

Avdelningen för Byggnadsfysik
Examensarbete TVBH—22/5118
Lund 2022

Klimatberäkning av Pålsjö Äng

- En jämförelse mellan beräkningsmetoder



Tilda Herbertsson
Martin Holgersson



LUNDS
UNIVERSITET

Klimatberäkning av Pålsjö Äng

- En jämförelse mellan beräkningsmetoder

Tilda Herbertsson
Martin Holgersson

Examensarbete

Avdelningen för Byggnadsfysik
Institutionen för Bygg- och miljöteknologi
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

© Tilda Herbertsson & Martin Holgersson

ISRN LUTVDG/TVBH—22/5118—SE(83)

Institutionen för bygg- och miljöteknologi

Lunds tekniska högskola

Lunds universitet

Box 118

221 00 LUND

Sammanfattning

- Titel:** Klimatberäkningar av Pålsjö Äng – En jämförelse mellan beräkningsmetoder.
- Författare:** Tilda Herbertsson & Martin Holgersson
- Handledare:** Stephen Burke, Tekn. Dr.

Emma Winqvist, hållbarhetsspecialist Teknik & Hållbarhet, NCC
- Examinator:** Ulla Janson, Tekn. Dr.
- Bakgrund:** Byggbranschen har i dagsläget en stor miljöpåverkan och det krävs en förändring om de nationella och globala målen angående klimatpåverkan ska uppfyllas. En metod för att bidra till att uppnå målen är klimatberäkningar. Beräkningarna uppmärksammar mängden utsläpp vid nybyggnation och belyser var fokus på förbättring bör ligga.
- Syfte:** Syftet med arbetet är att jämföra avgränsningar mellan de tre klimatberäkningsmetoderna Boverkets klimatdeklaration, LFM30 och NollCO₂ för projektet Pålsjö Äng samt analysera skillnader i resultat.
- Metod:** En litteraturstudie genomförs för att samla relevant information och skapa en bakgrund som beskriver problemet. Beräkningar utförs sedan med metoderna Boverkets klimatdeklaration, LFM30 och NollCO₂ i beräkningsprogrammet Byggsektorns miljöberäkningsverktyg där indata och resultat jämförs mellan metoderna.
- Slutsatser:** Av de tre metoderna var Boverkets klimatdeklaration den minst omfattande beräkningsmetoden, dock den enda som inkluderar produkter på detaljnivå. LFM30 och NollCO₂ inkluderar, utöver samma byggdelar som Boverkets klimatdeklaration, även byggdela 7 och 8. LFM30 inkluderar även en viss mängd markarbete men endast ljus bruttoarea beaktas vid jämförelse med gränsvärde. Beräkningarna skiljer och metoderna är därför, även om resultaten blir snarlika, inte jämförbara med varandra.
- Nyckelord:** Klimatpåverkan, Boverkets klimatdeklaration, LFM30, NollCO₂, EPD, LCA, koldioxidekvivalent, Byggsektorns miljöberäkningsverktyg, klimatberäkning

Abstract

The environmental and climate impact are today central within the building sector. To meet the global and national emission goals more actions need to be taken to reduce the impact of the building sector which is responsible for 21% of Sweden's total greenhouse gas emissions. Climate calculations are a great step in the right direction to draw attention to the impact a building has on the environment and increase the motivation to make a change. In this report, three calculation methods have been used to calculate the environmental effect of NCC's project Pålsjö Äng in Helsingborg. The three methods were Boverket's climate declaration, LFM30 and NollCO₂. The purpose of the study is to compare boundaries and differences in the result between the methods. "Byggsektorns miljöberäkningsverktyg", BM, has been used for the calculations. The cost calculation for the project was used to assure that the right material with the right quantity was put into BM. When the resources were entered into the calculation program each resource was assigned a climate impact. This was done using either generic data from different databases or specific data from EPDs. When all concerned materials have been assigned a climate impact, a total amount of carbon dioxide equivalent emissions are calculated for the project.

The method resulting in the highest emissions of CO₂ equivalents is NollCO₂ which is also the most extensive method, including more components than Boverket's climate declaration and LFM30. NollCO₂ resulted in a climate impact of 259 kg CO₂-eq/m² gross floor area. Boverket's climate declaration, which is more fundamental and considers fewer building components, resulted in a total climate impact of 236 kg CO₂-eq/m² gross floor area. LFM30 gave a climate impact of 237 kg CO₂-eq/m² gross floor area. For all three methods, the load bearing structure represents the highest emissions in CO₂ equivalents. This is due to the large amount of concrete used in the structure.

The methods are difficult to compare because model limitations and included building components vary. The variation in results is mostly due to differences in boundaries between the methods.

Sammanfattning

Miljö- och klimatpåverkan är idag centralt inom byggbranschen. För att uppnå de globala och nationella mål som existerar krävs fler åtgärder för att minska byggsektorns klimatpåverkan. Byggsektorn står idag för cirka 21 % av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser. Klimatberäkningar är ett sätt att uppmärksamma aktörer på den klimatpåverkan branschen utgör och öka motivationen till förändring. I denna rapport används de tre olika beräkningsmetoderna Boverkets klimatdeklaration, LFM30 och NollCO₂ för att beräkna klimatpåverkan av NCC:s projekt Pålsjö Äng i Helsingborg. Syftet var att jämföra avgränsningar och skillnader i resultat mellan de olika metoderna. Byggsektorns miljöberäkningsverktyg, BM, användes för att utföra beräkningarna. Projektets kostnads kalkyl nyttjades för att rätt material med rätt mängd skulle läggas in i BM. När byggresurserna var inlagda i beräkningsprogrammet mappades dessa, vilket innebär att en klimatpåverkan för det specifika materialet applicerades. Detta kunde göras med antingen generiska data från olika klimatdatabaser eller genom specifika data från EPD:er. När byggresurserna har en klimatpåverkan tillagd räknar BM ut en total klimatpåverkan för hela projektet. Därefter adderades eventuella schabloner och påslag.

Störst beräknad klimatpåverkan för det analyserade projektet ger metoden NollCO₂ vilken är den mest omfattande beräkningsmetoden som involverar mest material. Denna metod gav en klimatpåverkan på 259 kg CO₂e/m² BTA. Boverkets klimatdeklaration som är mer grundläggande och beaktar färre byggdelar gav klimatpåverkan på 236 kg CO₂e/m² BTA. LFM30 gav 237 CO₂e/m² BTA. För alla tre metoderna stod stommen för den största andelen klimatpåverkan. För NollCO₂ och Boverkets klimatdeklaration stod även husunderbyggnaden för en stor andel av klimatpåverkan. Detta främst på grund av den stora mängden betong i garaget.

Metoderna är generellt svåra att jämföra då avgränsningar och inkluderade byggdelar skiljer sig åt. Den främsta skillnaden i resultat beror på avgränsningar av byggdelar och om garage och källare inkluderats eller ej.

Förord

Efter fem långa år närmar sig slutet av vår civilingenjörsutbildning inom Väg- och vattenbyggnad vid Lunds Tekniska Högskola. Säcken knyts ihop med detta examensarbete som inte hade varit möjligt utan stöd från NCC och LTH och dessa vill vi rikta ett stort tack till! Vi vill speciellt tacka våra handledare, Emma Winqvist och Stephen Burke för många givande diskussioner och vägledning genom arbetet. Vi vill även tacka Johan Eriksson, platschef på Pålsjö Äng, för studiebesök och hjälp längs vägen. Tack för att ni stod ut med alla våra frågor.

Vi vill även passa på att tacka hela gruppen på Teknik och Hållbarhet på NCC för ett fantastiskt och varmt välkomnande under våren.

Vi har haft fem fantastiska år och funnit många vänner för livet med vilka vi har minnen vi aldrig kommer glömma. Tidiga morgnar och sena nätter, tack!

Det här arbetet hoppas vi ska ge en extra skjuts för klimatberäkningar i branschen och leda till utvecklingen av klimatsmart byggande. Förhoppningsvis kan detta bidra till någonting större.

Lund i maj 2022

Martin Holgersson

Tilda Herbertsson

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	i
Abstract.....	iii
Sammanfattning.....	v
Förord.....	vii
Innehållsförteckning.....	ix
1 Inledning.....	1
1.1 Begrepp.....	1
1.2 Bakgrund.....	2
1.3 Pålsjö Äng.....	3
1.4 Syfte.....	5
1.5 Avgränsningar.....	5
2 Teori.....	7
2.1 Klimatpåverkan.....	7
2.2 Globala målbilder.....	8
2.3 Livscykelanalys - LCA.....	9
2.3.1 Skede A, Byggskedet.....	10
2.3.2 Skede B, Användningsskedet.....	11
2.3.3 Skede C, Slutskede.....	11
2.3.4 Skede D, Påverkan utanför livscykeln.....	12
2.4 Byggbranschens klimatpåverkan.....	12
2.5 Miljövarudeklaration - EPD.....	13
2.6 Klimatoptimering Pålsjö Äng.....	13
2.6.1 Betong.....	13
2.6.2 Taken.....	15
2.6.3 Spill.....	15
2.6.4 Uppvärmning.....	16
2.6.5 Övriga åtgärder.....	16
2.7 Ny lagstiftning.....	16
2.8 Metoder.....	17
2.8.1 Boverkets klimatdeklaration.....	17
2.8.2 LFM30.....	18
2.8.3 NollCO ₂	20
3 Metod.....	23
3.1 Litteraturstudie.....	23
3.2 Platsbesök.....	23
3.3 Beräkningar.....	23
3.3.1 Byggsektorns miljöberäkningsverktyg.....	23
3.3.2 Boverkets klimatdeklaration.....	29
3.3.3 LFM30.....	29
3.3.4 NollCO ₂	31
4 Resultat.....	33
4.1 Indata.....	33
4.1.1 Boverkets klimatdeklaration.....	33
4.1.2 LFM30.....	35
4.1.3 NollCO ₂	35

4.2	Utdata	36
4.2.1	Boverkets klimatdeklaration.....	36
4.2.2	LFM30	41
4.2.3	NollCO ₂	45
4.3	Jämförelse	49
4.3.1	Indata	49
4.3.2	Utdata.....	50
5	Diskussion	51
5.1	Metoderna	51
5.1.1	Boverkets klimatdeklaration.....	51
5.1.2	LFM30	52
5.1.3	NollCO ₂	52
5.2	Jämförelse av resultat	53
5.2.1	Jämförelse med gränsvärden	54
5.2.2	Täckningsgrad	54
5.3	Betong.....	55
5.4	Osäkerheter	56
5.4.1	Valmöjligheter.....	56
5.4.2	Enhet	57
5.5	Green washing.....	57
5.6	Metodval	58
6	Slutsats	59
7	Fortsatta studier	61
	Referenser	63

1 Inledning

1.1 Begrepp

- **Koldioxidekvivalent:** ”Enhet för att mäta den samlade klimatpåverkan från utsläpp av olika växthusgaser. Förkortas vanligen CO₂e” (Boverket, u.å.).
- **EPD:** ””Environmental product declaration”. [...] avses miljövarudeklarationer som följer beräkningsreglerna i EN 15804, vilka även benämns som specifika klimatdata” (Boverket, u.å.).
- **Klimatdata:** ”Utsläpp av växthusgaser uttryckt i kilogram koldioxidekvivalenter per enhet resurs.” (Boverket, u.å.).
- **Specifika klimatdata:** ”Produkt- och leverantörsspecifika klimatdata.” (Boverket, u.å.) Kan hämtas ur EPD:er.
- **Generiska klimatdata:** ”Genomsnittliga klimatdata för resurser som är representativa för svenska förhållanden.” (Boverket, u.å.).
- **Livscykelanalys:** ”Miljöbedömning av en produkts eller tjänsts hela livscykel.” (Boverket, u.å.). Förkortas LCA och består av skedena A-byggske, B-användningsskede, C-slutskede och D-påverkan utanför livscykeln.
- **Klimatberäkning:** En LCA som enbart beaktar klimatpåverkan. Mäts i enhet koldioxidekvivalenter.
- **GWP:** ””Global warming potential”. [...] är olika för respektive växthusgas och GWP anger det totala bidraget till den globala uppvärmningen för den aktuella gasen. Med hjälp av gasernas GWP räknas värdena om till koldioxidekvivalenter.” (Boverket, u.å.).
- **Mappning:** Infoga och tilldela klimatpåverkan till byggresurser (i denna rapport ett byggmaterial eller produkt).
- **Täckningsgrad:** ”Anger den andel (baserat på vikt eller kostnad) av byggresurserna som är kopplade till klimatdata och därmed ingår i klimatberäkningen” (Andersson, et al., 2021). Kvoten mellan kostnaden för mängden produkter med klimatpåverkan och total kostnad.
- **Bruttoarea:** ”Bruttoarea, BTA, är summan av alla våningsplans yta och begränsas av de omslutande byggnadsdelarnas utsida.” (Boverket, u.å.).

1.2 Bakgrund

Klimatförändringar och den globala uppvärmningen är ett problem som idag kontinuerligt växer och påverkar miljön. År 2015 skrev 196 länder på ett avtal i Paris som skulle begränsa den globala uppvärmningen. Parisavtalet innebar bland annat att de deltagande länderna tillsammans skulle bidra till att den globala uppvärmningen stannar under 2 °C (United Nations, 2015). Målbilden är att uppvärmningen, jämfört med nivåerna före industrialiseringen, inte ska överstiga 1,5 °C. Gränsen valdes till 1,5 °C eftersom om temperaturförändringarna förblir lägre kommer effekterna av klimatförändringar vara markant mindre än om gränsen överstigs. Länderna inom Parisavtalet har skyldighet att kunna deklarerat en nationellt beslutad klimatplan som ska uppdateras var femte år (Naturvårdsverket, u.å.).

Rapport från IPCC (2022) visar dock att de nuvarande klimatåtgärderna ej är tillräckliga för att nå det gemensamma klimatmålet, utan förändringar behöver ske på en global nivå. FN:s miljöprogram bedömer att åtgärderna som sker behöver bli tre gånger ambitiösare för att uppnå målet på en maximal ökning av 2 °C (Naturvårdsverket, u.å.).

Samtidigt som utsläpp av växthusgaser i världen ska minska ökar befolkningen (United Nations, 2018). I takt med denna ökning kommer fler bostäder krävas, både i Sverige och i resterande delar av världen. Boverket uppskattar att byggtakten ökade under 2021 med 15 % jämfört med föregående år där cirka 66 000 bostäder påbörjades i Sverige (Boverket, 2021a). Bygg- och fastighetssektorn stod 2019 för 21 % av Sveriges totala koldioxidutsläpp. Denna mängd utsläpp kommer till stor del från betongtillverkning där cement avger avsevärda mängder koldioxid vid produktion. För att Sverige ska uppfylla efterfrågan på bostäder samt nå klimatmålet krävs ett byggnadssätt och en planering där utsläppen från byggsektorn minimeras. Byggsektorn har möjlighet att bidra till förändring och leda arbetet mot en minskad klimatpåverkan framåt om handling tas (Boverket, 2021b).

Klimatberäkningar är ett steg i riktningen att uppmärksamma entreprenörer, leverantörer och byggherrar på effekterna branschen har på klimatet. Allt fler ställer krav på att klimatberäkningar ska genomföras och numera är detta även lagstadgat enligt Boverkets klimatdeklaration (Boverket, 2021c). Arbetet med klimatberäkningar började redan innan lagstiftningen gällande Boverkets klimatdeklaration kom att bli aktuell. Staten och olika privata aktörer driver utveckling och kunskap framåt för att göra byggbranschen mer hållbar. Klimatberäkningar innebär att byggdelar och materials klimatpåverkan beräknas och summeras för att ta fram ett projekts totala klimatpåverkan, ofta per kvadratmeter bruttoarea. Klimatberäkningar kan genomföras från vaggan till graven, alltså från råvara till rivning, men oftast ställs i dagsläget endast krav på det tidigare stadiet i byggskedet. Lagstiftningen ställer inte heller krav på en maximal klimatpåverkan. Krav och gränsvärden är dock något som ska införas i framtiden (Boverket, 2020a).

1.3 Pålsjö Äng

Pålsjö Äng är ett nytt bostadsområde i Helsingborg som ska uppföras av Helsingborgshem med NCC som totalentreprenör. Fokus i projektet är att minimera klimatpåverkan och aktivt arbeta med klimatoptimering. Detta är dock inte det första projekt där Helsingborgshem tillsammans med NCC arbetar med klimatoptimering. Med byggstart år 2020 påbörjade NCC arbetet med projekt Kungsörnen, även det i Helsingborg. Kungsörnen hade ett stort fokus på byggande med lågt klimatavtryck där beställaren och byggherren Helsingborgshem, under den offentliga upphandlingen, valde entreprenör inte enbart baserat på pris utan även på klimatpåverkan. Många olika åtgärder genomfördes för att minska den totala klimatpåverkan men den åtgärd med störst effekt var den optimerade betongen med 40 % lägre klimatpåverkan än traditionell betongstomme. Stommen gjöts på plats för att möjliggöra en smalare och mer exakt konstruktion vilket även innebar en minskning i mängden armering som krävdes (NCC, 2021a). Från Kungsörnen fortsatte konceptet utvecklas och med byggstart under 2021 påbörjades projektet Pålsjö Äng, se Figur 1. Även till detta projekt är Helsingborgshem beställare och byggherre där NCC vann upphandlingen för att bli totalentreprenör återigen baserat på både pris och minskad klimatpåverkan (NCC, 2021b).



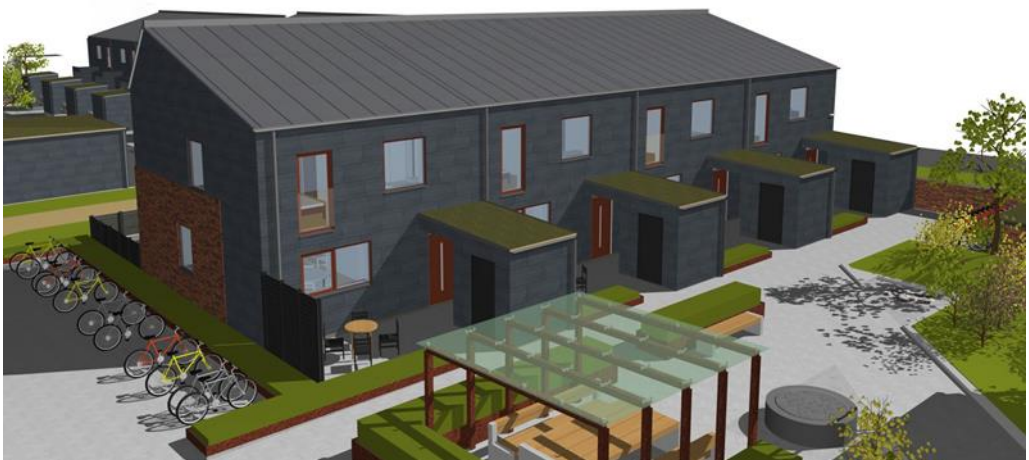
Figur 1 Illustrativ bild över projekt Pålsjö Äng (NCC, 2021b). Bilden visar samtliga byggnader som ska upprättas samt även delar av markarbetet och miljön kring byggnaderna. Notera att samtliga tak på bilden är av bandplåt, detta är inte längre fallet utan bandplåten har ersatts med papp och sedumtak. Kvarter 1 till vänster i bilden och kvarter 2 till höger.

Pålsjö Äng består av tre flerbostadshus med sammanlagt 73 lägenheter samt 11 radhus fördelat i två olika bostadslängor. De två områdena som åtskiljs av grusgång, centralt i Figur 1, är uppdelad som två olika kvarter, kvarter 1 och kvarter 2. Kvarter 1 består av två flerbostadshus samt fyra radhus medan kvarter 2 utgörs av ett flerbostadshus och sju radhus. I Figur 2 samt Figur 3 kan illustrativa bilder över byggnaderna observeras.

Utöver bostadshusen tillkommer även komplementbyggnader och ett parkeringsgarage under jord (NCC, 2021b). Projektet är beläget i Helsingborg med närhet till skog, parker samt grönska. Samtliga lägenheter har antingen balkong eller uteplats (Helsingborgshem, 2021).



Figur 2 Illustrativ bild över ett av flerbostadshusen i projektet Pålsjö Äng (Helsingborgshem, 2021). I bakgrunden går det att urskilja de övriga två flerbostadshusen och även några av radhusen.



Figur 3 Illustrativ bild över fyra radhus i kvarter 1 i projekt Pålsjö Äng (Helsingborgshem, 2021). Till varje radhus hör ett förråd. Till vänster i bilden syns cykelparkeringar medan nederst i bilden syns en pergola som kan användas av de boende i området. Notera att taket inte längre ska bestå utav bandplåt utan i stället av sedum.

1.4 Syfte

Syftet med arbetet är att jämföra olika klimatberäkningsmetoder för projekt Pålsjö Äng och analysera skillnaderna i resultat mellan metoderna. De beräkningsmetoder som kommer analyseras är Boverkets klimatdeklaration, LFM30 samt NollCO₂. Beräkningarna ska göras för modul A1-A5, vilket inom en livscykelanalys är byggskedet. Information angående mängder och material hämtas från kalkyler, leverantörer samt EPD:er. En jämförelse ska sedan göras mellan de olika metoderna för att se skillnader i ingående parametrar samt skillnader i resultat. Beräkningarna utförs på bostadshusen i projekt Pålsjö Äng. Klimatpåverkan definieras vidare i detta arbete som mängd koldioxidekvivalenter som släpps ut per kvadratmeter bruttoarea.

1.5 Avgränsningar

Området klimatpåverkan och klimatberäkningar kan inkludera många olika parametrar. För att begränsa omfattningen har arbetet avgränsats enligt följande punkter.

