Examensarbete

Byggnadsingenjör 180 hp

Byggandets största bidragande faktorer på klimatpåverkan under byggskedet (A1-A5) för ett flerbostadshus i betong

Byggteknik 15 hp

Halmstad 2021-05-14

Jimmy Tieu och Niclas Hansson

HÖGSKOLAN
I HALMSTAD

Sammanfattning

Bygg- och fastighetssektorn har under en lång tid bidragit mycket till de globala klimatförändringar som skett genom stora mängder utsläpp av koldioxid och andra miljöfarliga gaser. Förutom utsläppen så förbrukar sektorn enorma mängder resurser i form av råmaterial, vatten, energi och står även för en hel del avfall. Driftskedet har länge ansetts vara det skede som stått för den största delen av en byggnads klimatpåverkan, mycket på grund av hög energianvändning för uppvärmning och avkylning. Men genom införande av nya direktiv, regelverk och andra styrmedel som drivit på utvecklingen av nya koncept och idéer, så har energianvändningen lyckats dras ned på under driftskedet. Nära-nollenergihus (nZEB), plusenergihus och passivhus är några koncept med låg energibehov. Detta har då lett till att byggskedet som innan inte haft lika stor uppmärksamhet, nu är ett intressant skede med stora möjligheter för miljöförbättringar.

Syftet med detta arbete är att skapa en större förståelse samt höja uppmärksamheten kring hur stor betydelse de val och de beslut som tas såsom materialval och lösningar kan påverka en byggnads miljöpåverkan. Målet är att skapa en miljödeklaration med hjälp av LCA-data och beräkningsystemet *Byggsektorns miljöberäkningsverktyg (BM 1.0)* för ett specifikt fall. Livscykelanalys (LCA) är en metod för att beräkna en produkts miljöpåverkan under sin livstid, det innebär att påverkan från bygg-, drift- och slutskedet tas med. Metoden har under de senare åren fått ökad uppmärksamhet, särskilt inom bygg- och fastighetssektorn och används numera flitigt för beräkning av byggnaders miljöpåverkan.

Resultatet visar att produktions skedet står för hela 87 % av den totala klimatpåverkan för det specifika fallet, transport och byggproduktion står för resterande del. Av de tre konstruktionsdelarna som identifierats visar sig stomme stå för störst miljöpåverkan med hela 61 % följt av fasad med 25 % och stomkomplettering/rumsbildning som tredje störst med 6 % med undantag för att husgrunden avgränsas (platta på mark) eftersom de förändringar som kan göras i husgrunden kan anses vara liknande bjälklaget. Utifrån de tre konstruktionsdelarna har alternativa lösningar presenterats där resultatet visar att en reducering på ca 29 % kan uppnås genom att byta ut den traditionella betongen mot Eco-betongen i bjälklaget. Om fasadsystemet byts från tegel till skiffer så kan en reducering på 80 % uppnås och hela 1500 % om träreglar används istället för stålreglar. Att uppföra en miljödeklaration innan byggstart visar sig vara fördelaktigt för att kunna identifiera påverkande faktorer och upptäcka förbättringsmöjligheter. Det visar sig att även om en stor procentuell reducering kan göras i en specifik byggnadsdel som tex. i utfackningsväggen så innebär det inte att förbättringen bör först och främst göras där. Skifferfasad bör väljas framför tegel om minskad miljöpåverkan är det som är målet. Eco-betong för bjälklaget och reglar av trä är förbättringar som bör prioriteras efter fasaden då de inte ger en lika stor reducering sett ur hela byggnadens påverkan. Det visar sig även att de material som används mest, dvs har högst totala massa (kg), har också störst miljöpåverkan även om GWP-värdet inte är det högsta. Det går att se eftersom betongen står för ca 50 % av byggnadens totala klimatpåverkan men har endast ett GWP-värde på 0,13 medan stål har 2,427 kg CO_2-ekv/kg. Slutsatsen är att valet av material och lösningar har av högsta betydelse en avgörande roll för hur stor miljöpåverkan en byggnad har.

Abstract

For the past year's climate change has been a hot topic for the world leaders and organizations, with discussions regarding how to reduce the environmental impact. The construction- and real estate sector are responsible for majority of the greenhouse emissions and other pollutants that affects the global climate. The energy consumption from operational phase has long been the main cause to the environmental impact but lately studies and research has brought increased attention to the fact that the construction phase may have a greater significant to a building's climate impact.

The purpose of this study is to investigate and identify the key factors and building parts that contributes the most to greenhouse emissions for the residential building during the construction phase. The results that are presented is based on life cycle analysis data (LCA) and calculated with a LCA tool called *Byggsektorns miljöberäkningsverktyg (BM 1.0)* from IVL.

The conclusions this paper presents is that the product phase stands for most of the environmental impact during the construction phase with material as the key contributor. It shows that the choice of materials and products plays a crucial role for a buildings total impact. Transport and construction production have a minor impact compared with the product phase.

Förord

Med detta examensarbete som motsvarar 15 högskolepoäng avslutar vi vårt kandidatprogram som byggnadsingenjörer med inriktning i projektledning och produktion på Halmstad Högskola. Arbetet är på uppdrag av PEAB och har pågått under perioden januari – juni 2021.

Under arbetets gång har med- och motgångar uppstått och utan hjälp och stöttning från några särskilda personer hade det varit svårt att genomföra. Vi vill därför tacka följande personer som bistått oss med hjälp och råd:

Olle Olsson, regionchef för bostad syd på PEAB, som har sett till att vi har fått resurser och material som behövts för att genomföra arbetet och förmedlat kontakter inom företaget som kunnat bidra med nödvändig information och kunskap. Olle har även agerat som bollplank där idéer och lärorika diskussioner har kunnat utbytas.

Markus Svensson, kalkylingenjör på PEAB, som har hjälpt och visat oss om hur hanteringen av kalkyler görs samt användningen av BM 1.0. Han har alltid varit tillgänglig om problem eller funderingar kring beräkningar dykt upp.

Kristian Widén, professor inom innovationsvetenskap med fokus på byggproduktion på Halmstad Högskola. Kristian har varit vår handledare och en klippa under hela arbetets gång. Han har väglett oss, gett idéer, kommentarer, råd och framför allt hjälpt oss när det varit tufft. Rent metaforiskt går det att säga att han har varit plattan (grunden) för vår byggnad (examensarbete).

Sist men inte minst vill vi tacka de företag som har lagt sin tid med att bistå oss med information som behövts för att kunna slutföra arbetet.

Jimmy Tieu
Niclas Hansson

Halmstad, 14-05-2021

Innehållsförteckning

1 Introduktion 1

1.1 Bakgrund 1

1.2 Problembeskrivning 3

1.3 Syfte 3

1.4 Mål 3

1.5 Avgränsning 4

1.6 Metod 4

2 Teoretisk referensram 5

2.1 Miljöpåverkan 5

2.2 LCA-metodik 5

2.3 Materialvalet 8

2.4 Liknande studier 9

2.4.1 Blå Jungfrun 9

2.4.2 Strandparken 11

2.4.3 Jämförelse mellan studierna 12

3 Metod/Genomförande 15

3.1 Val av metod 15

3.1.1 Kvantitativ metod 15

3.2 Genomförandet av arbetsprocess 15

3.3 Resurskalkyl 16

3.3.1 Mängdberäkning från Peab 16

3.3.2 Omarbeta resurskalkylen 16

3.3.3 BM 1.0 16

3.4 Miljödeklaration 16

3.4.1 Material inventering 16

3.4.2 EPD - Miljövarudeklaration 17

3.4.3 Analys och tolkning av miljödeklarationen 18

3.5 Scenarion 18

3.5.1 Sektionsdata – ”En kokbok” 19

4 Resultat 21

4.1 Användning av Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg (BM 1.0) 21

4.2 Användning av sektionsfakta 21

4.3 Flerbostadshusets klimatpåverkan 23

4.3.1 Klimat- & prisberäkningar av nollvariantens 3 byggdelar 27
4.4 Alternativa lösningar 31
4.4.1 Bjälklag – Ecobetong från Swerock 31
4.4.2 Utfackningsvägg av träreglar 31
4.4.3 Putsfasad – StoVentec R 32
4.4.4 Fasad med skifferplattor – NordClad 33
4.5 Reducering av miljöpåverkan per krona 34
5 Analys av resultat 36
5.1 Analys av bjälklaget 36
5.2 Analys av utfackningsväggarna 37
5.3 Analys av fasadsystem 39
6 Diskussion 43
6.1 Diskussion av resultatet 43
6.2 Diskussion av genomförandets validitet och reliabilitet 46
7 Slutsats 49
7.1 Rekommendationer för vidare studier 50
8 Referenser 51

Bilagor

Bilaga 1 Beräkning av mängder för scenarion

Bilaga 2 Kalkyler från BM 1.0 för Nollvarianten

Bilaga 3 Kalkyler från BM 1.0 för Scenarion

Bilaga 4 En kort genomgång av hur verktyget BM 1.0 används

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Under de senaste åren har klimatpåverkan varit ett hett debatterat ämne för världsledare, ledande organisationer och aktörer runt om i världen. Även om de första stora besluten och fastställandets av mål och riktlinjer för en hållbarare utveckling redan beslutades i Rio de Janeiro 1992 där *Agenda 21*, ett handlingsdokument som vid den tiden blev den mest omfattade konferensdokumentet och ett av de viktigaste resultaten i FN sammanhang (FN, 2016), så var det inte länge sen det blev så aktuellt som det är idag. För att undvika förödande miljökonsekvenser får den globala uppvärmningen ej överstiga 2°C (EED, 2012). Klimatförändringarna är ett direkt resultat av vår energianvändning genom ökad mängd CO_2-utsläpp till luften vilket i sin tur bidrar till en ökad växthuseffekt. Genom att använda förnybar energi (sol-, vind-, vattenkraft, biobränsle med mera) går det att minska mängden utsläpp av CO_2 och därmed minska klimatpåverkan. Men en sammanställning utfört av IEA (2018) visar att under året 2018 består nästan 60% av den totala energiförsörjningen i världen ifrån fossilt bränsle (främst från kol och olja) och ca 35% kommer från förnybar energi där naturgas och biobränsle står för ~30% och sol-, vatten- och vindkraft för ~5%, resterande del kommer ifrån kärnkraft. Som resultatet visar från IEA så är energiförsörjningen från sol-, vatten- och vindkraft endast en bråkdel av den totala och det är därför av högsta prioritet att minska användningen av fossilt bränsle och istället öka användning av förnybar energi för att minska klimatpåverkan.

Bygg- och fastighetsbranschen har identifierats som nyckelsektorer med stor potential för minskning av klimatpåverkan för att nå klimatmålen (EPBD, 2010; Ardente et al., 2011). Mycket beror på att bygg- och fastighetsbranschen står för nästan 40% av den totala energiförbrukningen och 36% av växthusutsläppen inom EU (Eurostat, 2014). En undersökning som gjorts av SCB visar att bygg- och fastighetsbranschens energianvändning står för cirka 32% av den totala energianvändningen i Sverige under 2017, där största delen av energin går till uppvärmning (Boverket, 2017). Bortsett från att branscherna bidrar till stora mängder CO_2-utsläpp till luften, som i sin tur leder till ökad växthuseffekt så ansvarar dem även för olika utsläpp av miljö- och hälsofarliga kemiska produkter, gaser så som kväveoxider men samt slöseri genom betydande mängd avfall (Toller et al., 2009). IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) visade även i sin rapport en historisk toppnivå av mängden koldioxid, kväveoxid och metan i luften (Pachauri et al., 2014).

Fokuset har under en lång tid varit på att minska energianvändningen från byggnadens driftskede genom att minska behovet av uppvärmning (Brown et al., 2014; Karimpour et al., 2015; Erlandsson, 2014; Sadineni et al., 2011) vilket har stått för den största delen av den totala energianvändningen under en byggnadslivscykel. Detta kan styrkas genom att Boverkets byggregler endast ställer krav på maximal energianvändning för uppvärmning och fastighetsel (Boverket, 2020).

Det senaste årtionde har EU genom införande av direktiv, rekommendationer och riktlinjer i ett försök att minimera energiförbrukningen hos medlemsländerna. Två viktiga direktiv som EU införde, har i syfte att ställa krav hos medlemsländerna att konstruera byggnader med stark klimatskärm vilket innebär minskad förlust av värme genom konstruktionen som i sin tur minskar

energibehovet (EPBD, 2010) men också ställer krav på val av energieffektiva system samt större fokus på val av energibärare (EED, 2012). Nära nollenergi-kravet som introducerades efter omarbetning av EPBD 2010 (*Energy Performance of Building Directive)* innebär att alla nybyggnationer efter 2020 ska vara ”nära nollenergihus”. Definitionen är direkt tagen från EU:

”Nearly zero-energy building means a building that has a very high energy performance, as determined in accordance with Annex I. The nearly zero or very low amount of energy required should be covered to a very significant extent by energy from renewable sources, including energy from renewable sources produced on-site or nearby” (EPBD (recast), 2010).

Det är väldigt viktigt att säkerställa att de byggnader som uppförs är energieffektiva med låg uppvärmningsbehov och genom direktiven som leder till att kraven på maximal energianvändningen är betydligt lägre än förr, innebär att byggnader som uppförs efter 2020 är generellt sätt mycket mer energisnåla. Om kraven jämförs på maximala energianvändning för ett flerbostadshus så var den 125 kWh/m^2 A_{temp} år 2015 (BBR 22) medan kravet ligger på 75 kWh/m^2 A_{temp} för 2020 (BBR 29), vilket då innebär en sänkning på 40% på 5 år (Boverket, 2020).

På senaste tiden har fokuset allt mer riktats ifrån energi och klimatpåverkan från driftskedet, som ett direkt resultat av de högre ställda kraven på energiförbrukning. Flera studier visar på att byggprocessen och materialproduktionen kan stå för en betydande del av den totala klimatpåverkan från en nybyggnation sett ur en lång period (Zabalza et al., 2011; Erlandsson et al., 2017; Petersen and Solberg, 2005; Adalberth, 1997; Ibn-Mohammed et al., 2013) och att det finns en stor potentiell möjlighet för minskad klimatpåverkan om dessa aspekter tas hänsyn till i ett tidigt skede (Basbagill et al., 2011; Ortiz et al., 2009). Att öka medvetenheten om hur stor klimatpåverkan de val beställaren tar är en viktig del av arbetet mot en minskad klimatpåverkan. Det har lett till att det har skapats olika miljöcertifieringssystem såsom BREEM, LEED, GREEN STAR med mera, som används internationellt men också tex. Miljöbyggnad och Svanmärkt som är svenska system. Det är dock viktigt att förstå att miljöcertifieringssystemen kan prioritera faktorer olika högt och därmed kan en byggnad med högsta betyg med BREEM kanske inte motsvara högsta betyg med LEED (Awadh, 2017).

Genom att utföra en klimatdeklaration går det att identifiera möjliga förbättringar och föreslå alternativa lösningar som har mindre klimatpåverkan men det är då viktigt att den görs tidigt, dvs. under planeringsprocessen då valfriheten fortfarande finns och att klimatsmarta lösningar lättare kan genomföras. Att ställa krav på beställaren att upprätta en klimatdeklaration vid uppförande av en ny byggnad är ett sätt för regeringen att styra mot en minska klimatpåverkan. Än så länge finns det inget krav på det men regeringen avser att införa kravet från och med januari 2022 (Boverket, 2020). Det innebära att samtliga aktörer i branschen behöver klimatberäkna sina produkter, något som aktörerna hittills har kunnat undvika.

För att underlätta genomförandet av klimatdeklaration så behöver Boverket i uppdrag av regeringen utveckla en offentlig databas som innehåller relevanta klimatdata. Klimatdata skall vara baserad på LCA-metodik vilket innebär att en byggnads klimatpåverkan beräknas med en livscykelanalys (LCA), från råvaruutvinning till rivningen (Kellner, 2017). Det har dock visat sig att utan ett gemensamt beräkningsstöd för att göra LCA så kan det bli problematiskt för medelstora och mindre företag (Erlandsson et al., 2018; Malmqvist och Erlandsson, 2017). Beräkningsstödet behöver vara kopplad till en eller flera LCA-databaser samt till ett verktyg för att vara användbart.

IVL har därför skapat en LCA-databas som heter IVL:s Miljödatabas bygg samt verktyget Byggsektorns miljöberäkningsverktyg (BM 1.0) i ett försök att underlätta skapandet av miljödeklarationer och därmed leda till att allt fler väljer att göra dem. BM 1.0 gör det möjligt att skapa en miljödeklaration för alla typer av hus och Boverkets plan är att verktyget skall bli det offentliga standard verktyget i Sverige.

1.2 Problembeskrivning

I takt med att allt fler byggnader uppförs för att tillgodose den höga efterfrågan på bostäder i Sverige så medför det ökad klimatpåverkan. Material, resurser och mycket mer är faktorer som ej går att undvika vid uppförande av byggnader, lika så energianvändning och klimatpåverkan. Mellan 30–50% av allt råmaterial som utvinns går till bygg- och fastighetsindustrin och den årliga mängden utsläpp av växthusgaser från byggprojekt uppskattas vara i samma storlek som den totala mängden utsläpp från personbilar (Byggforetagen, 2021). Miljöpåverkan från byggskedet anses vara lika stort som att värma upp en bostad i 50 år (Erlandsson, 2014; Liljenström et al., 2015). Byggskedet har identifierats som ett område med stora möjligheter för miljöförbättringar om det redan i designstadiet har rätt förutsättningar och kunskap om klimatpåverkan av de beslut som tas. Genom att skapa en miljödeklaration tidigt i byggskedet går det att identifiera faktorer som till exempel material, komponenter, konstruktionsdelar eller arbeten som har en stor betydelse på projektets totala klimatpåverkan och därefter hitta/skapa alternativa lösningar som är miljövänligare, resurssnålare och kostnadseffektiva. För att det ska vara möjligt krävs relevanta data och verktyg som är lätthanterliga och fungerar för alla typer av byggnader.

1.3 Syfte

Syftet med arbetet är att identifiera de faktorer som bidrar mest till den totala koldioxidutsläppen under byggskedet för en byggnad. Detta för att öka förståelsen samt visa hur stor betydelse valet av material och lösningar kan ha på en byggnads totala klimatpåverkan under byggskedet.

Resultatet skall sedan analyseras och presenteras i form av diagram och tabeller. Resultatet kommer ligga till grund för de förslag till förbättringar eller alternativa lösningar som rapporten kommer att presentera. Lösningarna och förbättringarna kommer sedan att jämföras med den befintliga konstruktionen ur ett miljö- och ekonomiskt perspektiv, eftersom kostnaden varit och är en viktig faktor i branschen.

1.4 Mål

Målet med arbetet är att skapa en klimatkalkyl och sedan med hjälp av beräkningsprogrammet BM 1.0 (byggsektorns miljöberäkningsverktyg) göra en miljödeklaration. Utifrån miljödeklarationen ska vi försöka besvara nedanstående frågor samt ge förslag till förbättringar:

- Vilken är den största klimatpåverkande faktorn i ett flerbostadshus av betong?
- Vilka är de största klimatpåverkande byggnadsdelarna och dess ingående material i konstruktionen?
- Vilka lösningar och alternativ reducerar mest CO_2 per investerad krona?

1.5 Avgränsning

För att inte göra arbetet för komplext och tidskrävande så kommer vissa avgränsningar och antagande att göras. Projektet kommer utgå ifrån ett specifikt flerbostadshus av betong. Resultatet kommer vara utifrån byggskedet (A1-A5) och ej för hela byggnadens livslängd. Markarbeten såsom till exempel pålning och schaktning som vanligtvis ingår i A5 tas ej med på grund av att det är svårt att göra en bedömning av hur mycket arbete som kommer krävas då en geoteknisk undersökning ej har gjorts. Skruvar, fogar och andra mindre produkter kommer inte att tas med i beräkningarna då klimatpåverkan av dem är väldigt små i jämförelse med det totala.

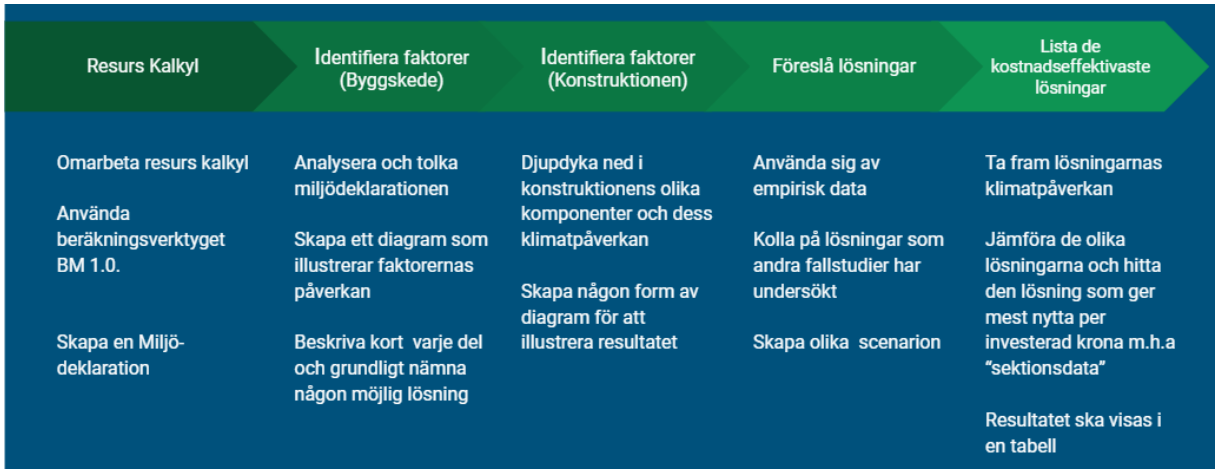
Det råder fortfarande delade meningar om hur pass mycket CO_2 betong kan binda, däremot är karbonatisering i trä mer allmänt känt men för att underlätta jämförelsen av de olika scenarion så har vi valt att ej ta med det i beräkningen.

Då byggnaden fortfarande endast är ett koncept så kommer ett generiskt värde på 5% sättas som spill för material som saknar specifika data från leverantören eller om en EPD (environmental product declaration) inte finns tillgänglig. 5% anses vara ett accepterat värde att använda inom byggbranschen. Beräkningarna kommer ske med hjälp av beräkningsverktyget och LCA-data från IVL vilket gör att resultatet kan variera om liknande beräkningar gjorts utifrån andra LCA-databaser och beräkningsverktyg pga. olika schablonvärden, viktningsfaktorer osv.

1.6 Metod

Arbetet kommer ha en kvantitativ ansats där insamling av de information och data som används kan mätas eller värderas numeriskt och möjligheten för generalisering är större till skillnad från kvalitativa metoder. Resultatet kommer vara baserad på LCA-metodik.

För att få en grundläggande kunskap och överblick i området kommer en litteraturstudie utföras för att få in empiriska data. De empiriska data kommer att främst hämtas ifrån välkända litteratursöknings motorer såsom: Google Scholar, Science Direct och Elsevier. Andra källor som också är högst relevanta för projektet är statliga hemsidan Boverket.se och IVL.se (Sveriges miljöinstitutet) som då har skapat beräkningsverktyget BM 1.0. För att avgöra vilka lösningar som ger mest nytta per investerad krona kommer kalkylprogrammet ”Sektionsdata” att användas. Nedan är en övergripande bild av hur projektet kommer att genomföras enligt figur 1.1.



Figur 1.1 *Beskrivning av metod.*

2 Teoretisk referensram

2.1 Miljöpåverkan

Klimatfotavtryck är en form av uträkning för att få fram den mängd växthusgaser en person eller företag gör av med. Enligt standarden EN 15978 räknas klimatpåverkan med koldioxidekvivalenter för att göra klimatdeklarationer. Detta beräknas i kg CO_2-ekv som är ett mått på den klimatpåverkan som innefattar de växthusgaser som bidrar till växthuseffekten. För att kunna jämföra olika växthusgaser multipliceras de med GWP (global warming potential). Som exempel är 1 kg koldioxid = 1 kg CO_2-ekv, 1 kg metan = 25 kg CO_2-ekv och 1 kg dikväveoxid = 298 kg CO_2-ekv. Denna faktor är för olika gaser och ger det totala bidraget på den globala uppvärmningen (Koldioxidekvivalenter.se)

2.2 LCA-metodik

För att kunna göra en så kallad klimatdeklaration på en byggnad behövs det information om byggnadens olika produkter och hur stor miljöpåverkan de har genom sin livscykel. Den information är inte självklar men har kommit att bli vanligare och allt mer nödvändigt när det ska uppföras en byggnad. Varför LCA-metodik används i denna studie är att med hjälp av information och LCA-data kunna upptäcka områden där klimatförbättringar kan göras genom val av alternativa material och lösningar redan i projekteringsfasen.

De senaste decennierna har det blivit mer intressant med Livscykelanalys (LCA) som är en metod som mäter en produkts totala miljöpåverkan över sin livstid (Suski, Speck and Liedtke, 2020). Ett annat syfte med LCA är att få en uppfattning om de resursflöden som finns. Detta gör det lättare att få en överblick om vart miljöpåverkan behöver minskas. Första gången LCA användes var mellan 1969–1970 när Coca Cola ville se över sina förpackningar och avfallshanteringssystem (Slu, 2020). Sedan dess har LCA sakta mer etablerats i samhället för att i nutid med det ökade fokuset på miljöpåverkan spela en viktig roll när det kommer till att mäta klimatavtryck i olika processer. 47% av de LCA användare som blivit tillfrågade i en studie från Journal of Industrial Ecology är ifrån tillverkningsföretag (Slu, 2020). 20% är universitetsanvändare. Konsulter och statliga myndigheter stod för 11% av användandet och icke statliga organisationer stod för 6%. LCA kom att sprida sig till metallindustrin även följt av livsmedelsindustrin men kan användas inom de flesta områdena idag.

En LCA- beräkning ger värdefull information om vilka delar av ett byggnadsverk som bidrar mest till miljöpåverkan och vilka livscykelskeden som har störst betydelse. Med denna kunskap som grund kan potentiella förbättringar identifieras (Erlandsson et al., 2018).

Den LCA- data som har använts som metodik i IVL:s projekt utgår ifrån standarderna EN 15804 och EN 15978 (Boverket, 2019). EN 15804 behandlar byggprodukter medan EN 15978 behandlar byggnader mer generellt. Standarden hjälper till att ge ett trovärdigt resultat som kan visa miljöfördelar hos olika produkter vilket gör att det enklare går att se hur miljömässigt en produkt är i sin livscykel. Genom att välja en specifik produkt med en lägre miljöpåverkan kan det ge en förbättring när det kommer till beräkningar av LCA- resursens miljöprestanda.

Nackdelarna är att det är väldigt svårt att göra en ordentlig livscykelanalys eftersom det är många saker att ta hänsyn till. En produkt kan bestå ut av flera material vilket gör det hela svårare att göra korrekt för varje enskild produkt. 2012 ansågs det av Moncaster et al (2018) att det inte fanns tillräckligt exakt data vid beräkningar för att utnyttja LCA som en standardmetod. Mycket har hänt sedan dess och de europeiska standarderna EN 15804 har gjort det enklare att utföra en miljödeklaration (EPD). Det finns viktningskoefficienter för material så som betong, stål och trä men även om forskningen har kommit långt finns det fortfarande material och produkter som inte utretts än där diskussion kan lyftas (Moncaster et al., 2018).

För att kunna göra en LCA beräkning krävs en sammanställning av de resurser som behövs i de livscykelskeden som innefattas. En byggnad är indelad i olika skeden under sin livscykel som är standardiserad. De olika skedena har delats in i kategorier (A, B, och C) som i sin tur fördelas i mindre grupper som totalt sträcker sig mellan numren A1- C4. Dessa grupper ska representera en byggnads livscykel och ska innebära att varje skede i livscykeln ska miljöprestanda kunna beräknas. Dessa visas nedan i tabell 2.1. A inriktar sig till byggskedet vilket är då byggnaden uppförs. Där ingår även vad som innefattar byggarbetsplatsen och visas i tabell 2.2. B kallas för användningsskedet och inriktar sig till när byggnaden är färdig och ska tas i bruk. Till slut när byggnaden har fyllt sitt syfte går skedet vidare i C som går in på när byggnaden ska rivas.

Tabell 2.1 *Beskrivning om modulerna A1-C4 (Erlandsson, 2018).*

A Byggskedet					**B Användningsskedet**							**C Slutskedet**			
A1-3 Produktskedet			A4-5: Bygg-produktions-skedet												
Råvaruförsörjning	Transport	Tillverkning	Transport	Bygg- och installationsprocessen	Användning	Underhåll	Reparation	Utbyte	Ombyggnad	Driftenergi	Driftens vattenanvändning	Demontering, rivning	Transport	Restprodukthantering	Bortskaffning
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4

Tabell 2.2 *Informationsmodul för ökad transparens av bygg- och installationsprocessens delar (Erlandsson, 2018).*

A5.1	Spill, emballage och avfallshantering
A5.2	Byggarbetsplatsens fordon, maskiner och apparater (energi till drivmedel m.m.)
A5.3	Tillfälliga bodar, kontor, förråd och andra byggnader (energi till uppvärmning m.m.)
A5.4	Byggprocessens övriga energivaror (som gasol och diesel för värmare och dylikt, köpt el, fjärrvärme o.s.v.)
A5.5	Övrig miljöpåverkan från byggprocessen, inklusive övergödning vid sprängning, markexploatering, kemikalieanvändning o.s.v.

Byggskedet A

Produkt skedet A1-A3

Produkt skedet utgår från standarden EN 15978 samt EN 15804 och innefattar utvinningen och bearbetning av råmaterial som används i komponenter och produkter. A1-A3 inkluderar även de transporter som ingår för råmaterialen som transporteras till tillverkare.

Transport A4

De transporter i A4 innefattar allt material från tillverkare till byggarbetsplatsen som även inkluderar arbetsmaskiner och kranar. Även eventuella materialförluster som sker vid transporter inkluderas här.

Bygg- och installationsprocessen A5

A5 handlar om vad som sker på själva byggarbetsplatsen. Det innefattar transporter, lagring av material, markarbeten, produkter, avfall och utrustning på arbetsplatsen, tillgängliga produktionsanläggningar, tillförsel av värme, produktion och omvandling av material på byggarbetsplatsen, ventilation under byggprocessen, kyla, vattenanvändning för städning och kylning av maskiner, installation av produkter, transport och behandling av genererat avfall.

