

# DATORBASERAT VERKTYG FÖR EFFEKTIV LCA-ANALYS AV PREFAB- KONSTRUKTIONER I BETONG

*Ett proof of concept-projekt*



**Christoffer Jonsson**

**2016-12-19**

# FÖRORD

Denna skrift utgör avrapporteringen av SBUF-utvecklingsprojektet 13262, ”Datorbaserat verktyg för effektiv LCA-analys av prefab-konstruktioner i betong. Ett proof of concept-projekt.” Medverkande i projektet har från Abetong sida varit Tina Forsell, Christian Säaf och Stefan Havner, från StruSoft Johnny Kronvall, Peter Karlsson och Christoffer Jonsson. Projektet har haft stöd av en referensgrupp bestående av Hans Hedlund, Mårten Grothéus, Jonas Magnusson och Ronny Andersson.

Författare till rapporten har varit Christoffer Jonsson, med stöd från Johnny Kronvall.

Ett stort tack riktas till Abetong för starkt driv med att ta fram pilotprojekt och inventering av artiklar och till referensgruppen för viktiga råd och synpunkter för att driva projektet i rätt riktning för branschen.

Malmö i december 2016

# SAMMANFATTNING

Digitalisering ligger i fokus för byggindustrin med en rad initiativ för att exempelvis öka lönsamhet, effektivitet och samtidigt minska miljöbelastningen för sektorn i stort. Utgångspunkten för detta projekt var att hitta en snittyta mellan det befintliga arbetsflödet för prefabricerade betongelement och problematiken kring att ta fram miljöbedömningar. I denna snittyta skulle ett digitalt verktyg skapas och utvärderas mot branschens dagsläge.

Projektet syftade till att skärpa branschens fokus och illustrera möjligheterna med att kunna göra miljöbedömningar som baserar sig på data tillgängliga i just det skede projektet befinner sig. Nackdelarna med att miljöbedömningar idag oftast görs i slutet eller mitt under pågående projektering kan på så vis undvikas. En annan viktig aspekt i projektet var att kunna likställa bedömningen av miljö med budget och tidsplaner. Med ytterligare en dimension i beslutsunderlaget finns det möjlighet att tidigt identifiera vilka beslut som måste tas samt kunna följa upp och se resultatet.

För att kunna skapa ett verktyg för LCA-beräkningar som var relevant för prefabricerade betongelement genomfördes intervjuer med aktörer inom prefabricerad betongelementtillverkning, materialspecialister, byggherrar, myndigheter, miljöorganisationer, konsulter samt mjukvarutillverkare inom LCA. Därefter kunde ett generellt mjukvarukoncept designas och implementeras. Verktuget testades slutligen mot ett existerande Excel-verktyg för att validera resultat.

Resultatet visar på en stor potential att koppla samman programvaran IMPACTs detaljrika databas med en snabb och effektiv miljöberäkningstjänst som OneClickLCA levererad av Bionova Ltd. Dessutom visar projektet på hur inköpsprocessen, konstruktionsprocessen och tillverkningsprocessen av ett prefabricerat element kan kopplas samman och därigenom göra miljöbedömningar möjliga, snabbt och effektivt med en tydlig källa till den data som använts i beräkningarna.

Slutsatserna av projektet var att inköpsprocessen har en stor påverkan på vilka artiklar som tillgängliggörs för en konstruktör och fabrik. Detta avgör implicit viktiga faktorer som påverkar miljöbedömningen i form av transportavstånd och vilka råmaterial och processer som används vid framställningen av artikeln. Dessutom visar modulen att komplexiteten i arbetsflödet, från arkitektens plan till fabriken produktions, kan överbryggas och miljöbedömningar är möjliga att genomföra i ett tidigt skede när få detaljer är slutligt bestämda för att förfinas längs vägen. I dag arbetar modulen endast med självdeklarerade Environmental Product Declarations (EPD) innehållandes miljöbedömningar om råmaterialutvinning (A1), transport till fabrik (A2) och produktion i fabrik (A3).