- Klimatpåverkan beräknas för en sammanslagning av alla projektets delar. Varje enskilt hus beräknas inte för sig själv utan mängderna som införs i beräkningarna är för samtliga byggnader.
- Beräkningarna i denna rapport är baserade på den information som fanns tillgänglig angående projektet i januari år 2022. Material kan komma att bytas ut eller optimeras ytterligare för att minska projektets totala klimatpåverkan.
- Beräkningarna för livscykelanalysen begränsas till skede A, modul A1-A5. Detta dels för att samtliga beräkningar utförs i Byggsektorns miljöberäkningsverktyg, BM, som endast inkluderar skede A. Dels att en stor mängd antaganden hade även behövt göras gällande skede B-D vilket skulle påverkat resultatet.
- Somliga specifika värden från projektet och NCC redovisas inte på grund av sekretess.
- EPD:er används i den mån de finns tillgängliga. I övriga fall används generiska data från Boverkets klimatdatabas.
- Metoderna som används för klimatberäkningarna är Boverkets klimatdeklaration, LFM30 och NollCO₂.
- Upptag av växthusgaser beaktas inte i beräkningarna enligt Boverkets riktlinjer. Biogent kol inkluderas därför inte i material (Boverket, 2021g).

2 Teori

2.1 Klimatpåverkan

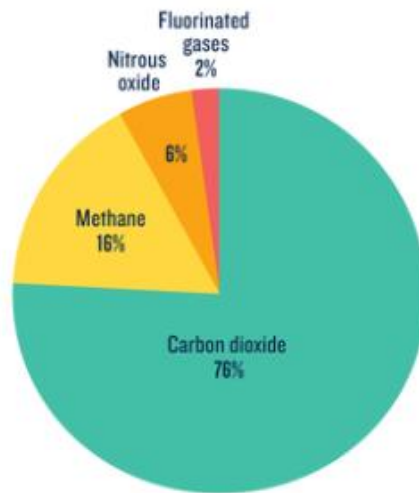
Enligt Naturvårdsverket (2020) uppmättes Sveriges utsläpp av växthusgaser år 2020 till 46,3 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Detta var en minskning med 9 % från föregående år mycket till följd av coronapandemin, då mängden resor samt produktion inom industrin reducerades. Minskning av utsläpp är förmodligen inte en tendens utan endast ett tillfälligt undantag på grund av pandemin. De inhemska utsläppen har dock minskat sedan 1990 och blivit drygt 35 % mindre. Detta är till stor del på grund av nya energikällor och en minskad användning av fossila bränslen vid elproduktion. Utbyggnad av vind- och vattenkraft har ökat tillsammans med fjärrvärmenäten vilket gjort att mindre fossila bränslen förbrukas (Naturvårdsverket, 2020).

Växthusgaser har sedan industriella revolutionens början ökat drastiskt i atmosfären. Mellan år 1750 och år 2011 ökade bland annat koncentrationen av koldioxid med 40 % och metan med 150 % i atmosfären. Olika växthusgaser bidrar olika mycket till den globala uppvärmningen. Hur stor påverkan de olika gaserna har beror på andel gas i atmosfären, dess livslängd i atmosfären samt hur effektivt gasen kan fånga värme (NRDC, 2019). För att kunna mäta denna påverkan och jämföra olika växthusgaser med varandra myntades begreppet GWP, Global Warming Potential, som indikerar hur mycket mer eller mindre emissioner en specifik gas avger jämfört med koldioxid. Som en följd av detta får koldioxid en faktor på 1 GWP då denna är referensvärdet. Metan som är en kraftigare växthusgas har en faktor 25 då den bidrar 25 gånger mer till den globala uppvärmningen än koldioxid vid samma mängd gas (EPA, 2021). I Tabell 1 beskrivs GWP för fyra vanliga växthusgaser. Eftersom olika växthusgaser stannar olika länge i atmosfären beräknas GWP som standard över 100 år. Dessa faktorer används vid omräkningen till koldioxidekvivalenter för att summera och jämföra en total mängd utsläpp (Boverket, 2021b).

Tabell 1 Uppvärmningspotential (GWP) för fyra olika växthusgaser. Koldioxid är referens och får därmed faktor 1 medan övriga gaser får ett värde baserat på hur mycket större uppvärmningspotential de har än koldioxid (NRDC, 2019).

Växthusgas	GWP
Koldioxid, CO ₂	1
Metan, CH ₄	25
Lustgas, N ₂ O	300
Fluorerande gaser, CFC	1 000–10 000

Av människan orsakade totala utsläpp består 76 % av koldioxid (NRDC, 2019). Hur stor andel de övriga beskrivna växthusgaserna utgör av människans utsläpp redovisas i Figur 4.



Figur 4 Andelen av den totala mängden utsläpp som koldioxid (76 %), metan (16 %), lustgas (6 %) och fluorerade gaser (2 %) representerar (NRDC, 2019)

2.2 Globala målbilder

En stor del av det globala klimatarbetet organiseras av FN. Länder kommer gemensamt överens om målsättningar och krav som ska ställas för att tillsammans uppnå målbilden och förbättra klimatet. En del av detta arbete är Agenda 2030 där FN etablerat 17 olika mål för att bland annat förbättra människors levnadsstandard och minska klimatpåverkan (United Nations, u.å.). Då byggindustrin står för en stor del av klimatpåverkan berörs den av flera av de 17 målen i Agenda 2030. World Green Building Council är en ideell förening som har gjort en analys av hur byggsektorn kan påverka hållbarhetsmålen som utformats. Organisationen består av flera företag och aktörer inom byggsektorn som aktivt arbetat för att minska avtrycket byggindustrin gör på miljön. Användning av förnybar energi, minimerad energianvändning och minskade utsläpp av växthusgaser i samband med byggprocessen är några av åtgärderna som bör genomföras (Ny & Thomson, 2021).

Enligt WWF (2021) kommer Sverige i dagsläget inte uppnå de globala mål som framtagits. Användandet av fossila bränslen och material med stor miljöpåverkan är fortfarande för stort. Det krävs fortsatt arbete och metoder för att engagera aktörer i att aktivt jobba för en reduktion av utsläppen.

2.3 Livscykelanalys - LCA

I en livscykelanalys, LCA, beräknas miljöpåverkan från en produkt under hela dess livscykel. Med livscykel menas från det att råmaterialet, som krävs för tillverkning av produkten, utvinns till dess då produkten blir till avfall. När en LCA utförs används begreppet funktionell enhet som är olika beroende på vad som beräknas. Vid till exempel byggnation används ofta en area, vikt eller volym som funktionell enhet (SLU, 2021). I Figur 5 illustreras livscykeln och dess olika skeden för en byggnad (Boverket, 2019a).



Figur 5 Schematisk illustration över livscykeln för en byggnad från utvinningen av råvaror till rivning och återbruk (Boverket, 2019b).

Vid beräkning av LCA för byggnader och projekt tas klimatpåverkan från samtliga material med i beräkningen. Något som är av stor vikt är hur produkter eller materialet avgränsas. Olika avgränsningar i livscykeln kan ge skillnader i resultat (Boverket, 2020b). Ett exempel på detta är trä som under sin livstid absorberar koldioxid genom fotosyntesen. Detta medför att trä kan bli klimatneutralt, och i vissa fall även uppta mer koldioxid än vad det avger om dess livscykel studeras. Avgränsas däremot analysen till när råvaruuttagningen sker beaktas inte den positiva klimatpåverkan som trä kan ha utan endast den fossila (Svenskt trä, u.å.). Avskogning kan dock också skapa problem för klimatet. Hur skogsavverkningen sker och med vilka maskiner påverkar hur hållbar metoden är. Till exempel kan maskiner drivna med fossila bränslen stå för en miljöpåverkan som ej kan försummas.

De svenska skogarna fungerar som kolsänkor. En kolsänka är ett område som upptar mer koldioxid än den avger och de är en viktig del i att minska koldioxidhalten i atmosfären. Vid avskogning försvinner areor som annars haft förmåga att uppta koldioxid. De boreala skogarna som de svenska skogarna utgör en del av står för 60 % av koldioxidlagringen av världens skog. Detta betyder att skulle de boreala skogarna hanteras och avverkas på oaktsamt sätt kan det få stora konsekvenser för jordens klimat.

Kolsänkorna kan i stället bli kolkällor som bidrar till ökad koldioxidhalt i atmosfären (Boverket, 2021d). Detta är en anledning till att avgränsningarna i en LCA är viktiga att studera då avgränsningarna för materialet är avgörande för hur hållbart det anses vara.

En LCA möjliggör en tydlig bild över vilken del av en produkt eller byggnads livscykel som har störst klimatpåverkan. En livscykelanalys delas in i fyra olika skeden, A, B, C samt D. De olika skedena delas sedan i sin tur in i moduler, se Tabell 2 (Boverket, 2019a).

Tabell 2 Samtliga moduler med tillhörande skeden i livscykeln för en produkt (Swedish Standard Institute, 2011)

Livscykel information	A1-3 Produktskede	A1 - Råvaruförsörjning
		A2 – Transport
		A3 - Tillverkning
	A4-5 Byggproduktionsskede	A4 – Transport
		A5 – Bygg och installationsprocess
	B1-7 Användningsskede	B1 – Användning
		B2 - Underhåll
		B3 – Reparation
		B4 – Ersättning
		B5 – Ombyggnad
		B6 – Energianvändning
		B7 - Vattenanvändning
	C1-4 Slutskede	C1 - Demontering
		C2 – Transport
		C3 - Avfallshantering
C4 - Sluthantering		
Information utanför livscykeln	D Påverkan utanför livscykeln	

2.3.1 Skede A, Byggskedet

Skede A, även kallat byggskedet inkluderar modulerna A1-A5. Skede A är det första skedet i en produkts livscykel och inkluderar allt från utvinningen av naturresurser till dess att projektet är färdigställt och redo för användning (Boverket, 2019a).

- A1 – Råvaruutvinning
- A2 – Transport
- A3 – Tillverkning
- A4 – Transport
- A5 – Bygg och installationsprocess

Modul A1-A3 tillhör produktskedet (Boverket, 2019a). Under produktskedet, inom modul A1, tas eventuella återvunna och återanvända material i beaktning. Modul A1-A3 måste inkluderas då en EPD skapas för ett material eller en produkt (Swedish Standard Institute, 2013). Modul A4-A5 tillhör i stället byggproduktionsskedet. Transporterna i modul A4 inkluderar samtlig transport från tillverkning till byggarbetsplats (Boverket, 2019a). Modul A5 är i sig uppdelad i delarna A5.1-A5.5. Modul A5.1 beaktar spill på arbetsplatsen där mängden spillmaterial genom en spillfaktor kan beräknas. A5.2-A5.5 är klimatpåverkan som sker på byggarbetsplatsen. Det kan till exempel innebära elanvändning för byggbodar, maskiner på arbetsplatsen och markarbete eller sprängning som påverkar den omgivande miljön (IVL, 2022a).

2.3.2 Skede B, Användningsskedet

Skede B, användningsskedet, inkluderar modul B1-B7. I skede B inkluderas allt från dess att byggnaden färdigställts till dess att den ska rivs, med andra ord den period som byggnaden används och det som tillkommer med det (Boverket, 2019a).

- B1 – Användning
- B2 – Underhåll
- B3 – Reparation
- B4 – Ersättning
- B5 – Ombyggnad
- B6 – Energianvändning
- B7 – Vattenanvändning

Vid beräkningar av en livscykelanalys innebär skede B en rad antagande och uppskattningar gällande använd mängd energi, renoveringar etcetera. Först efter detta skede går det att ge exakta siffror på vad klimatpåverkan i själva verket var. Detta eftersom det är svårt att uppskatta vissa moduler, som exempelvis energianvändningen, innan modulen har skett.

2.3.3 Skede C, Slutskede

Slutskedet inkluderar modul C1-C4. Det arbete och den process som sker när livslängden för en byggnad är slut inkluderas i skede C (Boverket, 2019a). Även för detta skede behöver en rad antaganden göras vid beräkningar av klimatpåverkan i tidiga stadier av projekt.

- C1 – Demontering
- C2 – Transport
- C3 – Avfallshantering
- C4 – Sluthantering

2.3.4 Skede D, Påverkan utanför livscykeln

Skede D är, till skillnad från de tidigare skedena, inte uppdelad i några moduler. Skede D tar hänsyn till nytta och belastningar utanför livscykelns systemgränser. Detta kan förslagsvis vara återanvändning av material och produkter samt exporterad energi (Swedish Standard Institute, 2011). Skede D kan med andra ord leda till positiv klimatpåverkan som, om skede D inkluderas i beräkningarna, kan bidra till en lägre klimatpåverkan för projektet.

2.4 Byggbranschens klimatpåverkan

Historiskt sett har den stora klimatpåverkan från en byggnad inträffat under dess driftstid, skede B. I och med att mer fokus har lagts på att bygga välisolerade och energieffektiva hus har detta dock resulterat i att de största utsläppen numera i stället sker under byggprocessen, skede A (Liljenström, et al., 2015). Hus idag kräver mindre energi till uppvärmning då de isoleras effektivare. De använder även energikällor som kräver mindre fossila bränslen än för 20 år sedan, uppvärmning med framför allt olja har exempelvis minskat (Eriksson & Nilsson, 2017). Hur energianvändningen för uppvärmning och varmvatten i småhus, flerbostadshus och lokaler har varierat över tid, samt fördelats mellan olika energikällor redovisas i Tabell 3.

Tabell 3 Total energianvändning för småhus, flerbostadshus och lokaler för uppvärmning och varmvatten i TWh. Tabellen möjliggör en jämförelse mellan de representerade åren och mellan olika uppvärmningskällor (Eriksson & Nilsson, 2017).

Uppvärmningskälla	2002	2007	2012	2016
Total	89,2	78,2	79,5	80,5
Olja	14,8	4,7	2,0	1,0
Gas	1,2	0,9	0,7	0,8
Fjärrvärme	41,0	42,4	45,6	46,3
El	21,8	18,2	18,7	20,8

Eftersom livscykelanalysen bland annat studerar miljöpåverkan under ett materials hela livstid blir det uppenbart att man genom att minska eller eliminera faser ur livscykelanalysen minimerar den beräknade klimatpåverkan (IVL, 2022b). En del av en byggnads livscykel som bidrar till stor klimatpåverkan är avfallet som skapas. Avfallshierarkin är en metod och prioriteringsordning av hur avfall ska hanteras för att minimera klimatpåverkan. Avfall ska i första hand inte uppstå men om det gör det ska avfallet hanteras enligt de efterföljande stegen. Avfallshierarkin är vanligtvis uppdelad i fem steg enligt följande (Miljödepartementet, 1998):

1. Förebygga avfall
2. Återanvändning av material
3. Återvinning av material
4. Energiåtervinning av material
5. Deponi

Inom det cirkulära byggandet appliceras principen enligt avfallshierarkin. Det cirkulära byggandet är en metod för att minimera mängden material, avfall och klimatpåverkan. Grundprincipen för det cirkulära byggandet är att använda kretslopp för material i stället för linjära inköp där varan förbrukas efter användning. Bygg- och rivningsavfall står för ungefär en tredjedel av Sveriges totala avfall, mycket av materialen som slängs har dock kvar sin funktion. Genom att använda materialet på ett mer effektivt sätt kan det återbrukas och nyttjas i nya projekt. Konstruktionsdelar som inte är beroende av sitt estetiska tillstånd utan endast kräver en fungerande hållfasthet, till exempel stommar, är speciellt dugliga att återbruka och återanvända (IVL, 2022b). Återbruk av resurser bidrar till att färre råvaror behöver utvinna. Utvinning av råvaror medverkar till ökade utsläpp men även till att ändliga resurser förbrukas (Sveriges miljömål, u.å.).

2.5 Miljövarudeklaration - EPD

En miljövarudeklaration, oftast benämnd EPD, är en sammanställning av en produkt eller ett materials miljöpåverkan under livscykeln. Hur stor del av livscykeln som beaktas varierar mellan EPD:er och de kan vara avgränsade till endast specifika delar. En EPD kan beskrivas som en sammanställning av en livscykelanalys och produktspecifika regler, PCR, från den engelska översättningen product category rules. LCA är, som tidigare beskrivet, miljöpåverkan under ett materials hela livscykel. Mer om LCA går att finna under avsnitt 2.3 Livscykelanalys - LCA. Produktspecifika regler möjliggör jämförelse mellan olika EPD:er som framtagits från samma kriterier. Kriterierna berör bland annat avgränsningar och vald metod för en specifik grupp av produkter (Boverket, 2019c).

$$LCA + PCR = EPD$$

En EPD är vanligtvis aktuell i tre till fem år. EPD:n ska vara granskad av en oberoende part som säkerställer att informationen är korrekt och trovärdig (Boverket, 2019c). För byggbranschen är EPD:erna utförda enligt standarder SS EN 15804 samt ISO 21930 (EPD International AB, u.å.a). Samtliga EPD:er inkluderar materials uppvärmningspotential eller GWP benämnt i kg CO₂e (One Click LCA, u.å.). GWP är sedan angiven per funktionell enhet som är olika beroende på EPD och kan vara allt från kg till m³. Funktionell enhet beror på material, mängd och vikt. GWP används vid klimatberäkningar för att ta fram total klimatpåverkan och EPD:er är därför en säker källa till denna information specifik för produkten (EPD International AB, u.å.b).

2.6 Klimatoptimering Pålsjö Äng

2.6.1 Betong

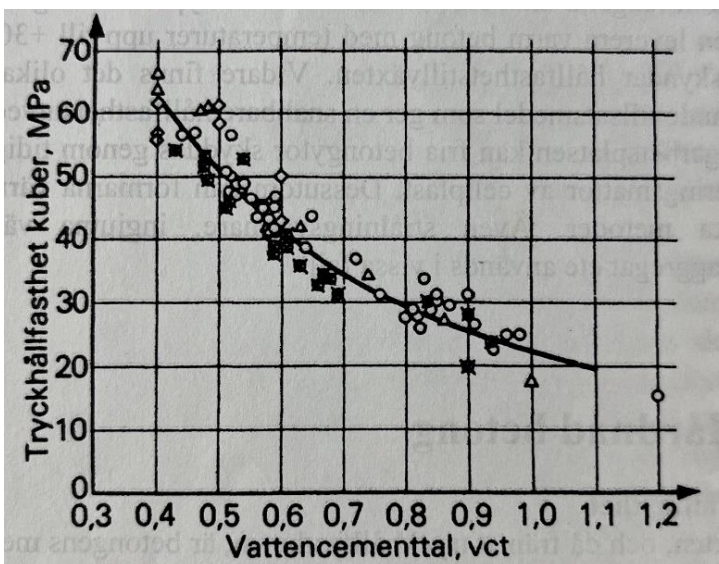
Målet vid byggnationen av Pålsjö Äng är att minimera mängden utsläpp på alla platser där det är möjligt. Detta har lett till att en rad olika åtgärder har vidtagits. I projektet har det valts att använda klimatförbättrad betong. Vid klimatförbättrad betong är första

steget att minska mängden som krävs. Detta kan göras genom att minska tjockleken på väggar och bjälklag samt undvika överdimensionering. I flera fall används tjockare betong än nödvändigt för att spara tid och pengar då dessa dimensioner används som standard i branschen. Tjockleken minskas endast till en nivå där byggdelen fortfarande klarar av samtliga krav gällande isolering, ljud och lastbärande förmåga (Eriksson, 2022).

Det andra steget i att klimatförbättra betongen är att minska hållfasthetsklassen, eller med andra ord kvaliteten, på betongen till konstruktivt minimum (Eriksson, 2022). Hållfasthetsklassen för betong är beroende av vattencementtalet, vct, vilket är förhållandet mellan andelen vatten och andelen cement i betongen, se ekvation nedan.

$$vct = \frac{W}{C} = \frac{\text{Mängd blandningsvatten}}{\text{Mängd cement}}$$

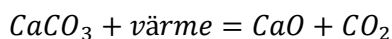
Med ett ökande vattencementtal reduceras hållfastheten eftersom mängden cement i betongen minskar (Burström, 2003). Sambandet mellan vct och tryckhållfastheten går att observera i Figur 6. Genom att minska mängden cement i betongen går det även att minska mängden armering som krävs (Eriksson, 2022). En nackdel med ett högre vattencementtal är dock att uttorkningstiden för betongen blir längre (Lindvall, 2012). En längre uttorkningstid förlänger även projektiden vilket leder till ökade kostnader, något som beställaren och byggherren Helsingborgshem i projekt Pålsjö Äng accepterade. Det möjliggjorde användandet av den klimatförbättrade betongen.



Figur 6 Illustration över sambandet mellan vattencementtal och tryckhållfasthet. Kurvan visar för Std-cement men är representativ för hur sambandet ser ut för övriga typer av cement, värden kan dock eventuellt skilja sig för andra cementtyper (Burström, 2003).

Ett tredje steg mot att minska klimatpåverkan för betong är att ytterligare reducera mängden cement genom att byta ut den mot slagg. Slagg är en restprodukt som skapas vid ståltillverkning (Sandelin, u.å.). Användning av slagg minskade mängden cement i betongen på Pålsjö Äng med ytterligare 40 % (Eriksson, 2022). I och med minskningen av mängden cement och en ökad användning av restprodukter minskar klimatpåverkan markant då slagg bidrar till mindre utsläpp än cement (Magnusson, 2020).

Anledningen till att det är önskvärt att minska mängden cement i betongen är för att cementen är den råvara med störst klimatpåverkan. För att tillverka cement bränns kalksten under höga temperaturer. Vid denna förbränning frigörs den bundna koldioxiden och släpps ut i atmosfären. Förbränningen kräver även energi som i många fall kommer från fossila bränslen (Nordman, 2020). Den kemiska reaktionen för skapandet av cement är enligt följande (Burström, 2003):



2.6.2 Taken

I upphandlingen var bandplåt föreskrivet till taken, detta kom dock att ändras till att taken består av papp med ovanliggande sedum på radhusen och solceller på flerbostadshusen. Solcellerna som placeras på taken kommer vara fungerande före husen tas i drift, de skulle därför kunna användas till exempelvis el i byggbodarna eller maskiner under projektets slutskede. Platschefen arbetar därför mot att få godkänt för att koppla solcellerna till byggbodarna och därmed utnyttja solenergin som annars inte använts (Eriksson, 2022). Fördelar med att utnyttja solcellerna är dels det minskade behovet av köpt energi, dels den förnybara energin som finns att tillgå samt att produktionen sker nära användningen vilket minskar förluster (Energimyndigheten, 2021).

Sedumtak har fler olika positiva egenskaper som gynnar en minskad miljöpåverkan. En stor fördel med sedumtak är den positiva klimatpåverkan det kan ha i form av upptag av växthusgaser. Sedumtak har även en god förmåga att lagra vatten och bidrar därmed till fördröjning av avrinningen från taken till marken. Taken består av en rad olika växter och kan därmed bidra till den biologiska mångfalden i området och har förutom det även estetiska egenskaper (Seduna, u.å.).