Studien undersöker endast klimatpåverkan från byggskedet dvs A1-A5.1 vilket gör att B och C inte tas med i miljöberäkningarna. Därför kommer en kortare sammanfattning av de skeden ges, istället för en mer detaljerad beskrivning.

Användningsskedet B

Användningsskedet påbörjar när byggnaden först har satts i drift och sträcker sig ända tills byggnaden ska demonteras och rivas. Skedet innefattar drift och utföranden som krävs för att säkerställa att byggnaden under en längre tid kan användas för sitt enda mål. Underhåll, användning, reparationer, utbyte, renoveringar och det som är kopplat till brukaren såsom uppvärmning, VVS, belysning med mera. Klimatpåverkan under detta skede är från de utförande och driftprocesser som nämnts.

Slutskedet C

Demontering och rivning, transport, återvinning av material samt avfallshantering är de moment som slutskedet innefattar. Det är när byggnad inte längre används och beslutet om avveckling har tagits. Påverkan är från de fordon, maskiner och utrustning som behövs för avveckling av byggnaden och eventuella processer som krävs för att återställa material för återanvändning samt transport och hantering av deponiavfall. I korta drag, allt som krävs för att avveckla byggnaden tills att allt material är borta från fastigheten.

Övriga sett att räkna miljöpåverkan

LCA är en av flera metoder för att redovisa miljöpåverkan. Utöver LCA är också LCEA (livscykelenergi analys) som lägger mer fokus på energiinmatningen för en byggnad under sin livstid

(Cabeza et al. 2014). LCEA lämpar sig bäst när energianvändningen det mest prioriterade att undersöka. Det gör att det kan identifieras vilka faser under en livscykel som har högst energibehov och utifrån det kunna lättare föreslå lämpligare materialval. Eftersom studien inte beräknar energianvändningen från användningsskedet så blir LCEA mindre relevant än LCA. Det finns även andra metoder för att mäta miljöpåverkan. Miljökonsekvensbeskrivning är en av dem. Den metoden används mer i enskilda projekt. En miljökonsekvensbeskrivning ska innehålla identifiering, beskrivning och bedömning av olika alternativ och motiveras till varför valen görs och vilken påverkan den kan ge (Boverket, 2020). Det finns även olika varianter av miljörapporter som görs idag. De görs till grund i miljöbalken 26 kap 20 § vilket betyder att den personen eller företag som driver miljöfarlig verksamhet är skyldig att lämna en årlig rapport. Detta ska lämnas till en tillsynsmyndighet som granskar och ser till att kraven hålls. Utöver dessa metoder och liknande sett att beräkna miljöpåverkan så väljs LCA att användas som metod till denna studie. Den används regelbundet inom bygg då den ligger inom standarden EN 15804. LCA är en kvantitativ metod som enligt Ramesh et al. (2010) ger ett mer exakt resultat i beräkningar. Medvetenheten om att andra metoder finns för beräkning av miljöpåverkan. Boverket har gått ut med att LCA är den metod som skall användas för beräkning av en byggnads klimatpåverkan. In en rapport av Malmqvist och Erlandsson (2017) beskrivs det att LCA ökar i Sverige då det ställs mer krav på att det ska användas. Allt fler aktörer och kommuner väljer därför att använda sig av LCA beräkning.

Livscykelanalys kan komma in i byggprocessen på flera sätt. Störst miljöpåverkan kan göras i början av byggprocessen i projekteringsskedet då det går att ta hänsyn till materialval och lösningar som gör påverkan genom hela byggnadens livscykel (Erlandsson et al., 2018). Det går att använda LCA som ett konkurrensutsatt medel vid offentlig upphandling där byggherren kan utöver prisberäkning också med anseende på klimatpåverkan ge uppdraget till den aktör som kan bygga med lägst klimatpåverkan.

2.3 Materialvalet

Vid uppförandet av en bostad är det många val som måste göras och beslut som behöver tas. Dessa val varierar beroende på utformning av bostadsbyggnaden och vilka funktioner den ska uppfylla. Lagar, standarder, rekommendationer och liknande skrifter finns för att säkerställa att utförandet kan göras på rätt sätt och att den uppfyller de minimumkrav som ställs på byggnaden. Bärförmåga, brandskydds-, ljud-, tillgänglighets-, säkerhets-, värmeisoleringskrav är några exempel på krav som en bostadsbyggnad måste uppfylla. Dessa krav har sedan olika nivåer. Detta gör att två liknande byggnader som uppfyller samma krav kan se helt olika ut. Det beror på att det finns många byggnadsmaterial som har egenskaper som uppfyller mer eller mindre de olika krav som ställs. Ett och samma byggnadsmaterial kan uppfylla flera av kraven medan vissa måste kompletteras med andra.

Här har beställaren/entreprenören stora möjligheter att genom sina val av material påverka byggnadens energianvändning samt hur väl den uppfyller funktionskraven som BBR 29 (Boverket.se) ställer men också i största grad byggnadens klimatavtryck. Det första nämnda, energianvändningen är det som har varit i fokus de senaste åren. Genom att bygga energieffektiva byggnader så kan klimatpåverkanunder driftskedet minskas. Allt fler studier har börjat undersöka konsekvenserna av att enbart fokusera på byggnadens energianvändning så kan det i vissa fall

resultera i att den ”bundna klimatpåverkan” ökas (Zuo and Zhao, 2014). Definitionen av ”bundna klimatpåverkan” är den klimatpåverkan som är associerad till den mängd energi som krävs för att producera ett material. Det finns olika definitioner av ”bunden energi”, där Reddy and Jagadish (2003) definierar det som den totala energin som krävs för att producera materialet som då innefattar framtagningen av rå materialet, bearbetning, tillverkning, transport till arbetsplatsen samt montering och installation. Medan Treloar et al. (2001) definierar det som den energin som krävs för att förse en produkt genom alla dess skeden uppströms.

Det innebär att vid val av material så är det viktigt att ta hänsyn till hur mycket energi det krävs för att framställa en produkt och inte endast se på dess funktionella egenskaper som det tidigare har gjort. Bara valet om betong eller trä ska användas till stommen för en nybyggnation kommer att ha en direkt påverkan på byggnadens klimatavtryck.

Valet av material är långt ifrån en självklarhet, eftersom det finns så många faktorer och aspekter (ekonomisk, sociala och miljö) att ta hänsyn till. Om endast klimatpåverkan granskas på klimatpåverkan från byggskedet (A1-A5) för material så kan vissa val anses vara självklara som tex. att det väljs trä istället för betong eller stål som har betydligt högre klimatpåverkan per enhet. Men det finns fördelar som gör att stål eller betong fortfarande övervägs. Fördelen med stål och betong är att de båda är oorganiska material vilket innebär att under byggprocessen krävs det inte lika mycket resurser och tid för att vädersäkra byggnaden mot regn och fukt vilket det måste göra för träkonstruktioner. Trä behöver även underhållas betydligt mer under sin livscykel än stål och betong. Även möjligheten för återvinning och återanvändning av ett material kan ha en betydande roll vid val av ett material före ett annat.

2.4 Liknande studier

Nedan beskrivs liknande studier som kan används som utgångspunkt. Genom att lyfta fram dem och jämföra med denna studie kan det höja studiens trovärdighet. EPD har gjorts i båda studierna för ett flerbostadshus men skiljer sig genom att den ena (Blå jungfrun) är av betongstomme och det andra (Strandparken) är byggt med trästomme.

2.4.1 Blå Jungfrun

IVL och KTH fick som regeringsuppdrag att mäta miljöpåverkan i ett byggnadsprojekt. Blå jungfrun blev en fallstudie om den moderna byggnaden som ligger byggt i Hökarängen, södra Stockholm. Byggnaden är ett modernt passivhus av betong och kan vara en bra representativ byggnad för denna typ av konstruktioner. Studien skulle mäta upp hur stor miljöpåverkan det blev under byggnadens livscykel. Liljenström et al. (2015) konstaterade att miljöpåverkan för byggskedet motsvarar byggnadens energianvändning för de 50 första åren.

Rapporten av Liljenström et al. (2015) kommer fram till att den klimatpåverkan som uppkommer under byggskedet kan mätas upp till är 350 kg CO_2-ekv. /m^2 A_{temp}. Av produktskedets (A1-A3) påverkan, är hälften av påverkan från material som betong, betongprodukter, cement och armering. Byggskedet är uträknat exklusive markarbete i denna fallstudie. Byggnaden har dock inget garage vilket är vanligt i flerbostadshus i Stockholm men hade det funnits med har det räknats fram att det skulle innebära ett påslag på 70 kg CO_2-ekv. /m^2 $A_{temp.}$

Studien har delvis räknat på en energianvändning med hänsyn till att huset har en användningsperiod på 50 respektive 100 år. Då visar beräkningarna att produktionsprocessen står för 20–85 % av den totala klimatpåverkan beroende på vilket scenario och hur länge byggnaden ska finnas.

Nedan i diagram 2.1 som beskriver vilket skede A1-A5 som har störst miljöpåverkan. Den visar hur mycket större procentandel de olika produkterna från produktskedet är jämfört med övriga skeden.

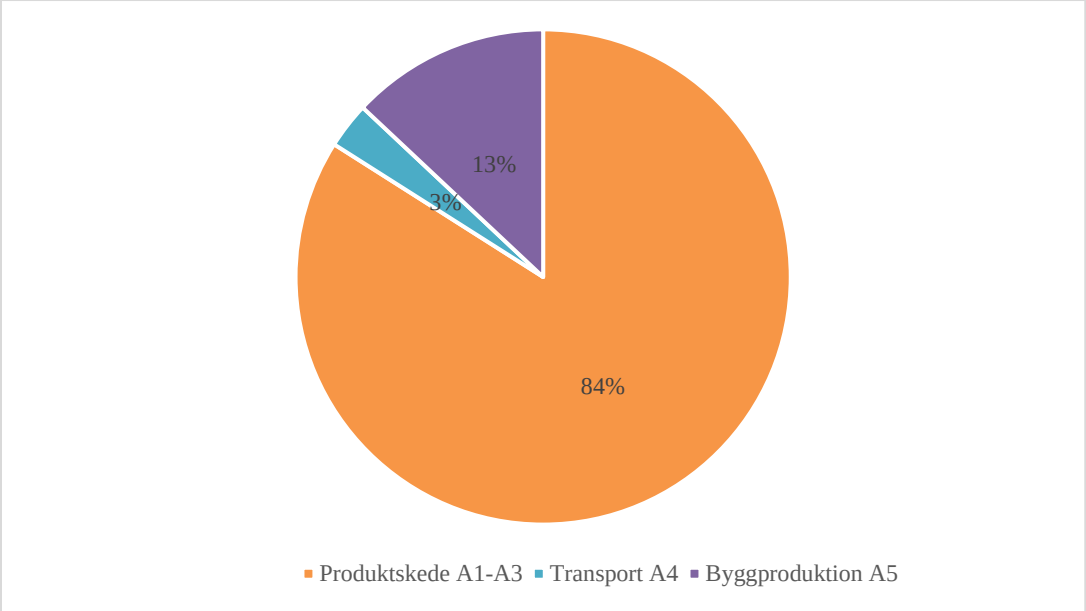


Diagram 2.1 *Beskrivning av byggprocessens klimatpåverkan för Blå jungfrun i skedet A1- A5 (Liljenström et al., 2015).*

Nedan i diagram 2.2 beskrivs mer ingående vilka produkter i sina kategorier har för klimatpåverkan. Diagrammet visar att betongens påverkan utmärker sig avsevärt mot övriga delar. Stommen i Blå jungfrun består mestadels bara av betong vilket kan ses som att det byggnaden består mest ut av borde ha störst påverkan. Dock är det känt sedan tidigare att betong har stor miljöpåverkan (Worrell et al, 2001).

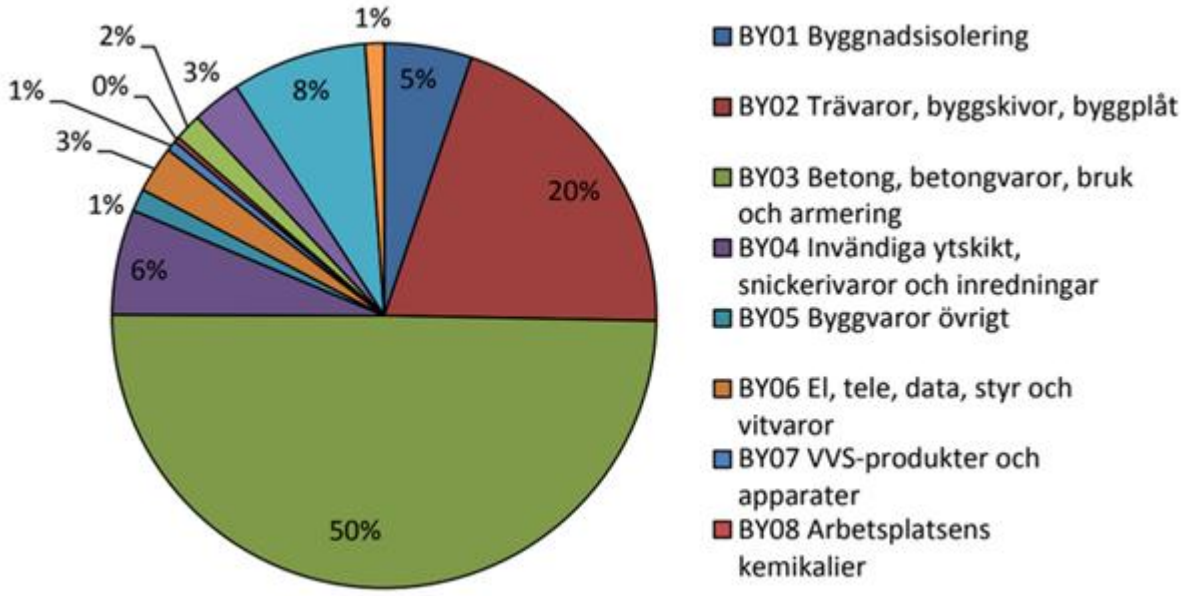


Diagram 2.2 *Sammanställning över de olika materialens bidragande uppströms (Liljenström et al., 2015).*

En känslighetsanalys gjordes även där ytterväggen byttes ut till utfackningsväggar vilket resulterade till en minskning i miljöpåverkan med ungefär en åttondel. Ur ett betongperspektiv är det dock mer intressant att behålla den robusta betongstommen som ytterväg med utanpåliggande isolering och tunnputs som anses tåla mer (Liljenström et al., 2015). Rapporten nämner också att det bindemedel som finns i betongen anses vara den produkt som har störst miljöpåverkan är den mest intressanta att analysera andra typer av metoder för. Ytterligare förbättringar som är vanliga är att minska mängden av ett högt miljöpåverkande material.

2.4.2 Strandparken

2013 färdigställdes kvarteret Strandparken i Sundbyberg. Detta åttavånings-flerbostadshus är till skillnad från Blå jungfrun byggt i trä men är en uppföljare av det projektet för att göra en klimatdeklaration med hänsyn till en annan stomme (Larsson et al., 2016). Stommen ovanför mark är uppbyggd i korslimmat trä (KL-trä) och blir det första i staden med åtta våningar. Grund och garage i byggnaden är uppfört i prefabricerade betongelement.

Den totala klimatpåverkan som kvarteret Strandparken kommer upp genom hela sin livscykel, uppgår till 700 kg CO_2-ekv. /m^2 A_{temp} för en analysperiod på 50 år. Av de 700 står byggskedet för 265 kg CO_2-ekv. /m^2 A_{temp} eller 38 % av den totala klimatpåverkan. Byggskedet har relativ stor klimatpåverkan. Av byggskedet så står 22 % av klimatpåverkan för den fabriksbetong som finns i grunden, källare och garage. Korslimmat trä står för 7% och stenullsisolering för 8%.

Byggnaden är byggd med både garage och källare i betong vilket bidrar en hel del till byggskedets klimatpåverkan. Det går i teorin att undvika att bygga detta vilket det har gjorts beräkningar på. Utan källare och garage hade byggskedets klimatpåverkan istället minskat och varit 161 kgCO_2-ekv. /m^2 $A_{temp.}$ Diagram 2.3 visar uppströms klimatpåverkan för A1-A5. Där kommer det fram att den totala klimatpåverkan mest beror på materialproduktionen som står för 78 %. Hur mycket det är fördelat i de olika materialen beskrivs sedan i diagram 2.4. Något intressant är att även om byggnaden består till största del av trä så är ändå betong den faktor som har störst klimatpåverkan.

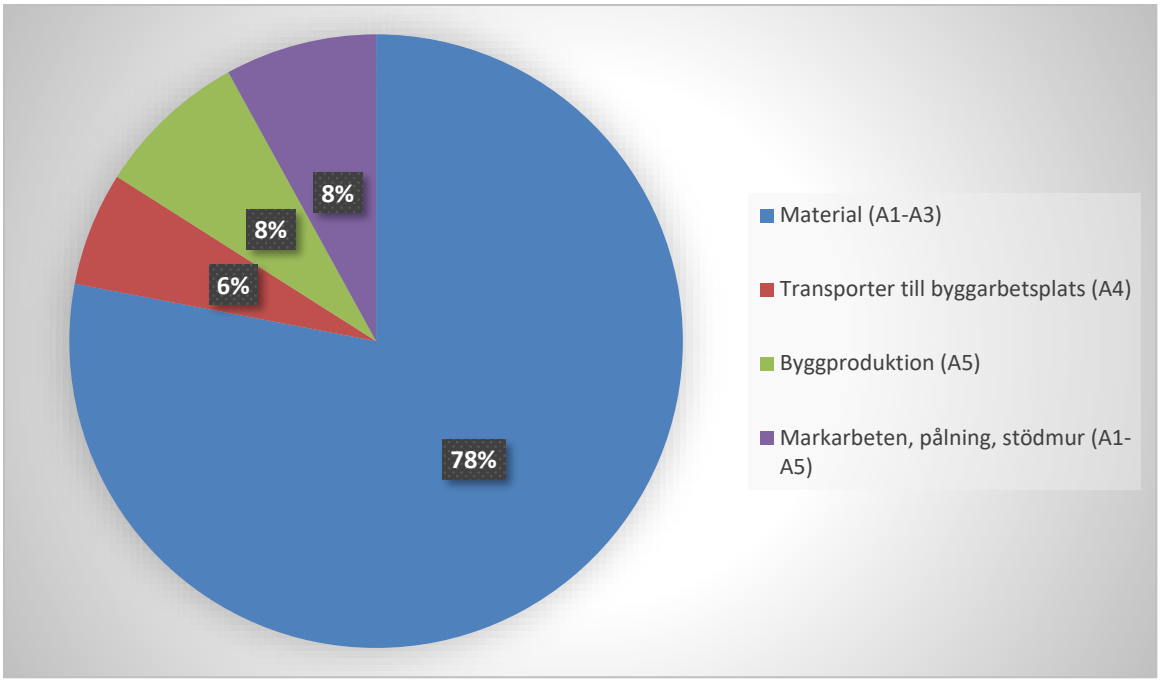


Diagram 2.3 *Beskrivning av byggprocessens klimatpåverkan för strandparken i skedet A1- A5 (Larsson et al., 2016).*

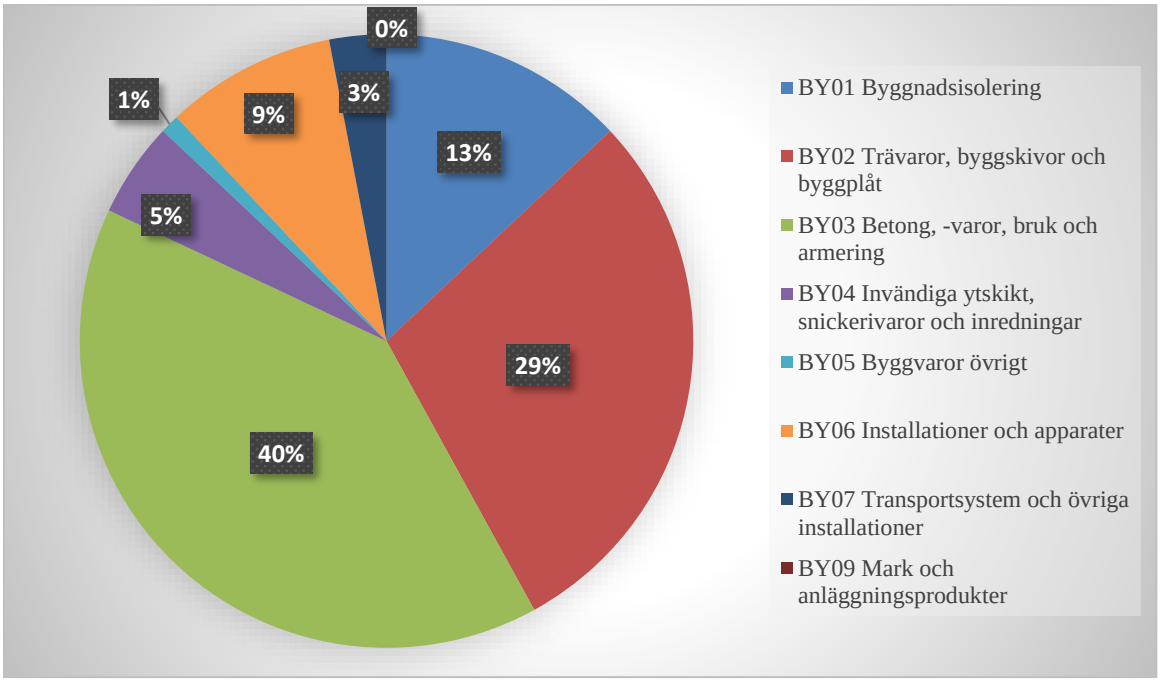


Diagram 2.4 *Sammanställning över de olika materialens (A1-A3) och transporters (A4) klimatpåverkan (Larsson et al., 2016).*

2.4.3 Jämförelse mellan studierna

För att sammanfatta de två studierna jämförs de i stapeldiagram nedan med hänsyn på de utsläppen byggnaderna bidrar med under sitt produktionsskede. Materialval kan ha stor betydelse för klimatpåverkan. Garage byggdes inte i Blå jungfrun men beräkningar för om det skulle byggas har lagts till då det är vanligt med garage i flerbostadshus. Det har lagts till i stapel i diagram 2.5 nedan för att ge en rättvisare fördelning. Studierna visar att val av stomme kan göra stora skillnader.

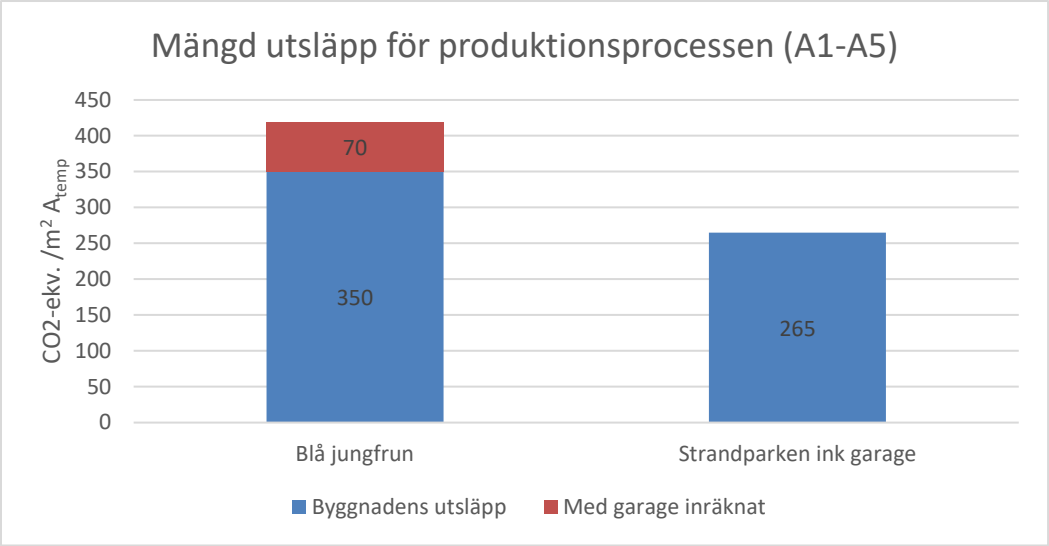


Diagram 2.5 *Jämförelse mellan Blå jungfrun och Strandparken.*

Byggnaderna är någorlunda lika med 31 lägenheter respektive 24. Men att jämföra den mängden utsläpp på olika stora byggnader är därför mest väsentligt med hänsyn på mängd utsläpp. Bättre liknelse ger diagram 2.6 som ger en procentuell fördelning över utsläppen mellan de olika materialen i byggnaderna.

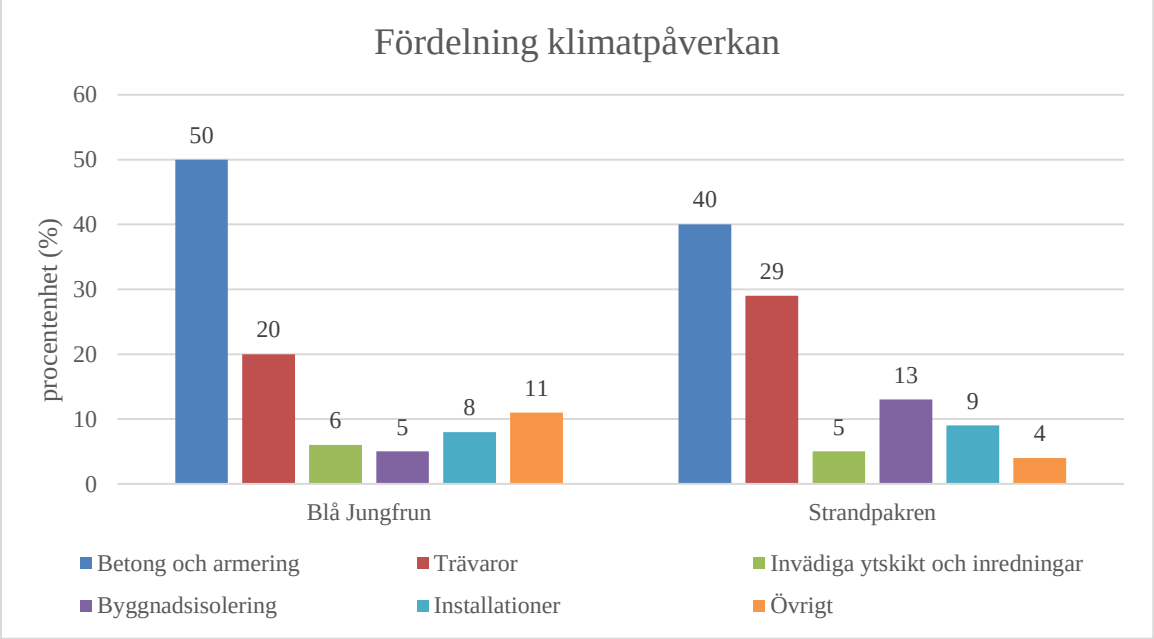


Diagram 2.6 *Jämförelse mellan Blå jungfrun och Strandparken.*

Något byggnaderna har gemensamt är att staplarna är någorlunda lika fördelade. Betongen visar att trots att den ena byggnaden består av trästomme är betongen ändå den mest påverkande. Men det visar Strandparken på sedan i kategorien trävaror att den har högre fördelning med hänsyn till trästommen. Hade Blå jungfrun haft garaget inkluderat i detta diagram hade fördelningen skilt sig ytterligare. Båda studierna drar slutsatsen att betongen har störst påverkan och att de stora förändringarna kan göras där betongen finns. Studierna säger att val av stomme kan ha avgörande roll i den totala mängden utsläpp.

3 Metod/Genomförande

3.1 Val av metod

Arbetet är en fallstudie på ett specifikt flerbostadshuskoncept som kallas för Närbo och har en kvantitativ ansats där kvantitativa data används för beräkning av klimatpåverkan. Flerbostadshuset är ”nollvarianten” för arbetet, vilket då innebär att de värden som inte kommer ändras är konstanter och kan ses som arbetets grunddata medan värden som kommer användas och ändras i scenarion är variabler. Majoriteten av data kommer från vår partner och deras underentreprenörer men det finns poster som saknar data då förfrågningar och offerter är pågående. På grund av den tidsram som arbetet har till att förfoga, så har det gjorts ett aktivt val att söka och använda information från andra leverantörer som har liknande produkter. Det gör att arbetet kan fortlöpa eftersom det inte finns tid för att vänta på att anbuden skall komma in.

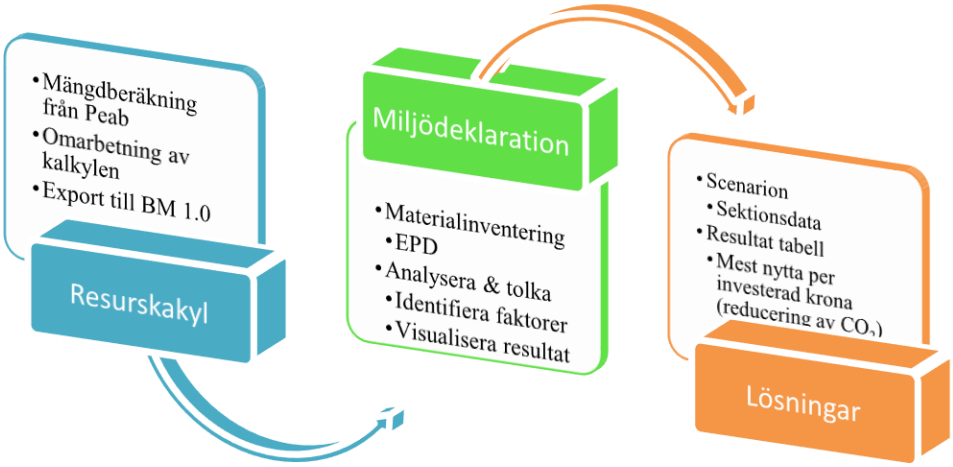
3.1.1 Kvantitativ metod

Kvantitativa data är information som mäter till skillnad från kvalitativa data som snarare beskriver ett ämne och där resultatet är baserad på människors upplevelser av olika saker och deras syn på verkligheten (Ahrne, 2011).