# INNEHÅLL

<b>BAKGRUND</b> .....	<b>4</b>
DAGSLÄGET .....	4
LCA-TRAPPAN.....	4
PROGRAMVARAN IMPACT .....	5
ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION (EPD) .....	6
ONECLICKLCA, BIONOVA LTD.....	6
<b>SYFTE</b> .....	<b>7</b>
DIGITALISERING AV LCA .....	7
TYDLIGHET KRING LCA KONCEPTET .....	7
SKAPA JÄMFÖRBARHET OCH KONKURRENSFÖRDELAR.....	7
<b>PROJEKTOMFÅNG</b> .....	<b>8</b>
PROJEKTMÅL.....	8
PROJEKTORGANISATION .....	8
<i>Tidsplan</i> .....	8
<i>Finansiering</i> .....	9
AVGRÄNSNINGAR .....	9
REDOVISNING .....	9
<b>METODIK</b> .....	<b>10</b>
VAL AV METOD .....	10
<i>Kvalitativ intervjuundersökning</i> .....	10
<i>Kvantitativ mjukvaruundersökning</i> .....	10
GENOMFÖRANDE.....	10
<i>Intervjuer</i> .....	11
<i>Uppstartsmöte med referensgrupp</i> .....	11
<i>Deltagande i externa aktiviteter</i> .....	11
<i>Mjukvarudesign av prototyp</i> .....	12
<i>Antaganden</i> .....	12
RELIABILITET OCH VALIDITET .....	13
<i>Reliabilitet</i> .....	13
<i>Validitet</i> .....	13
<b>RESULTAT</b> .....	<b>14</b>
MILJÖUTVÄRDERINGSRESULTAT .....	14
MJUKVARUUTVECKLINGSRESULTAT.....	17
TREDJEPARTSUTVÄRDERING AV IMPACTS MILJÖMODUL.....	18
ARBETSGÅNG I IMPACTS MILJÖMODUL.....	19
<b>DISKUSSION</b> .....	<b>20</b>
<b>SLUTSATSER</b> .....	<b>21</b>
<b>LITTERATURFÖRTECKNING</b> .....	<b>22</b>

## BAKGRUND

### Dagsläget

Dagens byggnader blir alltmer energieffektiva. Det innebär, ur ett livscykelerspektiv, att miljöpåverkan från materialutvinning till färdig byggnad blir större relativt byggnadens driftskede. Bland annat som en följd av detta ökar idag intresset för livscykelanalys snabbt.

Europeiska standarder för beräkning av miljöprestanda för byggnadsverk (EN 15978) respektive byggprodukter (EN 15804) poängterar livscykelerspektivet. Miljöcertifieringssystem som LEED och BREEAM kräver en livscykelanalys för de högsta betygen. Trots dessa förhållanden genomförs få livscykelanalyser idag och det finns ett antal faktorer som kan tänkas ligga bakom detta förhållande.

I en nyligen publicerad rapport – ett regeringsuppdrag - från Boverket (*Byggnaders klimatpåverkan utifrån ett livscykelerspektiv, Rapport 2015:35*) sägs bland annat:

*"Att livscykelanalys är relativt outvecklat i Sverige och flera andra länder kan ha olika förklaringar. Det kan dock konstateras att tydliga drivkrafter saknas för att mer aktivt arbeta med livscykelanalyser för byggnader. Krav på LCA för byggnader används sällan i offentlig upphandling och det finns inget i regelverket för byggande som säger att byggherren ska göra en livscykelanalys. Därtill kommer en upplevelse av att det är krångligt, dyrt och komplicerat att göra LCA för byggnader, oenighet i metodfrågor samt brist på verktyg och data. Samtidigt inser allt fler att livscykelanalyser kan vara ett viktigt hjälpmedel för att göra bra miljöval och undvika i längden kostsamma suboptimeringar"*

Byggindustrin använder i dag en stor mängd förtillverkade element i betong för bland annat stommar och ytterväggar. Bygg- och fastighetsbranschen visar idag ett ökat behov av data för byggnadsdelars miljöpåverkan, inte minst i samband med certifieringar av olika slag (LEED, BREEAM m. fl.)

För att svara upp mot detta behov måste en betongelementleveratör idag genomföra omfattande manuellt arbete i form av datainhämtning ur olika databaser och mer eller mindre manuellt genomförda kalkyler av olika slag.