2.6.3 Spill

För att minska mängden spill från armeringen bockas den på arbetsplatsen. Genom att bocka själva går det att göra armeringen precis anpassad efter behov. Armeringsnät för väggar har specialbeställts utifrån specifika mått för att undvika att behöva klippa av delar. På de platser där armeringsnäten behöver klippas, som vid fönster, är målet att återanvända det bortklippta materialet så mycket som möjligt (Eriksson, 2022).

2.6.4 Uppvärmning

I stället för att under byggnationen värma husen med fossila bränslen som till exempel diesel kommer pelletsbodrar att användas. I dessa bränns material och värmen som skapas utnyttjas för uppvärmning. Detta sparar både in kostnad och miljöpåverkan. Material som bränns kan bland annat vara spill i form av överblivna pallar och virke eller pellets. Genom att elda dessa material undviks transporten av dem från byggarbetsplatsen och energin kan utnyttjas (Eriksson, 2022). Pelletsbodarna har många fördelar men kommer innebära förbränning vilket ger upphov till en viss mängd lokala utsläpp (Lönnermark, et al., 2007).

2.6.5 Övriga åtgärder

Förutom ovan nämnda åtgärder arbetar NCC kontinuerligt med att minska klimatpåverkan i projekt Pålsjö Äng med genomtänkta och välplanerade arbeten samt byte till material med lägre klimatpåverkan där möjlighet finns. Arbetet innebär inte endast minskad klimatpåverkan för projektet utan även minskade kostnader i många fall vilket är positivt både för beställare och entreprenör. Minskade kostnader ökar motivationen att arbeta mot en reducerad klimatpåverkan och fokusera på nya lösningar (Eriksson, 2022).

2.7 Ny lagstiftning

Från och med den 1 januari år 2022 är det krav enligt lag på att klimatpåverkan för nybyggnationer ska redovisas av byggherren i form av en klimatdeklaration. Målet med den nya lagen är att bidra till en minskad klimatpåverkan specifikt från byggskedet av ett projekt, även kallat skede A (Boverket, 2021e). Enligt Regeringskansliet ska den nya deklARATIONEN omfatta samtliga utsläpp av växthusgaser som uppstår under byggskedet. Skulle en klimatdeklaration inte uppföras och överlämnas till Boverket kommer kommunens byggnadsnämnd inte ge ut ett slutbesked. Denna lag gäller dock endast för de bygglov som sökes efter 1 januari år 2022. För de bygglov som tillhandahållits innan dess krävs ingen klimatdeklaration. Det är inte heller något krav på deklARATION för privatpersoner (Regeringskansliet, 2021).

Boverket har till följd av den nya lagstiftningen upprättat en klimatdatabas med generiska klimatdata för material som ska användas då klimatpåverkan för ett projekt beräknas (Boverket, 2021c). Denna generiska klimatdata är baserad på redan existerande EPD:er för liknande produkter där medelvärdet framtagits. Beräkningen för att få fram generiska klimatdata är konservativ, vilket betyder att det är på säkra sidan och har en högre klimatpåverkan än den verkliga. I Boverkets klimatdeklaration är påslaget på värdena 25 % för generiska data. Anledningen till detta påslag är att främja användandet av specifika klimatdata. Det skall inte vara mer effektivt att nyttja klimatdatabasens generiska data än att finna specifik. Påslaget har störst påverkan för de materialen med stor klimatpåverkan och det blir fördelaktigt för beräkningarna och resultatet att i stället finna specifika EPD:er för dessa material (Boverket, 2021f).

2.8 Metoder

Samtliga beräkningsmetoder avgränsas med hänsyn till olika byggdelar. Boverkets klimatdeklaration är i dagsläget den minst omfattande metoden medan LFM30 och NollCO₂ inkluderar nästintill samtliga byggdelar. Byggdelarna kategoriseras i 10 olika områden (IVL, 2022a).

0. Sammansatta byggdelar
1. Markarbete
2. Husunderbyggnad
3. Stomme
4. Yttertak
5. Fasader
6. Stomkomplettering/rumsbildning
7. Invändiga ytskikt/rumskomplettering
8. Installationer
9. Gemensamma arbeten/tillfälliga fabriken

2.8.1 Boverkets klimatdeklaration

I och med den nya lagstiftningen angående klimatdeklarationer skall samtliga nya byggnader klimatdeklareras enligt Boverkets bestämmelser. Klimatdeklarationen ska innefatta klimatpåverkan och utsläpp från skede A i livscykeln där de 5 delmodulerna A1-A5 inkluderas. Skede B, C och D får med fördel beräknas men skall inte redovisas tillsammans med skede A och det finns därmed inte krav på att beräkna dem (Boverket, 2021g). I dagsläget finns ingen gräns för hur stor klimatpåverkan från en byggnad eller ett projekt får vara totalt men beräkningar måste trots detta utföras. Tanken är att det i framtiden ska tillkomma gränsvärden (Boverket, 2021h). Den preliminära planen är att år 2027 ska maximala gränsvärden införas för utsläpp under skede A. Lagen skall även innefatta fler delar från livscykeln vilka är modul B2 (underhåll), B4 (reparation) och B6 (energianvändning) samt skede C (slutskede). En större mängd komponenter från byggprojektet ska även inkluderas som inte finns med i dagens lagstiftning, bland annat installationer som till exempel ventilation, el och värme/sanitet. Genom att inkludera fler skeden och delar kan en mer precis beräkning göras över projektets klimatpåverkan. Beräkningsperioden för skede B föreslås vara 50 år (Boverket, 2020a).

I Boverkets klimatdeklaration ska det, förutom beräkningar av klimatpåverkan, även inkluderas nödvändig information om projektet eller byggnaden. Denna information inkluderar läge, användningsområde, area och antal våningar, energi- och ljudklasser etcetera. Byggherren ska även anges och det finns möjlighet för tillägg av övrig information om så önskas (Boverket, 2021i).

Vid klimatdeklarationen begränsas omfattningen inte enbart till modul A1-A5 utan även till att endast inkludera delar av byggnationen. Delar som ska ingå är byggdel 2–6 vilket bland annat är bärande konstruktioner, icke-bärande innerväggar samt klimatskalet. I detta inkluderas de material som bygger upp delarna och samtliga komponenter som bär upp last utöver egentyngden. Delar som däremot inte ingår är bland annat ytskikt, yttre

markarbeten och inredning (Boverket, 2021j). Mängden material som använts under byggnationen sammanställs från kalkyler, ritningar och leverantörer. Varje material multipliceras sedan med dess specifika eller generiska klimatdata för att erhålla klimatpåverkan. Den beräknade klimatpåverkan anges per kvadratmeter bruttoarea (Boverket, 2021h).

Somliga material som används vid byggnation har ett upptag av koldioxid. Detta kan bland annat vara träbaserade material som under livstiden lagrar kol. Boverkets klimatdeklaration inkluderar inte detta upptag av koldioxid och det ska därmed inte beaktas även om materialet i själva fallet till och med kan ta upp mer koldioxid än det avger. Anledningen till denna avgränsning är för att det inte anses vara tillräckligt definierat hur denna positiva klimatpåverkan ska redogöras i deklARATIONEN. Boverkets klimatdeklaration beaktar alltså endast utsläpp av koldioxid och inte upptag (Boverket, 2021g).

Generiska data hämtas från Boverkets klimatdatabas medan specifika data hämtas från materials EPD:er (Boverket, 2021h). I beräkningsprogrammet används en prioriteringslista över vilken databas som data primärt ska hämtas från. I denna är Boverkets databas prioriterad före BM:s. Av de beräkningsmetoder som behandlas i rapporten är Boverkets klimatdeklaration den mest grundläggande.

2.8.2 LFM30

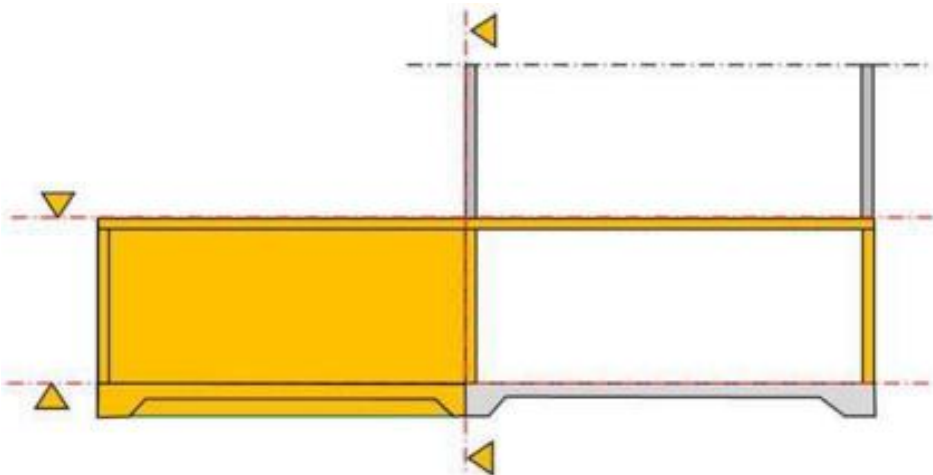
I Malmö står byggbranschen för mer än en femtedel av den totala klimatpåverkan och det finns därmed ett behov att skapa och utveckla nya lösningar för att minska klimatavtrycket. Malmö var den kommun i Sverige som först skrev under Agenda 2030 med mål att vara klimatneutrala till år 2030. Lokala aktörer inom byggsektorn i Malmö var även först med att utveckla en lokal färdplan för att uppnå klimatneutralitet till 2030. Färdplanen fick namnet Lokal färdplan Malmö 2030 eller förkortat LFM30 (LFM30, u.å.a). Byggbranschen har det nationella målet att vara klimatneutrala 2045 vilket innebär att LFM30:s vision är att uppfylla målet 15 år tidigare. För att uppnå målet om klimatneutralitet till år 2030 har sex fokusområden med specifika mål definierats. Inom varje fokusområde finns en arbetsgrupp som jobbar mot att uppfylla de specifika och det övergripande målet (LFM30, u.å.b). Aktörer som medverkar och är delaktiga inom LFM30 är bland annat byggherrar, entreprenörer, konsulter, leverantörer, banker, myndigheter, forskare med flera (LFM30, u.å.c). Om målet ska uppnås krävs det att samtliga aktörer tar ansvar och bidrar i arbetet.

Enligt LFM30:s metod ska en klimatbudget i fem steg etableras. I det första steget ska klimatpåverkan för det studerade projektet beräknas enligt standarden EN 15978 samt krav uppsatta av LFM30 uppfyllas. I andra steget ska klimatförbättrande åtgärder studeras. Steg nummer tre innebär att målgränsvärden sätts upp som måste uppfyllas för att göra det möjligt att påbörja nästa steg i klimatbudgeten. Gränsvärdet ska minst vara 20 % bättre än dagens medelvärde. I steg fyra studeras alternativ för klimatkompensation och en plan etableras för hur dessa alternativ kan genomföras. Fokuset för klimatkompensationen är på de minskade utsläppen. Det är i dagsläget inget krav att de facto genomföra återbetalningsplanen, detta kommer dock förändras från och med år

2025. Det sista steget i klimatbudgeten innebär att kontroller ska ske löpande både på projektnivå och företagsnivå för att se att återbetalningsplanen följs och förändringar redovisas (Holmgren & Erlandsson, 2021).

För att bedöma klimatpåverkan från produkter studeras deras utsläpp under livscykeln. I en livscykelanalys inkluderas skede A, skede B samt skede C där samtliga underliggande moduler inkluderas. Boverkets riktlinjer följs vid beräkning av LCA (Holmgren & Nellerup, 2019). Vid beräkningarna kan dock schablonvärden användas för de skeden, moduler och byggdelar som inte inkluderas i Boverkets klimatdeklaration. Detta innebär att schabloner kan användas för skede B, skede C samt även för byggdel 7 och 8. Möjligheten att använda schabloner medför att endast ett mindre arbete krävs för att beräkna klimatpåverkan enligt LFM30 utöver beräkningarna enligt Boverkets klimatdeklaration. En skillnad från Boverkets klimatdeklaration är dock att påslaget på 25 % inte används i LFM30 för generiska data. Generiska data för klimatberäkningarna blir därmed inte konservativt satta (LFM30, 2021).

För beräkningarna med LFM30 används en period på 50 år som startar då modul A1 påbörjas. Beräkningarna av klimatpåverkan redovisas i enheten kg CO₂e/m² ljus BTA. Ljus bruttoarea definieras i LFM30 som bruttoarea delvis eller helt ovan mark, eventuella källare eller garage belägna under jord beaktas med andra ord inte i beräkningarna av den totala klimatpåverkan. Figur 7 redovisar de byggdelar som exkluderas då huset har en källare eller garage. I denna definition beaktas inte heller teknikytor belägna på en vind eller komplementbyggnader (Holmgren & Erlandsson, 2021). Samtliga produkter i de ingående byggdelarna ska tilldelas en klimatpåverkan med undantag för mindre produkter som spik, skruvar, muttrar eller likvärdiga produkter, dessa behöver inte beaktas.



Figur 7 Byggdelar som inkluderas eller ej för källare enligt LFM30. Gula delar är de som ej beaktas. Observera att marknivå är vid första bjälklaget (LFM30, 2021).

Markarbeten ska beaktas vid beräkning upp till två meter utanför byggnadens fasad. Schaktning, fyll, makadam och eventuella övriga produkter som jord och plattor ska tilldelas en klimatpåverkan och inkluderas i beräkningarna. Gränsen är satt till 2 meter då det dränerande lagret på så sätt inkluderas (LFM30, 2021).

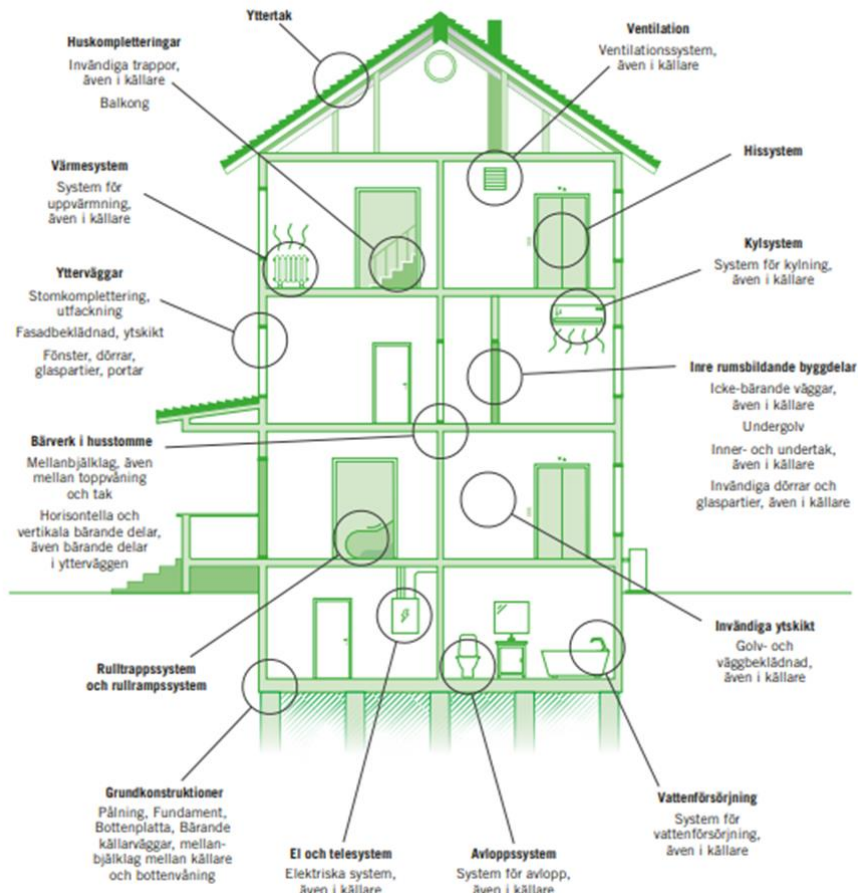
2.8.3 NollCO₂

NollCO₂ är en påbyggnadscertifiering lanserad av Sweden Green Building Council (SGBC) med ambitionen att reducera utsläpp av växthusgaser och ge en nettoklimatpåverkan som är noll för byggnader. Att certifiera ett projekt med NollCO₂ innebär därmed att klimatpåverkan i slutet av projektets livscykel ska vara netto noll. Klimatpåverkan från hela livs cykeln ska redovisas från utvinningen av råmaterial till dess att avfallet sluthanterats. Vid beräkningar används som standard en period på 50 år från dess att byggnaden börjat användas. Utsläppen ska minimeras och energianvändningen reduceras men eftersom det i dagsläget inte är möjligt att bygga helt utan utsläpp ska de utsläpp som sker kompenseras med klimatåtgärder (SGBC, u.å.a). Dessa klimatåtgärder kan till exempel vara energieffektivare hushållsapparater, avfallshantering, bättre tillgång till kollektivtrafik eller användning av förnyelsebar energi (SGBC, u.å.b). Aktörer inom projektet ska väljas utifrån deras klimattänk och miljöpåverkan (SGBC, u.å.a).

Nio olika indikatorer har framtagits för NollCO₂-certifiering. Dessa indikatorer agerar som kravställningar för certifieringen och är indelade i tre områden; bas, klimatpåverkan samt klimatåtgärder (Dannelind, 2021). Enligt bas kombineras NollCO₂-certifiering med någon form av tilläggs-certifiering och används därmed inte ensam. Det finns ett flertal olika miljöcertifieringar som kan kombineras med NollCO₂ som LEED, Svanen, BREEAM eller Miljöbyggnad där alla sedan utvecklas med hjälp av NollCO₂ för att ställa högre krav på byggnader (SGBC, u.å.a). Områdets klimatpåverkan syftar till att klimatpåverkan för projektet ska beräknas. Hela livs cykeln ska inkluderas i beräkningarna men endast skede A har gränsvärden som beaktas. Områdets klimatåtgärder syftar till att nettoklimatpåverkan för projektet ska bli noll. För att detta ska uppnås krävs det att åtgärder genomförs för att minska klimatpåverkan från samtliga delar av projektets livscykel och att klimatkompenserade åtgärder genomförs där utsläppen inte kan bli noll (Dannelind, 2021). Certifieringen utvecklades av Sweden Green Building Council som blev tillgänglig för användning år 2020 (SGBC, u.å.c).

En rad olika typer av byggnader som flerbostadshus, industrier, kontorsbyggnader med flera kan certifieras. I dagsläget gäller certifieringen för nybyggnation men det utreds att även kunna certifiera vid ombyggnationer eller enskilda verksamheter i en byggnad (SGBC, 2020). Majoriteten av alla byggnadsdelar i ett projekt tas med i beräkningarna vid NollCO₂ certifiering, men inte alla. Delar som är inkluderade är stommen, klimatskärmen, energikrävande system, vatten- och avloppssystem och innerväggar, för en mer detaljerad beskrivning se Figur 8. Samtliga byggdelar har sedan delar inom kategorin som är exkluderade från beräkningarna. Dessa delar benämns inte i Figur 8. Delar som är exkluderade är bland annat samtliga skruvar, klamrar, spikar och kompletteringar till huset som ramper och skärmtak (SGBC, 2020).

Likt för LFM30 och Boverkets klimatdeklaration ska klimatpåverkan redovisas i $\text{CO}_2\text{e}/\text{m}^2$ BTA. Till skillnad från LFM30 beaktas för Noll CO_2 både den ljusa och mörka bruttoarean vid beräkningar. Ljus BTA syftar på bruttoarean ovanför markytan medan mörk BTA syftar på bruttoarean under markytan (SGBC, 2020). I Noll CO_2 adderas inte heller påslaget på 25 % för generiska data (SGBC, u.å.d). När Noll CO_2 lanserades var det möjligt att välja mellan att använda icke-konservativa eller konservativa värden men det har gått över till att nu bara använda icke-konservativa värden (SGBC, 2022). Gränsvärdet för tillåten klimatpåverkan för modul A1-A3 beräknas genom att addera klimatpåverkan för mörk BTA till 70 % av klimatpåverkan för ljus BTA. Förutom gränsvärdet studeras även en beräknad baseline för projektet. Baseline är ett referensvärde baserat på vilken typ av byggnad som upprättas, om det är kontor, bostäder etcetera. Uppfylls inte gränsvärdet kan projektet inte heller certifieras enligt Noll CO_2 (SGBC, 2020). Baseline antogs för det projekt som analyseras i denna studie vara 310 $\text{kg CO}_2\text{e}/\text{m}^2$ BTA enligt Boverkets referensvärde (Malmqvist, et al., 2021). Detta eftersom Boverkets referensvärde speglar hur stora utsläpp ett genomsnittligt flerbostadshus i Sverige släpper ut.



Figur 8 Illustrativ bild över ingående komponenter vid en certifiering med Noll CO_2 (SGBC, 2020). Bilden inkluderar i stora drag de byggdelar som ingår i Noll CO_2 . För varje byggdel finns det komponenter som inte beaktas.

3 Metod

3.1 Litteraturstudie

I arbetet gjordes en litteraturstudie. Detta för att skapa en bakgrund och förstå relevansen för varför och hur klimatberäkningar utförs. Fakta hämtas från flera vetenskapliga rapporter samt ansvariga myndigheter. Bakgrunden ligger till grund för beräkningarna som genomförs och används när resultat ska analyseras och diskuteras.

Främst har information framtagits angående de tre beräkningsmetoderna Boverkets klimatdeklaration, LFM30 och NollCO₂ där primära källor publicerade av ansvariga för metoden i första hand använts. Utöver detta finns stor relevans i bakgrund kring livscykelanalys, det klimatavtryck som byggbranschen ger upphov till samt hur detta kan kopplas till de globala klimatmålen. Litteraturstudien fyller också syfte i att avgränsa omfattningen av arbetet, något som gjorts under rubrik 1.5 Avgränsningar.

3.2 Platsbesök

För att öka förståelsen kring projektet och de byggnader som ska uppföras utfördes platsbesök under arbetets gång. Vid dessa tillfällen besöktes byggarbetsplatsen i Helsingborg där samtal fördes med arbetsledare och platschef angående arbetet som utförs och de klimatoptimeringsåtgärder som används.