Metoden innebär att författaren samlar in empiriskt data på ett högt strukturerat sätt. Informationen ska kunna mätas och värderas numerisk, med andra ord i siffror (Williamson et al., 2018). Målet med metoden är att få fram resultat som är kvantifierbar eller generaliserbar. Det finns många olika definitioner av vad kvantitativ forskning innebär. Creswell (1994) definierar kvantitativ forskning som den typ av forskning som ”förklarar fenomen genom att samla in numeriska data som analyseras med hjälp av matematiska metoder (särskilt statistik)”. Medan Cohen (1980) definierar det som en social forskning som använder sig av empiriska metoder och uttalanden. Empiriska uttalanden kan förklaras som en beskrivning om vad ”är” fallet i verkligheten snarare än vad fallet ”borde” vara. Uttalanden är uttryckt i siffror.

3.2 Genomförandet av arbetsprocess

Här nedan i figur 3.1 ges en övergripande bild av hur arbetsprocessen har gått till med ingående arbetsmoment och utföranden



Figur 3.1 *Genomförandet av arbetsprocessen.*

3.3 Resurskalkyl

3.3.1 Mängdberäkning från Peab

I början av arbetet tillhandahölls en kalkyl från Peab över det flerbostadshus konceptet detta arbete kommer utgå ifrån. Kalkylen är skapad av Peab med hjälp av verktyget MAP från UNIT4. MAP är en komplett lösning för kostnadskalkylering, planering, inköp och kostnadsstyrning. Här finns tex. mängdberäkningar på arbetstimmar som krävs, materialåtgång, kostnad för olika utförande såsom el, VVS installationer och mycket mer. Offerter ingår även i kalkylen med respektive mängder men eftersom bostaden endast är ett koncept så saknas det aktuell information om specifika utföranden och dess EPD:er. Kalkylen exporteras sedan från MAP till Excel för att omarbetas så att det i senare skedet ska kunna exporteras till Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg (BM 1.0).

3.3.2 Omarbeta resurskalkylen

När exporten är gjord och kalkylen är i en Excel-fil så måste filen ändras om så att den passar BM 1.0. Det innebär att alla poster som inte är relevanta för arbetet tas bort inklusive avgränsningar, dvs poster som har med utförandet av arbete, antalet arbetstimmar, skruvar, limfogar och liknande som anses ha en väldigt liten eller ingen alls påverkan på den totala miljöpåverkan. Sedan måste det skapas filter som överensstämmer med de filter som används i BM. Dessa filter är: benämning, byggdel, inköpt mängd och enhet. När det är gjort importeras filen till BM 1.0.

3.3.3 BM 1.0

BM är förkortningen av ”Byggsektorns miljöberäkningsverktyg” och som namnet beskriver är det precis vad den gör. Verktyget skapades av IVL (*Svenska miljöinstitutet*) i syfte att underlätta utförandet av miljödeklaration på ett så enkelt sätt som möjligt men tillräckligt omfattande så att en jämförelse kan göras mellan olika konstruktioner. Detta göras genom att verktyget är kopplat till IVL:s miljödatabas som innehåller LCA-data för över 1000 olika byggresurser som finns i den svenska marknaden (IVL, 2021). Byggresurserna som hanteras i verktyget följer och uppfyller de krav som Miljöbyggnad 3.0 ställer.

För att skapa en miljödeklaration behövs det en mängdberäkning, dvs en resurskalkyl över de mängder som har använts eller planeras att användas i byggprojektet. Utföraren ansvarar för sammanställningen av resurskalkylen och utifrån kalkylen kan indata för byggnaden erhållas från BM, som sedan beräknar klimatpåverkan från materialproduktionen, transporten och byggproduktionen för respektive byggresurs. Det som är viktigt att förstå är att resultatet av klimatpåverkan för byggnaden är utifrån ett medelvärde och det är på grund av att vissa värden är baserade på generiska data. Spill och transport av byggmaterial är baserade ur ett generellt scenario. Möjligheten för att använda leverantörs specifika data finns men det måste ”mappas” manuellt eller lägga in en EPD för produkten/tjänsten av utföraren.

3.4 Miljödeklaration

3.4.1 Material inventering

När importen till BM 1.0 är slutförd så kopplas den till Peabs register. Det innebär att resurser som sedan innan har använts i andra projekt från Peab inte behöver ”mappas” om det redan tidigare har gjorts. Mappningen görs antingen genom att importera en EPD för produkten eller manuellt. Att mappa manuellt innebär att kategorisera produkten i en ”varugrupp” som tex. en spånskiva

kategoriseras i varugruppen ”byggskivor” eller plastfolie i varugruppen ”tätskikt”. Det är av stor betydelse att rätt produkt kategoriseras i rätt varugrupp för att i slutändan kommer det påverka hur fördelningen av mängden CO_2-utsläpp ser ut för byggnaden, då varugrupperna är kopplade till specifika konstruktionsdelar.

För produkter som ej har inköpt mängd i enheten kilogram så behövs det tas fram densitet (kg/m^3) och mått (m). Anledningen är att BM 1.0 räknar ut GWP (*Global Warming Potential*) i CO_2-ekvivalenter per/kg och för produkter som har inköpt mängd i enheterna m^3, m^2, lm etcetera så krävs det en omräkningsfaktor. Ett exempel fås enligt tabell 3.1:

Tabell 3.1 *Beskrivning av inventering för material.*

Produkt	Inköpt mängd	Enhet	GWP: Klimatpåverkan	Omräkningsfaktor	Kg	Totala klimatpåverkan
Armeringsstål K500C-T	170	kg	~0,579 kg CO_2-ekv/kg	1	$1 \times 170 = 170$	$170 \times 0{,}579 = 98{,}43$ kg CO_2-ekv
Fasad skiva glasull	42	m^2	~1,15 kg CO_2-ekv/kg	$55(^{kg}/_{m3}) \times 0{,}045(m) = 2.475\frac{kg}{m2}$	$2.475 \times 42 = 103{,}95$	$103{,}95 \times 1{,}15 = 119{,}54$ kg CO_2-ekv

Viktigt att veta är att spill ej är inräknat på ovanstående tabell men i BM 1.0 används ett generiskt värde för spill som är baserad på ett standardvärde för en specifik produkt. Produktinformation tas ifrån leverantörens hemsida om en EPD ej är tillgänglig och om informationen ej kan hittas söks liknande produkt från andra leverantörer. Därefter görs en rimlig bedömning av tex. densiteten utifrån det som funnits. Då densitet oftast beror på många faktorer såsom fukthalt, temperatur, porositet med mera så visas densiteten för en produkt oftast i ett intervall. Medeldensiteten för intervallet anses vara ett rimligt värde att utgå ifrån men om en densitet redan är rekommenderad i BM 1.0 så prioriteras den först. När alla poster är färdigställda och samtliga mängder kan omvandlas till kilogram så kan en miljödeklaration skapas.

3.4.2 EPD - Miljövarudeklaration

EPD som är förkortning för *Environmental product declaration* är en miljövarudeklaration för en byggprodukt eller tjänst. Deklarationen är ett dokument med resultat som visar miljöpåverkan av en byggprodukt/tjänst ur en livscykelanalys. Dokumentet behöver även vara granskad och verifierad av en oberoende tredjeparts. EPD:n kan i vissa fall avgränsas till att endast omfatta specifika delar av produktens livscykel (Boverket, 2019). För att skapa en EPD måste standarder följas och specifika kriterier uppfyllas vid beräkning av livscykelanalys av en produkt. Dessa kriterier kallas för PCR (*Product category rules*) som innehåller riktlinjer såsom: metodval, avgränsning och dataunderlag för en produktgrupp. Riktlinjerna är oftast framtagna av branschorganisationerna. Med LCA data och riktlinjer från PCR kan en EPD skapas. EPD består av tre delar:

1. Produktdatablad
2. Metodval

3. Resultat av bedömning av miljöpåverkan

Det finns många fördelar med att skapa och använda sig av EPD. Genom att använda och kräva EPD från leverantörer och tillverkare under upphandlingen, går det som beställare lättare jämföra miljöpåverkan mellan olika produkter/tjänster och ha det som ett underlag när olika beslut görs med miljön i åtanken (Bergman and Taylor, 2011). Vid jämförande av två EPD:er är det viktigt att se till att de är baserade på samma PCR och att avgränsningar tas hänsyn till annars då olika program vid hantering av LCA-data kan variera och därmed leda till olika resultat (Boverket, 2019; Modahl et al., 2012). Regeringen har som plan att införa krav på miljödeklaration av byggnader senast 2022 och de företag som är i framkant med miljöarbeten har en stor konkurrensfördel, särskilt då beställare på senare tid har börjat ställa krav på miljövänligare byggnader. Det i sin tur ställer krav på leverantörer och tillverkare att skapa EPD:er för deras produkter. EPD möjliggör även för leverantörerna och tillverkarna att identifiera potentiella produktions förbättringar (Braune et al., 2007).

3.4.3 Analys och tolkning av miljödeklarationen

Resultatet från BM 1.0 kommer i form av tabeller och diagram som redovisar den faktiska mängden och den procentuella fördelningen av CO_2-usläpp för de olika posterna. Tabellerna och diagrammen visa fördelningen i kategorin: byggdelar (fasad, stomme, yttertak osv..) och byggresurser (betong, trä, armering osv.) En Excel-fil skapas med en lista över de material som beräknats och individuella information ges såsom: vilken varugrupp materialet tillhör, klimatpåverkan, mängden och andra relevant information.

Analys av resultatet kommer göras i 2 delar:

1. De 3 största faktorerna ska identifieras och det görs genom att undersöka och analysera resultatet som fås i kategorin ”byggdelar”. Här kommer en övergriplig beskrivning göras över de 3 faktorer som identifierats som mest bidragande till negativ klimatpåverkan och en sammanställning av vilka byggresurser som ingår.
2. När första delen är färdigställd så kommer liknande analys och tolkning göras för *byggresurserna*. En beskrivning av vad resurserna används till görs.

Analysen och slutsatsen av resultatet från miljödeklarationen kommer sedan att ligga till grund för de alternativa lösningar som valts till de olika scenarion.

3.5 Scenarion

Utifrån de slutsatser som gjort från miljödeklarationen skall 4 scenarion skapas, minst 1 för varje byggdel. Scenarion kommer jämföras med varandra men främst med nollvarianten. Nollvarianten är det standardkoncept som arbetet utgår ifrån. Dessa scenarion kommer vara alternativa lösningar som är baserade på litteraturen och enligt litteraturen ska ha mindre klimatavtryck än standardlösningen på de 3 byggdelarna som identifierats. De alternativa lösningarna skall uppfylla samma funktionskrav som standarden gör som till exempel: u-värde, brandskydd, ljudisolering osv. När scenarion är gjorda ska en sammanställning av den totala klimatpåverkan samt kostnaden för varje lösning redovisas i tabeller. Målet är sedan att jämföra lösningarna och få fram ett resultat som visar vilken lösning som ger ”mest” nytta per krona investerad dvs, vilken lösning som reducerar CO_2-utsläppen mest per investerad krona. För att få fram kostnaden för de lösningar

som ska beräknas kommer ”sektionsdata” som är ett kalkylprogram från Wiksell användas. Resultatet ska sedan rangordnas och visas tydligt i en tabell.

3.5.1 Sektionsdata – ”En kokbok”

Sektionsdata är ett komplett kalkylprogram med databaser för ROT, VVS, el, industrirör och nybyggnad. Programmet utvecklades av konsultföretaget Wiksell som har över 50 års erfarenheter i byggbranschen. Vid start bistod företaget beställaren med mängdberäkningar men efter några år var det allt fler kunder som ville ha hjälp med prissättningar och föreslagna anbudsummor. Programmet har en databas med sammanställda byggdelar med kostnader och tekniska värden som gör att företagen kan spara både tid och pengar vid anbud och upphandling (Wiksell, 2020). Kalkylprogrammet kan ses som en ”kokbok” med olika recept för byggdelar, där ingående kostnad för material, arbetstid, underentreprenörer och samt omkostnader är inräknat. Detta gör det väldigt lätt att få en uppskattning på hur mycket en specifik ytterväggkonstruktion med bestämda tekniska värden kostar och samt gör det möjligt att direkt kunna jämföra kostnaderna för olika alternativa lösningar på ytterväggskonstruktionen.

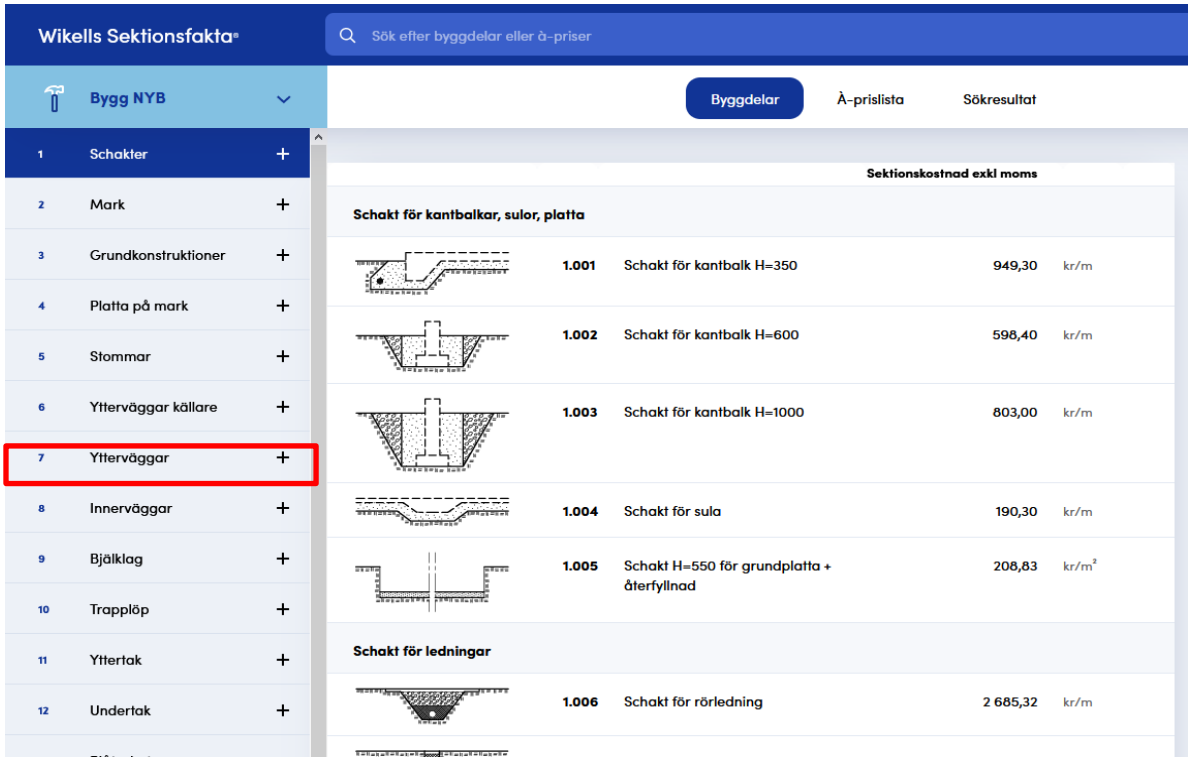
4 Resultat

4.1 Användning av Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg (BM 1.0)

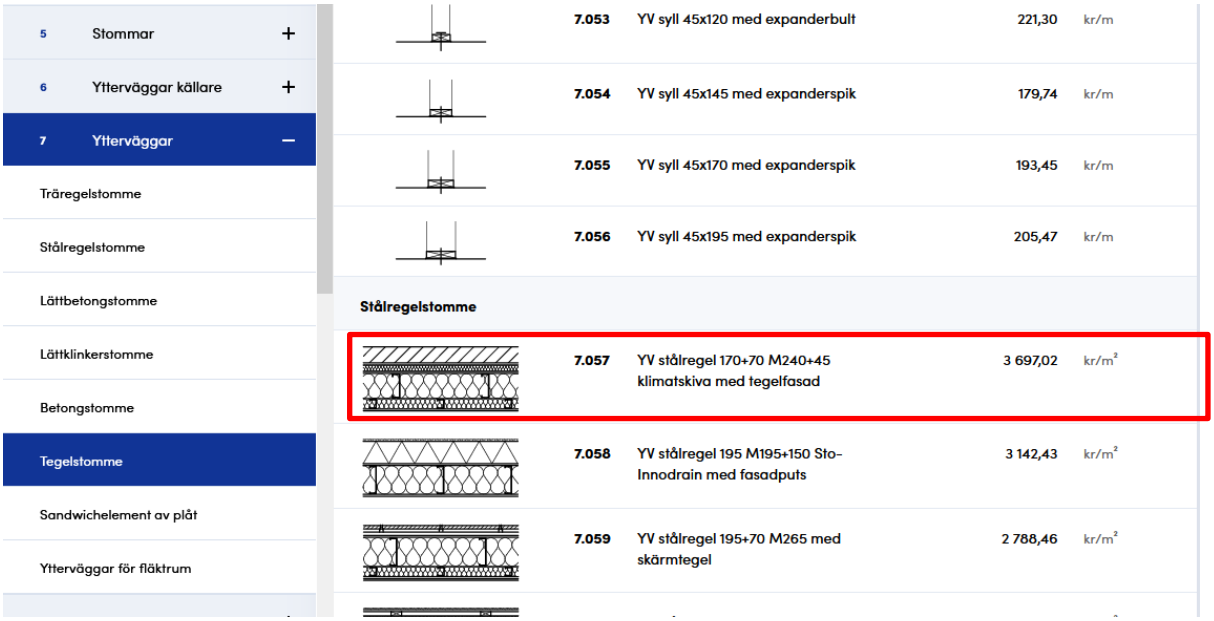
Vid beräkning av klimatpåverkan med beräkningsverktyg är det viktigt att ha en grundläggande kunskap om verktyget. Det finns många olika beräkningsverktyg ute i marknaden och vissa är svårare att använda än andra. Det beror mycket på hur många faktorer som tas hänsyn till i verktyget och hur specifik de värden och data som används i beräkningsverktyget är. IVL skapade BM 1.0 med målet att öka medvetenheten kring klimatpåverkan och driva utvecklingen framåt inom miljöarbetet, detta genom att göra det tillräckligt lätt att använda utan att kompensera för mycket på dess relevans. Generiska data och medelvärde används i BM 1.0 vilket gör att användaren enkelt kan välja material, resurser och annat utan att själva behöva ta fram LCA-data och annan information som krävs för dem. Vill en person använda specifika data så finns möjligheten att importera EPD. Dessa förenklingar genom användning av generiska data och medelvärde medför såväl fördelar som nackdelar. En övergripande beskrivning redogörs i (Bilaga 4) där en övergripande beskrivning av arbetet med BM 1.0 har använts för framtagandet av resultatet.

4.2 Användning av sektionsfakta

Sektionsfaktas databas har använts för att hitta priser på de olika scenarion som planeras att göras. Den tar hänsyn till marknadens utgångsläge idag för att få fram ett så realistiskt pris som möjligt. Väl inne i kalkylprogrammet sektionsfakta går det att söka efter vilken byggdel som önskas användas. I det här fallet väljs en ytterväggskonstruktion med tegelfasad och reglar av stål enligt figurerna 4.7 och 4.8. Väl inne i figur 4.8 går det att leta efter olika typer av ytterväggsdelar beroende på vilket alternativ som önskas.



Figur 4.7 *Val av byggdel i kalkylprogrammet sektionsdata.*

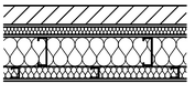


Figur 4.8 *Val av byggdel i kalkylprogrammet sektionsdata.*

Efter vald konstruktionsdel går det att räkna ut vad den valda väggen kommer förväntas hamna på för pris per kvadratmeter. Sektionsfakta tar även hänsyn till övriga priser som i detta fall är en hakställning för underentreprenören enligt figur 4.9. Denna konstruktionsdel är nästan identisk med vad som planeras i ”Nollvarianten” som är hur byggnaden planeras byggas idag. Men vissa ändringar får göras som att byta ut 70mm reglar till en storlek av 45 mm istället. Detta går att göra manuellt för att enklare jämföra specifika byggnadsmaterial. Tiden för att bygga konstruktionsdelen multipliceras med timkostnaden och materialkostnaden läggs ihop. Slutligen fås priset på konstruktionsdelen som syns i figur 4.9.

YV stålregel 170+70 M240+45 klimatskiva med tegelfasad 7.057

3 697,02 kr/m²



Vikt 267 kg/m²

Brandklass REI 60

U-värde 0,17

BSAB 96		Åtg	Mtrl	Tid	UE
AFG.51	Hakställning (2 mån)	1.15 m²	–	–	195,50
FSG.22	108 fasadtegel, svart slaget	1 m²	318,00	1,15	–
FSG.22	Frakt tegel (t=108)	1 m²	70,00	–	–
FSG.22	Vanligt bruk (t=108)	1 m²	114,00	0,10	–
ZSE	Armering Bs85 Bi37R (0,22 kg/m)	1 m	25,00	0,01	–
ZSE	ø 4 kramla	4 st	34,40	0,24	–
IBE.23	45 våningshög klimatskiva-33	1 m²	82,10	0,11	–
KBC.41111	9 Glasrocskiva vindskydd	1 m²	112,20	0,18	–
HSB.1121	RY 170-1,2 stålregel	2.5 m	176,50	0,20	–
HSB.1121	SKYP 170-1,0 golv-takskena	1 m	73,10	0,10	–
IBE.24	170 stenullsskiva-36	1 m²	93,20	0,09	–
JSF.54	0,20 plastfolie inkl tejp	1 m²	7,40	0,08	–
HSB.1121	ER 70 stålregel	3 m	36,90	0,18	–
HSB.1121	SK 70/55 golvskena	0.5 m	8,70	0,04	–
HSB.1121	SK 70 takskena	0.5 m	5,80	0,04	–
IBE.24	70 stenullsskiva-36 (B=455)	1 m²	46,60	0,08	–
KBC.321	13 gipsskiva (B=900)	1 m²	23,60	0,18	–
			1227,50	2,78	195,50

Materialkostnad	1 227,50
Arbetslön 2,78 tim à 218,00	606,04
Underentreprenader	195,50
Omkostnadspåslag 272% på arbetslön	1 648,43
Omkostnadspåslag 10% på UE	19,55
Sektionskostnad exkl. moms	3 697,02 kr/m²

Figur 4.1 *Redovisning av vald konstruktionsdel.*

4.3 Flerbostadshusets klimatpåverkan

Huset Närbo är ett flerbostadshus med betongstomme. Nollvarianten är utförd med tegelfasad, stålreglar i utfackningsväggarna och gjuten i traditionell betong. Byggnaden har sex våningar och består ut av 34 lägenheter. Lägenheterna variera mellan ett ROK på 26,5 m^2 till fyra ROK på 85,5 m^2. Bruttoarean är på 1944 m^2.

I denna del av studien presenteras nollvarianten. Nollvarianten innefattar hur byggnaden är tänkt att byggas idag enligt de ritningarna som finns. Beräkningarna är baserade på standarderna EN 15804 och EN 15978.Klimatpåverkan i byggprocessen påverkas främst av materialproduktionen, det vill säga A1-A3. Materialproduktionen står för hela 87% av den totala klimatpåverkan i byggprocessen. Till skillnad från Transport och byggproduktionen som står för relativt låg påverkan, se diagram 4.1. Vidare syns total klimatpåverkan fördelat på de olika skedena som visas i tabell 4.1. Den totala klimatpåverkan för byggnaden är 268,78 kg CO_2-ekv per m^2.

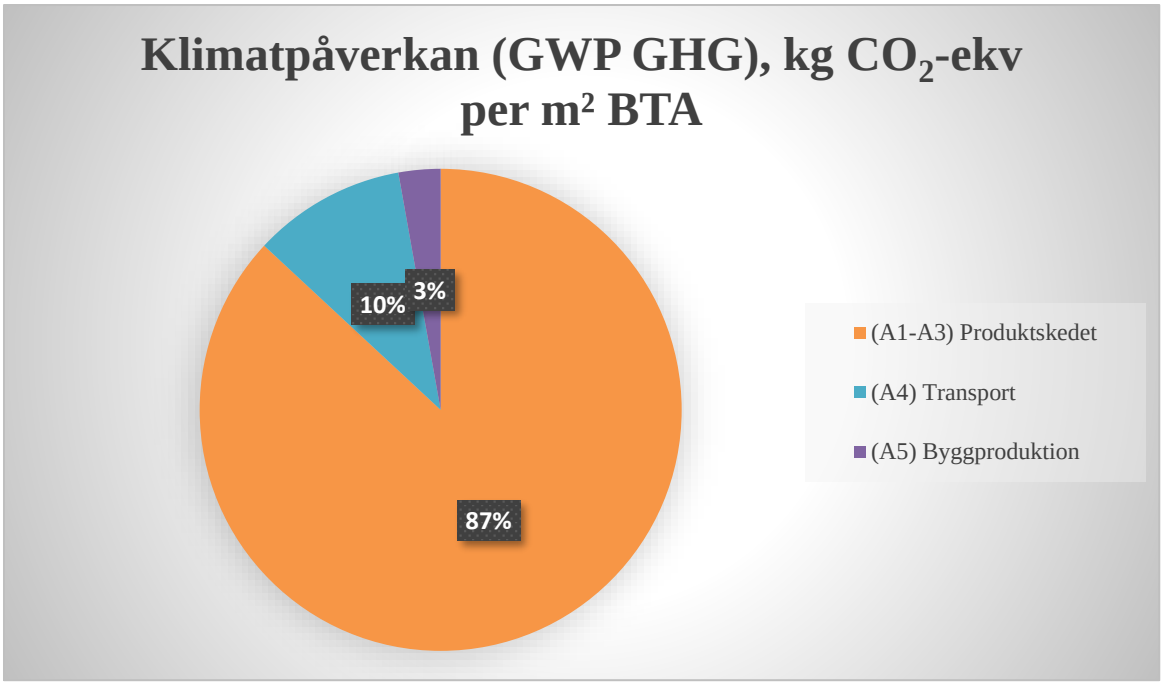


Diagram 4.1 *Bidrag från livcykelfaser till total påverkan i byggprocessen.*

Tabell 4.1 *Byggprocessens klimatpåverkan fördelat i olika skeden.*

Modul	Klimatpåverkan (kg CO_2-ekv. /m^2)	Klimatpåverkan (kg CO_2-ekv.)
A1-A3 Produktskedet	233,63	
A4 Transportskedet	27,59	
A5 Byggproduktionsskedet	7,56	
TOTAL A1-A5	268,78	522 512,18

Vilka byggdelar och processer som bidrar mest till klimatpåverkan illustreras nedan i diagram 4.2 med relaterande siffror i tabell 4.2. Diagrammet visar bidraget på total klimatpåverkan mellan modulerna A1-A5 i byggskedet. Den byggdel som bidrar mest i byggskedet och är dominerande är fabriksbetongen. Betydande är också prefab betongen som tillsammans med fabriksbetongen är en stor del till stommen som byggnaden är gjord av. Andra delar som står för en stor andel i byggskedet är byggblock, stål- och plåt produkter, armering, gipsskivor, fönster och dörrar, de bindemedlen inkluderat bruk och ballast, isolering och tätskikt.

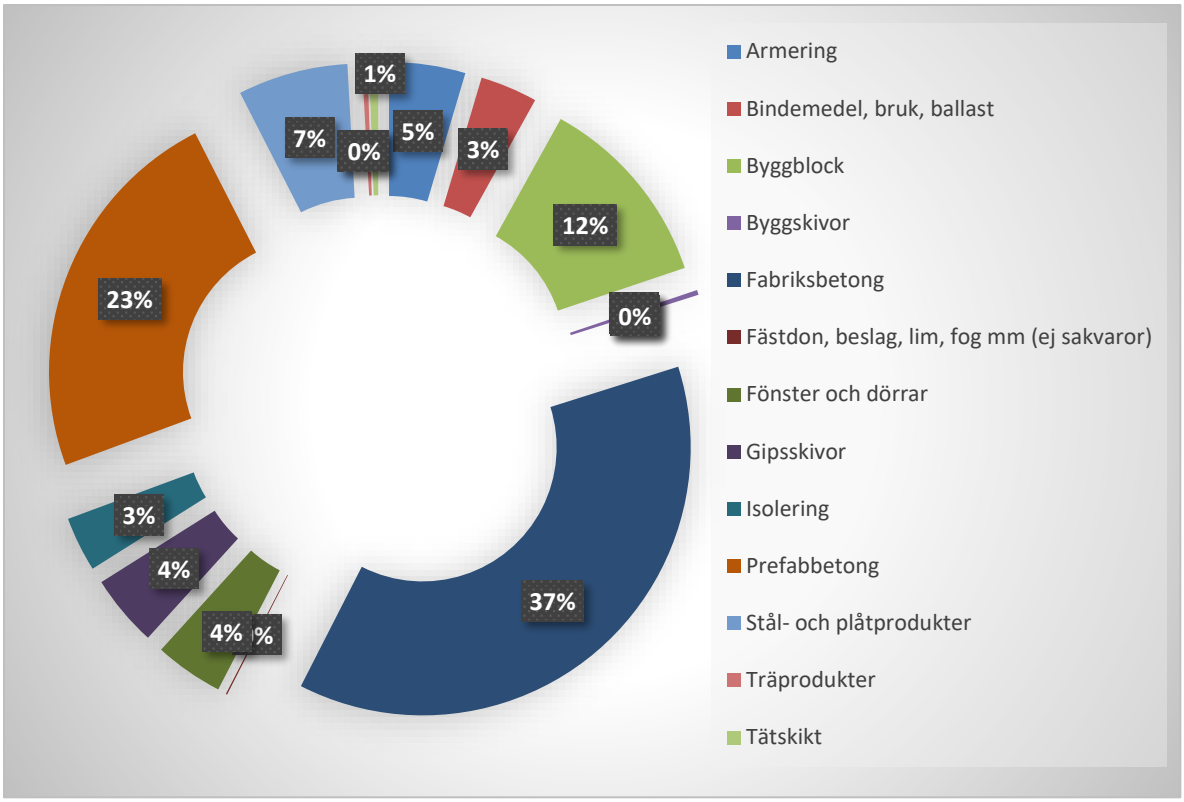


Diagram 4.2 *Klimatpåverkan för alla byggresurser, A1-5, kg CO_2-ekv. per m^2.*

Tabell 4.2 *beskrivning av påverkan på de olika byggresurserna.*

Byggresurser	**Klimatpåverkan (kg CO_2-ekv. per m^2)**
Armering	12,36
Bindemedel, bruk och ballast	9,28
Byggblock	31,66
Byggskivor	0,8
Fabriksbetong	100,46
Fästdon, beslag, lim, fog	0,21
Fönster och dörrar	11,14
Gipsskivor	11,62
Isolering	8,88
Prefabbetong	62,16
Stål- och plåt produkter	17,86
Träprodukter	0,86
Tätskikt	1,47

För att förtydliga vilken byggnadsdel produkterna innefattar har även diagram 4.3 satts ihop med tabell 4.3 som visar siffror för diagrammet. Här kategoriseras produkterna och gör det tydligt vilka de mest betydande byggnadsdelarna är för skedena A1-A5. Största klimatpåverkan har stommen som står för 61% av den totala klimatpåverkan. Andra betydande byggdelar är fasader, husunderbyggnad, stomkomplettering/rumsbildning och yttertak.

