldioxid upptag genom karbonatisering i kg/m² BTA

	50 år			100 år		
	Ref	Alt1	Alt2	Ref	Alt1	Alt2
Platsgjutet med plattbärlag, skalväggar och halvsandwich	7,00	4,87	4,75	7,90	5,54	5,39
Platsgjutet med plattbärlag, skalväggar och lätta utfackningsvägg	6,00	4,24	4,04	6,48	4,64	4,39

Beräkningar baseras på en BTA = 2524 m²

Vissa kompletterande projektdata

Ingående byggdelar från IFC-modell enligt alternativet 1 till 3 med halvsandwichväggar sammanfattas nedan:

- Platta på Mark 390 m²
- Yttervägg Halvsandwich 1477 m²
- Plattbärlag med pågjutning 2031 m²
- Balkong 277 m²
- BTA 2524 m²
- Atemp 2198 m²

Ingående byggdelar från IFC-modell enligt alternativet 4 till 6 som använder utfackningsväggar sammanfattas nedan:

- Platta på Mark 390 m²
- Platsgjuten vägg 192 m²
- Stålpelare 0,48 m³
- Skalvägg 1022 m²
- Balkong 277 m²
- Plattbärlag med pågjutning 2031 m²
- Atemp 2198 m²

PLATSGJUTEN BETONGSTOMME MED HALVPREFAB BASERAT PÅ

– yttervägg med halvsandwich eller lätt utfackningsvägg
 Juli 2023

Nedan redovisas densitet och utviktvikt för olika byggdelar

	Densitet (kg/m³)		
	Referens	Steg 2	Steg 3
Balkong	2290	2347	2347
Plattbärlag	2360	2330	2418
Halvsandwich	2398	2330	2418
Skalvägg	2374	2375	2418
	Vikt/yta (kg/m² Atemp)		
	Referens	Steg 2	Steg 3
Balkong	458	469	469
Plattbärlag	118	117	121
Halvsandwich	360	350	363
Skalvägg	237	238	242

Följande specifika transportavstånd har använts i stället för Boverkets generiska.

Prefabbetong	124 km
Armering	100 km
Fabriksbetong	15 km

Övriga Transporter har generiska avstånd. I tidigare beräkningar har generiska beräkningar begagnats.

STOCKHOLM

Box 21060, 100 31 Stockholm

GÖTEBORG

Box 53021, 400 14 Göteborg

MALMÖ

Nordenskiöldsgatan 24
211 19 Malmö

KRISTINEBERG

**(Center för marin forskning
och innovation)**

Kristineberg 566
451 78 Fiskebäckskil

SKELLEFTEÅ

Kanalgatan 59
931 32 Skellefteå

BEIJING, CHINA

Room 612A
InterChina Commercial Building No.33
Dengshikou Dajie
Dongcheng District
Beijing 100006
China

© IVL SVENSKA MILJÖINSTITUTET AB | Tel: 010-788 65 00 | www.ivl.se