3.3 Beräkningar

3.3.1 Byggsektorns miljöberäkningsverktyg

Byggsektorns miljöberäkningsverktyg (BM) är ett verktyg som används för att beräkna klimatpåverkan av byggnader eller projekt och är det som använts vid beräkningarna i denna rapport. Verktyget består av en bred databas som även inkluderar Boverkets klimatdatabas. Samtliga klimatdata är generiska data men denna data går att ersätta med EPD:er för de material som önskas och finns tillgängliga. EPD:er har vanligtvis lägre klimatpåverkan och de kräver inte det påslag på 25 % som adderas till generiska data vid beräkning med Boverkets klimatdeklaration. EPD:er är också bättre ur den aspekt att klimatpåverkan blir mer exakt för det specifika materialet.

Mängder och information från kalkyler, ritningar och leverantörer i projektet infogas i BM som då beräknar klimatpåverkan för skede A, byggskedet. Modul A1-A5 inkluderas och klimatpåverkan för transporter, material och uppbyggnad under produktskedet samt byggproduktionskedet blir därmed beräknade. Verktygets beräkningar kan användas i ett tidigt skede av projekten för att uppskatta klimatpåverkan och sedan förfinas under projektets gång när specifika material väljs och EPD:er kan nyttjas (Ejlertsson, 2022). Samtliga klimatberäkningar har utförts med hjälp av Byggsektorns miljöberäkningsverktyg.

Indata för beräkningarna kom främst från kostnadskalkylen för projekt Pålsjö Äng. Kostnadskalkylen komprimerades för att endast innehålla relevant information att föra in i BM samt att material som var dubletter slås samman. Vad som inkluderas som relevant information skiljer mellan de olika beräkningsmetoderna och komprimeringen behöver därför genomföras på nytt inför varje beräkning. Dubletter är material med samma resurskod som finns på flera platser i kalkylen. Kostnadskalkylen inkluderade mängder av samtliga material som planerades att användas i projektet samt total kostnad för varje material. Det fanns även en uppdelning till vilken byggdel materialet tillhör. Komprimeringen utfördes med hjälp av ett excelverktyg designat av NCC. Relevanta byggdelar i respektive beräkningsmetod inkluderades vid komprimeringen. Kostnader och material tillhörande andra moduler än A1-A5 valdes bort. De enheter som beaktades för samtliga metoder var följande:

- Antal förpackningar (frp)
- Kilogram (kg)
- Meter (m)
- Kvadratmeter (m²)
- Kubikmeter (m³)
- Stycken (st)
- Ton (ton)

Enheter som inte beaktades var bland annat mil och centimeter då dessa berör avstånd och inte material. Även enheten "x", som står för resurser som inte har annan passande enhet, exkluderades. Exempel på detta är underentreprenader där material och personal inte skiljs åt utan blir en totalkostnad. Mått för tid som timmar togs inte med då de vanligtvis representerar arbetskraft vilket inte bidrar till någon form av klimatpåverkan som beaktas. Underentreprenaderna som inkluderas i de olika metoderna redovisas under avsnitt 4.1. Indata.

3.3.1.1 Täckningsgrad

Anledningen till komprimeringen är att förenkla överföringen av data till BM men även för att möjliggöra en beräkning av täckningsgraden för data. Täckningsgraden är ett mått, beräknat i procent, på hur stor del av data som har blivit given en klimatpåverkan. Täckningsgraden beräknades som kvoten mellan kostnaden för mängden produkter med klimatpåverkan och total kostnad.

I täckningsgraden är även dataluckor inräknade. Dataluckor i det använda excelverktyget är material med en kostnad som översteg en viss summa, i detta fall valdes 100 000 kr. Dessa material inkluderas i täckningsgraden oavsett om de annars filterats bort eller inte vid komprimeringen. Material filterades bort eftersom de har en okänd eller obefintlig klimatpåverkan i LCA och inte tillhör de byggdelar och enheter som beaktades. Detta kan till exempel vara personalkostnader, städning av arbetsplats eller övriga delar som inte inkluderas i beräkningsmetoderna. Bland dataluckor fanns även entreprenader. Då det är okänt hur stor del av kostnaden för en entreprenad som står för material och hur stor del som står för arbetade timmar antogs att 50 % av kostnaden är för material då

personalkostnad inte ska inkluderas i klimatberäkningen. Entreprenaderna står ofta för stora delar av kostnader och material som kan vara relevanta för beräkningarna. Det är därför viktigt att de inkluderas i dataluckor och på så sätt kan påverka täckningsgraden.

3.3.1.2 Mappning

Då den komprimerade kostnadskalkylen infogats i BM går det att se vilka material som inte blivit tilldelade en klimatpåverkan. Beräkningarna utfördes i BM med tillgång till NCC:s redan mappade resurser. Detta innebär att samtliga material inte behövde läggas in på nytt utan befintliga resurser som mappats under tidigare projekt kunde utnyttjas. De material som ändå inte hade en klimatpåverkan behövde få en tillagd och detta gjordes antingen genom att lägga till generiska data från Boverket eller BM:s klimatdatabas eller specifika data. Specifika data hämtades från EPD:er om dessa gick att hitta från leverantörers hemsidor eller EPD:s egna bibliotek. I BM kallas det att ”mappa” resursen när en klimatpåverkan appliceras. I BM valdes att främst använda specifika data från EPD:er och om detta inte fanns användes generiska data främst från Boverkets databas eller i andra hand BM:s egen databas. Kontakt togs även med leverantörer via telefonsamtal då tillräcklig information inte gick att finna på hemsidor.

I första hand användes EPD:er specifika för produkten. Detta var dock inte möjligt i alla fall och då användes i stället EPD:er för liknande materialet eller produkter. Det ansågs för dessa material innebära en så pass liten skillnad i klimatpåverkan att använda liknande produkters EPD:er att det gick att bortse från. För de material där ingen EPD kunde finnas användes endast generiska data. Material med en låg kostnad har en liten effekt på täckningsgraden. Alla material studerades därför inte och blev inte tilldelade en klimatpåverkan. Dataluckorna analyserades och material hanterades baserat på om de ingick i metoderna eller ej och hur stor andel av kostnaden de representerade. Material eller entreprenader med irrelevanta enheter eller tillhörande irrelevanta byggdelar för metoden togs bort.

Generiska data väljs i BM baserat på produktkategori. När exempelvis fönster skulle infogas i BM och ingen EPD funnits skulle generiska data användas. Det söktes då i klimatdatabasen efter fönster. Bland de träffar som sökningen gav valdes den produkt som bäst passade den verkliga produkten. Alternativen som finns att välja mellan skiljer i material, antal glas men även om fönstren är fasta eller öppningsbara. Vilket alternativ som passade bäst blev en uppskattning efter den information som fanns tillgänglig. I projektet användes en rad olika typer av fönster och fönsterdörrar. Förenklingen gjordes att fönstren endast delades upp i att antingen vara fasta eller öppningsbara. 50 % av fönstren antogs vara fasta och 50 % av fönstren antogs vara öppningsbara där fönsterdörrar inkluderades, detta efter samtal med handledare för arbetet. I BM gavs fönstren sedan olika klimatpåverkan där samtliga var av trä/aluminium med tre glas. Mängden fönster hade vid kvantifieringen beräknats om till enheten kilogram.

3.3.1.3 Omräkningsfaktor

Vid arbetet i BM var enheterna viktiga. Klimatpåverkan beräknas i kg CO₂e/kg material, i kalkylen och EPD:erna var denna enhet dock ofta annorlunda. Då materialet hade en annan enhet än kilogram fick en omräkningsfaktor beräknas och appliceras i BM. Omräkningsfaktorn beräknades med hjälp av densiteten för materialet, ofta angiven i EPD:n.

Ett exempel på beräkning av en omräkningsfaktor är för gipsskivor. Materialet var i kostnadskalkylen inlagt i kvadratmeter. Då en lämplig EPD funnits och lagts till behövde enheten ändras från kvadratmeter till kilogram. Från EPD:n gavs en densitet på 736 kg/m³. Tjockleken var given i kostnadskalkylen till 13 mm. Genom multiplikation mellan densiteten och tjockleken blev omräkningsfaktorn 9,56 kg/m². När omräkningsfaktorn sedan i BM multipliceras med mängden kvadratmeter av materialet blir svaret i kilogram material. Samma metod användes sedan för samtliga material som ej hade enheten kilogram. I Tabell 4 finns de densiteter som användes vid beräkning av omräkningsfaktorn. För de material där ett intervall angavs för densiteten togs ett medelvärde som användes vid beräkningarna då det ansågs representativt för materialets verkliga densitet.

Tabell 4 Densitet för olika material som användes vid beräkning av omräkningsfaktorer. Då ett intervall angetts för densiteten togs medelvärdet av intervallet för att framta en användbar densitet.

Material	Densitet [kg/m ³]
Barrträ	551
Betong	2350
Gips	736
Glasull	17
Golvspånskiva	650
Limträ	621
Stål	7850
Trällsplattor	305

Vid beräkning av omräkningsfaktorn för skruvar gjordes förenklingen att skruvarna hade formen av ett rätblock för att möjliggöra beräkning av volymen. Volymen beräknades då enheten för materialet var förpackningar. Denna volym multiplicerades med antal skruvar per förpackning.

3.3.1.4 Produkter

Ett antal poster, relevanta för de olika beräkningarna, var angivna med enheten ”x” och representerade ett flertal entreprenader. För dessa material gjordes beräkningar av antal och volym utifrån A-ritningar, 3D-modell samt en sammanställning av materialmängder tidigare gjord av NCC.

Dörrarna beräknades från ritningar och delades upp baserat på material. EPD:er användes för att ta fram klimatpåverkan samt vikt per dörr. Trappornas volym beräknades för att finna mängden betong och armering som använts. Ett antagande gjordes att 50 kg armering använts per m³ betong (Boverket, 2022). För tegelstenarna gjordes förenklingen att hälften var gula och hälften var röda då specifika data fanns för dessa två färger, i verkligheten används tre olika färger på teglet, se Figur 1. Olika tegelstenar medförde olika stor klimatpåverkan. För entreprenaderna var materialet och arbetade timmar sammanslagna och angivna utan enhet. För de entreprenader där materialet var relevant antogs, som nämnt, 50% av kostnaden vara materialkostnad. Materialet kvantifierades sedan som övriga produkter.

I flerbostadshuset finns trappor av betong som behövde beaktas. Även om mängden betong för trapporna blir en liten del relativt stommen och husunderbyggnaden bör den inkluderas. Trapporna som ska användas är prefabricerade och generiska data applicerades för betongtrapporna i BM. Radhusen består i sin tur av trappor i trä mellan de två våningsplanen. Eftersom exakt träslag i trappan ej var angivet hittades EPD för ett godtyckligt men rimligt träslag, i detta fall ek. Trapporna av trä som finns i alla 11 radhusen utgör tillsammans en total volym av 2,1 m³ då varje trappa från NCC:s 3D-modell var 0,19 m³. Den totala volymen lades in i BM och EPD för ekträ applicerades som klimatpåverkan för materialet.

Kostnads kalkylen framtas i ett tidigt skede och är därför inte slutgiltig, avvikelser från det som står föreskrivet sker och den uppdateras därför längs vägen. Kostnads kalkylen som använts i detta arbete hade dock inte alla nya uppdateringar och en del förändringar behövde därför manuellt läggas in i BM. Taken på flerbostadshuset byttes från att bestå av plåt till att bestå av papp och solceller. För radhusen har även där taken bytts från att bestå av plåt till att det ska bestå av papp med ovanliggande sedum. Mått togs över takarean från A-ritningar för att kvantifiera den nya mängden sedum. Från början var det endast planerat att sedumtak skulle finnas på förråd, väderskyddade cykelparkeringar och komplementbyggnader. Mängderna sedum som var planerade från början kvantifierades och kalkylens kostnad för sedum dividerades med mängden för att ett ungefärligt pris per kvadratmeter skulle framtas. Anledningen att priset var relevant är för att den nya mängden sedum kommer öka kostnaden och då påverka täckningsgraden. Kostnaden per kvadratmeter multiplicerades med den beräknade takarean för bostadshuset för att konstatera det nya priset. När mängden sedum ökade minskade mängden plåt och därmed även plåtens kostnad. Från att tidigare täcka samtliga av bostädernas tak ska nu plåten endast användas för mindre funktioner och detaljer. Den nya mängden plåt tillhandahölls från leverantören. Ett nytt pris per kvadratmeter beräknades med hjälp av takarean för samtliga byggnader beräknade utifrån A-ritningar och den gamla totala kostnaden för plåten.

Betong är det material som generellt utgör störst andel av klimatpåverkan för byggprojektet. För att optimera och minska klimatpåverkan till en så hög grad som möjligt valdes olika kvaliteter på betongen beroende på användningsområde. En minskad hållfasthet på betongen innebär en minskad mängd cement och det eftersträvas därför att välja de lägsta hållfasthetsklasserna som fortfarande uppfyller befintliga krav på lastbärande förmåga. Utifrån specifikationer från bygghandlingarnas allmänna

hänvisningar i K0 samt NCC:s produktblad för betong valdes typ av betong samt hållfasthetsklass. NCC använder tre betongtyper, BIO-1, BIO-2 och BIO-3 med minskad klimatpåverkan där BIO-3 har lägst klimatpåverkan.

Projektet består av ett underjordiskt garage och en källare. Varken garaget eller källaren beaktas vid beräkningen med LFM30 men inkluderas i både Boverkets klimatdeklaration och NollCO₂. Detta eftersom garaget och källaren räknas som mörk bruttoarea vilket inte beaktas i LFM30.

3.3.1.5 Transport och spill

I BM inmatas klimatpåverkan för modul A1-A3. Denna data deklarerar av tillverkaren i form av EPD eller generiska data från Boverket för ett specifikt material. Programmet behandlar även modul A4 samt A5.1. Modul A4 är transport från produktion till byggplatsen där sträckan och färdmedlet är det som avgör hur stor klimatpåverkan blir. Även denna data finns generiskt i BM men bör, för ett mer exakt resultat, undersökas specifikt. Från platschefen för Pålsjö Äng hämtades information om leverantörer av betong samt tegel. Det gick utifrån kunskap om vilken fabrik som tillverkar produkterna att beräkna de exakta transportsträckorna. För betong var sträckan 4,8 kilometer, avrundat till 5 kilometer i BM. Teglet levererades från ön Fyn i Danmark och sträckan blev 275 kilometer. På grund av osäkerheter kring fabriken exakta läge valdes en godtycklig plats centralt på Fyn. För övriga material var transportsträckorna okända och generiska sträckor från BM användes.

Modul A5.1 innefattar spillandel av material vilket hämtas från redan färdig kalkyl av NCC eller fanns inlagt vid generiska data i BM. Denna anges i procent där en spillfaktor beräknas. Spillfaktorn multipliceras i sin tur med mängd inköpt material för att erhålla mängden spill för ett specifikt material. Spillfaktorn för olika material redovisas i Tabell 7 och beräknas enligt ekvation nedan.

$$\text{Spillfaktor} = \frac{\text{Spillandel}}{1 - \text{Spillandel}}$$

3.3.1.6 Beräknad klimatpåverkan

När samtliga material mappats och täckningsgraden var i önskad nivå sammanställdes resultatet från BM i en rapport. Rapporten visar inte bara den sammanlagda klimatpåverkan, men även klimatpåverkan för enskilda byggdelar och produkter. På grund av att material med en låg kostnad inte hanterats blir inte täckningsgraden 100 %. För att kompensera för de material som saknar en klimatpåverkan beräknas täckningsgraden upp till 100 %. Detta gör värdena jämförbara med andra likartade projekt där täckningsgraderna annars varit olika.

$$100\% \text{ täckningsgrad} = \frac{\text{Klimatpåverkan}}{\text{Verklig täckningsgrad}}$$

I BM finns möjlighet att infoga klimatpåverkan från modulerna A5.2-A5.5, detta gjordes dock inte på grund av mängden osäkerheter i de verkliga värdena. I stället användes en schablon från IVL där miljöpåverkan från dessa moduler är 22 kg CO₂e/m² BTA (IVL, 2022c). Denna klimatpåverkan adderades till den beräknade klimatpåverkan och då detta var gjort var den totala klimatpåverkan beräknad.

3.3.2 Boverkets klimatdeklaration

Boverkets klimatdeklaration innefattar inte samtliga delar av projektet och detta låg till grund vid komprimeringen av kostnadskalkylen. Byggdelarna valdes och bland annat markarbete, VVS-installationer och energianvändningen beaktades inte. Eftersom byggdel 7 och 8 innebar många entreprenader beaktades inte majoriteten av de entreprenader som fanns i kostnadskalkylen. För de material som hamnade under dataluckor och skulle beaktas skapades en ny resurs i BM och klimatpåverkan adderades. Projekt Pålsjö Äng ska ha solceller på taken på samtliga flerbostadshus. Solceller ska enligt Boverkets klimatdeklaration beaktas, dock endast om de är integrerade. På Pålsjö Äng är solcellerna inte integrerade utan ska monteras utanpå taket och kommer därför inte räknas med.

Då samtliga resurser mappats skapades rapporten från BM med total klimatpåverkan samt klimatpåverkan fördelad mellan resurser och byggdelar. I enlighet med Boverkets klimatdeklaration ska ett påslag på 25 % göras för de produkter och material där generiska data använts. Detta påslag läggs inte till automatiskt utan måste göras manuellt. Det gjordes därför en uppdelning mellan andelen specifika och generiska data. Klimatpåverkan från generiska data multiplicerades med 1,25 för att få fram korrekt mängd. Klimatpåverkan för modul A4, transport, adderades men gavs inte ett påslag då denna generiska data är konservativ. Täckningsgraden räknades upp till 100 % där specifika data, generiska data med påslag och transporten var inkluderade. Schabloner för modul A5.2-A5.5 adderades efter täckningsgraden räknats upp men gavs inte något påslag då schablonen är konservativt satt. Den totala klimatpåverkan jämfördes till sist med ett beräknat referensvärde för Boverkets klimatdeklaration.

3.3.3 LFM30

Beräkningarna enligt LFM30 var i stor utsträckning lika beräkningarna för Boverkets klimatdeklaration. Kostnadskalkylen komprimerades först baserat på samma val gällande byggdelar och enheter som för Boverkets klimatdeklaration, detta trots att LFM30 egentligen även inkluderar byggdel 7, invändiga ytskikt och byggdel 8, installationer. Valet gjordes att använda schabloner för dessa byggdelar i stället för data från kalkylen, detta då data från kalkylen innefattar osäkerheter och all information angående energianvändning, invändiga ytskikt etcetera som krävs inte finns tillgänglig då projektet inte är färdigställt. För att göra en rättvis beräkning av klimatpåverkan hade samtliga material och produkter som använts för invändiga ytskikt samt korrekta mängder av använd energi behövt beaktas.

LFM30 beaktar inte mörk bruttoarea vid beräkning av klimatpåverkan. Projekt Pålsjö Äng har mörk bruttoarea i form av en källare under ett av höghusen kopplat till det underjordiska garaget. Samtliga produkter och mängder tillhörande källaren och garaget avlägsnades därför ur kostnadskalkylen innan denna komprimerades. Detta inkluderade betong och armeringen i väggar, pelare, platta, balkar och bjälklag. För att möjliggöra exkludering av garaget vid beräkningarna delas betongmängderna upp mellan betong tillhörande husen och betong tillhörande garaget. Betongen i garaget kräver även en högre exponeringsklass vilket innebär högre hållfasthetsklasser än resterande betongmängder. Armeringen tillhörande garaget subtraherades från armering tillhörande husunderbyggnaden.

Utöver denna betong och armering skulle även dörrar placerade i källaren, isolering i garageväggarna samt bjälklaget till flerbostadshuset ovan källaren inte beaktas. Plattan under källaren inkluderades däremot fortsatt i beräkningarna. För att beräkna vikten av betong och armering tillhörande bjälklaget beräknades arean enligt mått från A-ritningar och multiplicerades sedan med tjockleken på betongen samt betongens densitet. För armeringen antogs fortsatt 50 kg/m³ betong. Dessa mängder subtraherades sedan från totala mängden betong och armering för bjälklagen. Beräkningarna av den mörka bruttoarean i källaren skedde enligt LFM30:s kravdokument där delarna som ska inkluderas eller ej är enligt Figur 7.

Efter kostnadskalkylen komprimerats fördes den över till BM och den initiala täckningsgraden framtogs. Likt för Boverkets klimatdeklaration önskas en hög täckningsgrad. LFM30 har ett krav på att dataluckorna endast får vara 20 %. För dataluckor användes fortsatt gränsen på 100 000 kr och de studerades för att se vilka som var relevanta för beräkningen eller ej. Nästintill samtliga produkter och entreprenader som mappades i Boverkets klimatdeklaration mappades i BM även för LFM30. Vissa material gick inte att mappa då de inte fanns med i den komprimerade kalkylen, dessa produkter tillhörde källaren och hade därför avlägsnats innan komprimeringen.

Enligt LFM30 behöver inte produkter på skruv och mutternivå inkluderas i beräkningarna av klimatpåverkan. Samtliga skruvar, spikar och muttrar mappades med "ej klimatpåverkan" i BM och gavs 0 % andel i täckningsgraden. Utöver de entreprenader som mappats likt för Boverkets klimatdeklaration antogs även 50 % vara materialkostnader och 50 % vara arbetskostnader för de entreprenader tillhörande byggdel 7 och byggdel 8 som nu inkluderades. För de produkter som tillhör byggdel 7 exempelvis vitvaror antogs 100 % vara kostnad då inget arbete ingick. Dessa mappades inte i BM eftersom klimatpåverkan anges i form av schablonvärdena. Då de kommer påverka den slutgiltiga klimatpåverkan skall de dock inkluderas i täckningsgraden. Kostnaderna för de material som förändrats sedan skapandet av kostnadskalkylen som sedum, plåt och tätskikt, ändrades till korrekt kostnad.