### LCA-trappan

Livscykelanalys (LCA) är en metod för att systematiskt identifiera och beräkna vilka delar i en produkts livscykel som har störst miljöpåverkan. Ett koncept kallat LCA-trappan illustrerar hur användningsområden för LCA knyts till indatakvalitet i fyra trappsteg, se Figur 1. Trappsteg 1 innebär att den egna organisationen börjar dokumentera, mäta relevanta mått samt öka sin kunskap inom LCA. Trappsteg 2 nås då organisationen börjar utnyttja LCA för att förbättra sin egen produkt. Trappsteg 3 kräver att funktionskrav och livslängd på produkten är entydigt definierade för att kunna jämföras med andra byggdelar. Trappsteg 4 kräver att ett byggnadsverk har specificerats med funktionskrav och livslängd för att kunna jämföras med andra byggnadsverk med samma funktion och livslängd [Magnusson, Nicklas., Andersson, Ronny., During, Otto., och Erlandsson, Martin. (2016) LCA för miljöförbättringar. Bygg & teknik 7/16: 12 – 15.].

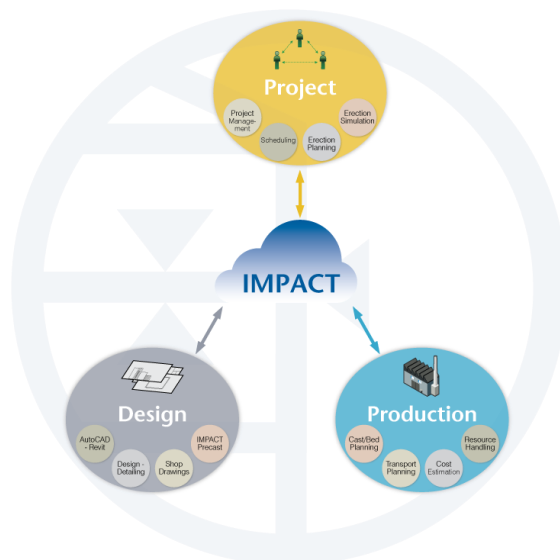


**Figur 1. Användartrappan för illustrering av datakvalitetsbehov inom LCA-beräkningar.**

LCA-trappan illustrerar hur LCA kan användas i praktiken och vilka datakvalitetskrav som gäller för varje trappsteg. I trappsteg 1 och 2 behöver datakvaliteten inte vara lika hög som i efterföljande trappsteg men måste vara reproducerbar. Detta då syftet är att kunna jämföra och se förbättringar av sina egna ansträngningar över tid.

## Programvaran IMPACT

IMPACT är ett datorbaserat verktyg, utvecklat av StruSoft AB, för konstruktion, planering och styrning av produktion i fabrik och på byggplats samt transport av fabriksstillverkade betongelement. I programmet hanteras och lagras en mångfald av uppgifter som rör ingående råvaror och material, fabrikskaraktäristika, transport med mera, se Figur 2. Många av dessa data som finns lagrade och används i IMPACT, utgör också ingångsparametrar för en livscykelanalys (LCA) för den tillverkade byggprodukten.



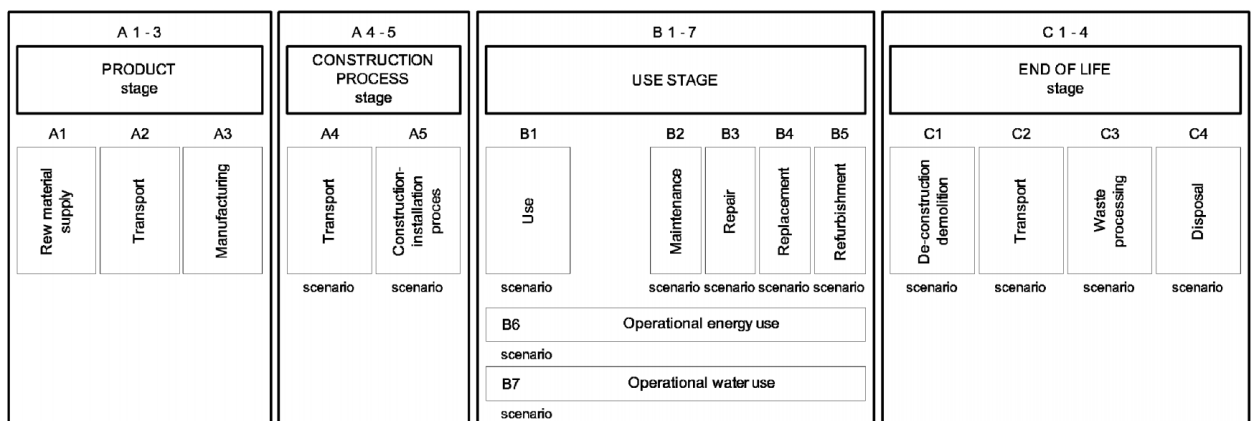
**Figur 2. Schematisk bild över IMPACT och dess applikationer.**