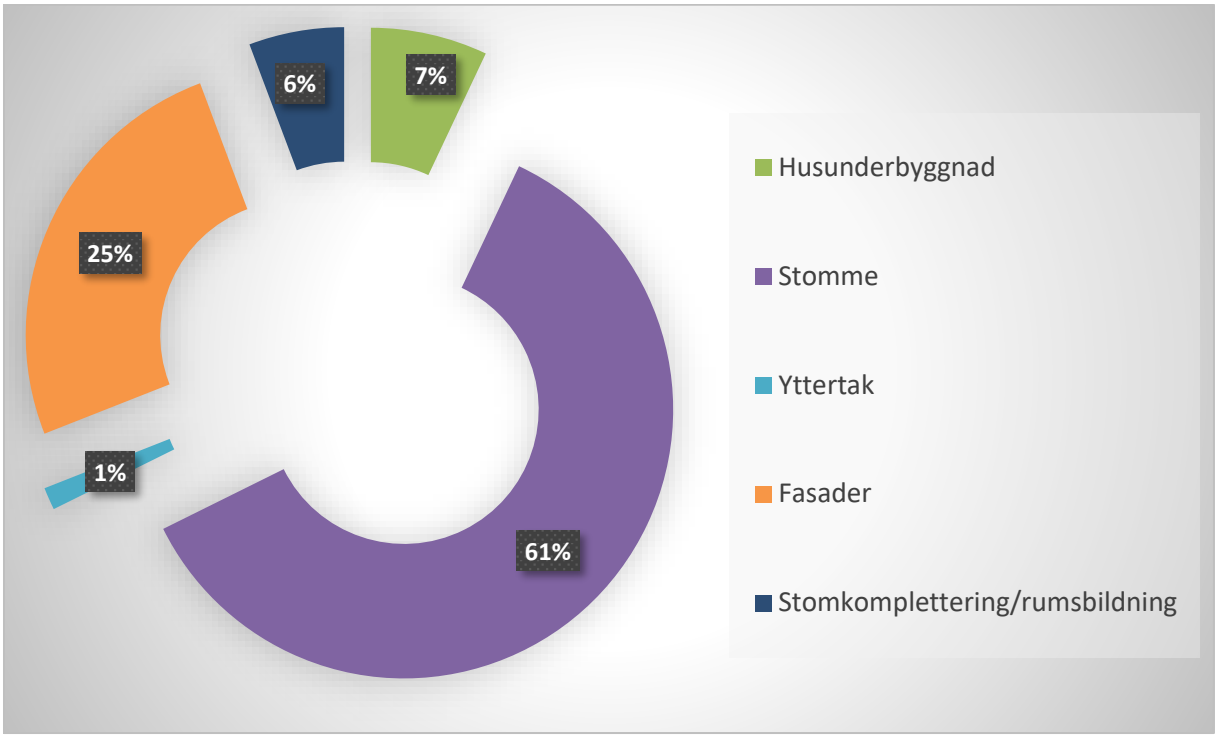


Diagram 4.3 *Klimatpåverkan uppdelat per byggdel, A1-5.1, kg CO_2-ekv per m^2.*

Tabell 4.3 *Beskrivande kring de byggdelars klimatpåverkan i byggnaden.*

Byggdel	**Klimatpåverkan (kg CO_2-ekv per m^2)**
Husunderbyggnad	18,88
Stomme	163,02
Yttertak	3,63
Fasader	67,87
Stomkomplettering/rumsbildning	15,39

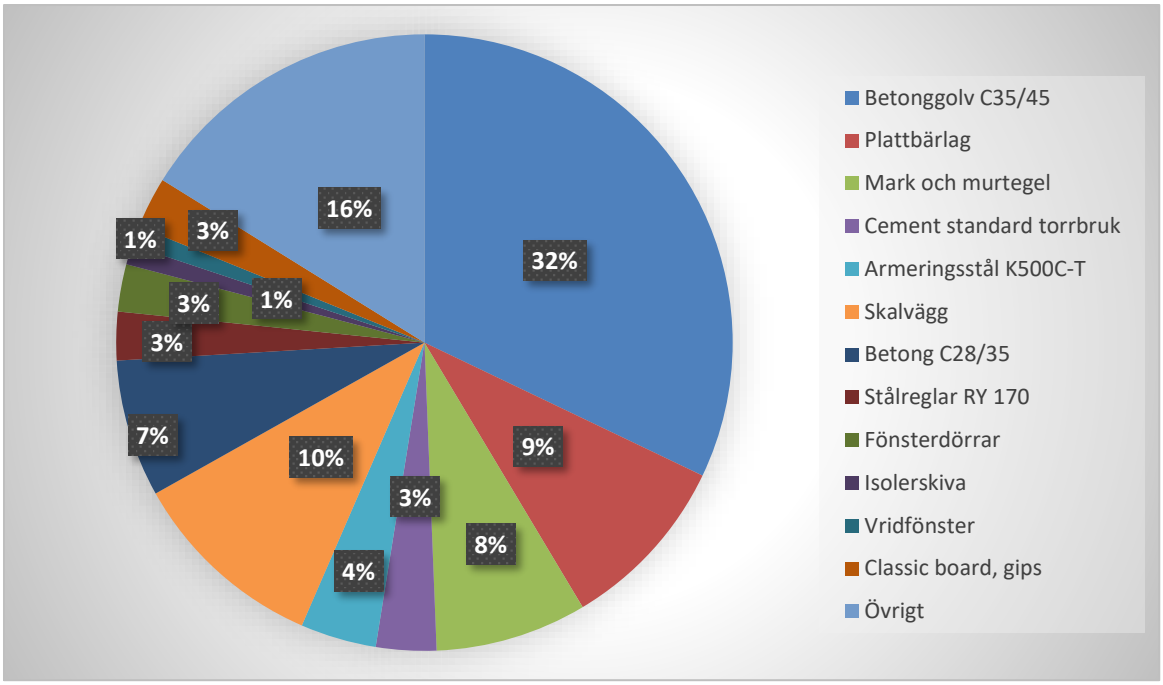


Diagram 4.4 *Beskrivning över de mest påverkande produkterna.*

För att sedan gå in djupare i detalj på vilken specifik byggkomponent som har störst påverkan visas det i diagram 5.4. Diagrammet visar de olika byggprodukter som har en påverkan större än 1%. De produkter som har lägre än 1% påverkan klassas som övrigt. Det material som har störst påverkan i byggnaden är betonggolv C35/45 som används i gjutningen i bjälklaget och platta på mark. Den kommer ensam upp till 32% av den totala påverkan. Andra betydande produkter är också skalvägg, plattbärlag, mark och murtegel, betong C28/35, armeringsstål K500C-T, cement standard torrbruk som är för teglet.

4.3.1 Klimat- & prisberäkningar av nollvariantens 3 byggdelar

Bjälklag av betong

Enligt diagram 4.4 ovan så beskrivs vilka material som drar mest i byggnaden. Där är betongen den mest påverkande materialet för hela byggnaden. Fabriksbetongen har klass C35/45, vct = 0,5 8/16 s4. För vidare i tabell 4.4 beskrivs betongen som gjuts ovanpå plattbärlaget i bjälklaget. Utöver betongen och plattbärlaget används också armering men då betongen är det enda materialet i byggdelen som kommer att bytas ut. I scenariot kan övriga material ses som konstanter och behöver därför inte tas med i beräkningarna. Betonggolv C35/45 har ett totalt bidrag med 131 100 kg CO_2-ekv i bjälklaget som består av 429 m^3 betong.

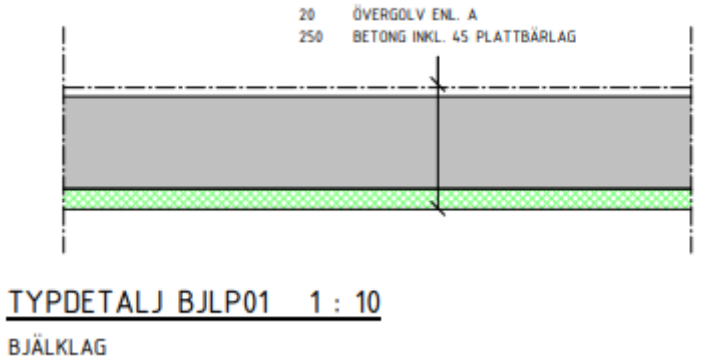
Tabell 4.4 *Beräkning av klimatpåverkan för bjälklag med standardbetong.*

Ingående material	Mängd	Enhet	Kg	Spill	Klimatpåverkan (kg CO_2-ekv/kg)	Kg CO_2-ekv
Betonggolv C35/45	429,134	M^3	1 008 464,9	5%	0,130	131 100,44
Summa						**131 100,44**

Enligt sektionsdata ligger materialkostnaden för traditionell betong C35/45 på 1185 kr/m^3 men med inräknat arbete blir kostnaden 1617,7 kr/m^3. Som tabell 4.5 visar nedan blir den totala kostnaden på bjälklaget 694 210 kr för traditionell betong C35/45.

Tabell 4.5 *Prisberäkning för bjälklag med standardbetong.*

Material	**Pris Mtrl + arbete/m^3**	**Antal m^3**	**Summa kr**
Betong C35/45	1 617,7	429,134	694 210 kr
			TOT: 694 210 kr



Figur 4.2 *Betongbjälklag utifrån nollvarianten.*

Utfackningsvägg med stålreglar

En utfackningsvägg består av mer än enbart stålreglar men då väggen består ut av flertalet olika material som blir detsamma även om reglarna byts ut till trä, kan de anses som konstanter. Utöver de material som beskrivs i tabellerna finns material med så som tätningar mot betong, diverse isolering, plastfolie, gips, ute gips och tätningslister. Tabell 4.6 beskriver den mängd kg CO_2-ekv som stålreglarna bidrar till klimatpåverkan. Stålreglarna har samma påverkan per kg även om de är olika typer av reglar och skenor men spillet varierar. Summan av den klimatpåverkan stålreglarna har kommer upp till 20 278 kg CO_2-ekv.

Tabell 4.6 *Beräkning av klimatpåverkan för utfackningsvägg med stålreglar.*

Ingående material	**Mängd**	**Enhet**	**Kg**	**Spill**	**Klimatpåverkan (kg CO_2-ekvi/kg)**	**Kg CO_2-ekv**
RY 170 1 ytterväggsreglar	3 969,24	M	4 763,09	9,09%	2,427	11 581,74
SKYP 170 1 skenor	1185,5	M	1896,85	4,76%	2,427	4608,18
RE 45 byggregel	2 619	M	1 283,31	0%	2,427	3 114,59
SKP 45 skenor	977,76	M	400,88	4,76%	2,427	973,9
Summa						**20 278,41**

För arbetet att montera reglarna och materialkostnaden sätts tabell 4.7 upp som beskriver vad priset kan förväntas hamna på. Kostnaden är enbart för arbetet på stålreglarna enligt sektionsdata. Priset för material och arbetskostnad för stålreglarna uppstiger till 589 729 kr. I tabellen har det även tagits med en timkostnad på 212 kr/timmen för en byggarbetare och ett omkostnadspålägg på 272% har lagts till enligt sektionsdata. Då blir timkostnaden 576 kr. Den totala summan har fåtts genom att multiplicera tid per material med antal meter regel multiplicerat med timkostnaden. Detta har sedan adderas med den totala materialkostnaden för ett material. Stålregelskenan SKP 45 har olika pris beroende på om den sätts som takskena eller golvskena och därför har ett medelvärde antagits för materialkostnaden. Takskenan kostar 20,5 kr/m och golvskenan 15,35 kr/m.

Tabell 4.7 *Prisberäkning för utfackningsvägg med stålreglar.*

Material	**Pris Mtrl (Kr)**	**Enhet**	**Tid**	**Kr/h**	**Antal m**	**Summa kr**
Ry 170 1 ytterväggsreglar	50,05	M	0,08	576	3 969,24	381 563 kr
SKY 170 1,2 skenor	69,3	M	0,1	576	1896,85	240 710 kr
RE 45 byggregel	11,9	M	0,06	576	2 619	121 679 kr
SKP 45 skenor (medelvärde)	17,925	M	0,08	576	977,76	62 582 kr
						TOT: 806 534 kr

Tegelfasad – Randers Tegl

Teglet som används i beräkningen är från Randers Tegl A/S och är i dansk format. Dansk format innebär att tegelstenarna har måtten 228x108x54 mm. Densiteten för teglet varierar inom intervallet 1600–2050 kg/m^3 enligt deras EPD men i beräkningen nedan har ett ungefärligt medelvärde (1800 kg/m^3) använts. Murbruket som använts heter Murbruk Exakt och är en produkt från Finja Betong AB. Produkten innehåller cement (24%), sand (66%) och flyg aska (10%). Mängden tegel och murbruk som krävs för att täcka fasadytan som är på 1081 m^2, där åtgångstabeller från respektive leverantör har använts. Beräkningen utgår ifrån att det går åt 66 stenar/m^2 och för murbruket 65 kg torrbruk/m^2.

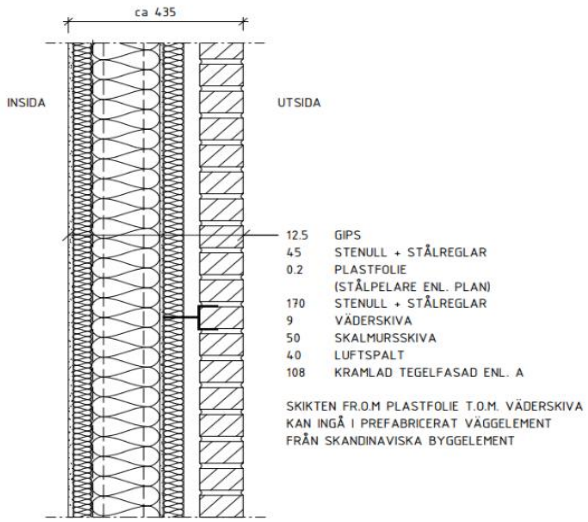
Tabell 4.8 *Beräkning av klimatpåverkan för tegelfasad.*

Ingående material	**Mängd**	**Enhet**	**Kg**	**Spill**	**Klimatpåverkan (kg CO_2-ekv/kg)**	**Kg CO_2-ekv**
Tegel	69 184	ST	165 588 ,64	3%	0,305	50 856,13
Murbruk	70 265	KG	70 265	5%	0,199	14 164,82
Summa						**65 020,95**

Kostnaden som används i beräkningen är 4,65 kr/sten som enligt Randers är en av deras billigaste samt vanligaste sten som säljs. Priset för en sten varierar dock ganska mycket enligt leverantören, där den dyraste är nästan 3 gånger så dyr. 500 kr/h är ett ungefärligt värde för murningsarbetet enligt Randers men kan dock variera +/- beroende på vilken entreprenör som används samt hur murningen ska utföras. 500 kr/h kan antas vara en generell kostnad för flertals arbeten i branschen eftersom flera olika leverantörer nämnt det.

Tabell 4.9 *Prisberäkning för tegelfasad.*

Material	**Pris Mtrl (kr)**	**Enhet**	**Tid**	**Kr/h**	**Antal m²**	**Summa kr**
Tegel	300,96	M^2	-	-	1 081	331 759 kr
Murbruk	260	M^2	-	-	1 081	281 060 kr
Murning	-	-	1	500	1 081	540 500 kr
						TOT: 1 153 319 kr



Figur 4.3 *Tegelfasaden uppbyggt med utfackningsväggar.*

4.4 Alternativa lösningar

4.4.1 Bjälklag – Ecobetong från Swerock

Som komplement från tabell 4.4 som beskrev traditionell betong i bjälklaget har granskning gjorts på ecobetong från Swerock. Betong klassen för ecobetongen är densamma som beskrevs i tabell 4.4 för att klara samma krav. Samma mängd och spill har antagits som den traditionella betongen där bidraget på miljöpåverkan kommer upp till 92 928,75 kg CO_2-ekv. Även här har inte övriga material i bjälklaget tagit med då de kan ses som konstanter.

Tabell 4.10 *Beräkning av klimatpåverkan för bjälklag med ecobetong.*

Ingående material	Mängd	Enhet	Kg	Spill	Klimatpåverkan (kg CO_2-ekv/kg)	Kg CO_2-ekv
Ecobetonggolv C35/45	429,134	M^3	1 008 464,9	5%	0,092	92 928,75
Summa						**92 928,75**

Priset på ecobetongen från Swerock är 20 kr dyrare än den traditionella betongen rent materialmässigt enligt Swerock. Därför sätts materialkostnaden till 1205 kr/m^3 och med arbetskostnaden blir siffran 1637,7 kr/m^3. Arbetskostnaden har satt till att vara densamma för traditionell betong som den är satt till ecobetongen. Som tabell 4.11 visar nedan blir den totala kostnaden för ecobetongen 702 792 kr.

Tabell 4.11 *Prisberäkning för bjälklag med ecobetong.*

Material	**Pris Mtrl + arbete/m^3**	**Antal m^3**	**Summa kr**
Ecobetong C35/45	1 637,7	429,134	702 792 kr
			TOT: 702 792 kr

4.4.2 Utfackningsvägg av träreglar

Byggreglerna av trä sätts som komplement till stålreglarna. Övriga material i väggen påverkas inte av materialändringen och är satt som konstanter vid beräkningen. I alternativet med stålreglar används skenor som monteras på golv och tak. Dessa används för att fästa stålreglarna på ett snabbt vis men används inte i träregelvarianten där de byts ut till samma material som reglarna i träregelväggen. Det vill säga att 45x45mm och 45x170mm är i nollvarianten både skenor och stålreglar men i träregelscenariot används samma regeltyp istället för skenor. Det totala bidraget för träreglarna uppkommer till 1277 kg CO_2-ekv enligt tabell 4.12. Vidare till tabell 4.13 tas prisberäkningen upp för träreglarna. Denna kostnad hamnar på 323 373 kr för material och arbete. I tabellen har det även tagits med en timkostnad på 212 kr/timmen med omkostnadspålägg på 272% för en byggarbetare enligt sektionsdata. Då blir timkostnaden 576 kr. Den totala summan har fåtts genom att multiplicera tid per material med antal meter regel multiplicerat med timkostnaden. Detta har sedan adderas med den totala materialkostnaden för ett material.

Tabell 4.12 *Beräkning av klimatpåverkan för utfackningsvägg med träreglar.*

Ingående material	Mängd	Enhet	Kg	Spill	Klimatpåverkan (kg CO_2-ekv./kg)	Kg CO_2-ekv.
45x 170 Byggregel	5154,74	M	18 652,17	10%	0,055	1078,2
45x 45 Byggregel	3 596,76	M	3 445,07	10%	0,055	199,14
Summa						**1 277,34**

Tabell 4.12 *Prisberäkning för utfackningsvägg med träreglar.*

Material	Pris Mtrl (Kr)	Enhet	Tid	Kr/h	Antal m	Summa kr
45x 170 byggregel	26,6	M	0,09	576	5154,74	404 338 kr
45x 45 byggregel	9,6	M	0,07	576	3596,76	179 550 kr
						TOT: 583 888 kr

4.4.3 Putsfasad – StoVentec R

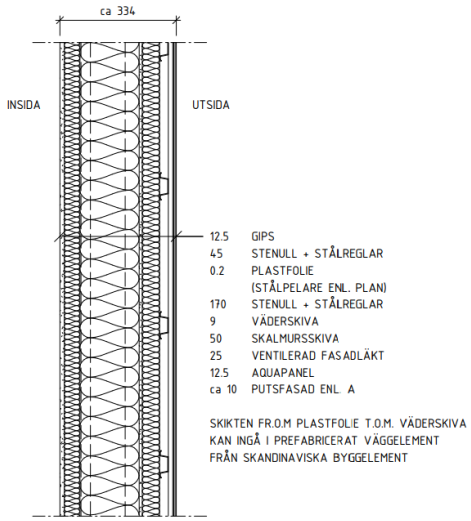
Fasadsystemet heter StoVentec R som är en putsfasad från Sto Scandinavian AB. Det är ett fasadsystem som använder ventilerade bärläkt för att skapa ventilerade luftspalter mellan den bärande ytterväggen och fasaden. På läkten fästs fasadskivor och därefter appliceras puts. Det finns flera ingående komponenter i systemet som skruvar och andra fästdon som ej tas med i beräkningen då de anses ha en liten påverkan på den totala mängd CO_2-ekv för byggdelen.

Tabell 4.13 *Beräkning av klimatpåverkan för putsfasad.*

Ingående material	Mängd	Enhet	Kg	Spill	Klimatpåverkan (kg CO_2-ekv/kg)	Kg CO_2-ekv
Stål läkt	1 805	LPM	1 300	10%	2,579	3 359,22
Fasadskiva	1 081	M^2	6 486	10%	1,555	10 144,02
Grovputs	1 081	M^2	4 864,5	10%	1,340	6 530,36
Ytputs	1 081	M^2	2 594,4	10%	1,390	3 619,66
Summa						**23 653,26**

Tabell 4.14 *Prisberäkning för putsfasad.*

Material	Pris Mtrl (Kr)	Enhet	Tid (h)	Kr/h	Antal m^2	Summa kr
All Mtrl + arbete	1500	M^2	-	-	1081	1 621 500 kr
						TOT: 1 621 500 kr



Figur 4.4 *Yttervägg med putsfasad.*

4.4.4 Fasad med skifferplattor – NordClad

Fasaden är från Nordskiffer och fasadmaterialet är av svart takskiffer. Fasadsystemet som används heter NordClad, som består av flera komponenter såsom bärläkt, skifferplattor, clips, hörnprofil med mera. I uträkningen nedan har vi endast valt de material som anses har störst påverkan på mängden CO_2-ekv. och därav har clips och andra komponenter ej tagits med då de anses ha liten påverkan på mängden samt att produktinformation saknas.

Kortfattad information om det valda fasadsystemet som kan vara bra att veta:

- Skifferplattorna är av takskiffer med måtten 50x30x1,5 cm.
- Enkeltäckning, vilket innebär att plattorna monteras i endast 1 lager med 6 cm överlapp på överkanten.
- GWP för skiffer skiljer sig relativt mycket beroende på hur skiffern är utformad, justerad tjocklek på 15 mm används i detta fall.
- Fasadläkten är av stål med dimensionerna 70x25x1 mm och med cc-avstånd på 305 mm vilket har stor betydelse över hur mycket läkt som krävs.

Tabell 4.15 *Beräkning av klimatpåverkan för skifferfasad.*

Ingående material	**Mängd**	**Enhet**	**Kg**	**Spill**	**Klimatpåverkan (kg CO_2-ekv./kg)**	**Kg CO_2-ekv.**
Fasadläkt	3 557	LPM	3 628,14	10%	2,790	10 140,71
Skifferplattor	1 351,2	M^2	37 834	10%	0,093	3 726
Summa						**13 866,71**

Tabell 4.16 *Prisberäkning för skifferfasad.*

Material	**Pris Mtrl (Kr)**	**Enhet**	**Tid (h)**	**Kr/h**	**Antal m²**	**Summa kr**
Skifferplattor + stål läkt	650	M^2	-	-	1 351,2	878 280 kr
Montering av plattor	-	-	0,67	500	1 081	360 335 kr
Montering av läkt	-	-	0,33	500	1 081	178 365 kr
						TOT: 1 416 980 kr

4.5 Reducering av miljöpåverkan per krona

Nedan beskrivs tabeller som tar jämför vilket alternativ som är mest lämplig att göra om hänsyn ska tas till både ekonomi och miljöpåverkan. Ett värde har tagits fram som är hur mycket reducering det blir på miljöpåverkan för varje extra krona som behövs läggas till för de scenarion som granskats. För att ta fram värdena i tabellerna nedan har skillnaden i kg CO_2-ekv. mellan nollvarianten och ett scenario med en byggdel dividerats med kostnaden för den kostnadsskillnad på samma byggdel i nollvarianten och scenario.

Jämförelse mellan traditionell- och Eco-betong i bjälklag

Bytet till ecobetong utgör en differens i koldioxidekvivalenter med 38 171 kg CO_2-ekv. Det divideras sedan med kostnadsskillnaden som blir – 8582 kr. Detta blir att för varje extra krona som investeras på ecobetong istället för traditionell betong så kan det förväntas minska miljöpåverkan med 4,45 kg CO_2-ekv.

Tabell 4.17 *Jämförelse mellan traditionell- och Eco-betong i bjälklag.*

Enhet	**Traditionell betong**	**Ecobetong**	**Differens**
KG CO_2-ekv.	131 100	92 929	131 100 - 92 929 = 38 171 kg
Pris kr	694 21	702 792	694 210 - 702 792 = - 8 582 kr

Differens	**CO_2-ekv.**	**Pris**	**Resultat (Kg CO_2-ekv. /kr)**
	38 171 kg	-8 582 kr	38 171 ÷ - 8 582 = **- 4,45**

Jämförelse mellan stål- och träreglar i utfackningsvägg

Tabell 4.19 tar upp reduceringen per investerad krona visar att för varje extra tillagd krona i utfackningsväggarna så ökar miljöpåverkan. Detta för att träreglar är både ett billigare och miljövänligare alternativ än det ursprungliga stålreglarna. För varje extra krona investerad ökar miljöpåverkan med 0,085 kg CO_2-ekv.

Tabell 4.18 *Jämförelse mellan stål- och träreglar i utfackningsvägg.*

Enhet	**Stål**	**Trä**	**Differens**
KG CO_2-ekv.	20 278	1 277	20 278 - 1 277 = 19 001 kg
Pris kr	806 534	583 888	806 534 - 583 888 = 222 646 kr

Differens	**CO_2-ekv.**	**Pris**	**Resultat (Kg CO_2-ekv. /kr)**
	19 001 kg	222 646 kr	19 001 ÷ 222 646 = **0,085**

Jämförelse mellan tegel- och putsfasad

Putsfasadens skillnad från nollvarianten gör att med differensen i kg koldioxidekvivalenter och kostnad att varje tillagd krona för att ha putsfasad ger en minskning i miljöpåverkan. Det är ingen stor minskning men värdet hamnar på -0,088 kg CO_2-ekv. /kr enligt tabell 4.20.

Tabell 4.19 *Jämförelse mellan tegel- och putsfasad.*

Enhet	**Tegelfasad**	**Putsfasad**	**Differens**
KG CO_2-ekv.	65 020	23 653	65 020 - 23 653 = 41 367 kg
Pris kr	1 153 319	1 621 500	1 153 319 - 1 621 500 = - 468 181 kr

Differens	**CO_2-ekv**	**Pris**	**Resultat (Kg CO_2-ekv. /kr)**
	41 367 kg	- 468 181 kr	41 367 ÷ - 468 181 = **- 0,088**

Jämförelse mellan tegel- och skifferfasad

Skifferfasaden i tabell 4.21 kan förväntas ge en förbättring i miljöpåverkan med -0,194 kg CO_2-ekv. för varje extra krona som läggs på att byta ut tegelfasaden till skiffer.

Tabell 4.20 *Jämförelse mellan tegel- och skifferfasad.*

Enhet	**Tegelfasad**	**skifferfasad**	**Differens**
KG CO_2-ekv.	65 020	13 867	65 020 - 13 867 = 51 153 kg
Pris kr	1 153 319	1 416 980	1 153 319 – 1 416 980 = - 263 661 kr

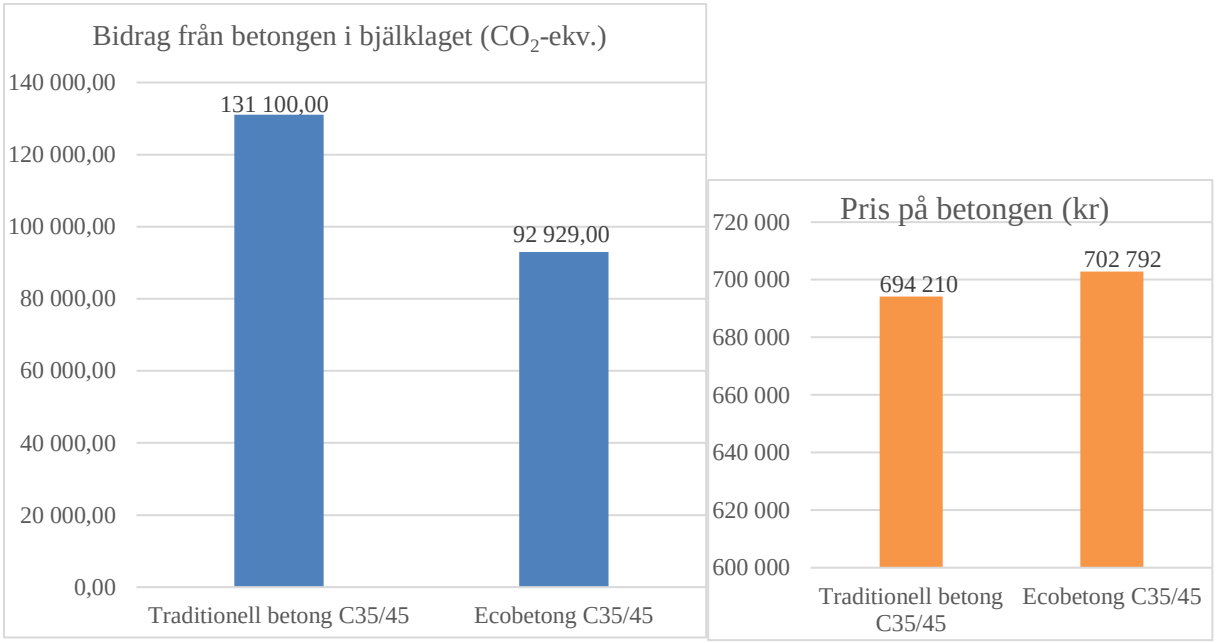
Differens	**CO_2-ekv**	**Pris**	**Resultat (Kg CO_2-ekvi/kr)**
	51 153 kg	- 263 661 kr	51 53 ÷ - 263 661 = **- 0,194**

5 Analys av resultat

5.1 Analys av bjälklaget

Vid granskning av betongen i bjälklaget som visas nedan i diagram 5.1 jämförs de två sorterna av betong och dess bidrag på miljöpåverkan. Skillnad blir det där den traditionella betongen i nollvarianten har ett värde på 131 100 kg CO_2-ekv. medan ecobetongen har ett värde på 92 929 kg CO_2-ekv. Det innebär en skillnad på 38 171 kg CO_2-ekv. och att den traditionella betongen bidrar med drygt 29 % mer än ecobetongen. 15% förbättring i medeltal är vad Swerock själva säger vilket är lägre än vad resultatet i tabellen säger. Dock har Swerock andra klasser på ecobetong som kan förväntas nå det resultatet. Ecobetongen har lägre påverkan genom att använda mindre mängd cement och kompletteras med andra slaggprodukter. Även en del återvunna material används i produktionen av ecobetongen som beror på varför den är lägre.