Enligt LFM30:s kravdokument ska markarbeten inkluderas upp till två meter utanför byggnaden, detta inkluderar schaktmassor och makadam. Vid källaren schaktades cirka 3 meter medan under husen cirka 0,5 meter. Därefter användes 0,2 meter makadam som ett dränerande lager. Från fasadlivet lades makadam 2 meter ut för att möjliggöra en stabil grund för ställningen. 5000 ton av schaktmassorna transporterades till ett annat

projekt för att där användas medan resterande mängder användes för att återfylla kring källaren och garaget. Schaktmassorna innebar inte någon direkt klimatpåverkan då materialet inte behandlats på något sätt utan klimatpåverkan kom från arbetet att schakta samt transportererna för att förflytta materialet. Transporternas klimatpåverkan inkluderas men inte arbetet. Makadamen har, till skillnad från schaktmassorna, en klimatpåverkan då den produceras. Denna klimatpåverkan var dock okänd och de leverantörer av makadam som tillfrågades hade inga värden. Det fanns inte heller någon generiska data i BM för makadamen, på grund av detta bortsågs det från klimatpåverkan vid tillverkningen. Klimatpåverkan från transporten av makadam var dock känd och inkluderades. Schaktmassorna transporterades 22 kilometer medan makadamen transporterades 33 kilometer. Övriga specifika transporter som lades in i BM var likt i Boverkets klimatdeklaration tegel samt betong.

Täckningsgraden räknas upp till den teoretiska för 100 %. Ju högre täckningsgraden är från början desto mindre blir uppräkningsgraden och resultatet blir mer likt verkligheten. En skillnad från Boverkets klimatdeklaration är dock att generiska data inte ges ett påslag på 25 %. Uppräkningen sker innan schablonen för A5.2-A5.5 läggs till, dock inkluderas schablonerna för byggdel 7 och byggdel 8 samt transportererna i uppräkningsgraden. Anledningen till detta är att dessa inkluderas i täckningsgraden och därför även inkluderas i uppräkningsgraden. För modul A5.2-A5.5 användes återigen schablonen på 22 kg CO₂e/m² BTA (LFM30, 2021). För byggdel 7 är schablonen för bostäder 25 kg CO₂e/m² A_{temp}. A_{temp} är för projektet 6499 m² vilket exkluderar källarens A_{temp}. Garaget har ingen area uppvärmd över 10 grader och den har därför ingen A_{temp}. Byggdel 8 har inte en allmän schablon utan specifika schabloner läggs till beroende på vad som finns i projektet. För byggdel 8 adderades därför schabloner vars värden presenteras i Tabell 5.

Tabell 5 Värden för schabloner i byggdel 8.

Schablon	Klimatpåverkan [kg CO ₂ e/m ² A _{temp}]
EI	3
Värme/Sanitet	3
Hiss	10
Ventilation	10

När uppräkningsgraden är gjord och schablonvärden för modul A5.2-A5.5 adderats till klimatpåverkan fås den totala klimatpåverkan samt klimatpåverkan per BTA för projektet. För LFM30 kommer BTA ha minskat i jämförelse med Boverkets klimatdeklaration då arean för källaren och garaget inte inkluderas. Den totala klimatpåverkan enligt LFM30 jämfördes slutligen med LFM30:s gränsvärde.

3.3.4 NollCO₂

Som för LFM30 var beräkningarna enligt NollCO₂ lika de för Boverkets klimatdeklaration med några avvikelser. Kostnads kalkylen komprimerades återigen med avseende på samma byggdelar och enheter. Även för NollCO₂ ska byggdel 7 och 8 inkluderas men ännu en gång användes schabloner för dessa. Enligt NollCO₂ beaktas

både ljus och mörk bruttoarea och samtliga mängder från kostnadskalkylen inkluderades därmed i komprimeringen.

Den komprimerade kostnadskalkylen fördes över till BM och täckningsgraden framtoogs. Samma produkter och entreprenader mappades som för LFM30 bortsett från schaktmassorna och makadam samt med tillägg för de produkter som tillhör källaren och garaget. Material på skruv och mutternivå behövde inte heller här beaktas och entreprenader tillhörande byggdel 7 och byggdel 8 inkluderades i täckningsgraden men mappades inte i BM. Transporter för tegel och betong lades till och kostnader för förändrade produkter ändrades. De produkter som inte är relevanta enligt NollCO₂ hanterades i dataluckor och gavs andelen 0 %.

Då samtliga material mappats och täckningsgraden nått önskad nivå beräknades denna upp till 100 %. Inte heller för NollCO₂ gavs generiska data ett påslag. Schabloner för modul A5.2-A5.5 samt byggdel 7 och byggdel 8 adderades där modul A5.2-A5.5 inte inkluderades i uppräknigen vilket byggdel 7 och byggdel 8 gjordes. De schabloner som inkluderades för byggdel 8 var för hiss, el, VS och ventilation. Transporter enligt modul A4 adderades till klimatpåverkan och inkluderades i uppräknigen. Bruttoarean och A_{temp} var för NollCO₂ samma som för Boverkets klimatdeklaration då samtliga våningsplan och ytor beaktas. Gränsvärdet för klimatberäkningar enligt NollCO₂ beräknades och den totala klimatpåverkan jämfördes med det beräknade gränsvärdet.

Vid certifiering med NollCO₂ ska nettoklimatpåverkan bli noll och klimatkompensationer utförs därför. I denna rapport beaktas inte eventuella klimatkompensationer som behövs och de beräknas därför inte. Anledningen till detta är att arbetet avgränsats till skede A och att projektet inte ska certifieras enligt NollCO₂.

4 Resultat

4.1 Indata

4.1.1 Boverkets klimatdeklaration

Vid komprimering av kostnadskalkylen beaktades endast byggdelar inkluderade i Boverkets klimatdeklaration. Dessa var:

2. Husunderbyggnad
3. Stomme
4. Yttertak
5. Fasader
6. Stomkomplettering/rumsbildning

Byggdel 0-sammansatta byggdelar, 1-mark, 7-invändiga ytskikt/rumskomplettering och 8-installationer filtrerades bort. Då den komprimerade kostnadskalkylen infogats i BM påbörjades mappningen av de resurser som ännu inte tilldelats en klimatpåverkan. Andelen av betongens totala klimatpåverkan som varje konstruktionsdel i betong representerar visas i Tabell 6. I Tabell 7 visas de produkter som mappades, vilken klimatpåverkan dessa tilldelades samt om data var generisk eller specifik. I Tabell 8 visas de entreprenader som mappades. Övriga material som finns med i klimatberäkningen har tidigare mappats av NCC och då blivit tilldelade en klimatpåverkan. För de material och produkter med en annan enhet än kilogram beräknades en omräkningsfaktor baserad på densitet och dimensioner för materialet.

Tabell 6 Konstruktionsdelar i betong uppdelade efter tillhörande byggdel samt om de ingår i garaget eller inte. Klimatpåverkan redovisas utefter hur stor andel av betongens totala klimatpåverkan som respektive del representerar.

Konstruktionsdel	Byggdel	Andel klimatpåverkan [%]
Bjälklag	Stomme	19,9
Bjälklag garage	Husunderbyggnad	12,2
Balkong	Fasad	2,5
Balkar	Stomme	0,2
Balkar garage	Husunderbyggnad	2,7
Väggar	Stomme	20,6
Väggar garage	Husunderbyggnad	7,7
Pelare garage	Husunderbyggnad	0,3
Platta	Husunderbyggnad	1,3
Platta garage	Husunderbyggnad	17,9
Fundament/ Grundförstärkning	Husunderbyggnad	6,2
Fundament garage	Husunderbyggnad	8,1
Sockel	Husunderbyggnad	0,6

Klimatberäkning av Pålsjö Äng

Tabell 7 Samtliga produkter som mappades i BM. Enhet, spill och klimatpåverkan redovisas för respektive produkt.

Produkt	Enhet	Spill [%]	Typ av data	Klimatpåverkan [kg CO ₂ e/kg]
Armeringsnät NK500 10100F	kg	28	Specifika	0,478
Armeringsnät NK500 12150F	kg	20	Specifika	0,478
Expander HSAF M10xM108	st.	1	Generiska	2,590
Fasadskruv 1000 st/frp	frp	15	Generiska	2,590
Fasadskruv 1000 st/frp	frp	15	Generiska	2,590
Fönster, fast	kg	0	Generiska	2,200
Fönster, vridbart	kg	0	Generiska	2,200
Gipsskiva	m ²	10	Specifika	0,272
Golvspånskiva	m ²	12	Specifika	0,181
Tamburdörrar	kg	0	Specifika	2,581
Innerdörrar, trä icke massiv	kg	0	Generiska	0,180
Innerdörrar, trä massiv	kg	0	Generiska	0,310
Innerdörrar, stål	kg	0	Specifika	2,581
Limträpelare	m	0	Specifika	0,612
Trappor, betong prefabricerade	m ³	3	Generiska	0,209
Trappor, ek	m ³	10	Specifika	0,280
Trällsplattor	m ²	5	Generiska	0,471
Uni-skiva	m ²	5	Specifika	0,209
Vinkelbeslag	st.	0	Specifika	2,230
Z-balk, stål	m	10	Specifika	2,510

Tabell 8 Samtliga entreprenader som mappades i BM. Notera att murningsentreprenaden är uppdelad efter rött och gult tegel då dessa har olika klimatpåverkan.

Produkt	Enhet	Spill [%]	Typ av data	Klimatpåverkan [kg CO ₂ e/kg]
Glasningsentreprenad	kg	20	Generiska	1,380
Murbruk	kg	5	Generiska	0,162
Murningsentreprenad, rött tegel	kg	5	Specifika	0,092
Murningsentreprenad, gult tegel	kg	5	Specifika	0,154
Plåtentreprenad	m ²	5	Specifika	2,070
Sedum	m ²	5	Specifika	0,170
Takstolar	kg	10	Generiska	0,106
Tätskiktentreprenad	kg	5	Specifika	0,321

4.1.2 LFM30

Eftersom beräkningarna enligt LFM30 var lika de för Boverkets klimatdeklaration mappades samma produkter. Detta underlättar också jämförelse. Bland produkterna som mappades fanns inte armeringsnät NK500 12150F med i LFM30:s komprimerade kalkyl eftersom denna tillhörde mörk BTA samt att samtliga skruvar, spikar och muttrar inte beaktas. Övriga produkter går att observera i Tabell 7. För betongen ändrades mängderna för bjälklaget och väggarna då källaren inte beaktades eftersom denna tillhör den mörka bruttoarean. Mängderna från garaget beaktades inte heller vid beräkningarna. Förutom betongen exkluderades även armeringen och isoleringen i väggarna och gårdsbjälklaget tillhörande garaget. Klimatpåverkan för schaktmassor och makadam angavs endast i form av transport.

Samtliga entreprenader ur Tabell 8 mappades i BM även för LFM30. Utöver dessa hanterades även de tillhörande byggdel 7 och byggdel 8 för att de skulle räknas med i täckningsgraden. De entreprenaderna benämns nedan. Entreprenaderna för byggdel 7 och 8 mappades inte i BM och har därför inte specifik klimatpåverkan eller mängder utan räknades som schabloner. Anledningen till att de inte mappades var att all nödvändig information inte fanns tillgänglig. För samtliga antogs 50 % av den totala kostnaden för entreprenaderna vara materialkostnader.

- Golvbeläggningsemprenad kvarter 1
- Golvbeläggningsemprenad kvarter 2
- Hissinstallationsentreprenad
- Kraft, tele och belysningsentreprenad
- Luftbehandlingsentreprenad
- Målningsemprenad kvarter 1
- Målningsemprenad kvarter 2
- Plattsättningsemprenad kvarter 1
- Plattsättningsemprenad kvarter 2
- Plattsättningsemprenad stegljudsmatta
- Skåpinredning bostäder
- Styr och övervakningsemprenad
- VS- installationsentreprenad

4.1.3 NollCO₂

Indata för NollCO₂ inkluderar samtliga produkter och entreprenader likt Boverkets klimatdeklaration i Tabell 6, Tabell 7 samt Tabell 8 förutom skruvar, muttrar och spikar som bortses från. Utöver detta inkluderades även samtliga entreprenader listade under LFM30 och schablonvärden för modul A5.2-A5.5 samt byggdel 7 och byggdel 8.

4.2 Utdata

Från BM extraheras en rapport med en sammanställning över klimatpåverkan, först uppdelad per byggresurs och sedan sammanslaget i byggdelar. Utöver klimatpåverkan finns det även information angående samtliga nya material som mappats i BM, vilken typ av data som använts, andelen av den totala klimatpåverkan varje produkt står för, transporter samt vilka byggdelar som ingår. De byggdelar som beaktas beror på vilken av beräkningsmetoderna som använts. I Tabell 9 finns systemgränserna för beräkningarna utförda i BM. Samtlig klimatpåverkan är beräknad i kg CO₂e per m² bruttoarea.

Resultat när schabloner har adderats samt täckningsgraden räknats om till 100 % redovisas i Tabell 10 för Boverkets klimatdeklaration, Tabell 13 för LFM30 och i Tabell 16 för NollCO₂.

Tabell 9 Systemgränser vid klimatberäkningarna i BM. X innebär att modulen är inkluderad i beräkningarna.

Livscykel information	A1-3 Produktskede	A1 - Råvaruförsörjning	X
		A2 – Transport	X
		A3 - Tillverkning	X
	A4-5 Byggproduktionsskede	A4 – Transport	X
		A5 – Bygg och installationsprocess	X
	B1-7 Användningsskede	B1 – Användning	
		B2 - Underhåll	
		B3 – Reparation	
		B4 – Ersättning	
		B5 – Ombyggnad	
		B6 – Energianvändning	
		B7 - Vattenanvändning	
	C1-4 Slutskede	C1 - Demontering	
C2 – Transport			
C3 - Avfallshantering			
C4 - Sluthantering			
Information utanför livscykeln	D Påverkan utanför livscykeln		

4.2.1 Boverkets klimatdeklaration

Den totala klimatpåverkan för projektet enligt Boverkets klimatdeklaration blev 236 kg CO₂e/m² BTA efter mappning, påslag, uppräknings och tillagda schablonvärden. Täckningsgraden blev 95 % där mappade resurser var 97 % och dataluckor 92 %. Projektets klimatpåverkan beräknades enligt Tabell 10.

Då samtliga resurser mappats adderades Boverkets påslag på 25 %. Påslaget applicerades på alla resurser och material som använde generiska värden, alltså samtliga där inte en EPD användes. Den totala klimatpåverkan före påslaget för generiska data var 449 900 kg CO₂e. När påslaget adderas blev denna klimatpåverkan 562 400 kg CO₂e. Klimatdata för specifika data från EPD:er summeras till 1 210 333 kg CO₂e medan transporter stod för 70 200 kg CO₂e. Med generiska data blev detta totalt 1 842 900 kg CO₂e. En bruttoarea, BTA, på 9 076 m² gav motsvarande 203 kg CO₂e/m² BTA.

För att få ett mer jämförbart resultat beräknas, som nämndes i metoden, klimatpåverkan upp från den aktuella täckningsgraden på 95% till 100%. Uppräkningen av täckningsgraden beräknades genom att dividera den totala klimatpåverkan med täckningsgraden vilket ger

$$\frac{1\,842\,900}{0,95} = 1\,939\,900 \text{ kg CO}_2\text{e}$$

Detta motsvarar 214 kg CO₂e/m² BTA. För att inkludera hela skede A ska även schabloner appliceras för modul A5.2-A5.5. För detta adderas 22 kg CO₂e per BTA, och ger en slutgiltig total klimatpåverkan på 2 139 600 kg CO₂e (IVL, 2022c). Detta medförde att resultatet blev 236 kg CO₂e/m² BTA för projekt Pålsjö Äng enligt Boverkets klimatdeklaration.

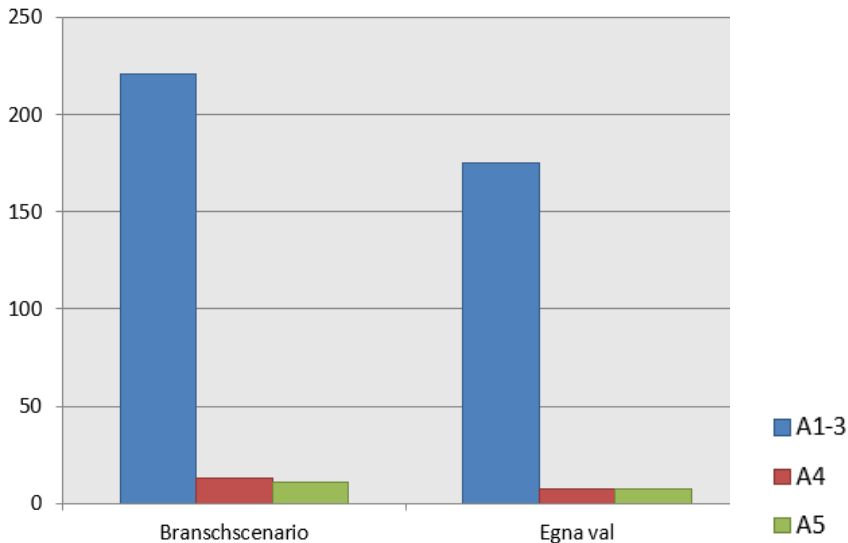
$$1\,939\,900 + 22 * 9\,076 = 2\,139\,600 \text{ kg CO}_2\text{e}$$

Tabell 10 Redovisning av klimatpåverkan under beräkningsgång. Både total klimatpåverkan och klimatpåverkan per kvadratmeter bruttoarea redovisas.

	Total klimatpåverkan [kg CO ₂ e]	Klimatpåverkan/m ² BTA [kg CO ₂ e/m ² BTA]
Generiska data	449 900	-
Generiska data med påslag	562 400	-
Specifika data	1 210 333	-
Transport	70 200	-
Generiska data med påslag + specifika data + transport	1 842 900	203
Uppräkning till 100 %	1 939 900	214
Med modul A5.2-A5.5	2 139 600	236

För att studera hur de specifika valen av material har påverkat emissioner av växthusgaser jämförs branschscenariot, som består av generiska data, med "egna val", se Figur 9. Branschscenariot innebär att all klimatpåverkan för materialen är generiska data från Boverkets eller BM:s klimatdatabas medan egna val är när EPD med specifika data har applicerats på en andel av produkterna. Eftersom stort fokus har varit på att förbättra betongen och stommen kommer de egna valen av betong, i kombination med övriga produkter som gavs specifika data, medföra att klimatpåverkan för projektet är lägre än val av endast generiska data. Detta illustreras i Figur 9. Notera att påslaget på

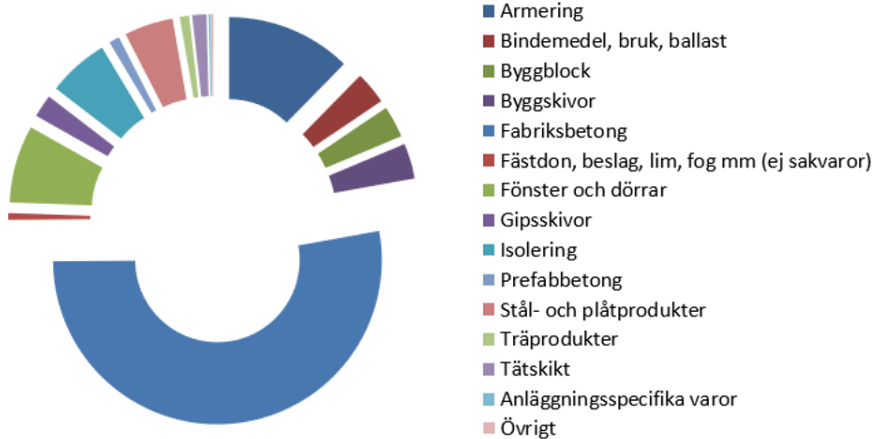
25 % för generiska data ej är inkluderat i staplarna, täckningsgraden är inte heller uppräknad till 100 %, samt schablon för modul A5.2-A5.5 saknas vilket medför att värden i Figur 9 inte är jämförbar med Tabell 10. Om generiska data haft påslaget på 25 % hade skillnaden mellan branschscenariot och egna val varit större. De olika staplarna illustrerar de olika modulerna i skede A och mäts i kg CO_{2e}/m² BTA.



Figur 9 Jämförelse av klimatpåverkan mellan branschscenario och egna val för klimatberäkningar enligt Boverkets klimatdeklaration. Blå färg står för modul A1-3, röd för modul A4 och grön för modul A5.

4.2.1.1 Byggresurser

För att studera produkter och byggdelars individuella påverkan redovisas uppdelningar mellan byggresurser och byggdelar. Produkterna delades in i olika byggresursgrupper vilka kan ses i Figur 10 samt i Tabell 11. Produkten fabriksbetong har med marginal störst klimatpåverkan och står totalt för 53 % av mängden koldioxidekvivalenter. Efter betongen står armeringen för näst störst klimatpåverkan med 12 %. Tredje störst klimatpåverkan hade fönster och dörrar med 8 % där fönsterna står för majoriteten av byggresursens klimatpåverkan. Efter dessa tre byggresurser står övriga byggresurser för 6 % eller mindre av den totala klimatpåverkan.



Figur 10 Illustrering över hur stor andel av den totala klimatpåverkan som varje byggresurs står för. Notera att boverkets påslag på 25 % inte är medräknat utan endast den faktiska klimatpåverkan, både specifik och generisk. Notera även att schablon för A5.2-A5.5 inte inkluderas i cirkeldiagrammet.

Tabell 11 Skillnad mellan klimatpåverkan för Branschscenario och egna val för byggresurserna. Negativa värden innebär att klimatpåverkan är lägre för egna val än för branschscenariot. Andel visar den klimatpåverkan som varje byggresurs står för. Procentsatserna är avrundade till heltal och summering av samliga blir därför inte exakt 100 %.