IMPACT har en unik funktion då man kopplar samman projektören med en specifik fabrik för framställning av prefabricerade betongelement. I programmet kan användarna bestämma betongelementens leveransordning till byggplatsen vilket i sin tur leder till att fabriken kan optimera gjutningsplaneringen därefter.

## Environmental product declaration (EPD)

Ett av många system på marknaden för miljöbedömningar är Environmental Product Declaration (EPD). För att ta fram en EPD för sin produkt genomför tillverkaren en LCA-studie med hjälp av produktspecifika regler (PCR) på sin produkt och låter denna studie tredjeparts-granskas av en verifierad aktör. I en EPD visas ett förutbestämt antal miljöpåverkanskategorier, vilket möjliggör jämförelser för en referensenhet. För att administrera och säkerställa transparensen i EPD-systemet finns "Programme operator", dessa utlyser, publicerar och reviderar förändringar i EPD:er [Five steps to create an EPD, Environdec, <http://environdec.com/en/Creating-EPD/Five-steps-to-EPD/> (Hämtad 2016-12-13)].

En EPD är uppbyggd enligt standarden EN 15 804 och måste följa en specifik PCR i framtagandefasen. EPD i sin tur innehåller modulerna A, B, C. Dessa tre moduler beskriver byggnadens livscykelinformation från råvarornas produktion, transport till byggarbetsplats samt konstruktion, användningsskedet och nedmontering, se Figur 3.



Figur 3. Moduler ingående i en EPD enligt SS-EN 15 804:2012+A1:2013.

Det finns två huvudsakliga användningsområden för en EPD: att beskriva en deklarerad produkt eller en funktionell enhet. När en deklarerad produkt används tittar man på t.ex. hela betongelementet och alla dess ingående materialflöden och resursanvändning. En funktionell enhet kräver att man klassificerar sin produkt enligt funktionskrav, som exempelvis kan vara golv med en viss hållfasthet och en viss livslängd. Det går på det sättet att jämföra golv tillverkade i olika fabriker, av olika material och produktionsförfarande [Kommunicera produkters miljöprestanda med EPD, Environdec, [http://environdec.com/PageFiles/1033/Communicating\\_EPD\\_Swedish.pdf](http://environdec.com/PageFiles/1033/Communicating_EPD_Swedish.pdf) (Hämtad 2016-12-13)].

## OneClickLCA, Bionova Ltd

Bionova Ltd är ett finskt företag som erbjuder miljöberäkningar via en digital lösning kallad 360optimi. I deras system, OneClickLCA, kan användaren mata in de data som ett byggprojekt innehåller och därefter räkna på en rad olika certifikat [About Bionova Ltd, Bionova Ltd 2016, <http://www.oneclicklca.com/about-bionova-ltd/> (Hämtad 2016-11-30)]. Fördelen med OneClickLCA är att användaren kan fokusera på att ta fram så mycket specifika indata som möjligt, och därefter låta webbtjänsten göra beräkningar. Detta gör att processen att ta fram t.ex. en EPD kan minskas till ett par musklick.

## SYFTE

Dagens LCA-beräkningar utgår ofta ifrån generiska livscykeldata för betong, stål och transporter. Miljöberäkningar med specifika data är sällsynta inom byggbranschen. Projektet syftar till att utveckla stödjande strukturer och verktyg för att förenkla och automatisera livscykelanalyser i prefabaktörers dagliga arbete. Genom en utveckling av IMPACTs modulkoncept kommer man att kunna demonstrera hur användandet av specifika data på ingående material och fabriksprocesser skapar förutsättning för detta.