Diagram 5.1 *Bidrag kg CO_2-ekv. på betongen samt prisskillnad mellan scenariona.*



Känslighetsanalys av betong

Betongens densitet brukar normalvis variera mellan 2300–2400 kg/m^3. I denna studie har en medeldensitet på 2350 kg/m^3 antagits vid beräkningarna i BM. Det är inte så jättestor skillnad mellan de olika vikterna men då betongen har så pass stort inflytande på klimatpåverkan görs en känslighetsanalys för att granska hur påverkan varierar.

Diagram 5.2 *Granskning av olika betongs densitet och påverkan.*

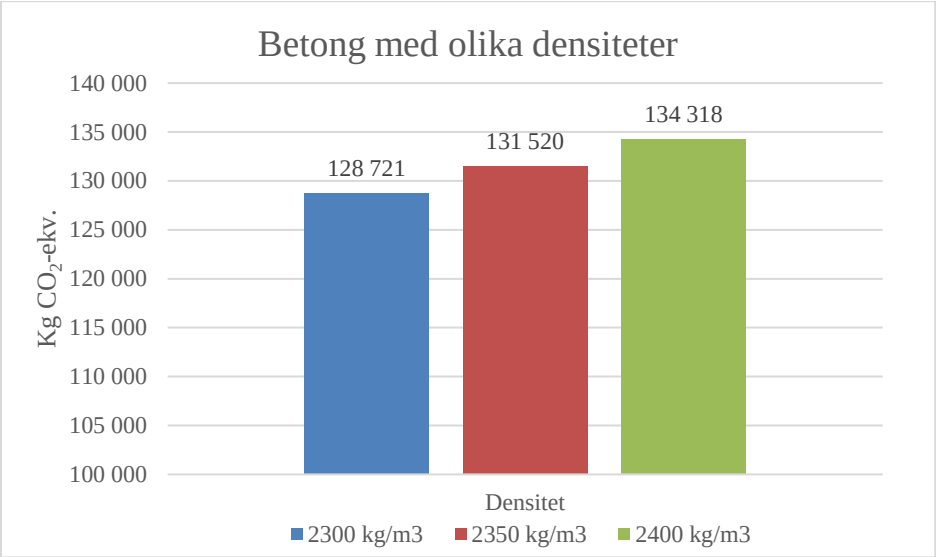


Diagram 5.2 tar upp är skillnaden mellan densiteten 2300–2400 kg/m^3. Vad som kan ses är att den totala bidraget på klimatpåverkan varierar mellan 128 721 och 134 318 kg CO_2-ekv. vilket är en skillnad på 5597 kg CO_2-ekv. Skillnaden är inte så stor och då medeltalet 2350 kg/m^3 har tagit in i beräkningarna vilket inte får siffrorna att variera så mycket.

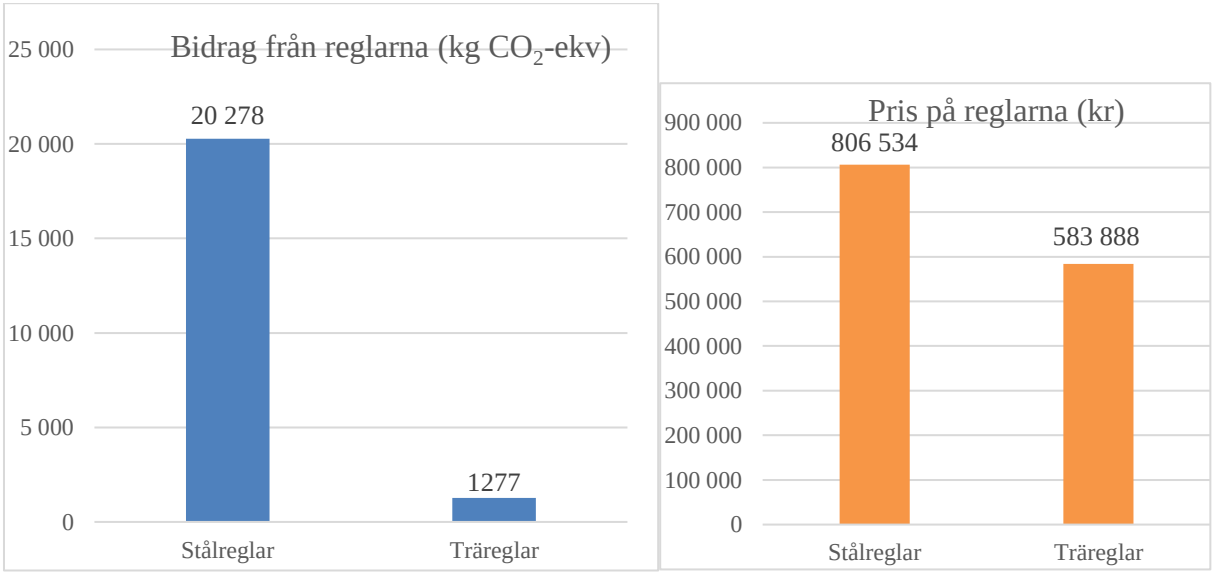
Det tabell 4.18 i resultatet indikerar att är att byte till ecobetong gör markant skillnad per investerad krona. Ecobetong har en stor minskning på sin CO_2-ekv. jämfört med den traditionella betongen. Det som verkar göra ecobetongen så pass bra per investerad krona verkar vara att den kostar inte så mycket mer per kubikmeter. De 20 kr/m^3 extra som den kostar gör inte så stort kostnadspåslag i längden som många andra materialändringar gör. Då differensen endast är 8582 kr men att CO_2-ekv. är så pass stor blir det ett effektivt sätt att sänka miljöpåverkan.

5.2 Analys av utfackningsväggarna

Stål har betydligt större bidrag på klimatpåverkan än trä vilket visas i diagram 5.3. Tabellerna visar att stålet både har högre miljöpåverkan och kostar mer vilket kan ifrågasättas varför stål skulle väljas före trä. Men dessa tabeller tar enbart hänsyn till miljöpåverkan och pris så det kan finnas ytterligare aspekter som gör att byggföretagen väljer stål framför trä. Stålreglarna är enligt denna tabell 15 gånger högre än träreglarna i klimatpåverkan.

Stål är ett material som jämfört med trä behövs framställas och tillverkas från grunden. Detta tar mycket energi och är den största faktorn som ger upphov på klimatpåverkan. Trätillverkningen till skillnad från stålet behövs inte framställas i ugnar vilket gör att miljöpåverkan är betydligt lägre. Den lilla miljöpåverkan som uppstår är på grund av avverkningen och frakten till sågverk där den färdiga produkten sedan framställs.

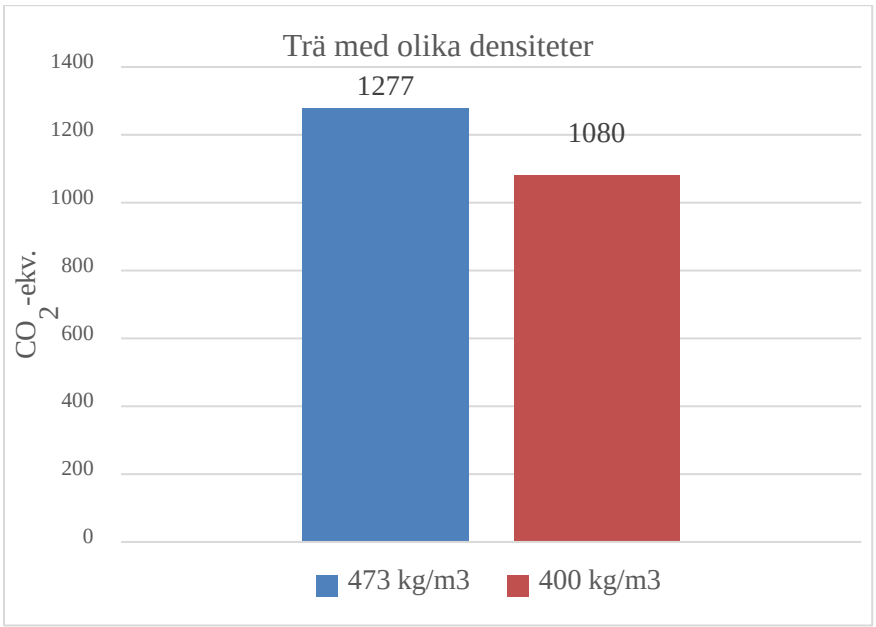
Diagram 5.3 *Bidrag kg CO_2-ekv. från reglarna samt prisskillnad mellan scenariona.*



Känslighetsanalys av träet

I utfackningsväggarna är träet det material som har större variation på densitet. Konstruktionsstål har mer eller mindre inte samma typ av variation så analysen görs enbart på trä. Trä varierar mer i densitet då många faktorer spelar in så som hur stor kärnvirkesandelen är, om virket är topp eller råstock från trädet, vilket träslag och hur stor fuktkvoten är i virket.

Diagram 5.4 *Granskning av olika träs densitet och påverkan.*

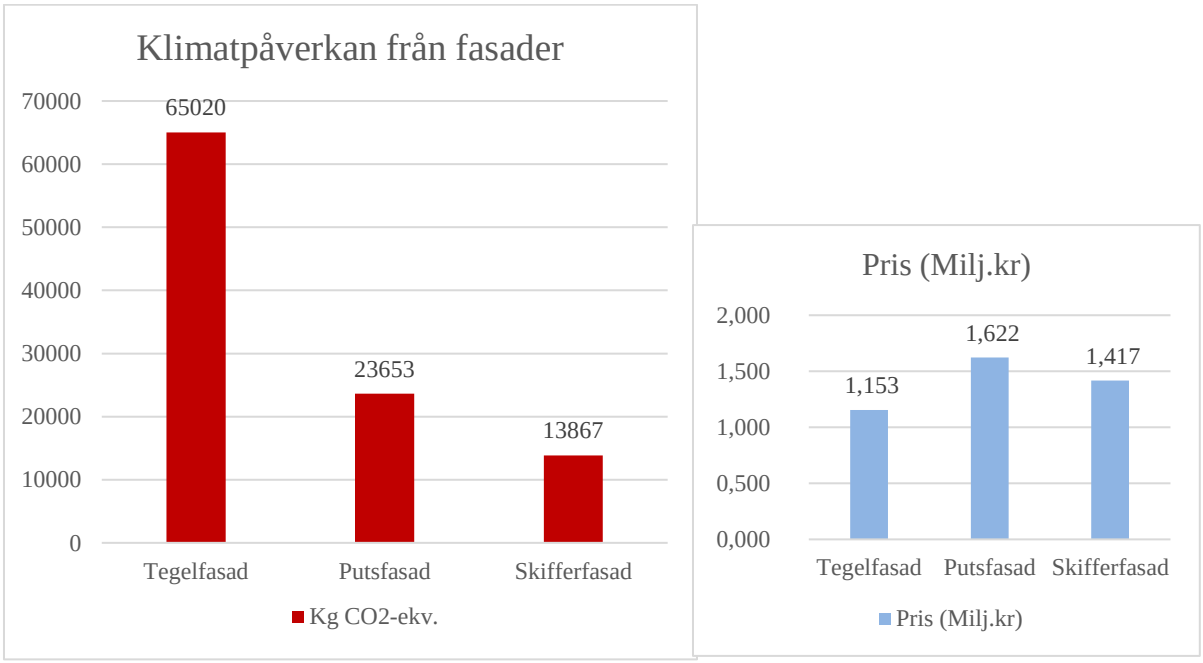


De olika densiteterna i träet varierar mellan 400–473 kg/m^3 som är värden för träslagen gran och furu som används mest frekvent som byggdelar. 400 kg/m^3 är för virke av gran medan 473 kg/m^3 är det värde som BM rekommenderar för dessa typer av produkter. BM:s värde är i det övre slaget. Den tyngre densiteten genererar ett värde som är ca 15% högre på träet som kan ses som ett material som inte har så otroligt stor påverkan jämfört med andra material i konstruktionen.

Vid analysering kring investerad krona för träreglarna så ser värdena annorlunda ut. Värdena på träreglarna är de enda som visar en ökning i miljöpåverkan per krona. Det beror på att kostnaden för träreglarna är billigare än nollvariantens stålreglar. Detta resulterar i att varje krona som läggs på träreglar både är sämre och dyrare. Det positiva värdet indikerar att för varje krona som investeras ökas klimatpåverkan.

5.3 Analys av fasadsystem

Diagram 5.5 *Bidrag kg CO_2-ekv. från fasaden samt prisskillnad mellan scenariona.*



Resultatet visar att murtegel som fasadsystem har störst klimatpåverkan, nästan 3 gånger större än putsfasaden och nästan 5 gånger större än skifferfasaden. Det beror till stor del av att teglet vid tillverkning behöver förbrännas för att få de egenskaperna som eftersträvas, exempelvis färg, styrka och täthet. Förbränningen sker på temperaturer uppemot 1300 °C som kräver väldigt mycket energi, där främst fossilt bränsle är energikällan. Även murbruket har en liknande tillverkningsprocess och har därav också stor klimatpåverkan. Det kan exempelvis ses om putsfasaden granska, där putsbruket står för ca 50 % av fasadens totala klimatpåverkan.

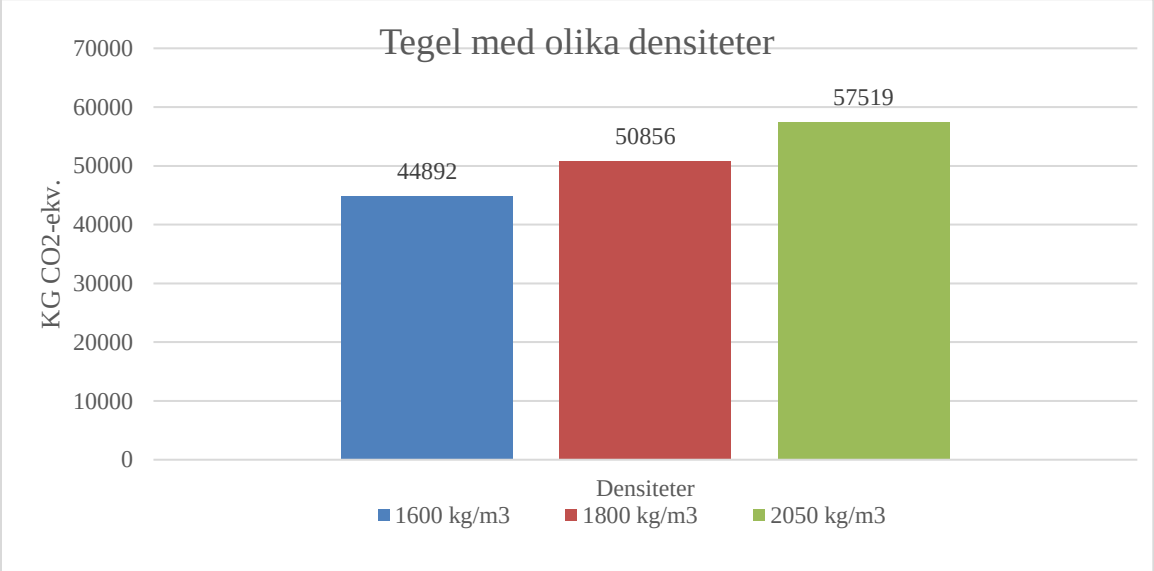
Tillverkningsprocessen har överlag en avgörande roll för en produkts klimatpåverkan men även egenskaper såsom densitet och vikt är av stor betydelse. Genom att jämföra den totala vikten för respektive system så går det att se att tegelfasaden som då har störst klimatpåverkan även har störst total vikt på 235,8 ton, skifferfasaden med 41,4 ton och puts 15,2 ton.

Men det som är intressant är att även om skiffer har en total vikt som är 3 gånger tyngre så har den en klimatpåverkan som är ca hälften jämfört med puts. Främst beror det på att skiffer är ett naturligt material som utvinns från berg och genomgår ej någon tillverkningsprocess. Dock behöver den bearbetas så att önskad utformning fås, vanligtvis pratas det om naturyta eller justerad yta. Naturyta innebär att skiffern har sitt naturliga utseende, vilket då är en yta som är generellt sett ojämn och som kräver mindre bearbetning medan justerad yta innebär att skiffern är skuren, bearbetad så att en jämn yta fås.

Känslighetsanalys

Eftersom ett ungefärligt medelvärde på densiteten (1800 kg/m^3) valdes vid uträkningen av teglets klimatpåverkan är det av stort intresse att undersöka hur resultatet hade förändrats om lägsta respektive högsta värde på densitet använts. I diagrammet nedan visas resultatet över teglets klimatpåverkan med olika densitet.

Diagram 5.6 *Granskning av tegels olika densitet och påverkan.*



Det visar sig att den totala mängden CO_2-ekv. skiljer sig med 12 627 kg om lägsta respektive högsta densiteten för teglet används. Skillnaden motsvarar nästan samma mängd som enbart skifferfasaden står för och därmed kan resultatet skilja sig en hel del. Men något som är värt att nämna är att tegelfasaden anses vara det fasadsystem som är mest ”komplett” av de totalt 3 systemen som tas upp i studien. Vad som menas med ”komplett” är huruvida fasaden stämmer överens med den verkliga, dvs att alla ingående komponenter finns med i beräkning. I tegelfasaden är det endast klamrar som inte tas med medan i puts- och skifferfasad är det flera komponenter såsom skruv, fästdon osv. Dessa komponenter anses ha en liten klimatpåverkan sett ur ett stort perspektiv men antas ha lite högre klimatpåverkan än vad som visas.

Analys av resultatet visar att i skifferfasaden kan avgränsningarna påverka resultatets rimlighet mer då underkonstruktionen visar sig vara den största klimatpåverkande komponent till skillnad från de andra, där fasadmaterialet är det. Underkonstruktionen står för över 70 % av fasadens klimatpåverkan och därmed går det att diskutera om clips, hörnprofiler med mera borde ingå i beräkningarna för att få ett värde som liknar det faktiska.

Kostnadsmässigt är tegelfasaden billigast jämfört med de andra alternativen och puts den dyraste. Putsfasadens kostnad är den som kan sägas vara minst varierande och mest exakt eftersom det är för ett specifikt valt fasadsystem från Sto Scandinavia AB. Priset för skiffer och tegel kan variera en hel del beroende på vilken sort, storlek och design som väljs. Teglet som valts är enligt leverantören Randers Tegl bland de billigaste och vanligaste som köps, 4,65kr/sten medan deras dyraste kostar uppemot 15kr/sten vilket gör att tegel både ur miljö- och kostnadsaspekt inte är något bra alternativ. Liknande teglet kan även kostnaden för skiffer variera ganska mycket, med vissa sorter som kostar uppemot det dubbla än vad som använts i scenarion. Det innebär att valet mellan puts- och skifferfasad inte är helt självklar om hänsyn tas till kostnaden och klimatpåverkan vid val av dyrare skiffer. Resultatet visar att om skiffer väljs istället för tegelfasad så går det att räkna med en minskning på 0,194 och om puts hade använts istället för tegel hade en minskning på 0,088 kg CO_2-ekv per investerad krona fåtts.

Analys av scenarions påverkan på nollvarianten

Resultatet visade att den främsta bidraget på klimatpåverkan kommer från produkt skedet A1-A3. A1-A3 stod för 87% av den totala klimatpåverkan för byggskedet. Detta visar att största möjligheten att påverka är utifrån de olika materialens tillverkningsprocess innan de kommer ut på byggarbetsplatsen.

De olika diagrammen i nollvarianten 4.1, 4.2, 4.3 och 4.4 visar en tydlig koppling mellan varandra. Stommen har störst klimatpåverkan enligt diagram 4.2 och i diagram 4.3 är betongen det största påverkande materialet som främst ingår i stommen i byggnaden. Det resultatet visar är att störst möjlighet att minska mängden kg CO_2-ekv. är i betongen. Inte nog med att fabriksbetongen har störst påverkan så har prefabbetongen näst störst påverkan. Inom den prefabricerade betongen ingår produkter som skalväggarna och plattbärlaget. Den gemensamma faktorn enligt diagrammen är att materialen som utgör en större mängd i konstruktionen eller som har betydligt högre GWP tal än andra har stor betydelse på påverkan.

Enligt diagram 4.4 i resultatet togs de specifika material som hade störst påverkan upp och där det visar sig att 4 av de 12 materialen som visades i diagrammet är av just betong. Då har inte hänsyn tagits till punkten övrigt där mindre påverkande delar finns med. Dessutom ingår vissa mindre betongmaterial i den kategorin med.

Betongen är det material som används mest i förhållande till sin vikt. Störst påverkan går att göra på det material som används mest. Det gör inte lika stor skillnad att byta ut material som inte används så mycket även om det specifika materialet har högre påverkan per kg CO_2-ekv. Som exempel på det kan betong och stål jämföras där betong har ett GWP tal på 0,11–0,14 kg CO_2-ekv. /kg medan stålreglarna har ett GWP tal på 2,427 kg CO_2-ekv. /kg. Så även om stålreglarna har högre klimatpåverkan/kg så bidrar betongen till högre klimatpåverkan då den används i större mängd när det räknas på den mängd kilo betong som används. Även om ett material byts ut så blir det i praktiken att det material som används mest har störst möjlighet att minska sitt bidrag.

För att byta den traditionella betongen till ecobetong så minskas klimatpåverkan i bjälklaget med drygt 29% vilket är en minskning med 38 171 kg CO_2-ekv. Att applicera denna påverkan på den totala klimatpåverkan leder till en minskning med 7,3% för hela konstruktionen. Denna ändring är

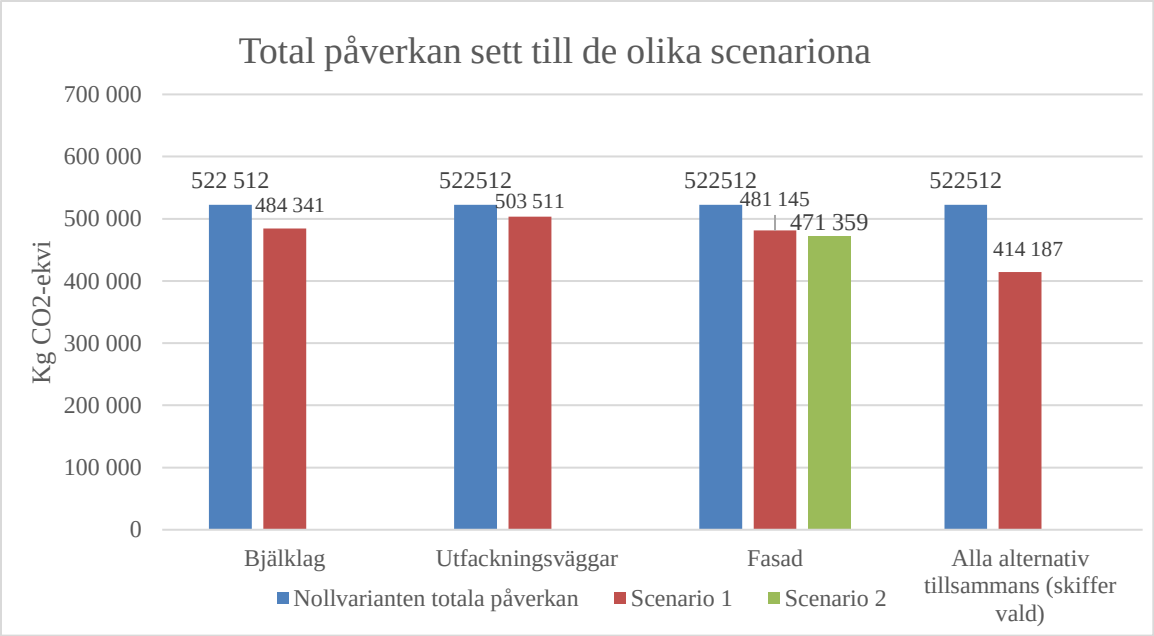
enbart gjort med den betongklass som används i bjälklaget så ytterligare minskning kan antas med användning av ecobetong i andra konstruktionsdelar.

Vidare till utfackningsreglarna där utbytet av stålreglar till träreglar gick från en påverkan av 20 278 till 1277 kg CO_2-ekv. Detta är en minskning med 19 001 kg CO_2-ekv. Av just reglarnas påverkan är det en minskning med nästan 94%. Till den totala klimatpåverkan i hela konstruktionen innebär detta en minskning med 3,6%. Detta visar att även ifall byte till träreglar gör stor skillnad för byggnadsdelen så ger det inte lika stor effekt som ecobetong ur ett helhetsperspektiv.

Genom att använda putsfasad kan klimatpåverkan från fasaden minskas med nästan 64 % som då motsvarar en minskning på 41 367 kg CO_2-ekv. Skifferfasaden som är det mest klimatvänliga alternativet av dem som tas upp i projektet. Det ger en minskning på nästan 80 % som då motsvarar en minskning på 51 153 kg CO_2-ekv. jämfört med tegel och 9 786 kg CO_2-ekv som motsvarar ca 40 % sänkning jämfört med putsfasad. Sett ur byggnadens totala klimatpåverkan innebär det en sänkning på ca 7,9 % om putsfasad används och en sänkning på ca 9,8 % om skiffer används.

Så även om puts respektive skiffer sänker fasadens klimatpåverkan med så mycket som 64 % respektive hela 80 % så motsvarar det endast 7,9 % och 9,8 % av byggnadens totala klimatpåverkan. Detta kan tolkas att förbättringar i fasaden inte är lika ”lönsamt” ur ett klimatperspektiv i jämförelse med till exempel stomme och bjälklag.

Diagram 5.7 *Beskrivning hur de olika scenarionas påverkan totalt.*



I diagram 5.7 tas de olika scenariona med för att på ett mer visuellt sett beskriva de olika scenarionas påverkan. Scenario 1 är det första alternativet för att få ned klimatpåverkan och inkluderar ecobetongen, träreglar och byte till putsfasad. I Scenario 2 är skiffer inkluderat. Genom att använda alla scenarion i nollvarianten enligt diagram 5.7 kan mängden kg CO_2-ekv. minska med 20,7 %.

6 Diskussion

6.1 Diskussion av resultatet

Ecobetongen är ett självklart val om utgångspunkten är ifrån resultatet där klimatpåverkan är ca 29 % lägre än standardbetong för bjälklaget. Det som kan diskuteras är om prisskillnaden kan vara orsaken till att standardbetong väljs istället för ecobetong, men kostnadsökningen anses vara av en mindre betydelse då det skiljer sig endast ca 20 kr/m^3 enligt (Swerock, 2019). Något som är värt att nämna som denna studie inte tagit hänsyn till är huruvida andra aspekter skiljer sig från standardbetong. Det kan vara hur användbarheten skiljer sig, vad som krävs vid hanteringen i form av verktyg och utrustning samt hur ecobetongens egenskaper skiljer sig i form av hållfasthet, ljudisolerings-, brandskyddsförmåga etcetera. Studien har endast utgått ifrån samma hållfastighetsklass (C35/45) men enligt Swerock, (2019) ska ecobetongen har bättre egenskaper vilket då kan till exempel påverka mängden armering som krävs eller dimensionerna på bjälklaget.

Eftersom betongen utgör den största delen av byggnadens klimatpåverkan anses det därför att förbättringar först och främst bör göras där vilket överensstämmer med vad Liljenström et al. (2015) säger. I studien beräknas klimatpåverkan för ecobetongen endast i bjälklaget men om bytet görs i samtliga byggnadsdelar som innehåller betong kan en större reducering av klimatpåverkan för byggnaden mest troligt göras. Det kan därför vara av intresse för fortsatta studier att undersöka det.

I diskussion kring utfackningsväggarna så motiverade analysen att träreglar är ett självklart val ur kostnad och klimatpåverkanssynpunkt. Att minska reglarnas klimatpåverkan med 94% låter som en solklar motivering till att byta ut materialet men det kan finnas aspekter som kan ifrågasätta valet. Inte nog med det så kostar stålreglarna 27,6% mer än träreglarna. Det sägs vara ett kostekonomiskt alternativ (Petersen, A. och Solberg, B., 2005) Stålreglar är vanligt idag och det finns aspekter som får byggföretagen att välja stålreglar framför träreglar.

För det första är trä ett organiskt material och är känslig mot fukt. Det ger andra förutsättningar vid montering av utfackningsväggarna då det kräver att ingen fukt byggs in. Det ställer mer krav att byggnaden är fuktsäker och kan innebära att entreprenören tvingas göra andra kostnadsåtgärder som att väderskydd eller annan typ av skydd. Det gör att väggen kan monteras säkert utan problem. Detta skydd eller åtgärder kan få byggnaden att i långa loppet generera mer kostnader än den skillnad det är för att bygga stålreglar. Stålreglar är både lättare och icke organiskt material samt att det går snabbare att montera. Men av den egenskapen att materialet är oorganiskt kan den monteras även om byggnaden inte är väderskyddad. Så i det långa loppet kanske det blir det mest ekonomisk sett i det stora hela. Andra mindre aspekter är också att stålreglar är helt raka vilket vid montering av träreglar är lite mer osäkert då trä rör sig (TräGuiden, 2021). Om byggherren önskar att få ned miljöpåverkan är kanske utfackningsväggar av trä att överväga även om i det stora hela inte hade markant förbättring. 3,6% minskning i kg CO_2-ekv. är den minsta minskningen av de scenarion som gjort i denna studie men det är en klar förbättring till att bara byta ut ett material mot ett annat. Då denna studie enbart fokuserar på produkt och byggskedet, ligger inte driftskedet i fokus. I driftskedet finns det en faktor över när renoveringar behövs och material bytas ut i syn på materialets livscykel. Då trä är organisk och känsligt för fukt och röta kan det någon gång i byggnadens livscykel behövas bytas ut. Stål som inte är lika känsligt mot fukt har en betydligt längre livscykel.