	Skillnad mellan Branschscenario och egna val [kg CO ₂ e/m ² BTA]	Andel [%]
Armering	- 4,7	12
Bindemedel, bruk, ballast	0,0	3
Byggblock	- 6,5	3
Byggskivor	- 0,3	3
Fabriketsbetong	- 41,4	53
Fästdon, beslag, lim m.m	0,0	1
Fönster och dörrar	0,0	8
Gipsskivor	0,0	2
Isolering	- 0,1	6
Prefabbetong	0,0	1
Stål- och plåtprodukter	- 1,0	5
Träprodukter	+ 0,1	1
Tätskikt	+ 0,4	1
Anläggningsspecifika varor	0,0	<1
Övrigt	0,0	<1

4.2.1.2 Byggdelar

Produkterna delades förutom i byggresurser huvudsakligen in i byggdelarna husunderbyggnad, stomme, yttertak, fasader och stomkomplettering/rumsbildning. I Figur 11 samt Tabell 12 går det att observera uppdelningen av den totala klimatpåverkan mellan de olika byggdelarna. Byggdelen stomme representerar den största mängden klimatpåverkan med 38 %, vilket korrelerar väl med teorin och tidigare byggprojekt. Strax efter stommen kommer husunderbyggnaden med 36 % av klimatpåverkan. Efter husunderbyggnaden kom fasaderna med 19 %. Fasaderna inkluderar många olika typer av skivor men även stål och tegel som har en relativt hög klimatpåverkan i jämförelse med övriga produkter. Efter fasader fanns stomkomplettering/rumsbildning med 4 % och sist yttertak med 2 %.



Figur 11 Illustrering över hur stor andel av den totala klimatpåverkan som varje byggdel står för. Notera att boverkets påslag på 25 % inte är medräknat utan endast den faktiska klimatpåverkan, både specifik och generisk.

Tabell 12 Skillnad mellan klimatpåverkan för Branschscenario och egna val för byggdelarna. Negativa värden innebär att klimatpåverkan är lägre för egna val än för branschscenariot. Andel visar den klimatpåverkan som varje byggdel står för. Procentsatserna är avrundade till heltal och summering av samtliga blir därför inte exakt 100 %.

	Skillnad mellan Branschscenario och egna val [kg CO ₂ e/m ² BTA]	Andel [%]
Husunderbyggnad	- 10,7	36
Stomme	- 35,7	38
Yttertak	- 0,5	2
Fasader	- 6,6	19
Stomkomplettering/rumsbildning	0,0	4

Då de enskilda produkterna studerades hade betongen som finns i väggarna störst klimatpåverkan på 11 % av den totala klimatpåverkan. Detta följdes av bjälklag, platta på mark samt delar av garaget som tillsammans utgjorde cirka 39 % av klimatpåverkan. Den byggresurs med störst klimatpåverkan som inte var betong var armering. Av de fem

produkter med högst klimatpåverkansandel var alla betong, detta även fast betongen är klimatförbättrad. Lägst klimatpåverkan hade i stället produkter gjorda av trä, spikar och skruvar, gips och isolering. Dessa produkter användes mestadels i mindre mängder och liknande produkter fanns även med högre klimatpåverkan.

4.2.1.3 Referensvärde

Eftersom klimatberäkningar och Boverkets klimatdeklaration är nya finns ännu inga gränsvärden för metoden. I stället har en stor studie utförts av KTH där referensvärden togs fram för olika typer av hus. För flerbostadshus är medelreferensvärdet 310 kg CO₂e/m² BTA (Malmqvist, et al., 2021).

4.2.2 LFM30

Beräkningar för LFM30:s metod sker med samma metodik som Boverkets klimatdeklaration, skillnaden är att påslaget på 25 % för generiska data inte appliceras. Generiska data, specifika data och transporter summeras för att få den totala klimatpåverkan. För att göra resultatet jämförbart räknas täckningsgraden upp till 100 % genom att dividera klimatpåverkan med den aktuella täckningsgraden. Vid beräkning för LFM30 blev täckningsgraden 96 %, där både dataluckor och de mappade resurserna hade en täckningsgrad på 96 % var. Bruttoarean, BTA, var 7417 m² när källaren exkluderats. Den uppvärmda arean, A_{temp}, är 6 499 m². Klimatpåverkan i de olika beräkningsstegen redovisas i Tabell 13 där samma beräkningsmetod används som för Boverkets klimatdeklaration.

Tabell 13 Redovisning av klimatpåverkan under beräkningsgång. Både total klimatpåverkan och klimatpåverkan per kvadratmeter bruttoarea redovisas.

	Total klimatpåverkan [kg CO ₂ e]	Klimatpåverkan/m ² BTA [kg CO ₂ e/m ² BTA]
Generiska data	425 000	-
Specifika data	695 000	-
Transport	76 600	-
Generiska data + specifika data + transport	1 196 600	161
Med byggdel 7–8	1 528 100	206
Uppräkning till 100 %	1 591 800	215
Med modul A5.2-A5.5	1 754 900	237

Skillnaden från tidigare beräkning är att byggdel 7 och 8 också ska inkluderas i form av schabloner. I byggdel 7, invändiga ytskikt, används ett värde av 25 kg CO₂e/m² A_{temp} för bostäder vilket summerar ihop klimatpåverkan för byggdel 7 till 162 500 kg CO₂e. Byggdel 8, installationer, består av flera olika delar. I LFM30 beaktas ventilation som 10 kg CO₂e/m² A_{temp}, el som 3 kg CO₂e/m² A_{temp}, VS som 3 kg CO₂e/m² A_{temp} och hiss som 10 kg CO₂e/m² A_{temp}. Byggdel 8 summeras ihop genom att multiplicera den uppvärmda arean med schablonerna för de olika delarna.

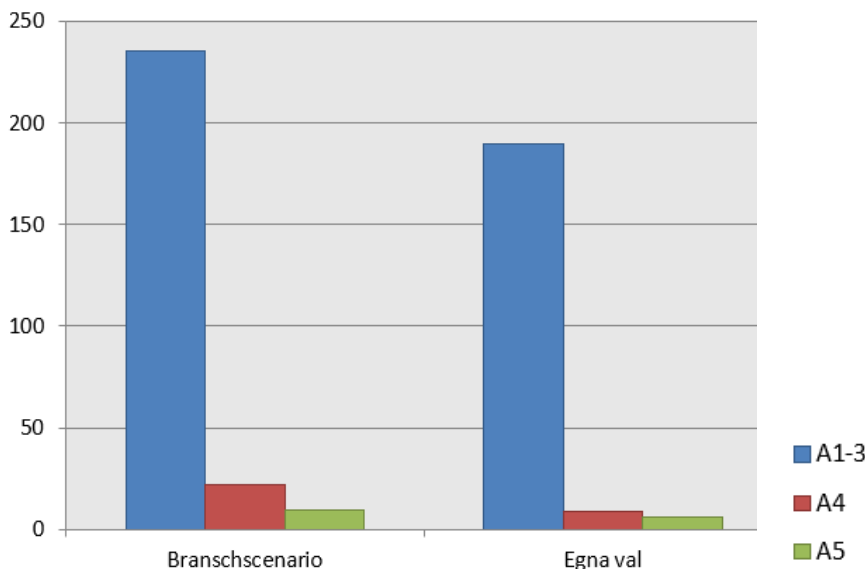
$$\text{Klimatpåverkan BD 8} = A_{temp} * (\text{Vent} + \text{El} + \text{VS} + \text{Hiss})$$

$$\text{Klimatpåverkan BD 8} = 6\,499 * (10 + 3 + 3 + 10) = 169\,000 \text{ kg CO}_2\text{e}$$

Eftersom byggdel 7 och 8 inkluderas i täckningsgraden, ofta i form av en entreprenad, är det viktigt att detta adderas till den totala klimatpåverkan innan täckningsgraden räknas upp till 100 % som visas i Tabell 13.

Med uppräknad täckningsgrad samt schabloner blir den totala klimatpåverkan enligt LFM30:s metod 1 754 900 kg CO₂e. Beräknad per kvadratmeter bruttoarea blir klimatpåverkan 237 kg CO₂e/m² BTA.

Jämförelse mellan branschscenario och egna val illustreras i Figur 12 där det visas vilken påverkan de aktiva valen av material har haft. Figur 12 inkluderar dock inte byggdel 7 och 8, schablon för modul A5.2-A5.5 och är heller inte uppräknad till täckningsgrad 100 %. Figuren är därför inte jämförbara med Tabell 13, utan jämförs endast staplarna mellan. De olika modulerna i skede A illustreras av de olika staplarna och mäts i kg CO₂e/m² BTA.

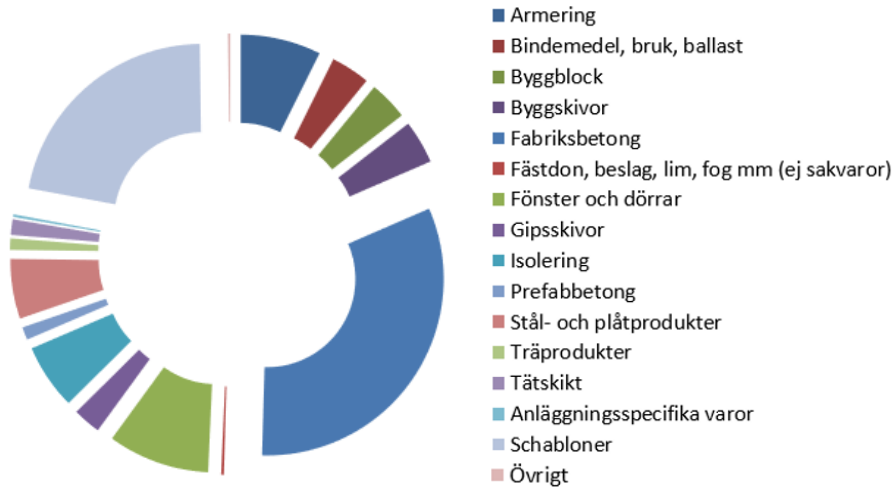


Figur 12 Jämförelse av klimatpåverkan mellan branschscenario och egna val för klimatberäkningar enligt LFM30. Blå färg står för modul A1-3, röd för modul A4 och grön för modul A5.

4.2.2.1 Byggresurser

Fördelningen av hur de olika byggresurserna representerar projektets klimatpåverkan visas i Figur 13 där betong, schabloner och fönster/dörrar står för de tre största posterna. Betongen utgör ungefär 32 % av klimatpåverkan, invändiga ytskikt/installationer 22 %, i figurförklaring kallat schabloner, och fönster/dörrar 9 %. För betongen är det framför

allt bjälklagen och väggarna som står för de stora delarna av klimatpåverkan. Samtliga byggresursers totala och procentuella klimatpåverkan redovisas i Tabell 14.



Figur 13 Illustrering över hur stor andel av den totala klimatpåverkan som varje byggresurs står för. Notera att schabloner för A5.2-A5.5 inte inkluderas i cirkeldiagrammet.

Tabell 14 Skillnad mellan klimatpåverkan för Branschscenario och egna val för byggresurserna. Negativa värden innebär att klimatpåverkan är lägre för egna val än för branschscenariot. Andel visar den klimatpåverkan som varje byggresurs står för. Procentsatserna är avrundade till heltal och summering av samtliga blir därför inte exakt 100 %.

	Skillnad mellan Branschscenario och egna val [kg CO ₂ e/m ² BTA]	Andel [%]
Armering	- 2,8	7
Bindemedel, bruk, ballast	0,0	4
Byggblock	- 8,0	4
Byggskivor	- 0,3	4
Fabriksbetong	- 41,6	32
Fästdon, beslag, lim m.m	0,0	<1
Fönster och dörrar	- 8,8	9
Gipsskivor	0,0	3
Isolering	- 0,2	6
Prefabbetong	0,0	1
Stål- och plåtprodukter	- 1,3	5
Träprodukter	+ 0,1	1
Tätskikt	+ 0,4	1
Anläggnings-specifika varor	0,0	<1
Schabloner	0,0	22
Övrigt	0,0	<1

4.2.2.2 Byggdelar

Fördelningen av de diverse byggdelarnas klimatpåverkan redovisas i Figur 14. Den största klimatpåverkan har stommen som består av betong, därefter kom fasaderna. Stommen utgör 37 % av totala klimatpåverkan medan fasaderna står för 22 %. Byggdelarna 7 och 8 samt husunderbyggnaden kom därefter och står alla för 11 % vardera av den totala klimatpåverkan. Den totala och procentuella fördelningen av byggdelarnas klimatpåverkan går att se i Tabell 15.



Figur 14 Illustrering över hur stor andel av den totala klimatpåverkan som varje byggdela står för.

Tabell 15 Skillnad mellan klimatpåverkan för Branschscenario och egna val för byggdelarna. Negativa värden innebär att klimatpåverkan är lägre för egna val än för branschscenariot. Andel visar den klimatpåverkan som varje byggdela står för. Procentsatserna är avrundade till heltal och summering av samtliga blir därför inte exakt 100 %.

	Skillnad mellan Branschscenario och egna val [kg CO ₂ e/m ² BTA]	Andel [%]
Mark	- 8,8	1
Husunderbyggnad	- 3,5	11
Stomme	- 41,4	37
Yttertak	- 0,7	2
Fasader	- 8,1	22
Stomkomplettering/rumsbildning	0,0	5
Invändiga ytskikt/rumskomplettering, byggdela 7	0,0	11
Installationer, byggdela 8	0,0	11

Ur tabeller och figurer går transporter för enskilda resurser ej att urskilja utan dessa är endast inkluderade i den totala klimatpåverkan. I LFM30 inkluderas en del markarbete vilket utgör en liten del i cirkeldiagrammet i Figur 14. Schabloner från arbetsplatsen (modul A5.2-A5.5) är inte heller inkluderade i diagrammen då dessa är tillagda utanför BM och medräknade i ett senare skede. Dock är dessa schabloner precis som markarbetet

medräknade i den totala klimatpåverkan. Övriga schabloner för byggdel 7 och 8 är inkluderade i figurerna.

4.2.2.3 Gränsvärde

LFM30 har arbetat fram målgränsvärden för nybyggnationer. För flerbostadshus är denna satt till 216 kg CO₂e/m² BTA (LFM30, 2021).

4.2.3 NollCO₂

Metoden för NollCO₂ är snarlik den för LFM30. Den största skillnaden är att källaren nu återigen beaktas, precis på samma sätt som för Boverkets klimatdeklaration. I övrigt kommer byggdel 7 och 8 räknas med i form av schabloner. Dessa schabloner är samma som i beräkningen för LFM30. Schabloner för byggdel 7 och 8 adderas innan uppräkningsgraden sker eftersom dessa påverkar täckningsgraden, ofta i form av entreprenader, när kostnads kalkylen studerades.

För att kunna jämföra metoderna räknas täckningsgraden upp till en teoretisk för 100 %. Täckningsgraden efter att resurserna blivit mappade är för de mappade resurserna 95 % och för dataluckorna 96 %. Detta medför en total täckningsgrad på 96 % varpå denna faktor används vid uppräkningsgrad. Bruttoarean när källaren och garaget är medräknade är 9 076 m². Den uppvärmda arean, A_{temp}, är 6790 m². Klimatpåverkan för de olika stegen ses i Tabell 16.

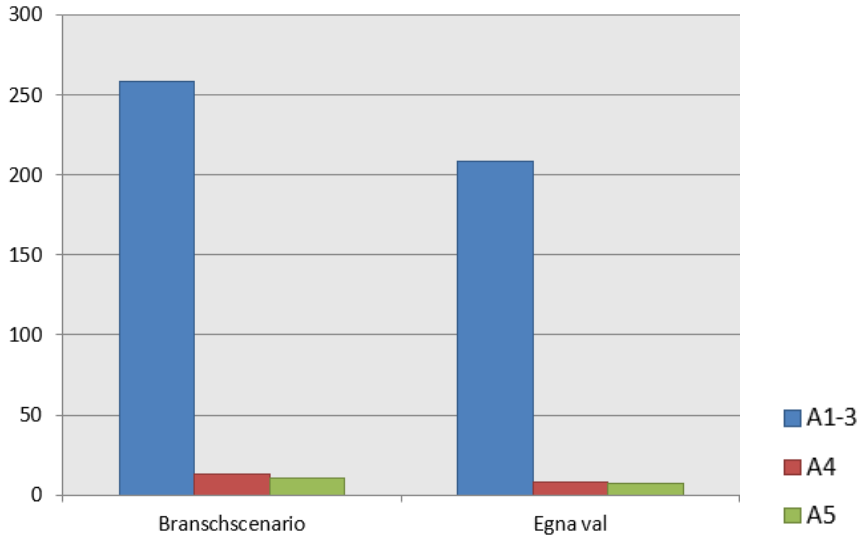
Tabell 16 Redovisning av klimatpåverkan under beräkningsgång. Både total klimatpåverkan och klimatpåverkan per kvadratmeter bruttoarea redovisas.

	Total klimatpåverkan [kg CO ₂ e]	Klimatpåverkan/m ² BTA [kg CO ₂ e/m ² BTA]
Generiska data	442 300	-
Specifika data	1 210 300	-
Transport	70 000	
Generiska data + specifika data + transport	1 722 700	189
Med byggdel 7–8	2 068 900	228
Uppräkning till 100 %	2 155 100	237
Med modul A5.2-A5.5	2 354 800	259

Efter beräkning med uppräkningsgrad samt tillagda schabloner blir den totala klimatpåverkan enligt metoden för NollCO₂ 2 354 800 kg CO₂e. Per kvadratmeter bruttoarea blir klimatpåverkan 259 kg CO₂e/m² BTA.

Jämförelse mellan branschscenario och egna val illustreras i Figur 15 där det visas vilken påverkan de aktiva valen av material har haft. De olika modulerna i skede A illustreras av de olika staplarna och mäts i kg CO₂e/m² BTA. Figur 15 inkluderar dock inte byggdel 7 och 8, schablon för modul A5.2-A5.5 och är heller inte uppräknad till täckningsgrad

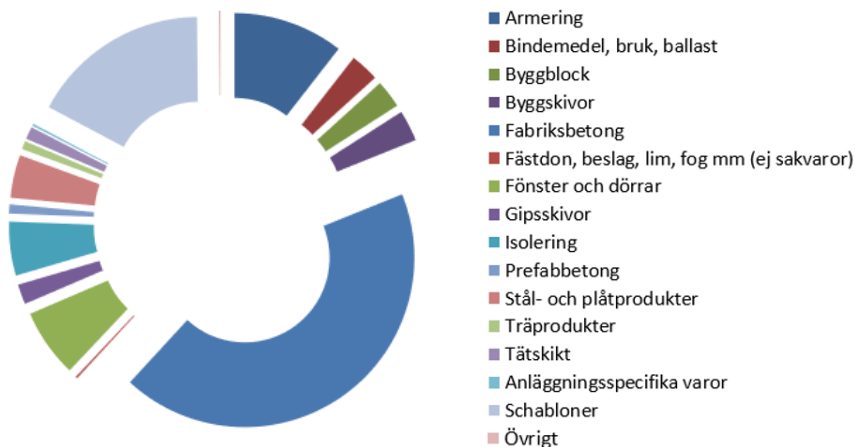
100 %. Figuren är därför inte jämförbar med Tabell 16, utan jämförs endast staplarna emellan.



Figur 15 Jämförelse av klimatpåverkan mellan branschscenario och egna val för klimatberäkningar enligt NollCO₂. Blå färg står för modul A1-3, röd för modul A4 och grön för modul A5.

4.2.3.1 Byggresurser

Fördelningen för byggresurserna illustreras i form av ett cirkeldiagram i Figur 16 och exakt klimatpåverkan per bruttoarea samt procentuell andel varje byggresurs står för visas i Tabell 17. Fabriksbetongen som gjuts på plats representerar den största delen av klimatpåverkan med total andel på 44 %. Den näst största posten är schablonerna för invändiga ytskikt och installationer som utgör 17 % och tredje störst är armering som bidrar med 10 % av den totala klimatpåverkan.



Figur 16 Illustrering över hur stor andel av den totala klimatpåverkan som varje byggdel står för.

Klimatberäkning av Pålsjö Äng

Tabell 17 Skillnad mellan klimatpåverkan för Branschscenario och egna val för byggresurserna. Negativa värden innebär att klimatpåverkan är lägre för egna val än för branschscenariot. Andel visar den klimatpåverkan som varje byggresurs står för. Procentsatserna är avrundade till heltal och summering av samtliga blir därför inte exakt 100 %.

	Skillnad mellan Branschscenario och egna val [kg CO ₂ e/m ² BTA]	Andel [%]
Armering	- 4,7	10
Bindemedel, bruk, ballast	- 0,0	3
Byggblock	- 6,5	3
Byggskivor	- 0,3	3
Fabriksbetong	- 41,4	44
Fästdon, beslag, lim m.m	0,0	<1
Fönster och dörrar	0,0	6
Gipsskivor	0,0	2
Isolering	- 0,1	5
Prefabbetong	0,0	1
Stål- och plåtprodukter	- 1,0	4
Träprodukter	+ 0,1	1
Tätskikt	+ 0,4	1
Anläggnings specifika varor	0,0	<1
Schabloner	0,0	17
Övrigt	0,0	<1

4.2.3.2 Byggdelar

Byggresurserna som redovisas ovan adderas sedan ihop till respektive byggdel. Fördelningen av klimatpåverkan för byggdelar redovisas i Figur 17 och Tabell 18. Stommen utgör största delen där den bidrar med 31 % av den totala klimatpåverkan. Näst mest är husunderbyggnad på 30 % som till stor del även den består av betong i form av det underjordiska garaget. Tredje störst klimatpåverkan har fasaderna på 17 % som främst utgörs av tegelsten.



Figur 17 Illustrering över hur stor andel av den totala klimatpåverkan som varje bygghandling står för.

Tabell 18 Skillnad mellan klimatpåverkan för Branschscenario och egna val för bygghandlingarna. Negativa värden innebär att klimatpåverkan är lägre för egna val än för branschscenariot. Andel visar den klimatpåverkan som varje bygghandling står för. Procentsatserna är avrundade till heltal och summering av samtliga blir därför inte exakt 100 %.

	Skillnad mellan Branschscenario och egna val [kg CO ₂ e/m ² BTA]	Andel [%]
Husunderbyggnad	- 10,7	30
Stomme	- 35,2	31
Yttertak	- 0,5	2
Fasader	- 7,1	17
Stomkomplettering/rumsbildning	0,0	4
Invändiga ytskikt/rumskomplettering	0,0	8
Installationer	0,0	9

4.2.3.3 Gränsvärde

Gränsvärdet för NollCO₂ beräknas genom att summera 70 % av klimatpåverkan för ljus BTA med klimatpåverkan för mörk BTA. Gränsvärdet delas sedan med bruttoarean för att kunna jämföra med resultaten. Klimatpåverkan för ljus BTA är, för beräkningen av NollCO₂:s gränsvärde, enligt baselinen, 310 kg CO₂e/m² BTA. Utöver denna adderas också klimatpåverkan för bygghandling 7 och 8 vilket med schabloner blir 38 kg CO₂e/m² BTA ytterligare. Mörk BTA blir skillnaden mellan LFM30 och NollCO₂:s metod. (SGBC, 2021). Gränsvärdet för projektet enligt NollCO₂ är 265 kg CO₂e/m² BTA.

$$\text{Gränsvärde} = \frac{0,7 * \text{Klimatpåverkan Ljus BTA} + \text{Klimatpåverkan Mörk BTA}}{\text{Total BTA}}$$

$$\text{Gränsvärde} = \frac{0,7 * 2\,581\,116 + 599\,876}{9\,076} = 265 \text{ kg CO}_2\text{e/m}^2 \text{ BTA}$$

4.3 Jämförelse

4.3.1 Indata

I Tabell 19 anges olika typer av data och huruvida varje beräkningsmetod inkluderar denna data eller inte. Tabellen ger en överblick över skillnader i indata.

Tabell 19 Jämförelse av indata mellan de tre olika beräkningsmetoderna. En bock betyder att beräkningsmetoden inkluderar data. Notera att tabellen är övergripande och inkluderande eller exkluderande av eventuella underkategorier i de olika byggdelarna beaktas inte.

	Boverkets Klimatdeklaration	LFM30	NoIICO₂
Byggdel 0	-	-	-
Byggdel 1	-	-	-
Byggdel 2	✓	✓	✓
Byggdel 3	✓	✓	✓
Byggdel 4	✓	✓	✓
Byggdel 5	✓	✓	✓
Byggdel 6	✓	✓	✓
Byggdel 7	-	✓	✓
Byggdel 8	-	✓	✓
Byggdel 9	-	-	-
Fästdon	✓	-	-
Komplementbyggnader	-	-	-
Ljus bruttoarea	✓	✓	✓
Markarbete	-	✓	-
Mörk bruttoarea	✓	-	✓
Påslag på 25 % för generiska data	✓	-	-
Transporter	✓	✓	✓

Bruttoarean, den uppvärmda arean och ljus/mörk area skiljer mellan de olika metoderna på grund av deras avgränsningar. I Tabell 20 finns samtliga använda areor för Boverkets klimatdeklaration, LFM30 och NoIICO₂.

Tabell 20 Använda areor för beräkningar med Boverkets klimatdeklaration, LFM30 och NoIICO₂.

	Boverkets klimatdeklaration	LFM30	NoIICO₂
A _{temp} [m ²]	6790	6499	6790
Total BTA [m ²]	9076	7417	9076
Ljus BTA [m ²]	7417	7417	7417
Mörk BTA [m ²]	1659	-	1659

4.3.2 Utdata

I Tabell 21 finns resultaten av klimatberäkningarna med Boverkets klimatdeklaration, LFM30 och NollCO₂. Den metod som gav störst klimatpåverkan var NollCO₂ och därefter LFM30. Boverkets klimatdeklaration gav lägst klimatpåverkan.

Tabell 21 Sammanställning av utdata mellan de tre olika beräkningsmetoderna.

	Boverkets Klimatdeklaration	LFM30	NollCO₂
Täckningsgrad [%]	95	96	96
Klimatpåverkan [kgCO ₂ e/m ² BTA]	236	237	259
Gränsvärde/ Referensvärde [kgCO ₂ e/m ² BTA]	310	216	265
Byggresurs med störst klimatpåverkan	Betong (53 %)	Betong (32 %)	Betong (44 %)
Byggdel med störst klimatpåverkan	Stomme (38 %)	Stomme (37 %)	Stomme (31 %)
Inkluderade byggdelar	2–6	2–8	2–8

5 Diskussion

5.1 Metoderna

Eftersom klimatberäkningarna och metoderna är så pass nya sker utveckling och uppdateringar kontinuerligt. Detta är positivt då mer produkter inkluderas och arbetet mot att kunna beräkna ett projekts klimatpåverkan korrekt går framåt. Det kan dock innebära problem för den som beräknar. Nya uppdaterade dokument tillkommer samtidigt som de äldre finns kvar med olika värden. Uppdateringar i beräkningsprogram leder till att de värden som använts vid beräkningarna för ett projekt kan vara felaktiga om nya värden finns. Nya värden kan ha både en positiv och en negativ inverkan på beräkningarna beroende på om de ökar eller minskar den enskilda klimatpåverkan för produkter. Det är därför viktigt att man i beräkningar redovisar och refererar till vilka dokument som använts och när. Högre klimatpåverkan leder till att det blir svårt att klara de gränsvärden som finns utsatta för byggnader i metoder som LFM30 och NollCO₂ när dessa gränsvärden inte också uppdateras samtidigt. Endast under beräkningarna inkluderade i denna rapport upptäcktes nya uppdateringar som tidigare varit okända. Dessa uppdateringar ledde till att delar eller hela beräkningar behövde göras om för att resultatet skulle bli så korrekt som möjligt.

För samtliga metoder har förenklingen gjorts att för entreprenaderna står 50 % av kostnaden för material och 50 % av kostnaden för arbete. Detta är en grov uppskattning men görs för att på ett enkelt sätt kunna skilja material och arbete åt då arbetet inte inkluderas i varken Boverkets klimatdeklaration, LFM30 eller NollCO₂. Förenklingen har diskuterats med inköpsavdelningen på NCC som intygade att fördelningen mellan kostnaden för material och arbete kan skilja beroende på entreprenad men att en uppdelning på 50 % kan anses vara ett godtagbart medelvärde. Att undersöka och få information från leverantörer innebär mycket arbete och det är inte säkert att informationen finns tillgänglig. Materialen och produkter från entreprenaderna mappas sedan i BM utifrån bästa förmåga då mängder och produkter framtas från ritningar.

5.1.1 Boverkets klimatdeklaration

Boverkets klimatdeklaration är i ett tidigt stadie av utveckling. Den är relativt grundläggande i vad som inkluderas och referensvärdet är ett värde som ska spegla medelvärdet inom branschen. För flerbostadshus är detta framtaget till 310 kg CO₂/m² BTA. Resultat visar att Pålsjö Äng har en klimatpåverkan som är betydligt lägre än referensvärdet vilket indikerar att de klimatförbättrade åtgärderna haft effekt. Boverket har när rapporten skrivs inkluderat de byggdelarna med störst klimatpåverkan, nämligen stomme, fasader och husunderbyggnad. Man kan dock se en väsentlig skillnad när byggdel 7 och 8 exkluderas. Jämförelse med metoden för NollCO₂ indikerar att schabloner för byggdel 7 och 8 medför att resultatet för NollCO₂ blir högre än för Boverkets klimatdeklaration. Byggdel 7 och 8 är den främsta skillnaden mellan de två metoderna och skillnaden i resultat beror därför till största del på dessa byggdelar. Då ska det också noteras att Boverkets klimatdeklaration har ett 25 % påslag för generiska

data, något NollCO₂ inte har vilket betyder att skillnaden blir mindre än om påslaget inte applicerats.

5.1.2 LFM30

En av de större svårigheterna med metoden för LFM30 var att behandla markarbetena. Kravdokument för metoden beskriver att byggdel 2–8 ska inkluderas men även att markarbete beaktas. Markarbetet, som tillhör byggdel 1, blir en tolkningsfråga i dokumentet om klimatpåverkan för schakt- och fyllnadsmassor ska beräknas eller inte. Markarbeten är unikt för LFM30 när de tre metoderna jämförs. Enligt metoden ska två meter utanför fasadlivet hanteras men utifrån ritningarna var det svårt att tolka vilka material som använts och i vilken mängd. Konstruktörens ritningar täckte ej två meter ut från fasadlivet men antagande gjordes att marken endast bestod av schaktmassor samt makadam. Två meter utanför fasadliv blev även en tolkningsfråga gällande om det avsåg allt fram till två meter ut eller om det var upp till två meter ut då två meter enligt beskrivning var för att inkludera det dränerande lagret. I denna rapport tolkades beskrivningen som att allt till två meter utanför fasadlivet skulle inkluderas.

Schaktmassornas klimatpåverkan påverkas i sin tur endast av transporter och maskiner. Makadam har förmodligen en klimatpåverkan vid krossning av stenmaterial men detta var ingen information som leverantören hade. Som en förenkling antogs därför materialen ha noll klimatpåverkan och endast en transport applicerades som generisk transportdata i beräkningsprogrammet. Denna klimatpåverkan är dock liten i sammanhanget och påverkar inte resultatet avsevärt men bör beaktas då detta är en del som endast inkluderas i metoden för LFM30. Ett problem som uppstod då transporten skulle infogas i BM var att det inte gick att infoga en egen produkt utan klimatpåverkan och sedan lägga till en transport till detta material. Schaktmassor och makadam fanns inte som alternativ till produkter och för att möjliggöra att transporten för schaktmassorna och makadamen räknades med behövdes därför en annan produkt läggas in och sedan manuellt tilldelas noll klimatpåverkan. Detta resulterar inte i skillnad i resultat för total klimatpåverkan men det blir svårt att följa beräkningarna, framför allt för en tredje part.

5.1.3 NollCO₂

NollCO₂ innebär att nettoklimatpåverkan för byggnaden ska vara noll. Samtliga utsläpp ska klimatkompenseras, men trots detta inkluderas inte alla produkter i beräkningarna. Produkter som skruvar, muttrar, spikar och likvärdigt behöver inte beaktas då klimatpåverkan ska beräknas enligt NollCO₂. Visionen och verkligheten skiljer och frågan är om det går att antyda att nettoklimatpåverkan verkligen blir noll. Även LFM30 bortser från fästdon vid beräkningarna, de går att inkludera men är inget krav. Fästdon innefattar mindre produkter som används i stora mängder under projekts gång. Även då de är inkluderade i beräkningar är de lätta att bortse från då de står för en så pass liten del av kostnaden och därför inte märkbart påverkar täckningsgraden. Eftersom fästdon används i stora mängder, och ofta är gjorda av metall, kommer de dock ha en påverkan på klimatet som är större än påverkan på kostnadstäckningsgraden. Att bortse från dessa leder därför till att klimatpåverkan blir lägre än vad den faktiskt är.

5.2 Jämförelse av resultat

Eftersom de olika beräkningsmetoderna är olika omfattande är det svårt att göra en jämförelse bara av att studera den totala klimatpåverkan. Metoderna LFM30 och NollCO₂ ger högre resultat och klimatpåverkan då fler byggdelar inkluderas. Trots att fler byggdelar inkluderas i NollCO₂ och LFM30 finns dock en del likheter mellan de tre metoderna. För alla tre metoderna är det stommen som är dominerande i mängden koldioxidekvivalenter per BTA. För Boverkets klimatdeklaration och NollCO₂ är dock klimatpåverkan för husunderbyggnaden nästintill lika stor som den för stommen, det skiljer endast någon procentenhet. I LFM30 står stommen för mer än tre gånger så mycket klimatpåverkan som husunderbyggnaden. Anledningen till att stommen och husunderbyggnaden står för så stor klimatpåverkan beror på att dessa består till stor del av betong som, trots klimatförbättringar, står för stora utsläpp vid produktion. Att LFM30 har en betydligt mindre klimatpåverkan för husunderbyggnaden jämfört med Boverkets klimatdeklaration och NollCO₂ beror på att garaget och källaren inte beaktas i denna metod. Garaget innehöll den betong med högst hållfasthetsklass och därmed även högst klimatpåverkan och resultatet visar att genom att bortse från detta blir den totala klimatpåverkan betydligt mindre. Resultat visar också att andelen klimatpåverkan som stommen och husunderbyggnaden representerar skiljer sig mellan Boverkets klimatdeklaration och de två övriga metoderna. Mängden betong är identisk i Boverkets klimatdeklaration och NollCO₂ men får en skillnad i hur stor andel av den totala klimatpåverkan den utgör. Anledningen till detta är främst att byggdelen 7 och 8 inkluderas i NollCO₂ och LFM30 och den procentuella andelen betong i dessa metoder blir därmed mindre.

Det är svårt att analysera hur stor påverkan det har att betongens mängd minimeras. För detta hade man behövt jämföra vilken mängd betong som sparas in i förhållande till den tjockare väggen eller bjälklag som är branschstandard. För projekt Pålsjö Äng har väggar och bjälklag generellt skalats ner flera centimeter vilket summerat blir en avsevärd mängd insparad betong som gör skillnad i resultat.

Man kan till viss del se skillnaden som valet av betong gör när branschscenariot jämförs med egna val i Figur 9, Figur 12 och Figur 15. Eftersom i stort sett all betong är mappad med specifika data enligt NCC:s betongtyper ger staplarna en bra indikator på hur stor skillnad de valda betongtyperna gör jämfört med branschscenariot. Det är dock viktigt att notera att skillnaden mellan branschscenario och egna val i stapeldiagrammen inte endast beror på valen av betong utan alla resurser som har en EPD inlagd. Där ingår även till exempel en större mängd armering samt tegel till fasaderna.

Även om metoderna inte går att jämföra då olika byggdelar inkluderas i samtliga metoder är det noterbart att LFM30 och Boverkets klimatdeklaration ger väldigt lika resultat. Det är svårt att uppskatta hur slumpartat det resultatet är av denna undersökning och beräkning. Bättre underlag och fler projekt hade behövt jämföras för att se om detta är ett mönster eller en slump. Vid beräkningen för LFM30 minskas mängden betong och armering men bruttoarean blir också mindre. Jämförelse mellan Tabell 10 och Tabell 13 visar att den totala klimatpåverkan är större för Boverkets klimatdeklaration än för LFM30, men att klimatpåverkan per kvadratmeter BTA är snarlika.

För att studera garagets påverkan på utsläpp av koldioxidekvivalenter studeras en jämförelse mellan LFM30 och NollCO₂, se Tabell 21. De två metoderna inkluderar samma byggdelar men LFM30 exkluderar betong och armering i garage och källare tillhörande den mörka BTA:n. Den stora skillnaden i resultat kan därmed påvisas bero på källaren samt garaget och på så sätt utläses hur stor klimatpåverkan källare och garage utgör. Generellt används betongklasser av högre hållfasthet och därmed en högre klimatpåverkan under marken. Detta beror till viss del på att det krävs betong med en högre exponeringsklass under mark men även att lasterna blir större. NollCO₂ har en större BTA än LFM30 men har trots detta en högre klimatpåverkan per BTA. Detta visar på att garaget och källaren har en omfattande klimatpåverkan som ökar NollCO₂:s resultat mer än vad den ökande BTA:n kan minska den.

5.2.1 Jämförelse med gränsvärden

Både LFM30 och NollCO₂ har gränsvärden för den tillåtna totala klimatpåverkan för ett projekt. Boverkets klimatdeklaration har i dagsläget inget gränsvärde men ett referensvärde har beräknats för att möjliggöra jämförelse. Gräns- och referensvärden är olika beroende på vilken typ av byggnad som uppförs. I Tabell 22 jämförs den totala beräknade klimatpåverkan för metoderna med respektive gräns-/referensvärde för flerbostadshus.

Tabell 22 Jämförelse mellan den beräknade klimatpåverkan och gräns-/referensvärden för beräkningsmetoderna Boverkets klimatdeklaration, LFM30 och NollCO₂.

	Klimatpåverkan [kgCO ₂ e/m ² BTA]	Gräns-/referensvärde [kgCO ₂ e/m ² BTA]
Boverkets klimatdeklaration	236	310
LFM30	237	216
NollCO ₂	259	265

Tabell 22 visar att Boverkets klimatdeklaration och NollCO₂ uppfyller sitt gräns- eller referensvärde. LFM30 får däremot en klimatpåverkan som överstiger gränsvärdet. LFM30 har det lägsta gränsvärdet på nästintill 100 kg CO₂e/m² BTA mindre än Boverkets klimatdeklarations referensvärde. En anledning till att projektet inte uppfyller LFM30:s krav kan vara på grund av de schabloner som använts vid klimatberäkningarna. Schablonerna är konservativt satta och bidrar därmed till mycket klimatpåverkan, de uppdateras även kontinuerligt och då generellt mot att bli högre, detta samtidigt som gränsvärdena förblir samma. Projekt Pålsjö Äng är inte heller byggt med fokus på att certifieras enligt LFM30 och metoden har därför inte beaktas då beslut tagits angående projektet.

5.2.2 Täckningsgrad

Ett val som har stor påverkan gällande huruvida det är möjligt att jämföra klimatberäkningar mellan projekt är om täckningsgraden räknas upp till 100 % eller inte. En lägre täckningsgrad innebär oftast att en mindre mängd material har blivit tilldelad en klimatpåverkan. Det skulle även kunna bero på att någon av de poster som inte blivit

tilldelad en klimatpåverkan står för en stor del av projektets kostnad. Det materialet bör prioriteras att mappas då det kan innebära stora mängder. Om täckningsgraden för ett projekt hamnar på exempelvis 60 % kommer klimatpåverkan för projektet se lägre ut än om täckningsgraden hamnar på 80 % eller räknas upp till 100 %. När klimatpåverkan ska jämföras är det därför viktigt att även analysera täckningsgraden. Om påverkan räknas upp till 100 % täckningsgrad blir resultaten för samma beräkningsmetod jämförbara med varandra. Täckningsgraden blev för Boverkets klimatdeklaration 95 % och för LFM30 samt NollCO₂ blev den 96 %. Samma produkter mappades för samtliga metoder, utöver de som inkluderades specifikt för varje metod, för att ge ett rättvist resultat vid jämförelse av metoderna.

Ett problem med täckningsgraden är att det går att aktivt välja vilka material som mappas om täckningsgraden ändå anses bli tillräckligt bra. Risken med att inte mappa produkter är att de kan få en högre klimatpåverkan vid uppräknigen än vad de fått om de mappats. Om projektet exempelvis innehåller mycket betong som mappats kommer eventuella andra produkter som inte mappats få en klimatpåverkan baserad på den för betongen vid uppräknigen. Omvänt går det också att aktivt bara mappa de material med låg klimatpåverkan och vid uppräknigen tilldelas i stället de omappade materialen en klimatpåverkan som är lägre än vad deras egna är. Målet bör därför vara att mappa en så stor del av materialen och produkterna som möjligt för att ge det mest korrekta resultatet.

5.3 Betong

Betongen är den byggresurs med störst klimatpåverkan, detta trots att betongen är klimatförbättrad. Resultatet beror antagligen på att cementframställningen står för så pass stora utsläpp även fast mängden betong minskat och mängden cement reducerats i jämförelse med likartade projekt. Detta i kombination med att stommen och husunderbyggnaden i samtliga byggnader består helt av betong leder till att den totala klimatpåverkan blir högre än för övriga produkter. Det är viktigt att komma ihåg att mängden av materialet som används påverkar hur stor andel av den totala klimatpåverkan som varje resurs står för. Ett material kan ha låg klimatpåverkan men stor mängd och andelen av den totala klimatpåverkan kommer då bli hög.

Byggdelen stomme representerar den största mängden klimatpåverkan för samtliga metoder och husunderbyggnad är strax därefter för Boverkets klimatdeklaration och NollCO₂. Anledningen till detta är att betongen just tillhör stommen och husunderbyggnaden. Betongen var som nämnt den produkten med enskilt störst total klimatpåverkan. Notera dock att endast betongen i stommen och husunderbyggnaden utgör för exempelvis Boverkets klimatdeklaration drygt 80 % av den totala vikten för samtliga mappade material i projektet. Detta innebär att trots att betongen har störst total klimatpåverkan har den nödvändigtvis inte störst klimatpåverkan per kilogram. Stommen och husunderbyggnaden inkluderade även armeringen som används i betongen vilket i sig även hade en stor klimatpåverkan.

Betong är ett robust material som är väldigt effektivt att bygga med. Det har en hög hållfasthet och står väl emot fukt. Även om betongens klimatavtryck fortfarande är stort går det att minska utsläppen vid framställningen vilket både Pålsjö Äng och Kungsörnen är exempel på. Det finns stor vinning i att effektivisera betonganvändningen så att mindre material kan användas för att uppfylla samma funktion.

5.4 Osäkerheter

Beräkningar gjordes under tiden projektet fortfarande byggdes vilket innebar mycket antaganden och schablonvärden. Framtagna mängder är för majoriteten av produkterna endast teoretiskt beräknade och inte mängder levererade till arbetsplatsen. På grund av detta behöver inte de resultat som tagits fram i denna rapport representera den slutgiltiga klimatpåverkan då byggnaden fortsätts optimeras under och efter studien. Informationen är baserad på kostnadskalkylen, ritningar och samtal med platschefen samt leverantörer.

Det som står på ritningarna stämmer inte heller alltid överens med vad som anges i kostnadskalkylen eller med vad som faktiskt byggs på plats. I ritningar kan det av konstruktören vara föreskrivet olika betongkvaliteter i samma pelare men på plats gjuts allt i samma kvalitet av praktiska skäl. Anledningen till skillnader mellan kalkyl och ritning kan vara för att de skapas vid olika tillfällen och ny information eller beräkningar kan ha tillkommit. Dessa skillnader påverkar den beräknade klimatpåverkan under projektets gång. För att få den verkliga och slutgiltiga klimatpåverkan är det därför viktigt att beräkningarna kontrolleras och uppdateras fortlöpande samt då projektet är avslutat. Information som läggs in vid projektets början kan vara irrelevant vid projektets slut. Det är även viktigt att alla förändringar som sker ute på byggarbetsplatsen förmedlas till den som utför beräkningarna.