För fasaden är tegel inte ett alternativ sett ur ett miljöperspektiv då den bidrar med betydligt större mängd växthusgaser än puts och skiffer sammanlagt. Tegel är ett material som använts väldigt länge inom byggbranschen och används fortfarande i stor utsträckning. Den har många egenskaper som eftersöks av ett fasadmaterial såsom: estetiskt tilltalande, bra ljudisolering, lång livstid och kräver lite underhållning. Detta är möjligtvis anledningen till att tegelfasad fortfarande är ett val för flera entreprenörer men det är inget som denna studie har undersökt.

Precis som betong som används för stomme, platta och andra byggnadsdelar så är mängden material generellt sett den stora anledningen till att materialen står för en så stor del av byggnadens klimatpåverkan. Tegelfasaden väger 235,8 ton, skifferfasaden 41,4 ton och puts 15,2 ton vilket då innebär att det krävs nästan 6 respektive 15 gånger mer material för att täcka en lika stor fasadyta, i detta fall 1081 m^2 som scenariona utgår ifrån. Granskas även GWP-värdet för materialet som utgör största delen av fasaden så har tegel nästan 1/5 (0,305 kg CO_2-ekv. /kg) mindre än puts (~1,4 kg CO_2-ekv. /kg). Däremot när det gäller skiffer så har den så pass lågt GWP-värde vilket gör att underkonstruktionen, i detta fall stålläkten (2,794 kg CO_2-ekv. /kg) som bidrar med störst klimatpåverkan även om skiffret viktmässigt är större.

I teorin togs Liljenström et al. (2015) och Larsson et al. (2016) som liknande studier beträffande kvarteret Blå jungfrun och Strandparken. Vad som skilde studierna åt var att Blå jungfrun är byggt av betongstomme medan Strandparken byggdes i trästomme. Den mest intressanta studien att jämföra Närbo med är Blå jungfrun då båda är byggda med samma stommaterial. Men det hade även varit intressant att jämföra den med Strandparken.

Något studierna har gemensamt med denna är sin procentuella fördelning i skedena A1-A5. Där beskrevs produktskedet som det skede som överlägset hade störst bidrag på klimatpåverkan. I Blå jungfrun stod produktskedet för 84% av påverkan i A1-A5. Strandparken hade 78% men något som den studien tagit hänsyn till är markarbeten och pålning vilket både denna studie och Blå jungfrun avgränsat sig ifrån. I Närbo stod produktskedet för 87% av klimatpåverkan vilket är relativt likt Liljenström et al. (2015) och Larsson et al. (2016). Närbos klimatpåverkan hamnade på 268,78 kg CO_2-ekv. /m^2 för byggskedet. Detta är uträknat utan ett garage vilket behövs ha i åtanke vid jämförelse med de andra studierna. Garage är något som ökar betonganvändningen markant och kan därför höja resultatet. Blå jungfrun drar i samma skeden 350 kg CO_2-ekv. /m^2 vilket också är uträknat utan garage. Strandparken klimatpåverkan uppstiger till 265 kg CO_2-ekv. /m^2 men det är uträknat med garage. För att göra det så rättvist i jämförelse så hade Larsson et al. (2016) räknat med hur värden skulle skilja sig utan garage och då slutade klimatpåverkan i byggskedet på 161 kg CO_2-ekv. /m^2. Något att ha i åtanke vid jämförelserna är att både studierna Blå jungfrun och Strandparken är gjorda efter att byggnaderna har färdigställts. Det gör att alla värdena finns att hämta och räkna på men för denna studie har inte någon byggnad uppförts än vilket gör att studien räknat på vad estimerande värdena bör hamna på med de avgränsningar som gjorts. Annars ses resultatet realistiskt ut motsvarande vad Liljenström et al. (2015) och Larsson et al. (2016) gjort beträffande livscykelanalys på byggnader.

Denna studie går inte in och granskar hela byggnadens livscykelanalys och tar inte fram något resultat för skedena B-C där driftskedet och slutskedet inkluderas. Därför finns inget resultat för hela byggnadens livscykel och hur mycket skillnad dessa scenarion kan göra.

Byggsektorn är den största bidragande faktorn till globala utsläpp av koldioxid men den har också en stor utsläppsbesparingspotential enligt Ruuska och Häkkinen. (2014). Genom det har därför fokus lagts på att förbättra byggsektorn där den påverkar som mest. Växthusgasutsläppen från byggnader är relaterade med den energi det tar för att framställa byggnadsmaterial och den operativa energi huset drar i sin livslängd. Tidigare har inte produktskedet varit det mest prioriterade skedet då driftskedet har stått för den största påverkan av energi (Hernandez och Kenny, 2011). Driftskedet har dragit mycket energi för byggnader som är mindre täta och isolerade. Energifaktor i form av uppvärmning har också spelat en stor roll. Tidigare stod produktionen av material för 10–20% av den totala klimatpåverkan under den tid driftskedet drog mest energi menar en annan studie (Ramesh et al., 2010). Genom de förbättringar som gjort med energieffektiva byggnader kan materialproduktionen stå för upp till 50% i ett lågenergi hus. Idag byggs nära nollenergihus och då kan materialproduktionen stå för ännu större del av klimatpåverkan. I en annan studie av Lawrence, (2015) så hänvisar studien att 2050 kommer värdet på utsläppen i materialproduktionen att vara ca 20% av hur stora de var 1990. Men av den totala klimatpåverkan under en livscykel så kommer materialproduktionen stå för nästan 50%. Studien visar med att 2008 i en typisk brittisk byggnad står tillverkningen av material för 15,1% och driftskedet för 82,6% av de totala utsläppen för ett hus. 2050 har de siffrorna ändrats till att materialtillverkningen står för 43,4% och att driftskedet gått ned till 50%. Därför har produktskedet nu blivit mer fokuserat och det sätts mer krav på byggföretag på vilket materialen som används.

Denna studie har därför visat att materialvalet för en byggnad spelar en avgörande roll med utsläppen för en hel livscykel. Det kommer sättas mer press på byggentreprenörerna att framställa klimatneutrala byggnader och åtgärder kommer att behöva göras över hela byggnadens livscykel. Därför krävs kunskap om åtgärder som kan göras för att minska den totala klimatpåverkan i en livscykel för en byggnad. De scenarion denna studie fokuserat på är inte de mest omfattande av ändringar som kan göras. Det finns andra materialändringar med innovation som säkerligen kan utföra bra ändringar. Det kan vara ändringar som stomme och bjälklag i trä som studien om Strandparken (Larsson et al., 2016) använder sig av. Anledning till att de typerna inte granskats i denna studie är då trä ställer andra krav i form av ljudklass och brandkrav som kan leda till andra mått och tjocklekar på byggdelarna. Det är mer tidkrävande så har därför inte använts då tiden varit en begränsande faktor. Där visar denna studie att relativt enkla saker kan göra skillnad. Åtgärder som att ändra betong till ecobetong är en relativt enkel lösning men den kan göra stor påverkan totalt sett.

Diskussion kring kostnader

Betong är ett material som har bäst nytta per krona. Det är ett material med lång livslängd vilket också innebär att lite underhåll krävs. Det gör att produkten inte har höga underhållskostnader eller att materialen behöver bytas ut på samma sätt som andra.

Träreglar har inte densamma livslängd som stålreglarna har i och med att det är organiskt. För att låta träet vara ett kostnadseffektivt alternativ till stål förutsätter det att byggnaden inte blir skadad av fukt så att livslängden minskas.

Det kan diskuteras kring huruvida kostnadseffektiva de olika fasadsystemen är jämfört med varandra om flera aspekter tas med. I studien tas bara den initiala kostnaden med för respektive system dvs kostnaden för material, transport och montering under byggskedet. Det hade mest troligt sett annorlunda ut om andra faktorer hade tagits med såsom underhållsbehov och livslängd. Tegel och skiffer kräver mer eller mindre inget underhåll under sin livstid medan puts behöver underhåll i form av målning nämner leverantörerna. Underhåll kräver både material och arbete. Detta ger tegel och skiffer en fördel ur ett kostnadsperspektiv om hela livscykel hade tagits med i beräkningarna. Kostnaderna för både material och arbete är något som kan variera en hel del beroende på vilken leverantörer och entreprenörer som valts. Det innebär att kostnaden kan ses som ett estimerat som är baserad på ungefärliga värde för de specifika materialen som valts i scenariona.

6.2 Diskussion av genomförandets validitet och reliabilitet

Under studiens gång har det uppstått moment och tillfällen där beslut och val som gjorts inte känts helt säkra. Då flerbostadshus konceptet under studiens gång har befunnit sig i projekteringsskedet och offerter från leverantörer inte kommit in ännu vilket gör att det skapar en del osäkerhet kring hur byggnadens faktiska utformning överensstämmer med den som i studien kallas för nollvarianten. Avgränsningarna har behövts göras för att studien inte skulle bli alldeles för omfattande och tidskrävande, då tiden som fått inte räcker till och konsekvenserna blir att resultaten inte kommer spegla den faktiska totala klimatpåverkan som byggnaden har. Det gör att resultaten som fås av studien bör användas som en vägledning eller indikation över vilka val som kan göras och dess effekt på klimatpåverkan mer än ett facit som kan användas för att jämföra med andra byggnaders miljödeklarationer eller vid ett anbud. Men utifrån studiens syfte bör dessa avgränsningar inte påverka resultatet nämnvärt och samtidigt skapat en tillräckligt övergripande bild av byggnadens klimatpåverkan, så att en bedömning på vilka specifika byggdelar som bör undersökas.

Den största osäkerheten är kring indata och kvalitén som kan vara varierande beroende på vilka källor och underlag som används. Där EPD:er funnits tillgängliga har det prioriterats före produktblad och annan teknisk information som funnits på leverantörers hemsidor. De poster och resurser där en EPD inte har kunnat hittats har antingen data från IVL miljödatabas, leverantörens hemsida eller via kontakt med leverantör genom mejl och telefon använts. Dessa data utgör en större osäkerhet då det i vissa fall fått ett ungefärligt värde eller att andra parametrar har behövts sökas upp från en annan leverantör då den specifika leverantören saknat informationen.

En annan osäkerhet är kring hanteringen av verktyget BM 1.0, främst på grund av att det måste göras manuellt för inmatning av data. Detta kräver en del förkunskap om verktyget så att inmatningen kan göras på rätt sätt, kunskaper över vilka parametrar som bör beaktas samt kunna tolka och tyda miljödeklarationer. Den mänskliga faktorn kan också ha en påverkan på resultatet, i form av felinknappning av data, beräkningar som behövs göras utanför verktyget såsom till exempel mängdberäkning som kan vara fel. Genom att kontrollera flertals gånger samt ha kontinuerligt kontroller av beräkningar så kan riskerna för fel minimeras.

LCA är metodiken som används i studien och samt i beräkningsverktyget BM 1.0 som används för miljöberäkningarna. Det finns flera delade meningar om vilken metodik som är bäst lämpad för miljöberäkningar för byggnader under sin livstid då det är så många faktorer och parametrar som

ska tas hänsyn till. En annan metod som också kan användas för beräkning av klimatpåverkan för en byggnad är livscykelsenergi analys (LCEA) som tillskillnad från LCA fokuserar mer på energiinmatningen av en byggnad under sin livstid (Cabeza et al. 2014). Det gör att det kan identifieras vilka faser under en livscykel som har högst energibehov och utifrån det kunna lättare föreslå lämpliga materialval. Eftersom studien inte beräknar energianvändningen från användningsskedet så blir LCEA mindre relevant än LCA. Ramesh et al. (2010) nämner också att LCA verktyg ger mer exakta resultat om syftet är att beräkna en produkt eller materials klimatpåverkan.

Enligt en sammanställning av Weißenberger et al. (2014) har det under de senaste 20 åren växt ett stort intresse för LCA inom byggbranschen vilket kan bekräftats av de ökande antal vetenskapliga studier som gjorts. Inom byggsektorn är metoden välkänd och etablerad för beräkning av produkter, system och byggnaders klimatavtryck, något som Cabeza et al. (2014) också påvisar. Boverket (2021) har även gått ut med att livscykelperspektivet bör vara utgångspunkt vid analys av miljöpåverkan för både nya som befintliga byggnader.

7 Slutsats

Den mest påverkande faktorn

Det syftet med arbetet som gjorts var att öka förståelsen till hur materialvalet i byggskedet kan påverka miljöpåverkan. För resultatet kring Närbo visar det att betongen är den största påverkande materialet i konstruktionen. Av de material som används i byggskedet så står 37% för fabriksbetong och 23% av den prefabricerade betongen av den totala klimatpåverkan. Störst påverkan för att minska mängden kg CO_2-ekv. går att göra i betongen då det är det material som står för mest påverkan men också det konstruktionen består mest ut av. Detsamma går att säga om övriga material i konstruktionen att störst påverkan kan göras där en stor del av materialet används. Som följd till vilket material som var den största klimatpåverkande faktorn blir svaret även att stommen står för störst mängd utsläpp i byggskedet följt av fasaden som nästa mest påverkande.

Scenarion

Fler slutsatser har kunnat tas från de olika scenarion i studien som har testats och beträffar byggskedet A1-A5. För betong har slutsatsen tagits beträffande bjälklaget att byta den traditionella betongen till ecobetong från Swerock av samma hållfasthetsklass. Då kan en minskning med 7,3% kg CO_2-ekv. förväntas i hela konstruktionen. Gällande utfackningsväggar i konstruktionen har stålreglar byts ut mot träreglar. Det gav en minskning i konstruktionen med 3,6% i byggskedet. Även fasaden har granskats där fasadbeklädnad av skiffer och puts har använts som alternativ till den nuvarande tegelfasaden. Att byta ut tegelfasaden till puts gav en minskning med 7,9% medan att byta ut fasaden till skiffer gav en minskning med 9,8% av kg CO_2-ekv. för hela byggnaden. Både skiffer och puts har stor potential då koldioxidpåverkan sjönk drastisk i mätningen från tegelfasaden.

Så i studien har det konstaterats att det material som det används mest av och med högst påverkan per kilo är de mest påverkande, vilket också liknar flertalet andra studiers resultat som tagit med här. Det konstateras också utifrån de scenarion som testats där slutsatsen blir att byta tegelfasaden till skifferfasad är det bästa alternativet ur ett klimatpåverkansperspektiv. Enligt studien så ersätter skiffret allt fasadmaterial vilket inte ecobetongen gör som endast ersätter den mängd som finns i bjälklaget och inte hela byggnadens betonganvändning. Hade betongen bytts ut till ecobetong för hela byggnaden så hade utgångsläget sett annorlunda ut vilket hade gjort ecobetongen till det scenario med bäst förbättring totalt sett. Det som tagits fram är också att valet av material spelar stor roll i det stora hela för byggnadens livscykel.

Påverkan scenarion per investerad krona

Påverkan per investerad krona tar de olika scenariona och jämförs med nollvarianten och vilken förbättring som kan ske utifrån den kostnad som förväntas läggas på andra utföranden. Det bästa scenariot ur ett ekonomiskt perspektiv är att byta ut den traditionella betongen till ecobetong i bjälklaget som genererade -4,45 kg CO_2-ekv. för varje extra investerad krona. För övriga material var även att byta ut stålreglar ett intressant fall där kostnaden minskade för att minska koldioxidpåverkan. Men för att sätta siffror på det så fick det ett påslag med 0,085 Kg CO_2-ekv. /kr. För det bästa alternativet i fasaden med hänsyn på kostnad anses skiffer ha bäst reducering per krona med -0,194 Kg CO_2-ekv. /kr av de två testade scenarier. Puts har en reducering på -0,088

Kg CO_2-ekv. /kr vilket är den minsta reduceringen. Fasaden är den byggnadsdel som koldioxidmässigt gav störst förbättring.

7.1 Rekommendationer för vidare studier

Något att gå in på vid vidare studier är hur livscykelanalyser utgör sin påverkan i övriga skeden så att även inkludera B1-B7 och C1-C4. Detta kan skapa en mer övergriplig förståelse kring hur materialens påverkan är på en livslängd på 50–100 år. Då tas mer faktorer med då olika material kan ha olika livslängd och underhåll. Det kan även vara intressant att se Närbo utifrån den specifika data som blir vid en färdig byggnad då denna studie fokuserar på den generiska data taget från BM och vissa EPD:er. Att se det hela ur en jämförande synpunkt hur det generiska skiljer det specifika.

Utöver de scenarier som tagits upp i denna studie finns det fler materialändringar som kan göras. Det kan vara att granska stommen och hur den skulle variera om Kl-trä använts istället för ren betongstomme. Kanske möjligtvis granska andra varianter av stomme då betongstomme har stor miljöpåverkan.

8 Referenser

Adalberth, K., 1997. *Energy use during the life cycle of single-unit dwellings: Examples. Building and Environment, 32(4), pp.321–329.*

Ardente, F., Beccali, M., Cellura, M. and Mistretta, M., 2011. *Energy and environmental benefits in public buildings as a result of retrofit actions. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15 pp.460-470.*

Awadh, O., 2017. *Sustainability and green building rating systems: LEED, BREEAM, GSAS and Estidama critical analysis. Journal of Building Engineering, 11, pp.25–29.*

Basbagill, J., Flager, F., Lepech, M. and Fischer, M., 2013. *Application of life-cycle assessment to early stage building design for reduced embodied environmental impacts. Building and Environment, 60, pp.81–92.*

Bergman, R. and Taylor, A., 2011. *EPD - Environmental Product Declarations for Wood Products—An Application of Life Cycle Information about Forest Products. Forest Products Journal, 61(3), pp.192–201.*

Boverket.se. *BBR 22 & BBR 29.*

Boverket. 2019. *Standarder för LCA. (Hämtad 2021-02-4)*

Boverket. 2020. *Om miljökonsekvensbeskrivning. (Hämtad 2021-03-17)*

Braune et al., 2007. A. Braune, J. Kreißig, K. Sedlbauer. *The use of EPDs in building assessment–towards the complete picture.*

Cabeza, L., Rincón, L., Vilariño, V., Pérez, G. and Castell, A., 2014. *Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 29, pp.394–416.*

Cohen, L. and Manion, L., 2007. *Research Methods in Education, London: Groom Helm Ltd.*

Eur-lex.europa.eu. 2012. *Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC Text with EEA relevance.*

Eur-lex.europa.eu. 2010. *DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.*

Eurostat. 2014. *Final energy consumption by sector.*

Erlandsson, M., 2014. *Hållbar användning av klimatpåverkan för byggnader. Stockholm, Sverige: IVL. Rapport C 15.*

Erlandsson M, Byfors K, Sveder Lundin J., 2017. *Byggsektorns historiska klimatpåverkan och en projektion för nära noll - Underlagsrapport till en debattartikel. IVL Svenska Miljöinstitutet rapport IVL rapport C 277, ISBN978-91-88787-12-5, december 2017 (reviderad mars 2018).*

Erlandsson, Martin., 2018. *Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg BM1.0. Ett branschgemensamt verktyg. Rapport C300. Stockholm: Energimyndigheten, E2B2, IVL Svenska Miljöinstitutet.*

Erlandsson M, Malmqvist T, Jelse K, Larsson M., 2018: *Livscykelanalysbaserade miljökrav för byggnadsverk - En verktygslåda för att ställa miljökrav. IVL Svenska Miljöinstitutet rapport Nr B2253, februari 2018.*

Erlandsson M., 2014. *Hållbar användning av naturresurser (BWR 7) – andelen nedströmsklimatpåverkan för byggnader. Underlagsrapport åt Socialdepartementet, IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport C 15, mars 2014.*

Fn.se., 2016. *Omställning till hållbar värld brådskar. (Hämtad 2021-03-16)*

Hernandez, P. and Kenny, P., 2011. Development of a methodology for life cycle building energy ratings. *Energy Policy*, 39(6), pp.3779–3788.

IEA.org., 2018. *Data and statistics for energy supply in Europe.*

Ibn-Mohammed, T., Greenough, R., Taylor, S., Ozawa-Meida, L. and Acquaye, A., 2013. *Operational vs. embodied emissions in buildings—A review of current trends. Energy and Buildings, 66, pp.232–245.*

Karimpour, M., Belusko, M., Xing, K., Boland, J. and Bruno, F., 2015. *Impact of climate change on the design of energy efficient residential building envelopes. Energy and Buildings, 87, pp.142–154.*

Kellner, J., 2017. *Klimat-Energi-Hållbarhet: Är byggsektorn en miljöbov? 1: a red. Stockholm: Balkong förlag.*

Larsson, M., Erlandsson, M., Malmqvist, T. and Kellner, J., 2016. *Byggandets klimatpåverkan -Livscykelberäkning av klimatpåverkan för ett nyproducerat flerbostadshus med massiv stomme av trä.*

Lawrence, M., 2015. Reducing the Environmental Impact of Construction by Using Renewable Materials. *Journal of Renewable Materials*, 3(3), pp.163–174.

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

Malmqvist T, Erlandsson M., 2017. *LCA-baserade miljökrav i byggandet. Rapport tillforskningsprogrammet E2B2, Energimyndigheten och IQ Samhällsbyggnad, rapport 2017:27, december 2017.*

Modahl, I., Askham, C., Lyng, K., Skjerve-Nielssen, C. and Nereng, G., 2012. *Comparison of two versions of an EPD, using generic and specific data for the foreground system, and some methodological implications. The International Journal of Life Cycle Assessment, 18(1), pp.241–251.*

Moncaster, A., Pomponi, F., Symons, K. and Guthrie, P., 2018. Why method matters: Temporal, spatial and physical variations in LCA and their impact on choice of structural system. *Energy and Buildings*, 173, pp.389–398.

Naturvårdsverket.se, 2021. *Koldioxidekvivalenter. (Hämtad 2021-03-5)*

Ortiz, O., Castells, F., Sonnemann, G., 2009. *Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. Constr. Build. Mater. vol. 23, s. 28–39.*

Petersen, A. and Solberg, B., 2005. *Environmental and economic impacts of substitution between wood products and alternative materials: a review of micro-level analyses from Norway and Sweden. Forest Policy and Economics, 7(3), pp.249–259.*

Ramesh, T., Prakash, R. and Shukla, K., 2010. *Life cycle energy analysis of buildings: An overview.*

R.K. Pachauri, M.R. Allen, V.R. Barros, J. Broome, W. Cramer, R. Christ, et al., 2014. ***Climate change 2014: synthesis report***
Contribution of working groups I, II, III to the fifth assessment report of the Intergovernmental panel on climate change. IPCC (2014).

Ruuska, A. and Häkkinen, T., 2014. *Material Efficiency of Building Construction. Buildings, 4(3), pp.266-294.*

Sadineni, S., Madala, S. and Boehm, R., 2011. *Passive building energy savings: A review of building envelope components. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(8), pp.3617–3631.*

SLU.se, 2020. *Vad är livscykelanalys? (Hämtad 2021-04-11)*

Suski, P., Speck, M. and Liedtke, C., 2021. *Promoting sustainable consumption with LCA – A social practice based perspective. Journal of Cleaner Production, 283, p.125 234.*

Swerock.se, 2019. *Nu finns en betong med lägre klimatpåverkan. (Hämtad 2021-04-14)*

Toller, S., Wadeskog, A., Finnveden, G., Malmqvist, T., Carlsson, A., 2009. *Bygg- och fastighetssektorns miljöpåverkan. Karlskrona, Sverige: Boverket.*

Treloar, G., Fay, R., Ilozor, B. and Love, P., 2001. *Building materials selection: greenhouse strategies for built facilities. Facilities, 19(3/4), pp.139–150.*

Traguiden.se. 2021. *Träets egenskaper och kvalitet - TräGuiden. (Hämtad 2021/05/01)*

Venkatarama Reddy, B. and Jagadish, K., 2003. *Embodied energy of common and alternative building materials and technologies. Energy and Buildings, 35(2), pp.129–137.*

Weißenberger, M., Jensch, W. and Lang, W., 2014. *The convergence of life cycle assessment and nearly zero-energy buildings: The case of Germany. Energy and Buildings, 76, pp.551–557.*

Williamson, K., Johanson, G., Byrne, A., Given, L., Kennan, M. and Oliver, G., 2018. *The future of information research. Research Methods, pp.537-564.*

Wiksell.se. *(Hämtad 2021-03-16)*

Zabalza Bribián, I., Valero Capilla, A., Aranda Usón, A., 2011. *Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. Building and Environment. Vol 46, s. 1133–1140.*

Zuo, J. and Zhao, Z., 2014. *Green building research–current status and future agenda: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 30, pp.271–281.*

Bilaga 1

Beräkning av mängder för scenarion

Tegelfasad: Fasadyta = 1081 m^2

Tegel: 0,228 × 0,108 × 0,054 × 1800 = 2,393… (omräkningsfaktor fås av att multiplicera måttet för en sten och densiteten)

64 stenar/m^2 → 1081 × 64 = 69 184 tegelstenar → 69 184 × 2,393… = 165 588,64 kg

Murbruk:

65 kg/m^2 → 65 × 1081 = 70 265 kg

Putsfasad: Fasadyta = 1081 m^2

Fasadskiva:

6 kg/m^2 → 6 × 1081 = 6486 kg

Grundputs:

4,5 kg/m^2 → 4,5 × 1081 = 4864,5 kg

Ytputs:

2,4 kg/m^2 → 2,4 × 1081 = 2594,4 kg

Stålläkt:

0,72 kg/m, 1,67 LPM/m^2 (c/c - 600 mm) → 1,67 × 1081 = 1805 LPM → 0,72 × 1805 = 1300kg

---

Skifferfasad: Fasadyta = 1081 m^2

Fasadläkt:

1,02 kg/m, 3,29 LPM/m^2 (c/c – 305 mm) → 3,29 × 1081 = 3557 LPM → 3557 × 1,02 = 3628,14 kg

Skifferplattor: (30–6 = 24 cm (på grund av 6 cm överlapp))

28 kg/m^2, 0,5x0,24 m → 0,5 × 0,24 = 0,12 m^2/platta → 0,12 × 1081 = 9008 plattor

0,12 är den arean som en skifferplatta täcker då de ligger kant i kant med varandra dvs utan överlapp.

9008 × 0,3 = 270,24 m^2 → 270,24 + 1081 = 1351,2 m^2 → 1351,2 × 28 = 37 834 kg

0,15 är den faktiska arean för en skifferplatta där 0,12 är den täckande area av en skifferplatta. 0,15 - 0,12 = 0,3 m²/platta. 0,3 är den arean av plattan som är överlappande och därför behöver den faktiska arean med överlapp adderas med den ursprungliga fasadytan som är på 1081 m².

Bilaga 2

Klimatredovisning A1-A3 + A5.1

Klimatredovisning: NärBo (examensarbete)

Baserat på metodik enligt EN 15804 och EN 15978

Resurssammanställning (exklusive transporter inklusive spill), A1-A3 + A5.1

Kalkylresurs eget namn	Kalkylresursens SBE namn	Spill, %	Eget spill, %	Vikt, kg	Energi, MJ	Klimatpåverkan, kg CO2e	Andel av totala klimatpåverkan A1-3 + A5.1 per resurs	Byggdel
Betong Golv Std PEAB92 C35/45 vct 0,5(	Husbyggnadsbetong (vct 0,5		0	1005330		130692,9	27,87%	34 - Bjälklag/balkar
tegel	tegel	5	3	165588,64		50856,49	10,85%	53 - Fasadbeklädnad/ytskikt
Plattbärlag (inkl. tillbehör)	Plattbärlag (filigran) (IVL LCR		0	230640		42437,76	9,05%	34 - Bjälklag/balkar
Betong Golv Std PEAB92 C35/45 vct 0,5(	Husbyggnadsbetong (vct 0,5		10,71	117913,6		15433,9	3,29%	27 - Platta på mark
murbruk exakt	murbruk exakt	5	5	70265		14164,82	3,02%	53 - Fasadbeklädnad/ytskikt
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)		9,09	20460		11937,19	2,55%	34 - Bjälklag/balkar
RY 170 1 Ytterväggsreglar	Stålreglar (IVL LCR)		9,09	4763,09		11581,74	2,47%	51 - Stomkomplettering/utfacl
Fönsterdörr FD10 10x21 enligt offert 44	Aluminiumdörrar, glaspartie		0	1987,18		11285,18	2,41%	55 - Fönster/dörrar/partier/pc
Skalvägg, max h= 2,8m inkl tillbehör	Skalvägg (200 mm) (IVL LCR)		0	48240		8876,16	1,89%	31 - Väggar
Skalvägg, max h= 2,8m inkl tillbehör	Skalvägg (200 mm) (IVL LCR)		0	41640		7661,76	1,63%	31 - Väggar
Skalvägg, max h= 2,8m inkl tillbehör	Skalvägg (200 mm) (IVL LCR)		0	41640		7661,76	1,63%	31 - Väggar
Skalvägg, max h= 2,8m inkl tillbehör	Skalvägg (200 mm) (IVL LCR)		0	41640		7661,76	1,63%	31 - Väggar
Skalvägg, max h= 2,8m inkl tillbehör	Skalvägg (200 mm) (IVL LCR)		0	41640		7661,76	1,63%	31 - Väggar
Skalvägg, max h= 2,8m inkl tillbehör	Skalvägg (200 mm) (IVL LCR)		0	41640		7661,76	1,63%	31 - Väggar
Btg C28/35 vct 0,55 4/8 mm	Husbyggnadsbetong (vct 0,5		4,76	49596,75		6169,65	1,32%	31 - Väggar
Btg C28/35 vct 0,55 4/8 mm	Husbyggnadsbetong (vct 0,5		4,76	42811,13		5325,54	1,14%	31 - Väggar
Btg C28/35 vct 0,55 4/8 mm	Husbyggnadsbetong (vct 0,5		4,76	42811,13		5325,54	1,14%	31 - Väggar
Btg C28/35 vct 0,55 4/8 mm	Husbyggnadsbetong (vct 0,5		4,76	42811,13		5325,54	1,14%	31 - Väggar
Btg C28/35 vct 0,55 4/8 mm	Husbyggnadsbetong (vct 0,5		4,76	42811,13		5325,54	1,14%	31 - Väggar
Btg C28/35 vct 0,55 4/8 mm	Husbyggnadsbetong (vct 0,5		4,76	42811,13		5325,54	1,14%	31 - Väggar
ISOLERSKIVA S100, Tjocklek 100, Thermi	Cellplast, expanderad polyst		2,91	1198,92		4677,6	1,00%	27 - Platta på mark
F15 Vridfönster 15x15 enligt offert 3147	Fönster, tre glas, trä-/alumi		0	4173,75		4632,86	0,99%	55 - Fönster/dörrar/partier/pc
Knauf Danogips Weatherboard 9 GM-H2	Gipsskivor utan kartong, våt		6,54	16191,24		4438,61	0,95%	51 - Stomkomplettering/utfacl
F10 Vridfönster 10x15 enligt offert 2532	Fönster, tre glas, trä-/alumi		0	3937,5		4370,63	0,93%	55 - Fönster/dörrar/partier/pc
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, kartonggipsskivo		4,76	14836,5		4057,3	0,87%	63 - Innerväggar
ARMERINGSNÄT 8150SK 750x2	Armeringsnät mm (IVL LCR)		15,25	6887,28		4036,94	0,86%	34 - Bjälklag/balkar
ISOVER Skalmursskiva 32 80mm	Glasull (IVL LCR)		4,76	3045,84		3814,82	0,81%	51 - Stomkomplettering/utfacl
RE 45 Byggreglar	Stålreglar (IVL LCR)		0	1283,31		3114,59	0,66%	51 - Stomkomplettering/utfacl
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, kartonggipsskivo		4,76	10999,8		3008,09	0,64%	51 - Stomkomplettering/utfacl
RE 80 Byggreglar	Stålreglar (IVL LCR)		9,09	1146,3		2787,29	0,59%	63 - Innerväggar
Glasull (IVL LCR)	Glasull (IVL LCF	5	5	1923,6		2409,48	0,51%	46 - Yttertak övrigt
Betong SWEFROST40 C40/50 vct 0,40 8/	Husbyggnadsbetong (vct 0,5		10,71	18160,8		2268,13	0,48%	27 - Platta på mark
Trappor och balkonger (IVL LCR)	Trappor och ba	2	2	10011		2102,68	0,45%	33 - (vakant)
Stålreglar (IVL LCR) "SP12a" 100x100x5 ł	Stålreglar (IVL I	10	10	826,87		2010,96	0,43%	32 - Pelare
RT 70 Specialreglar	Stålreglar (IVL LCR)		4,76	783,04		1902,3	0,41%	63 - Innerväggar
RE 80 Byggreglar	Stålreglar (IVL LCR)		9,09	704,17		1712,22	0,37%	63 - Innerväggar
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, kartonggipsskivo		4,76	5859		1602,25	0,34%	63 - Innerväggar
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)		9,09	2591,82		1512,17	0,32%	34 - Bjälklag/balkar
Betong SWESTD C20/25 8/16 S4	Husbyggnadsbetong (vct 0,6		10,71	12738,88		1425,37	0,30%	27 - Platta på mark
Stålreglar (IVL LCR) "SP4a" 150x100x6,3	Stålreglar (IVL I	10	10	583,74		1419,66	0,30%	32 - Pelare
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, kartonggipsskivo		4,76	5103		1395,5	0,30%	63 - Innerväggar
Betong Golv Std PEAB90s C45/55 vct 0,4	Husbyggnadsbetong (vct 0,4		10,71	9738,4		1381,8	0,29%	27 - Platta på mark
Betong SWEFROST55 C25/30 vct 0,55 8/	Husbyggnadsbetong (vct 0,5		6,54	10812,35		1346,62	0,29%	24 - Grundkonstruktioner
Ytpapp, ospecificerat (IVL LCR)	Ytpapp, ospeci	5	5	1970,97		1277,28	0,27%	43 - Taktäckning
Stålreglar (IVL LCR) "SP3a" 100x100x6,3	Stålreglar (IVL I	10	10	513,81		1249,59	0,27%	32 - Pelare
Betong SWESTD C20/25 8/16 S4	Husbyggnadsbetong (vct 0,6		10,71	9475,2		1060,19	0,23%	24 - Grundkonstruktioner
Betong SWESTD C20/25 8/16 S4	Husbyggnadsbetong (vct 0,6		10,71	9317,28		1042,53	0,22%	27 - Platta på mark
ISOVER Piano® Ljudskiva c450 45	Glasull (IVL LCR)		4,76	824,99		1033,27	0,22%	51 - Stomkomplettering/utfacl
Betong SWESTD C20/25 8/16 S4	Husbyggnadsbetong (vct 0,6		4,76	8932,35		995,03	0,21%	27 - Platta på mark
SKP 45 Skenor	Stålreglar (IVL LCR)		4,76	400,88		973,9	0,21%	51 - Stomkomplettering/utfacl

SKT55 70 Skenor	Stålreglar (IVL LCR)	4,76	392,34	953,15	0,20%	63 - Innerväggar	
Knauf Danogips Humidboard 13 GM-H2	Gipsskivor utan kartong, våt	9,09	3410	938,07	0,20%	63 - Innerväggar	
UNDERLAGSPAPP MACOFLEX KL-KANT 1	Ytpapp, ospecificerat (IVL LC	6,54	1226,87	796,05	0,17%	43 - Taktäckning	
Stålreglar (IVL LCR) "SP1a" 80x80x5 H=2!	Stålreglar (IVL I	10	10	326,4	793,82	0,17%	32 - Pelare
Stålreglar (IVL LCR) "SP1b" 80x80x5 H=2!	Stålreglar (IVL I	10	10	326,4	793,82	0,17%	32 - Pelare
RT 70 Specialreglar	Stålreglar (IVL LCR)	4,76	309,23	751,23	0,16%	63 - Innerväggar	
Knauf Danogips Humidboard 13 GM-H2	Gipsskivor utan kartong, våt	9,09	2343	644,54	0,14%	63 - Innerväggar	
Golvavjämning samtliga btg-golv	Golvavjämning, flytspackel	0	2750	605	0,13%	62 - Undergolv	
RE 80 Byggreglar	Stålreglar (IVL LCR)	0	238,95	579,93	0,12%	63 - Innerväggar	
ISOLERSKIVA S100, Tjocklek 100, Thermi	Cellplast, expanderad polyst	2,91	148,32	578,67	0,12%	27 - Platta på mark	
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, kartonggipsskivo	6,54	1877,85	514,79	0,11%	64 - Innertak	
Stålregelskiva 35 c600 (1210x605x170m	Cellulosaisolering	2,91	2685,67	514,33	0,11%	51 - Stomkomplettering/utfacl	
Stålregelskiva 35 c300 (1210x455x70mr	Glasull (IVL LCR)	4,76	410,13	513,67	0,11%	63 - Innerväggar	
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, kartonggipsskivo	4,76	1833,3	501,35	0,11%	63 - Innerväggar	
Betong C32/40 vct 0,50 8/16 S4	Husbyggnadsbetong (vct 0,5	7,83	3569,65	466,38	0,10%	24 - Grundkonstruktioner	
Innerdörrar 9x21 enligt offert 544kr/st	Plywoodskivor (IVL LCR)	0	2158,53	440,87	0,09%	65 - Invändiga dörrar/glasparti	
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)	9,09	729,63	425,7	0,09%	31 - Väggar	
ISOVER Plastfolie 0,20 dubbelvikt L=250(	Plastfolier (IVL LCR)	4,76	226,33	410,17	0,09%	51 - Stomkomplettering/utfacl	
Betong Golv Std PEAB92 C35/45 vct 0,5(	Husbyggnadsbetong (vct 0,5	0	3134,9	407,54	0,09%	34 - Bjälklag/balkar	
ISOLERSKIVA S100, Tjocklek 100, Thermi	Cellplast, expanderad polyst	2,91	103	401,86	0,09%	27 - Platta på mark	
ISOLERSKIVA S80, Tjocklek 100, Thermis	Cellplast, expanderad polyst	2,91	101,56	396,23	0,08%	27 - Platta på mark	
23X95 RÅSPONT 3,6	Furu/gran, hyvlad & sågad, 4	13,04	6741,87	395,47	0,08%	41 - Takstomme	
RE 80 Byggreglar	Stålreglar (IVL LCR)	9,09	161,64	393,04	0,08%	63 - Innerväggar	
SKT55 70 Skenor	Stålreglar (IVL LCR)	4,76	154,94	376,4	0,08%	63 - Innerväggar	
Betong SWESTD C20/25 8/16 S4	Husbyggnadsbetong (vct 0,6	10,71	3316,32	371,07	0,08%	27 - Platta på mark	
H-list	Tätningslist, allmänt (EPDM)	0	95,45	368,4	0,08%	51 - Stomkomplettering/utfacl	
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, kartonggipsskivo	4,76	1344,92	367,79	0,08%	63 - Innerväggar	
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)	9,09	629,8	367,45	0,08%	31 - Väggar	
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)	9,09	629,8	367,45	0,08%	31 - Väggar	
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)	9,09	629,8	367,45	0,08%	31 - Väggar	
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)	9,09	629,8	367,45	0,08%	31 - Väggar	
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)	9,09	629,8	367,45	0,08%	31 - Väggar	
45X170 IMPR PLANK C14 KL A 4,8 KLASS	Furu/gran, hyvlad & sågad, 4	13,04	6199,82	363,68	0,08%	55 - Fönster/dörrar/partier/pc	
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)	9,09	619,3	361,32	0,08%	27 - Platta på mark	
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)	9,09	594	346,56	0,07%	27 - Platta på mark	

RE 80 Byggreglar	Stålreglar (IVL LCR)	9,09	141,64	344,42	0,07%	63 - Innerväggar
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, kartonggipsskivo	4,76	1247,4	341,12	0,07%	63 - Innerväggar
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, kartonggipsskivo	4,76	1247,4	341,12	0,07%	63 - Innerväggar
Tamburdörrar 10x21 enligt offert 4061k	Ytterdörrar, trä (IVL LCR), ca	0	1461,6	339,09	0,07%	65 - Invändiga dörrar/glaspart
Betong SWEFROST40 C40/50 vct 0,40 8/	Husbyggnadsbetong (vct 0,5	10,71	2632	328,71	0,07%	27 - Platta på mark
Skalvägg, max h= 2,8m inkl tillbehör	Skalvägg (200 mm) (IVL LCR)	0	1764	324,58	0,07%	31 - Väggar
Fireboard Danogips 15 mm	Gipsskivor, Brand	6,54	847,44	322,41	0,07%	63 - Innerväggar
Fireboard Danogips 15 mm	Gipsskivor, Brand	6,54	847,44	322,41	0,07%	63 - Innerväggar
Balkongräcke Plåtdetaljer, målad (IVL LC	Plåtdetaljer, m 10	10	148,72	311,49	0,07%	33 - (vakant)
16X175 FÖNSTERSMYG VIT L=4,2M MDF	Träfiberskivor, HDF, hård bo	4,76	1012,06	304,42	0,06%	55 - Fönster/dörrar/partier/pc
Knauf Danogips Weatherboard 9 GM-H2	Gipsskivor utan kartong, våt	6,54	1029,34	282,18	0,06%	44 - Takfot och gavlar
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, kartonggipsskivo	4,76	949,73	259,72	0,06%	63 - Innerväggar
BYGGPLYWOOD 12X2500X900 2,25M2 1	Plywoodskivor (IVL LCR)	9,09	1224,96	257,02	0,05%	63 - Innerväggar
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, kartonggipsskivo	4,76	897,75	245,51	0,05%	63 - Innerväggar
ISOVER ULTIMATE UNI-skiva 36 170	Glasull (IVL LCR)	4,76	188,5	236,09	0,05%	63 - Innerväggar
RT 70 Specialreglar	Stålreglar (IVL LCR)	4,76	96,76	235,06	0,05%	63 - Innerväggar
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)	9,09	398,2	232,33	0,05%	24 - Grundkonstruktioner
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)	9,09	396	231,04	0,05%	24 - Grundkonstruktioner
RE 80 Byggreglar	Stålreglar (IVL LCR)	0	94,25	228,75	0,05%	63 - Innerväggar
Btg C28/35 vct 0,55 4/8 mm	Husbyggnadsbetong (vct 0,5	4,76	1813,61	225,61	0,05%	31 - Väggar
Betong SWESTD C20/25 8/16 S4	Husbyggnadsbetong (vct 0,6	4,76	1993,35	222,05	0,05%	27 - Platta på mark
ISOVER Fasadskiva 30 50mm	Glasull fasadskiva	4,76	192,31	221,63	0,05%	44 - Takfot och gavlar
Knauf Danogips Humidboard 13 GM-H2	Gipsskivor utan kartong, våt	9,09	782,76	215,33	0,05%	63 - Innerväggar
Prefab takstol	Furu/gran, hyvlad & sågad, 4	0	3735,75	205,47	0,04%	41 - Takstomme
ISOLERSKIVA S100, Tjocklek 100, Thermi	Cellplast, expanderad polyst	2,91	51,5	200,93	0,04%	24 - Grundkonstruktioner
Isover Skalmursskiva 33, 50	Glasull (IVL LCR)	4,76	159,94	200,31	0,04%	53 - Fasadbeklädnad/ytskikt
Inspektionslucka EI 30 300X300	Fönster, tre glas, trä-/alumi	0	174	193,14	0,04%	63 - Innerväggar
KR 70 Karmregel	Stålreglar (IVL LCR)	0	78,65	190,88	0,04%	63 - Innerväggar
Wc-dörrar 10x21 enligt offert 560kr/st	Plywoodskivor (IVL LCR)	0	924,67	188,86	0,04%	65 - Invändiga dörrar/glaspart
SKP 70 Skenor	Stålreglar (IVL LCR)	4,76	75,6	183,66	0,04%	63 - Innerväggar
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)	9,09	298,87	174,37	0,04%	27 - Platta på mark
RT 70 Specialreglar	Stålreglar (IVL LCR)	4,76	70,98	172,44	0,04%	63 - Innerväggar
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)	9,09	293,7	171,36	0,04%	27 - Platta på mark
ISOLERSKIVA S80, Tjocklek 80, Thermiso	Cellplast, extruderad polysty	0	44,2	169,55	0,04%	27 - Platta på mark
ISOVER FireProtect® 150 40	Cellulosaisolering	4,76	870,91	167,62	0,04%	51 - Stomkomplettering/utfac
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)	9,09	275	160,45	0,03%	27 - Platta på mark
ISOVER Piano® Ljudskiva c450 45	Glasull (IVL LCR)	4,76	127,58	159,78	0,03%	63 - Innerväggar
Knauf Danogips Humidboard 13 GM-H2	Gipsskivor utan kartong, våt	9,09	522,5	143,74	0,03%	63 - Innerväggar
22X145 KLÄDSEL 3,0	Sågad Ceder från Nordameri	13,04	82,23	142,88	0,03%	44 - Takfot och gavlar
SKT55 160 Skenor	Stålreglar (IVL LCR)	0	56,7	137,62	0,03%	63 - Innerväggar
Plattbärlag (inkl. tillbehör)	Plattbärlag (filigran) (IVL LCR	0	719,2	132,33	0,03%	34 - Bjälklag/balkar
ARMERINGSNÄT T6150 5000X2	Armeringsnät mm (IVL LCR)	15,25	219,76	128,81	0,03%	27 - Platta på mark
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)	9,09	219,81	128,24	0,03%	27 - Platta på mark
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)	9,09	218,9	127,72	0,03%	27 - Platta på mark
Knauf Danogips Humidboard 13 GM-H2	Gipsskivor utan kartong, våt	9,09	449,46	123,64	0,03%	63 - Innerväggar
ISOVER Fasadskiva 30 50mm	Glasull fasadskiva	4,76	103,95	119,8	0,03%	44 - Takfot och gavlar
Stålregelskiva 35 c300 (1210x455x70mm	Glasull (IVL LCR)	4,76	94,14	117,91	0,03%	63 - Innerväggar
SKT55 70 Skenor	Stålreglar (IVL LCR)	4,76	48,48	117,78	0,03%	63 - Innerväggar
RT 70 Specialreglar	Stålreglar (IVL LCR)	4,76	47,38	115,11	0,02%	63 - Innerväggar
ISOVER Oplastat Drev 30, bredd 100	Glasull (IVL LCR)	9,09	86,28	108,25	0,02%	55 - Fönster/dörrar/partier/pc
RE 80 Byggreglar	Stålreglar (IVL LCR)	0	44,47	107,93	0,02%	63 - Innerväggar
RdB* 160 Byggreglar	Stålreglar (IVL LCR)	0	44,31	107,55	0,02%	63 - Innerväggar
Ståldörr 10x21 Undercentral enligt offer	Ståldörrar, brandklassad (IVL	0	32,76	107,45	0,02%	55 - Fönster/dörrar/partier/pc
Clima Board DUE9/900 Danogips Utvänd	Gipsskivor utan kartong, våt	6,54	380,92	104,42	0,02%	44 - Takfot och gavlar
Tätning av papp vid balkong och plan 1 p	Underlagspapp bitumen (IVL	0	154,5	99,72	0,02%	43 - Taktäckning
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)	9,09	170,5	99,48	0,02%	24 - Grundkonstruktioner
ISOVER Piano® Ljudskiva c450 70	Glasull (IVL LCR)	4,76	78,28	98,04	0,02%	63 - Innerväggar
Ståldörr 10x21 Rullstolsförråd enligt offe	Ståldörrar, brandklassad (IVL	0	28,57	93,71	0,02%	65 - Invändiga dörrar/glaspart
Ståldörr EI30 10x21 Fläktrum enligt offe	Ståldörrar, brandklassad (IVL	0	28,57	93,71	0,02%	65 - Invändiga dörrar/glaspart
SK 70 Skenor	Stålreglar (IVL LCR)	0	38,22	92,76	0,02%	63 - Innerväggar
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)	9,09	156,2	91,13	0,02%	27 - Platta på mark
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)	9,09	154	89,85	0,02%	24 - Grundkonstruktioner
SKT55 70 Skenor	Stålreglar (IVL LCR)	4,76	35,57	86,4	0,02%	63 - Innerväggar
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)	9,09	143	83,43	0,02%	27 - Platta på mark
Plåtdetaljer, målad (IVL LCR)	Plåtdetaljer, m 10	10	39,82	83,4	0,02%	55 - Fönster/dörrar/partier/pc
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät mm (IVL LCR)	9,09	140,8	82,15	0,02%	24 - Grundkonstruktioner
ISOLERSKIVA S80, Tjocklek 100, Thermis	Cellplast, expanderad polyst	2,91	21,01	81,98	0,02%	24 - Grundkonstruktioner
ISOVER Plastfolie 0,20 dubbelvikt L=250	Plastfolier (IVL LCR)	4,76	44,53	80,69	0,02%	42 - Taklagskomplettering
Stålregelskiva 35 c300 (1210x455x70mm	Glasull (IVL LCR)	4,76	62,84	78,71	0,02%	63 - Innerväggar

Klimatredovisning A4

Klimatredovisning: NärBo (examensarbete)

Baserat på metodik enligt EN 15804 och EN 15978

Resurssammanställning, klimatpåverkan från transporter A4					
Kalkylresurs eget namn	Kalkylresursens SBE namn	Vikt, kg	Klimatpåverkan A4, kg CO2e	Andel av totala klimatpåverkan A4 per resurs	Byggdel
Plattbärlag (inkl. tillbehör)	Plattbärlag (fili	230640	10966,93	20,45%	34 - Bjälklag/balkar
tegel	tegel	165588,64	10692,54	19,94%	53 - Fasadbeklädnad/ytskikt
Betong Golv Std PEAB92 C35/45 vct 0,5(	Husbyggnadsb	1005330	3346,24	6,24%	34 - Bjälklag/balkar
Skalvägg, max h= 2,8m inkl tillbehör	Skalvägg (200 r	48240	3211,34	5,99%	31 - Väggar
murbruk exakt	murbruk exakt	70265	3174,05	5,92%	53 - Fasadbeklädnad/ytskikt
Skalvägg, max h= 2,8m inkl tillbehör	Skalvägg (200 r	41640	2771,97	5,17%	31 - Väggar
Skalvägg, max h= 2,8m inkl tillbehör	Skalvägg (200 r	41640	2771,97	5,17%	31 - Väggar
Skalvägg, max h= 2,8m inkl tillbehör	Skalvägg (200 r	41640	2771,97	5,17%	31 - Väggar
Skalvägg, max h= 2,8m inkl tillbehör	Skalvägg (200 r	41640	2771,97	5,17%	31 - Väggar
Skalvägg, max h= 2,8m inkl tillbehör	Skalvägg (200 r	41640	2771,97	5,17%	31 - Väggar
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	20460	736,28	1,37%	34 - Bjälklag/balkar
Knauf Danogips Weatherboard 9 GM-H2	Gipsskivor utar	16191,24	503,67	0,94%	51 - Stomkomplettering/utfac
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, kar	14836,5	470,32	0,88%	63 - Innerväggar
Trappor och balkonger (IVL LCR)	Trappor och ba	10011	466,5	0,87%	33 - (vakant)
Betong Golv Std PEAB92 C35/45 vct 0,5(	Husbyggnadsb	117913,6	350,42	0,65%	27 - Platta på mark
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, kar	10999,8	348,69	0,65%	51 - Stomkomplettering/utfac
ARMERINGSNÄT 8150SK 750x2	Armeringsnät r	6887,28	231,04	0,43%	34 - Bjälklag/balkar
RY 170 1 Ytterväggsreglar	Stålreglar (IVL I	4763,09	198,69	0,37%	51 - Stomkomplettering/utfac
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, kar	5859	185,73	0,35%	63 - Innerväggar
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, kar	5103	161,77	0,30%	63 - Innerväggar
F15 Vridfönster 15x15 enligt offert 3147	Fönster, tre gl	4173,75	158,77	0,30%	55 - Fönster/dörrar/partier/pc
Btg C28/35 vct 0,55 4/8 mm	Husbyggnadsb	49596,75	157,22	0,29%	31 - Väggar
F10 Vridfönster 10x15 enligt offert 2532	Fönster, tre gl	3937,5	149,78	0,28%	55 - Fönster/dörrar/partier/pc
23X95 RÅSPONT 3,6	Furu/gran, hyv	6741,87	139,38	0,26%	41 - Takstomme
ISOVER Skalmursskiva 32 80mm	Glasull (IVL LCR	3045,84	137,93	0,26%	51 - Stomkomplettering/utfac
Btg C28/35 vct 0,55 4/8 mm	Husbyggnadsb	42811,13	135,71	0,25%	31 - Väggar
Btg C28/35 vct 0,55 4/8 mm	Husbyggnadsb	42811,13	135,71	0,25%	31 - Väggar
Btg C28/35 vct 0,55 4/8 mm	Husbyggnadsb	42811,13	135,71	0,25%	31 - Väggar
Btg C28/35 vct 0,55 4/8 mm	Husbyggnadsb	42811,13	135,71	0,25%	31 - Väggar
Btg C28/35 vct 0,55 4/8 mm	Husbyggnadsb	42811,13	135,71	0,25%	31 - Väggar
45X170 IMPR PLANK C14 KL A 4,8 KLASS	Furu/gran, hyv	6199,82	128,17	0,24%	55 - Fönster/dörrar/partier/pc
Stålregelskiva 35 c600 (1210x605x170m	Cellulosaisoleri	2685,67	123,98	0,23%	51 - Stomkomplettering/utfac
Innerdörrar 9x21 enligt offert 544kr/st	Plywoodskivor	2158,53	123,17	0,23%	65 - Invändiga dörrar/glaspart
Skalvägg, max h= 2,8m inkl tillbehör	Skalvägg (200 r	1764	117,43	0,22%	31 - Väggar
Golvavjämning samtliga btg-golv	Golvavjämning	2750	104,61	0,20%	62 - Undergolv
Knauf Danogips Humidboard 13 GM-H2	Gipsskivor utar	3410	103,18	0,19%	63 - Innerväggar
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	2591,82	93,27	0,17%	34 - Bjälklag/balkar
Ytpapp, ospecificerat (IVL LCR)	Ytpapp, ospeci	1970,97	89,03	0,17%	43 - Taktäckning
Prefab takstol	Furu/gran, hyv	3735,75	88,82	0,17%	41 - Takstomme
Glasull (IVL LCR)	Glasull (IVL LCR	1923,6	86,89	0,16%	46 - Yttertak övrigt
Fönsterdörr FD10 10x21 enligt offert 44	Aluminiumdörr	1987,18	75,59	0,14%	55 - Fönster/dörrar/partier/pc
Knauf Danogips Humidboard 13 GM-H2	Gipsskivor utar	2343	70,9	0,13%	63 - Innerväggar
BYGGPLYWOOD 12X2500X900 2,25M2 1	Plywoodskivor	1224,96	63,54	0,12%	63 - Innerväggar
RE 45 Byggreglar	Stålreglar (IVL I	1283,31	58,88	0,11%	51 - Stomkomplettering/utfac
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, kar	1877,85	58,42	0,11%	64 - Innertak
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, kar	1833,3	58,12	0,11%	63 - Innerväggar
Tamburdörrar 10x21 enligt offert 4061k	Ytterdörrar, trä	1461,6	55,6	0,10%	65 - Invändiga dörrar/glaspart
ISOLERSKIVA S100, Tjocklek 100, Thermi	Cellplast, expar	1198,92	55,35	0,10%	27 - Platta på mark
16X175 FÖNSTERSMYG VIT L=4,2M MDF	Träfiberskivor,	1012,06	55	0,10%	55 - Fönster/dörrar/partier/pc
UNDERLAGSPAPP MACOFLEX KL-KANT 1	Ytpapp, ospeci	1226,87	54,52	0,10%	43 - Taktäckning
Betong SWEFROST40 C40/50 vct 0,40 8/	Husbyggnadsb	18160,8	53,97	0,10%	27 - Platta på mark
RE 80 Byggreglar	Stålreglar (IVL I	1146,3	47,82	0,09%	63 - Innerväggar

Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, karl	1344,92	42,63	0,08%	63 - Innerväggar
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, karl	1247,4	39,54	0,07%	63 - Innerväggar
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, karl	1247,4	39,54	0,07%	63 - Innerväggar
ISOVER FireProtect® 150 40	Cellulosaisoleri	870,91	39,44	0,07%	51 - Stomkomplettering/utfackning
Betong SWESTD C20/25 8/16 S4	Husbyggnadsb	12738,88	37,86	0,07%	27 - Platta på mark
ISOVER Piano® Ljudskiva c450 45	Glasull (IVL LCR	824,99	37,36	0,07%	51 - Stomkomplettering/utfackning
Wc-dörrar 10x21 enligt offert 560kr/st	Plywoodskivor	924,67	35,17	0,07%	65 - Invändiga dörrar/glaspartier
RT 70 Specialreglar	Stålreglar (IVL I	783,04	34,22	0,06%	63 - Innerväggar
Plattbärlag (inkl. tillbehör)	Plattbärlag (fili	719,2	34,2	0,06%	34 - Bjälklag/balkar
Stålreglar (IVL LCR) "SP12a" 100x100x5 I	Stålreglar (IVL I	826,87	34,15	0,06%	32 - Pelare
Betong SWEFROST55 C25/30 vct 0,55 8/	Husbyggnadsb	10812,35	33,63	0,06%	24 - Grundkonstruktioner
Knauf Danogips Weatherboard 9 GM-H	Gipsskivor utar	1029,34	32,02	0,06%	44 - Takfot och gavlar
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, karl	949,73	30,11	0,06%	63 - Innerväggar
RE 80 Byggreglar	Stålreglar (IVL I	704,17	29,37	0,05%	63 - Innerväggar
Betong Golv Std PEAB90s C45/55 vct 0,4	Husbyggnadsb	9738,4	28,94	0,05%	27 - Platta på mark
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, karl	897,75	28,46	0,05%	63 - Innerväggar
Betong SWESTD C20/25 8/16 S4	Husbyggnadsb	8932,35	28,32	0,05%	27 - Platta på mark
Betong SWESTD C20/25 8/16 S4	Husbyggnadsb	9475,2	28,16	0,05%	24 - Grundkonstruktioner
Betong SWESTD C20/25 8/16 S4	Husbyggnadsb	9317,28	27,69	0,05%	27 - Platta på mark
Fireboard Danogips 15 mm	Gipsskivor, Bra	847,44	26,36	0,05%	63 - Innerväggar