5.4.1 Valmöjligheter

Generiska data, schabloner och antaganden användes och gjordes för att kunna utföra beräkningarna. Alla dessa innebär att specifika värden för projektet inte beaktades och leder till osäkerheter i resultaten. Beroende på vilka antaganden och värden som använts kommer resultatet skilja sig och kan påverka både positivt och negativt. Antaganden skulle kunna göras för att aktivt minska mängden klimatpåverkan eller leda till en högre klimatpåverkan. Då generiska data används och en typ av produkt ska väljas från databasen finns det möjlighet att aktivt välja den produkt med lägst klimatpåverkan som stämmer överens med den faktiska produkten eller av misstag välja den produkten med högst klimatpåverkan. Användandet av generiska data straffas med påslaget på 25 % för Boverkets klimatdeklaration men ett aktivt val med en låg klimatpåverkan kan ändå ge positiva effekter på resultatet. Detsamma gäller vid valet av EPD. Finns inte en EPD specifikt för materialet eller produkten går det att aktivt välja vilken EPD som ska användas. Schabloner kan ha en högre eller en lägre miljöpåverkan än de verkliga siffrorna och det kan därmed också bli fördelaktigt eller negativt för resultatet att använda dem. Beräkningarna av klimatpåverkan kan med andra ord skilja mellan vem det är som utför dem och de val som denne gör.

De schablonvärden som används i BM för spillfaktorer kan vara högre än de verkliga spillvärdena då dessa är generiska data. Detta innebär att klimatpåverkan beräknas för en större mängd material än det i själva verket behövs. Mindre spill innebär en mindre miljöpåverkan då mängden material minskar. För att ta fram mer korrekta spillvärden går det att dra erfarenhet från liknande projekt där samma material använts. För betongen i Pålsjö Äng användes verkliga spillfaktorer som framtoogs efter kunskap från det snarlika projektet Kungsörnen.

Schabloner användes förutom till spillet även till modul A5.2-A5.5 för samtliga metoder och för byggdel 7 samt byggdel 8 för LFM30 och NollCO₂. Samtliga schablonvärden som används är konservativt satta vilket innebär en högre klimatpåverkan än de verkliga värdena likt för spillfaktorn. Schablonerna kommer därför ge projektet en överskattad klimatpåverkan. Schablonerna möjliggör dock beräkningar i tidiga skeden av projekt som annars inneburit antaganden vilket inte heller leder till en verklig klimatpåverkan. Då projektet är färdigställt bör därför beräkningarna för byggdel 7 och byggdel 8 revideras, om information angående använda material och mängder finns tillgänglig.

Med den mängd antaganden och bedömningar som utförs under beräkningarna går det att ifrågasätta hur säkra klimatberäkningar egentligen är. Det skulle behövas tydligare riktlinjer för hur och när beräkningarna ska utföras och antaganden hanteras för att olika beräkningar ska bli mer likvärdiga. En positiv utveckling som kan observeras inom branschen är att fler börjar beakta klimatpåverkan och det blir lättare och lättare att få tag på relevant information som EPD:er. Med en ökad mängd information tillgänglig kommer klimatberäkningar kunna bli säkrare och mindre antaganden behöva göras.

5.4.2 Enhet

Vid beräkning av total klimatpåverkan för en byggnad eller ett projekt ges svaret i kg CO_{2e}. Denna enhet är dock missvisande och bör inte användas, i stället bör klimatpåverkan anges i kg CO_{2e}/m² BTA. Att endast redovisa den totala klimatpåverkan ger inte ett jämförbart resultat och det går inte att bedöma om det är ett bra eller dåligt värde. Redovisas klimatpåverkan i stället per bruttoarea går det att göra jämförelser mellan olika byggnader av samma typ, beräknade med samma metod, och det går även att kontrollera om gränsvärden uppfylls. Ska byggnader jämföras är det därför av vikt att kontrollera vilken enhet klimatpåverkan redovisas i och även att byggnaderna är av samma typ då olika typer av byggnader har olika förutsättningar.

5.5 Green washing

Klimatberäkningar är ett område som är nytt inom branschen. Utvecklingen behöver ske fort för att lyckas uppfylla nationella och globala klimatmål. Regeringens nya lagstiftning är ett steg i rätt riktning och att flera aktörer inom branschen går ihop för att driva klimatfrågan framåt ökar också farten på utvecklingen. Både LFM30 och NollCO₂ är två initiativ som med stor sannolikhet kommer göra nytta med ambitiösa målbilder. Däremot finns det fortfarande stora utrymmen för tolkning och frågor i deras metoder. Avgränsningar och vilka delar som bör ingå skiljer mellan olika kravdokument.

Metoderna generaliseras till viss del för att kunna appliceras på så många projekt som möjligt men eftersom varje projekt är unikt kan entreprenörer tolka krav och regler för egen vinning. Om varje antagande som görs utförs med målbild att snarare se ut att ge en lägre klimatpåverkan än den verkliga kan det leda till green washing, alltså att ett företag visar upp något för kunder och allmänhet som ser mer miljövänligt ut än det verkligen är. Eftersom klimatfrågan är viktigare än någonsin finns det också stor vinning för företag att se miljövänliga ut ur ett marknadsföringsperspektiv. Detta betyder alltså att även om det nu finns lagstiftning och initiativ som strävar efter utveckling av klimatberäkningsmetoder så är det ett omfattande arbete kvar för att motverka kryphål och utrymme för att utnyttja klimatfrågan för egen vinning. Ju mer jämförbara och exakta metoderna blir desto säkrare blir det att resultaten blir korrekta.

5.6 Metodval

Att beräkning kan ske enligt flera olika metoder kan skapa förvirring och oklarheter när byggnader ska jämföras mot varandra. Fler aktörer som vill driva utvecklingen framåt är generellt positivt men när olika metoder eller certifieringar ställs mot varandra är det svårt att dra slutsatser av vad som är bäst för klimatet. Att Boverkets klimatdeklaration är lagstiftad och ett krav för nya byggnader innebär med dagens krav att byggherrar och entreprenörer behöver börja beakta klimatet i sitt byggande men kraven som ställs är fortfarande väldigt låga. Det är dock viktigt att komma ihåg att klimatdeklarationen är under uppbyggnad och utveckling samt hårdare krav kommer införas i framtiden. En utmaning för Boverket är att få samtliga aktörer att klimatdeklarera sina projekt korrekt, inte bara de byggherrar och entreprenörer som vill ligga i framkant med klimatberäkningar. Det medför att kraven för Boverkets klimatdeklaration initialt är lågt satta. På grund av detta är det positivt att privata aktörer så som NollCO₂ och LFM30 driver sina initiativ då det uppmuntrar stora delar av branschen att ta klimatfrågan till nästa nivå.

6 Slutsats

Boverkets klimatdeklaration, LFM30 och NollCO₂ är beräkningsmetoder som kan användas vid klimatberäkningar för byggnader och projekt. Trots att de är snarlika och samma beräkningsprogram används går de inte att direkt jämföra med varandra. Metoderna beaktar olika byggdelar och byggresurser vilket innebär att beräkningarna inte utförs på samma villkor. Även vilka areor som beaktas har en inverkan på resultatet, till exempel ljus och mörk BTA. Boverkets klimatdeklaration gav den lägsta totala klimatpåverkan för projektet på 236 kg CO₂e/m² BTA medan LFM30 gav 237 och NollCO₂ 259 kg CO₂e/m² BTA. Att Boverkets klimatdeklaration gav lägst klimatpåverkan beror på att denna metod inte inkluderar byggdel 7 och byggdel 8, invändiga ytskikt och installationer, vilket både LFM30 och NollCO₂ gör. Schablonvärden för byggdel 7 och 8 är också konservativt satta vilket ytterligare ökar resultatet för klimatberäkningen. Boverkets klimatdeklaration inkluderar dock till skillnad från LFM30 och NollCO₂ fästdon och har även ett påslag på 25 % för generiska data vilket varken LFM30 eller NollCO₂ har.

För LFM30 och Boverkets klimatdeklaration blev resultaten snarlika trots skillnader i beaktad area och beaktade byggdelar, där LFM30 endast tar hänsyn till ljus BTA men också inkluderar visst markarbete. Om dessa likheter i resultat är en slump eller ett mönster är svårt att utläsa ur endast en studie. För mer omfattande förståelse av detta krävs beräkningar på fler projekt enligt samma metod.

För samtliga nya projekt ska en klimatberäkning göras enligt Boverkets klimatdeklaration men ytterligare beräkningar och certifieringar går att lägga till. Projekt som deklarerar med flera metoder kan av allmänheten anses vara i framkant och speciellt en certifiering att byggnaden är klimatneutral ser bra ut ur ett marknadsföringsperspektiv. Fler certifieringar driver branschens utveckling framåt och ställer högre krav på aktörer. Det gäller dock att beräkningarna utförs utan bakomliggande motiv att se bättre ut för klimatet än vad det i verkligheten är.

Klimatberäkningarna är på god väg mot att bidra till en minskad klimatpåverkan för byggprojekt men det finns fortfarande utvecklingspotential. För att beräkningarna ska bli tillförlitliga och jämförbara krävs tydligare riktlinjer och mer information. När branschen följer med i utvecklingen kommer information bli mer tillgänglig, men det krävs även att beräkningsmetoderna i sig är tydliga med vad som ska göras, hur det ska göras och vilka krav som ställs.

7 Fortsatta studier

Under arbetets gång har följande punkter uppmärksammats men inte studerats. Punkterna anses relevanta att undersöka för att fortsatt utveckla klimatberäkningar och bidra till att göra dem mer tillförlitliga.

- **Generiska datas effekt på resultatet**

Då generiska data används görs en rad antaganden eller generaliseringar angående produkten. Hur dessa görs påverkar vilken generiska data som till slut väljs. Hur mycket detta påverkar beräkningarna och den slutgiltiga klimatpåverkan är okänt och fortsatta studier över detta kan bidra till mer tillförlitlighet i beräkningarna.

- **Vilka material saknas för generiska/specifika data**

I dagsläget finns inte information angående klimatpåverkan för alla produkter. Det skulle därför vara möjligt att undersöka för vilka kategorier av produkter där information saknas, antingen för EPD:er och generiska data allmänt eller i specifika beräkningsprogram som Byggsektorns miljöberäkningsverktyg.

- **Analys över beräkningsmetoderna**

Vid beräkningar blev det tydligt att det finns utvecklingspotential där information var svår att hitta eller blev till tolkningsfrågor angående vad som skulle inkluderas eller inte. En analys över metoderna hade kunnat bidra till att uppmärksamma de brister och oklarheter som finns och leda till förbättring.

- **Återbruk**

För att ytterligare minska klimatpåverkan i projekt är återbruk ett bra alternativ. I denna rapport studeras inte återbruks påverkan på beräkningarna men det är relevant för att ge förståelse över de olika alternativ som finns för att minska klimatpåverkan vid nybyggnation.

- **Jämförelse av hela livscykeln**

Arbetet är avgränsat till att endast inkludera skede A ur livscykeln och jämförelser mellan metoderna görs därför endast för detta skede. En jämförelse mellan metoderna för hela livscykeln hade varit relevant för att se vilka skillnader som finns för övriga skeden. För detta krävs dock studier över en längre tid och var svårt att genomföra inom ramen för detta arbete.

- **Jämförelse av klimatpåverkan i livscykeln mellan betong och trä**

Ämnet har berörts i rapporten men inte studerats ingående. Det finns en diskussion angående vilket material som har minst klimatpåverkan, betong eller trä. Många parametrar påverkar och avgränsningarna gällande råvaruhantering, livstid, etcetera kan vara till fördel för det ena eller andra materialet. En objektiv studie som jämför materialen och avgränsningarna som kan göras hade varit av intresse.

Referenser

Andersson, R., Moberg, S., Gerhardsson, H. & Green, J., 2021. *Minska klimatpåverkan i byggprojekt*, Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet.

Boverket, 2019a. *Introduktion till livscykelanalys (LCA)*.

Available at: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/>
[27 januari 2022].

Boverket, 2019b. *Vägledning om LCA för byggnader*.

Available at: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys>
[27 januari 2022].

Boverket, 2019c. *Mer om miljövarudeklaration för byggprodukter (EPD)*.

Available at: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/miljodata-och-lca-verktyg/miljovardeklaration-for-byggprodukter-epd/>
[16 februari 2022].

Boverket, 2020a. *Utveckling av regler om klimatdeklaration av byggnader*, Karlskrona: Boverket.

Boverket, 2020b. *LCA i byggprocessen*.

Available at: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/lca-i-byggprocessen/>
[27 januari 2022].

Boverket, 2021a. *Stark efterfrågan på bostäder men på utbudssidan är osäkerheten mycket stor*.

Available at:

<https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/bostadsmarknad/bostadsmarknaden/indikatorer/>
[26 januari 2022].

Boverket, 2021b. *Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn*.

Available at: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/>
[26 januari 2022].

Boverket, 2021c. *Klimatdeklaration vid uppförande av byggnad*.

Available at: <https://www.boverket.se/sv/byggande/uppdrag/klimatdeklaration>
[27 januari 2022].

Boverket, 2021d. *Kolsänkor*.

Available at: <https://www.boverket.se/sv/PBL->

kunskapsbanken/planering/oversiktsplan/allmannaintressen/hansyn/miljo klimat/klimatpaverkan/positiv negativ/kolsankor/
[30 mars 2022].

Boverket, 2021e. *Om klimatdeklaration.*

Available at: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/om-klimatdeklaration/>
[26 januari 2022].

Boverket, 2021f. *Om Boverkets klimatdatabas.*

Available at: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdatabas/om-klimatdatabas/>
[27 januari 2022].

Boverket, 2021g. *Klimatdeklarationens omfattning.*

Available at: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/omfattning/>
[26 januari 2022].

Boverket, 2021h. *Beräkna byggnadens klimatpåverkan.*

Available at: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/berakna/>
[26 januari 2022].

Boverket, 2021i. *Uppgifter i en klimatdeklaration.*

Available at:
<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdeklarationsregister/uppgifter-i-en-klimatdeklaration/>
[26 januari 2022].

Boverket, 2021j. *Bygghälsor som ingår.*

Available at: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/bygghalsor-som-ingar/>
[26 januari 2022].

Boverket, 2022. *Boverkets klimatdatabas.*

Available at:
<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdatabas/klimatdatabas/>
[24 mars 2022].

Boverket, u.å.. *Ordlista för klimatdeklaration.*

Available at: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/om-klimatdeklaration/ordlista/#G>
[7 april 2022].

Burström, G. P., 2003. *Byggnadsmaterial*. 4:e red. Lund: Studentlitteratur.

Dannelind, L., 2021. *Noll CO2-certifiering av byggnader*, Uppsala: Teknisk-naturvetenskapliga fakulteten vid Uppsala Universitet.

Ejlertsson, A., 2022. *Byggsektorns miljöberäkningsverktyg*. Available at: <https://www.ivl.se/projektwebbar/byggsektorns-miljoberakningsverktyg.html> [2 februari 2022].

Energimyndigheten, 2021. *Solcellers miljöpåverkan*. Available at: <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/lar-dig-mer-om-solceller/solcellers-miljopaverkan/> [25 februari 2022].

EPA, 2021. *Understanding Global Warming Potentials*. Available at: <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials> [16 februari 2022].

EPD International AB, u.å.a. *The EPD world at your feet*. Available at: <https://environdec.com/about-us/global-house-of-epd> [11 april 2022].

EPD International AB, u.å.b. *Product Category Rules*. Available at: <https://environdec.com/product-category-rules-pcr/the-pcr> [11 april 2022].

Eriksson, E. & Nilsson, L., 2017. *Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler 2016*, Eskilstuna: Statens energimyndighet.

Eriksson, J., 2022. *Pålsjö Äng* [Intervju] (17 februari 2022).

Helsingborgshem, 2021. *Pålsjö Äng*. Available at: <https://www.helsingborgshem.se/byggprojekt/palsjo-ang> [26 januari 2022].

Holmgren, A. & Erlandsson, M., 2021. *Beräkning och redovisning av LFM30:s klimatlöfte*, Malmö: LFM30.

Holmgren, A. & Nellerup, J., 2019. *Så utvecklar vi tillsammans en klimatneutral bygg- och anläggningssektor i Malmö*, Malmö: LFM30.

IPCC, 2022. *Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change*, u.o: UNEP.

IVL, 2022a. *Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg*. Stockholm: IVL Svenska miljöinstitutet.

IVL, 2022b. *Centrum för cirkulärt byggande*. Available at: <https://www.ivl.se/vart-erbjudande/forskning/cirkulara-floden/cirkulara-produktfloden-i-byggsektorn.html> [1 februari 2022].

IVL, 2022c. *11. Schabloner för byggarbetsplatsen*, Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet.

LFM30, 2021. *Metod för LFM30:s Klimatbudget Kravdokument*, u.o.: LFM30.

LFM30, u.å.a. *Att implementera Malmös färdplan & målsättningar för en klimatneutral bygg- & anläggningssektor i vår egen verksamhet*. [Online] Available at: <https://lfm30.se/om-lfm30/> [27 januari 2022].

LFM30, u.å.b. *Vårt övergripande mål*. Available at: <https://lfm30.se/mal-strategier/> [27 januari 2022].

LFM30, u.å.c. *Vi som är med - Ett klimatneutralt och hållbart Malmö*. Available at: <https://lfm30.se/vi-som-ar-med/> [27 januari 2022].

Liljenström, C. o.a., 2015. *Byggandets klimatpåverkan*, Stockholm: Svenska miljöinstitutet.

Lindvall, A., 2012. *Beräknad uttorkningsprognos för betongkonstruktioner med tillgängliga prognosverktyg*, Göteborg: SBUF.

Lönnermark, A. o.a., 2007. *Emissioner från bränder*, Karlstad: Räddningsverket.

Magnusson, J., 2020. *Slagg minskar våra CO2-utsläpp med 45 procent*. Available at: <https://blog.ncc.se/hallbarhet/slagg-minskar-vara-co2-utslapp-med-45-procent/> [21 februari 2022].

Malmqvist, T., Borgström, S., Brismark, J. & Erlandsson, M., 2021. *Referensvärden för klimatpåverkan vid uppförande av byggnader*, Stockholm: KTH Skolan för Arkitektur och Samhällsbyggnad.

Miljödepartementet, 1998. *Miljöbalk (1998:808)*. Available at: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/miljobalk-1998808_sfs-1998-808https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/miljobalk-1998808_sfs-1998-808 [11 april 2022].

Naturvårdsverket, 2020. *Territoriella utsläpp och upptag av växthusgaser*. Available at: <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-territoriella-utslapp-och-upptag> [27 januari 2022].

Naturvårdsverket, u.å.. *Hur går det globala klimatarbetet?*.

Available at: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/det-globala-klimatarbetet/parisavtalet/hur-gar-det-globala-klimatarbetet/>
[26 januari 2022].

NCC, 2021a. *Kungsörnen, Helsingborg.*

Available at: <https://www.ncc.se/vara-projekt/klimatsmarta-hyresratter-helsingborg/>
[26 januari 2022].

NCC, 2021b. *Pålsjö Äng, Helsingborg.*

Available at: <https://www.ncc.se/vara-projekt/palsjo-ang-helsingborg/>
[26 januari 2022].

Nordman, B., 2020. *Miljöbelastning av stadig grund: cement och betong.*

Available at: <https://www.naturochmiljo.fi/lar-dig-mer/perspektiv/cement-och-betong/>
[21 februari 2022].

NRDC, 2019. *Greenhouse Effect 101.*

Available at: <https://www.nrdc.org/stories/greenhouse-effect-101#gases>
[16 februari 2022].

Ny, H. & Thomson, G. R., 2021. *Så blir klimatpositiva byggnader och byggnadssystem hållbara*, Karlshamn: Blekinge Tekniska Högskola.

One Click LCA, u.å.. *EPDs Comparability: When and how EPDs can be compared.*

Available at: <https://www.oneclicklca.com/epds-comparability/#:~:text=EPDs%20are%20relatively%20complex%20technical%20documents.%20Good%20news,is%202%2C5E-2%2C%20that%20means%20it%E2%80%99s%200%2C025%20kg%20CO2e.>
[11 april 2022].

Regeringskansliet, 2021. *Ny reglering om klimatdeklarationer.*

Available at: <https://www.regeringen.se/artiklar/2021/07/ny-reglering-om-klimatdeklarationer/>
[27 januari 2022].

Sandelin, S., u.å. . *Nya cementrecept för minskad klimatpåverkan.*

Available at: <https://www.cementa.se/sv/nya-cementrecept-for-minskad-klimatpaverkan>
[21 februari 2022].

Seduna, u.å.. *Gröna Tak.*

Available at: <https://seduna.se/sedumtak/>
[18 februari 2022].

SGBC, 2020. *Noll CO2 - Manual 1.0*, Stockholm: Sweden Green Building Council.

SGBC, 2021. *NollCO2 Baseline och gränsvärden juni 2021*, Stockholm: Sweden green building council.

SGBC, H., 2022. u.o.:u.n.

SGBC, u.å.a. *Vad är NollCO2?*.

Available at: <https://www.sgbc.se/certifiering/nollco2/vad-ar-nollco2/>
[28 januari 2022].

SGBC, u.å.b. *Ramverk*, Stockholm: Sweden green building council.

SGBC, u.å.c. *Informationsfolder*, Stockholm: Sweden Green Bulding Council.

SGBC, u.å.d. *Tolkningar och förtydliganden NollCO2*.

Available at: <https://www.sgbc.se/certifiering/nollco2/anvandarstod-for-nollco2/tolkningar-och-fortydliganden-nollco2/>
[6 april 2022].

SLU, 2021. *Vad är livscykelanalys?*.

Available at: <https://www.slu.se/institutioner/energi-teknik/forskning/lca/vadar/>
[23 maj 2022].

Svenskt trä, u.å.. *Bygg klimatsmart*.

Available at: <https://www.svensktra.se/bygg-med-tra/byggande/varfor-tra/bygg-klimatsmart/>
[3 mars 2022].

Sveriges miljömål, u.å.. *Råvaror*.

Available at: <https://www.sverigesmiljomal.se/atgardsomraden/ravaror/>
[10 februari 2022].

Swedish Standard Institute, 2011. *SS-EN 15978:2011*, Bryssel: European committee for standardization.

Swedish Standard Institute, 2013. *SS-EN 15804:2012+AI:2013*, Bryssel: European committee for standardization.

United Nations, 2015. *The Paris Agreement*, New York: United Nations.

United Nations, 2018. *World Urbanizations Prospects 2018*.

Available at: <https://population.un.org/wup/DataQuery/>
[26 januari 2022].

United Nations, u.å.. *The Sustainable Development Agenda*.

Available at: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/>
[31 januari 2022].

WWF, 2021. *Klarar Sverige och världen klimatmålen?*.

Available at: <https://www.wwf.se/klimat/klaras-vi-klimatmalen/>
[10 februari 2022].