Fireboard Danogips 15 mm	Gipsskivor, Bra	847,44	26,36	0,05%	63 - Innerväggar
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	729,63	26,26	0,05%	31 - Väggar
Stålreglar (IVL LCR) "SP4a" 150x100x6,3	Stålreglar (IVL I	583,74	24,11	0,04%	32 - Pelare
Knauf Danogips Humidboard 13 GM-H2	Gipsskivor utar	782,76	23,69	0,04%	63 - Innerväggar
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	629,8	22,66	0,04%	31 - Väggar
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	629,8	22,66	0,04%	31 - Väggar
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	629,8	22,66	0,04%	31 - Väggar
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	629,8	22,66	0,04%	31 - Väggar
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	629,8	22,66	0,04%	31 - Väggar
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	619,3	22,29	0,04%	27 - Platta på mark
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	594	21,38	0,04%	27 - Platta på mark
Stålreglar (IVL LCR) "SP3a" 100x100x6,3	Stålreglar (IVL I	513,81	21,22	0,04%	32 - Pelare
Stålregelskiva 35 c300 (1210x455x70mn	Glasull (IVL LCR	410,13	18,57	0,03%	63 - Innerväggar
SKP 45 Skenor	Stålreglar (IVL I	400,88	17,52	0,03%	51 - Stomkomplettering/utfackning
SKT55 70 Skenor	Stålreglar (IVL I	392,34	17,15	0,03%	63 - Innerväggar
Knauf Danogips Humidboard 13 GM-H2	Gipsskivor utar	522,5	15,81	0,03%	63 - Innerväggar
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	398,2	14,33	0,03%	24 - Grundkonstruktioner
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	396	14,25	0,03%	24 - Grundkonstruktioner
Knauf Danogips Humidboard 13 GM-H2	Gipsskivor utar	449,46	13,6	0,03%	63 - Innerväggar
RT 70 Specialreglar	Stålreglar (IVL I	309,23	13,51	0,03%	63 - Innerväggar
Stålreglar (IVL LCR) "SP1a" 80x80x5 H=2	Stålreglar (IVL I	326,4	13,48	0,03%	32 - Pelare
Stålreglar (IVL LCR) "SP1b" 80x80x5 H=2	Stålreglar (IVL I	326,4	13,48	0,03%	32 - Pelare
ISOVER Plastfolie 0,20 dubbelvikt L=250I	Plastfolier (IVL	226,33	12,3	0,02%	51 - Stomkomplettering/utfackning
Clima Board DUE9/900 Danogips Utvänd	Gipsskivor utar	380,92	11,85	0,02%	44 - Takfot och gavlar
16X175 FÖNSTERSMYG VIT L=4,2M MDI	Träfiberskivor,	201,85	10,97	0,02%	55 - Fönster/dörrar/partier/portar
RE 80 Byggreglar	Stålreglar (IVL I	238,95	10,96	0,0002	63 - Innerväggar
Betong C32/40 vct 0,50 8/16 S4	Husbyggnadsbe	3569,65	10,95	0,0002	24 - Grundkonstruktioner
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	298,87	10,76	0,0002	27 - Platta på mark
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	293,7	10,57	0,0002	27 - Platta på mark
Betong Golv Std PEAB92 C35/45 vct 0,5(	Husbyggnadsbe	3134,9	10,43	0,0002	34 - Bjälklag/balkar
45X170 IMPR PLANK C14 KL A 3,6 KLASS	Tryckimpregne	419,07	9,96	0,0002	63 - Innerväggar
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	275	9,9	0,0002	27 - Platta på mark
Betong SWESTD C20/25 8/16 S4	Husbyggnadsbe	3316,32	9,86	0,0002	27 - Platta på mark
ISOVER Fasadskiva 30 50mm	Glasull fasadski	192,31	8,71	0,0002	44 - Takfot och gavlar
ISOVER ULTIMATE UNI-skiva 36 170	Glasull (IVL LCR	188,5	8,54	0,0002	63 - Innerväggar
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	219,81	7,91	0,0001	27 - Platta på mark
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	218,9	7,88	0,0001	27 - Platta på mark
Betong SWEFROST40 C40/50 vct 0,40 8/	Husbyggnadsbe	2632	7,82	0,0001	27 - Platta på mark
ARMERINGSNÄT T6150 5000X2	Armeringsnät r	219,76	7,37	0,0001	27 - Platta på mark
Tätning av papp vid balkong och plan 1	Underlagspapp	154,5	7,35	0,0001	43 - Taktäckning
Isover Skalmursskiva 33, 50	Glasull (IVL LCR	159,94	7,24	0,0001	53 - Fasadbeklädnad/ytskikt
ISOLERSKIVA S100, Tjocklek 100, Thermi	Cellplast, expar	148,32	6,85	0,0001	27 - Platta på mark
SKT55 70 Skenor	Stålreglar (IVL I	154,94	6,77	0,0001	63 - Innerväggar
RE 80 Byggreglar	Stålreglar (IVL I	161,64	6,74	0,0001	63 - Innerväggar
Inspektionslucka EI 30 300X300	Fönster, tre gl	174	6,62	0,0001	63 - Innerväggar
Betong SWESTD C20/25 8/16 S4	Husbyggnadsbe	1993,35	6,32	0,0001	27 - Platta på mark
Balkongräcke Plåtdetaljer, målad (IVL LC	Plåtdetaljer, m	148,72	6,14	0,0001	33 - (vakant)
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	170,5	6,14	0,0001	24 - Grundkonstruktioner
22X145 KLÄDSEL 3,0	Sågad Ceder fri	82,23	6,12	0,0001	44 - Takfot och gavlar
RE 80 Byggreglar	Stålreglar (IVL I	141,64	5,91	0,0001	63 - Innerväggar
ISOVER Piano® Ljudskiva c450 45	Glasull (IVL LCR	127,58	5,78	0,0001	63 - Innerväggar
Btg C28/35 vct 0,55 4/8 mm	Husbyggnadsbe	1813,61	5,75	0,0001	31 - Väggar
Classic Board DN13/900 Danogips Norm	Gipsskivor, karl	179,55	5,69	0,0001	63 - Innerväggar
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	156,2	5,62	0,0001	27 - Platta på mark
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	154	5,54	0,0001	24 - Grundkonstruktioner
H-list	Tätningslist, all	95,45	5,45	0,0001	51 - Stomkomplettering/utfackning
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	143	5,15	0,0001	27 - Platta på mark
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	140,8	5,07	0,0001	24 - Grundkonstruktioner
28X70 GLESPANEL G4-3 L=5,4M	Furu/gran, hyv	242,55	5,01	0,0001	64 - Innertak
ISOLERSKIVA S100, Tjocklek 100, Thermi	Cellplast, expar	103	4,76	0,0001	27 - Platta på mark
ISOVER Fasadskiva 30 50mm	Glasull fasadski	103,95	4,71	0,0001	44 - Takfot och gavlar
ISOLERSKIVA S80, Tjocklek 100, Thermis	Cellplast, expar	101,56	4,69	0,0001	27 - Platta på mark
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	123,35	4,44	0,0001	27 - Platta på mark
22X120 KLÄDSEL 3,0	Furu/gran, hyv	212,75	4,4	0,0001	44 - Takfot och gavlar
22X120 KLÄDSEL 3,0	Furu/gran, hyv	212,75	4,4	0,0001	44 - Takfot och gavlar
RE 80 Byggreglar	Stålreglar (IVL I	94,25	4,32	0,0001	63 - Innerväggar
Stålregelskiva 35 c300 (1210x455x70mn	Glasull (IVL LCR	94,14	4,26	0,0001	63 - Innerväggar
ARMERINGSSTÅL K500C-T	Armeringsnät r	117,59	4,23	0,0001	27 - Platta på mark
RT 70 Specialreglar	Stålreglar (IVL I	96,76	4,23	0,0001	63 - Innerväggar
ISOVER Oplastat Drev 30, bredd 100	Glasull (IVL LCR	86,28	3,73	0,0001	55 - Fönster/dörrar/partier/portar
KR 70 Karmregel	Stålreglar (IVL I	78,65	3,61	0,0001	63 - Innerväggar
ISOVER Piano® Ljudskiva c450 70	Glasull (IVL LCR	78,28	3,54	0,0001	63 - Innerväggar
45X195 IMPR PLANK C14 KL A 4,8 KLASS	Furu/gran, hyv	167,51	3,46	0,0001	45 - Öppningskomplettering/takluckor
45X170 PLANK HYVLAT C24 L=3,6M	Furu/gran, hyv	144,74	3,44	0,0001	44 - Takfot och gavlar
SKP 70 Skenor	Stålreglar (IVL I	75,6	3,3	0,0001	63 - Innerväggar
Knauf Danogips Humidboard 13 GM-H2	Gipsskivor utar	104,5	3,16	0,0001	63 - Innerväggar
RT 70 Specialreglar	Stålreglar (IVL I	70,98	3,1	0,0001	63 - Innerväggar
Stålregelskiva 35 c300 (1210x455x70mn	Glasull (IVL LCR	62,84	2,85	0,0001	63 - Innerväggar
20X95 RÅSPONT GRAN G4-3 L=3,6M 11,	Furu/gran, hyv	117,01	2,65	0	42 - Taklagskomplettering
SKT55 160 Skenor	Stålreglar (IVL I	56,7	2,6	0	63 - Innerväggar
ISOVER Plastfolie 0,20 dubbelvikt L=250I	Plastfolier (IVL	44,53	2,42	0	42 - Taklagskomplettering
ISOLERSKIVA S100, Tjocklek 100, Thermi	Cellplast, expar	51,5	2,38	0	24 - Grundkonstruktioner

Bilaga 3

Ecobetong

Klimatredovisning: ecobetong
Baserat på metodik enligt EN 15804 och EN 15978

Resurssammanställning (exklusive transporter inklusive spill), A1-A3 + A5.1									
Kalkylresurs eget namn	Kalkylresursens SBE namn	Spill, %	Eget spill, %	Vikt, kg	Energi, MJ	Klimatpåverkan, kg CO2e	Andel av totala klimatpåverkan A1-3 + A5.1 per resurs	Byggdel	Omräkningsfaktor
Ecobetong C35/45 vct 0,5 8/16 s4 steg	Ecobetong C35/45 vct 0,5 8/16 s4 steg	5	5	1005330	0	92928,75	100,00%	34 - Bjälklag/balkar	1

Träreglar

Klimatredovisning: Träreglar (examensarbete)
Baserat på metodik enligt EN 15804 och EN 15978

Resurssammanställning (exklusive transporter inklusive spill), A1-A3 + A5.1								
Kalkylresurs eget namn	Kalkylresursens SBE namn	Spill, %	Eget spill, %	Vikt, kg	Energi, MJ	Klimatpåverkan, kg CO2e	Andel av totala klimatpåverkan A1-3 + A5.1 per resurs	Byggdel
Träreglar 45x 170, 473 kg/m3 u=16%	(I Furu/gran, hyvlad & sågad, 473 kg/m3 u=16%	10	10	18652,17	0	1078,2	84,41%	51 - Stomkomplettering/utfackning
Träreglar 45x45, 473 kg/m3 u=16%	(IVI Furu/gran, hyvlad & sågad, 473 kg/m3 u=16%	10	10	3445,07	0	199,14	15,59%	51 - Stomkomplettering/utfackning

---

Putsfasad

Klimatredovisning: Putsfasad(examensarbete)
Baserat på metodik enligt EN 15804 och EN 15978

Resurssammanställning (exklusive transporter inklusive spill), A1-A3 + A5.1									
Kalkylresurs eget namn	Kalkylresursens SBE namn	Spill, %	Eget spill, %	Vikt, kg	Energi, MJ	Klimatpåverkan, kg CO2e	Andel av totala klimatpåverkan A1-3 + A5.1 per resurs	Byggdel	Omräkningsfaktor
Stoventec Carrier-board facade	Stoventec Carrier-board facade	10	10	6486	0	10144,02	42,86%	53 - Fasadbeklädnad/ytskikt	1
StoArmat Classic +	StoArmat Classic +	5	10	4864	0	6542,97	27,65%	53 - Fasadbeklädnad/ytskikt	1
StoLotusan K	StoLotusan K	5	10	2594,4	0	3619,66	15,29%	53 - Fasadbeklädnad/ytskikt	1
Rostfritt stål, ospecificerat (IVL LCR)	Rostfritt stål, ospecificerat (IVL LCR)	10	10	1300	0	3359,22	14,19%	53 - Fasadbeklädnad/ytskikt	1

Skifferfasad

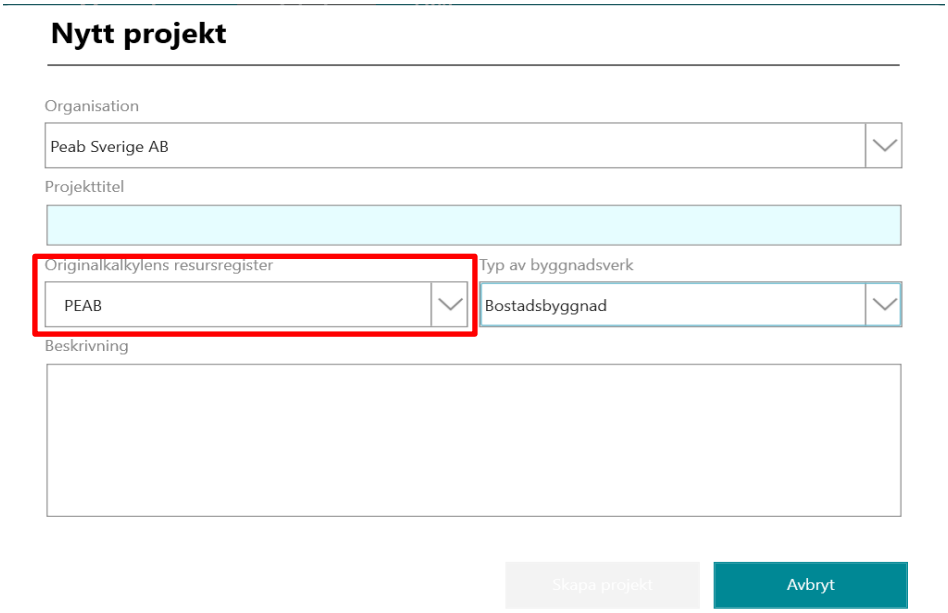
Klimatredovisning: Skifferfasad (examensarbete)
Baserat på metodik enligt EN 15804 och EN 15978

Resurssammanställning (exklusive transporter inklusive spill), A1-A3 + A5.1									
Kalkylresurs eget namn	Kalkylresursens SBE namn	Spill, %	Eget spill, %	Vikt, kg	Energi, MJ	Klimatpåverkan, kg CO2e	Andel av totala klimatpåverkan A1-3 + A5.1 per resurs	Byggdel	Omräkningsfaktor
Lindab ConstruLine	Lindab ConstruLine	10	10	3628,14	0	10140,71	73,13%	53 - Fasadbeklädnad/ytskikt	1
Skiffer	Skiffer	5	10	37834	0	3726	26,87%	53 - Fasadbeklädnad/ytskikt	1

Bilaga 4

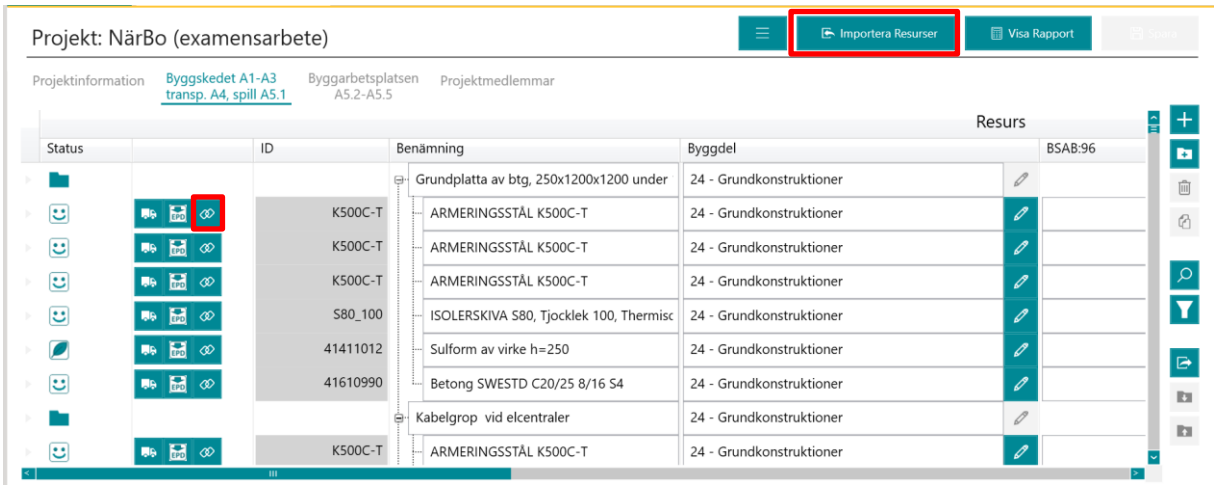
Denna bilaga beskriver hur verktyget BM 1.0 används. Den visar hur ett nytt projekt startas och inmatning av data.

När mängdberäkningen är färdigställt så kan ett nytt projekt i BM startas.



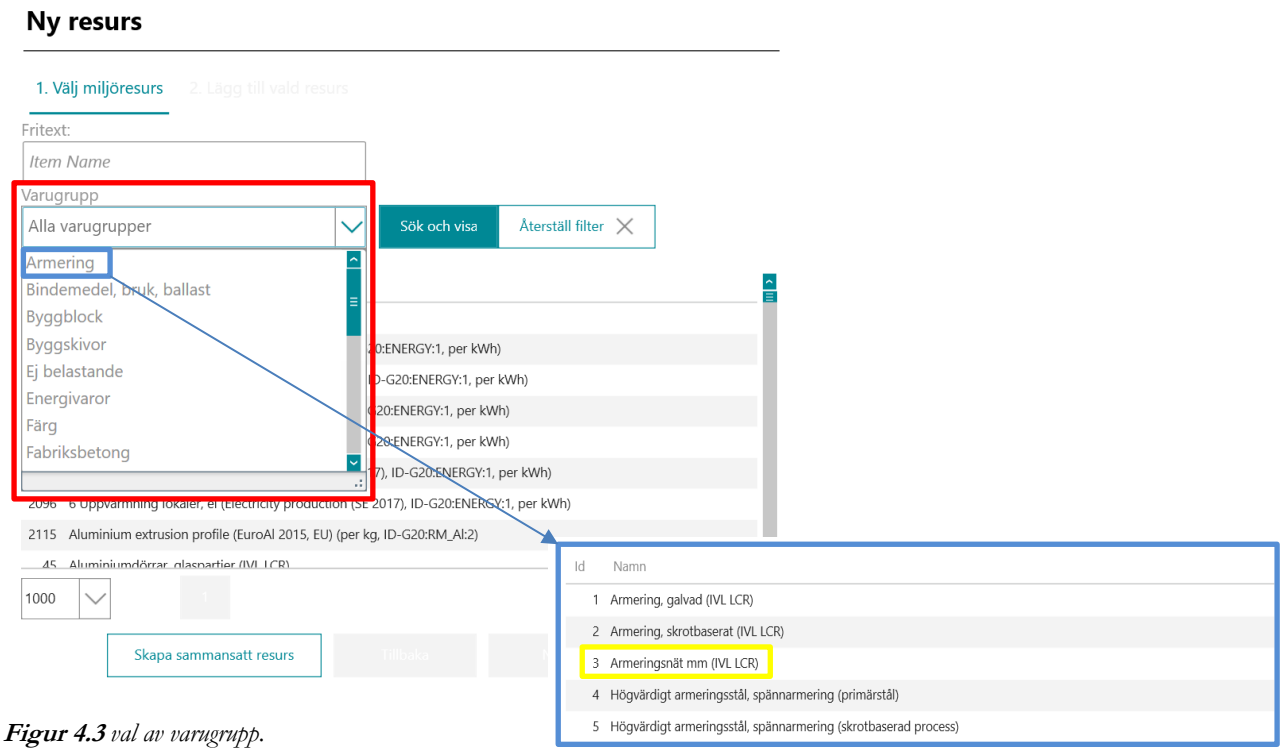
Figur 4.1 *När nytt projekt ska startas i BM 1.0.*

I fliken ”Originalkalkylens resursregister” väljer vi PEAB vilket innebär att likadana resurser som använts i tidigare projekt inom företaget och som har mappats inte behövs göras i det nya projektet. Det leder till att mycket tid kan besparas. Mappningen görs genom att importera EPD eller ”manuellt”, det sista nämnda förklaras lite övergripande längre fram. Här väljs även typen av byggnadsverk.



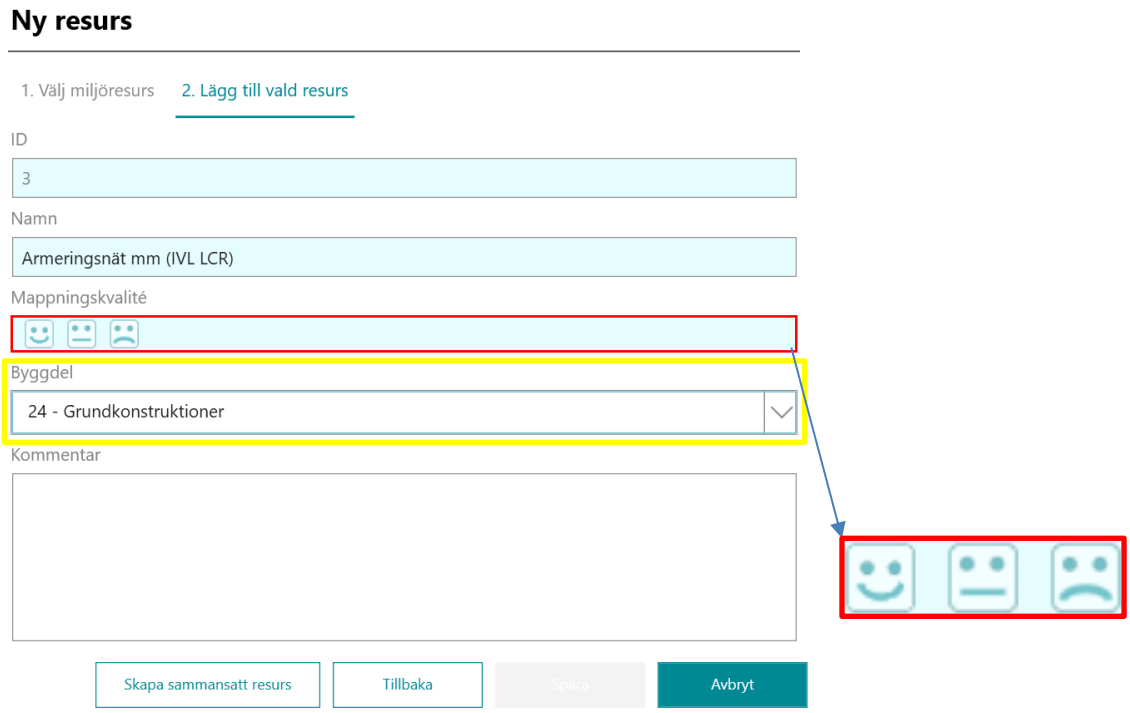
Figur 4.2 *Import av resurser.*

Efter att ha skapat ett nytt projekt så ska mängdberäkningen importeras till verktyget. Mängdberäkningen skall vara en Excel-fil som har bearbetats för att passa med BM. När importen är gjord så dyker samtliga resurser upp på en lista i verktyget. Resursens ID, benämning, mängd, tillhörande byggdel och annan relevant information fås om resursen blivit mappat tidigare. Om en resurs saknas eller inte mappats sedan tidigare måste en manuell mappning göras. Detta kan göras genom att klicka på ikonen med ”två fyrkanter som sitter ihop” som visas i figur 4.2.



Figur 4.3 *val av varugrupp.*

Vid mappning av en resurs måste en varugrupp väljas om vilken den tillhör för att sedan kunna få upp en lista med olika material/produkter som överensstämmer med resursen. I fallet på bilden ovan så är det *armeringsnät* som ska mappas. Genom att klicka på ”*Armeringsnät mm (IVL LCR)*” som är markerad i den gula boxen i figur 4.3 kommer data från IVL:s databas att användas istället för kundspecifika data, som då kräver en EPD.

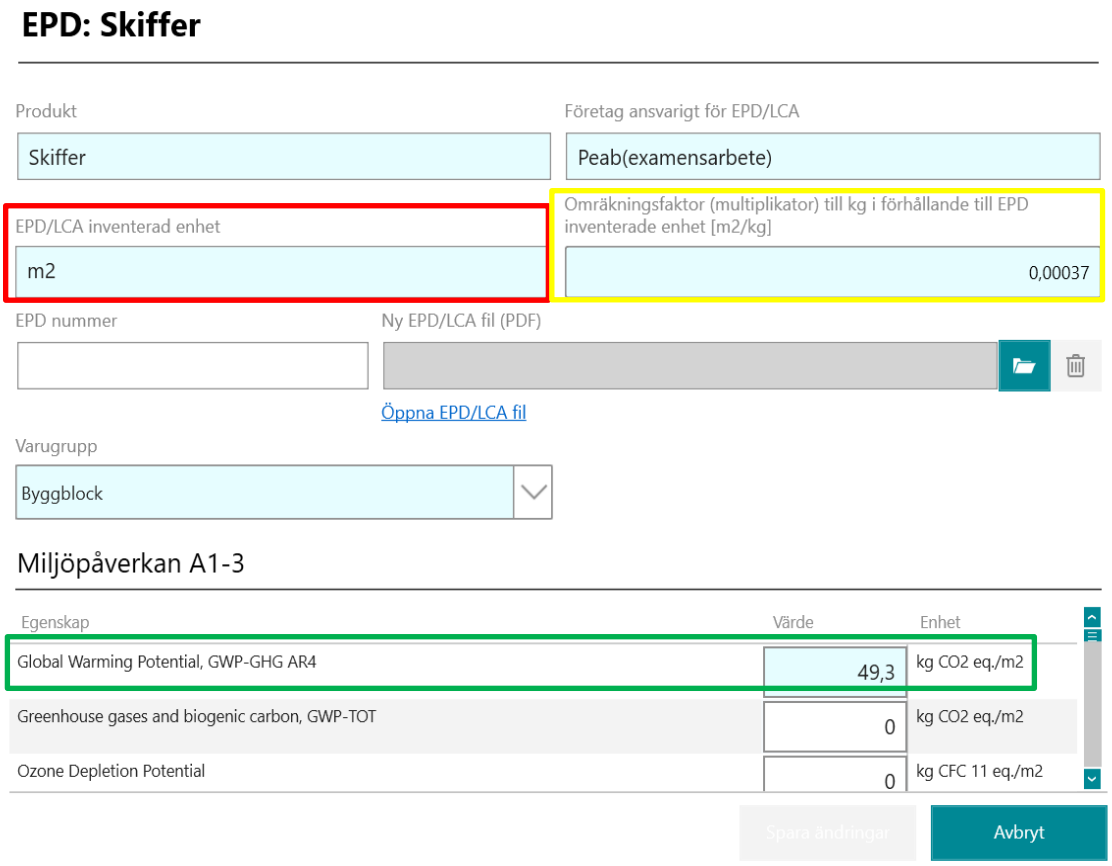


Figur 4.4 *Beskrivning av resurs.*

Vid färdigställandet av den nya resursen ska en egen bedömning av mappningen göras för att på så vis ge en övergripande bild om hur pass ”korrekt” den är. Detta genom att välja en av de tre ikonerna som finns i den röda boxen enligt figur 4.4. Förenklat kan de tre ikonerna förklaras som:

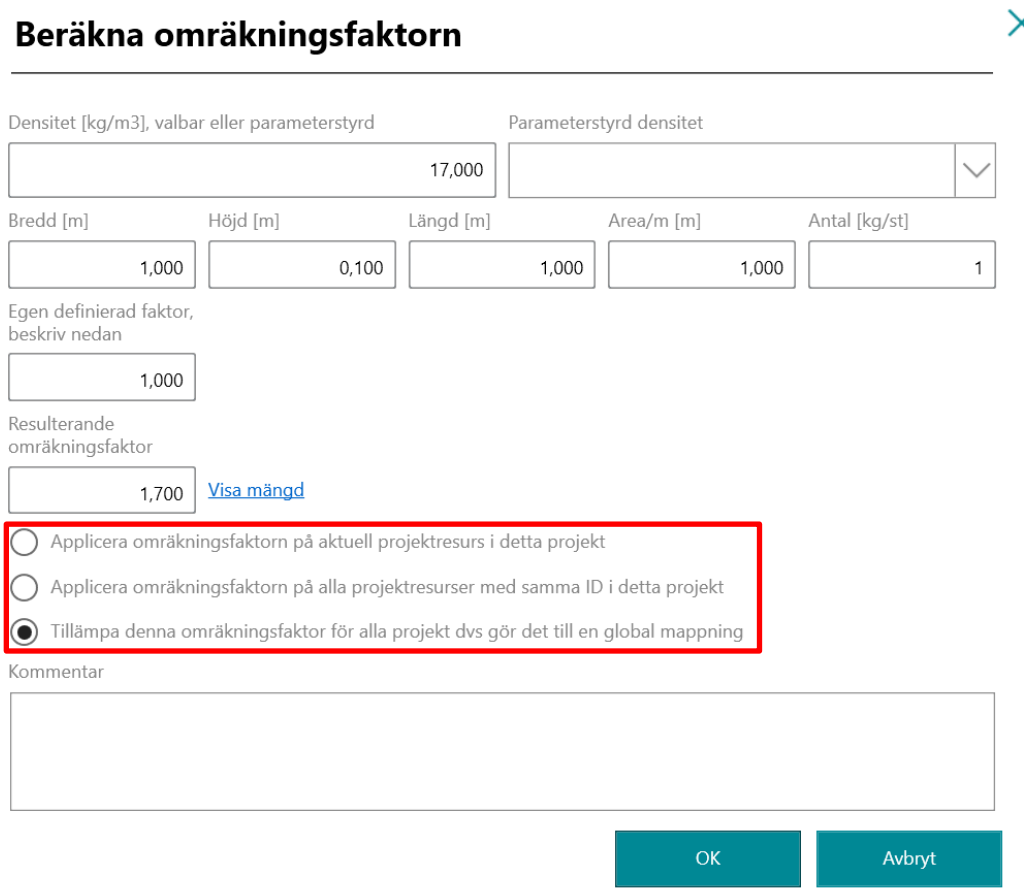
1. Perfekt mappning där data och information kommer från en EPD eller från en specifik kunds hemsida. Kräver vanligtvis inte någon vidare bearbetning.
2. Okej mappning där data och information inte direkt är kopplat till en specifik EPD eller kund men att de anses vara tillräckligt korrekt.
3. Undermåttlig mappning. Kan vara att data och informationen kommer från osäkra källor, avrundningar, antaganden eller annat som kan ifrågasättas. Bör kontrolleras och korrigeras.

När mappnings kvalitén har angetts behövs det väljas vilken byggdel som resursen ingår i, då det påverkar hur fördelningen av klimatpåverkan ser ut i de olika byggdelarna. Det är därför viktigt att resurser läggs i rätt byggdel för att kunna identifiera vilka som har lite respektive stor påverkan på miljön.



Figur 4.5 *Inmatning av värden.*

I de fall som en manuell mappning inte behövs eftersom en EPD är tillgänglig, kan det importeras direkt till BM 1.0. Såvida den deklarerade enheten inte är i kg så krävs det en ”omvandlingsfaktor” som multiplicerades med den deklarerade enheten för att få fram det i kg. Från EPD fås även resursens *Global Warming Potential (GWP)* och ska läggas till i BM.



Figur 4.6 *omräkningsfaktor.*

För resurser vars deklarerad enhet inte är i kg krävs en omräkningsfaktor. Omräkningsfaktorn multipliceras med den deklarerade enheten och får då fram mängden i kg. Det krävs oftast information om produktens dimensioner och densitet för att får fram en omräkningsfaktor. När omräkningsfaktorn är framtagen så väljs det om den ska appliceras endast i den aktuella projekt eller för alla projekt. Valet grundar sig oftast på hur ”säker” de ingående parametrarna är, detta är något som användaren själv får bedöma.

Examensarbete gjord av Jimmy Tieu
och Niclas Hansson

HÖGSKOLAN
I HALMSTAD

Besöksadress: Kristian IV:s väg 3
Postadress: Box 823, 301 18 Halmstad
Telefon: 035-16 71 00
E-mail: registrator@hh.se
www.hh.se