## Digitalisering av LCA

Genom att på ett systematiskt sätt extrahera relevanta data för LCA-beräkningar och kombinera dessa data med uppgifter från externa databaser, t ex när det gäller ingående material och råvarukällor, processdata från elementfabriken, transportdata och byggplatspecifika omständigheter, kommer det kunna vara möjligt att framställa ett robust och tillförlitligt datorbaserat hjälpmedel som kraftigt underlättar genomförandet av, och förbättrar precisionen i, livscykelanalyser för specifika byggelement, tillverkade vid en specifik elementfabrik och monterade i en specifik byggnad i ett specifikt geografiskt läge.

## Tydlighet kring LCA konceptet

De som primärt kan dra nytta av ett datorbaserat hjälpmedel för LCA-beräkningar är betongelementtillverkare och deras kunder – byggentreprenörer och byggherrar. Betongelementtillverkare kommer att kunna redovisa tillförlitliga och kvalitetssäkrade LCA-data till byggherrar eller deras konsulter.

Efterfrågan på sådana data är intensivt växande i en tid då miljöcertifieringar av byggnader blir allt vanligare och krävs allt oftare. Det kommer att ligga ett stort fokus på att använda nationella, och om möjligt internationella, databaser för hämtning av miljöprestanda. Mest fördelaktigt för den europeiska marknaden är att identifiera "Programme operator" som kan vara behjälpliga i att sätta upp och underhålla en sådan databas. Detta då det innebär en hel del administrativt arbete att nå statusen "Programme operator" i det internationella EPD systemet.

## Skapa jämförbarhet och konkurrensfördelar

De viktigaste vinsterna med projektet ligger i att hanteringen av LCA-beräkningar, som idag endast görs i liten skala och mer eller mindre manuellt, skulle effektiviseras drastiskt och därmed kunna genomföras både billigare och säkrare hos elementtillverkaren. Vidare kommer det med stor sannolikhet i framtiden att vara en konkurrensfördel att på ett enkelt sätt kunna erbjuda kunden en LCA-redovisning. Slutligen kommer interna förbättringar kunna effektiviseras då det tydligt kommer gå att se vilka av betongelementets produkter som har störst miljöpåverkan.

Resultatet förväntas kunna utgöra ett slags "proof of concept" som ska kunna peka på ett system för generisk tillämpning inom byggindustrin. Det ska, med andra ord, finnas goda möjligheter att "adoptera" projektresultatets metod för tillämpning inom andra byggprodukttyper.



# PROJEKTOMFÅNG

## Projekt mål

Målet är att i IMPACT kunna relatera betongelement till både deklarerade produkter och funktionella enheter. Detta då IMPACT besitter en unik informationsdatabas med kopplingen mellan projektör och fabrik - digital och ständigt uppdaterad.

Projektet kommer att visa på en ide om hur ett verktyg för att analysera miljöpåverkan för byggnaden under pågående projektering kan fungera. Allt eftersom projekteringsarbetet växer fram kommer miljöbelastningen att gå att följa, vilka val som görs kan diskuteras och nya alternativ kan tas fram. Projektörens val av material och komponenter länkas med fabriken specifika materialval. Således kan aktörerna arbeta på som vanligt medan IMPACT hanterar beräkningar och illustration av miljöpåverkan för samtliga.

Detta projekt har som mål att:

1. Ge parter i byggprocessen verktyg för att bedöma och deklarerat miljöpåverkan av ett betongelement.
2. Koppla samman betongelementstillverkarens inköpsprocess med miljöpåverkan från betongelement.
3. Ge ett redskap för att bedöma miljöpåverkan av en betongstomme i ett tidigt projekteringsstadium.
4. Ge ett redskap för att genomföra snabba och tillförlitliga bedömningar av miljöpåverkan från fabrikslager till byggplats.

## Projektorganisation

Deltagare i projektet:

Johnny Kronvall	Projektledare	StruSoft AB
Tina Forsell	Kvalitets- och miljöchef	Abetong AB
Christian Säaf	IT-ansvarig	Abetong AB
Stefan Havner	Teknisk support	Abetong AB
Håkan Hansson	Utvecklingschef	StruSoft AB
Peter Karlsson	Affärsområdeschef	StruSoft AB
Christoffer Jonsson	Konceptutvecklare	StruSoft AB

Referensgrupp till projektet:

Hans Hedlund	Skanska samt SBUF
Mårten Grotérus	Skandinaviska byggelement
Jonas Magnusson	NCC
Ronny Andersson	Cementa samt Smart Built Environment

## Tidsplan

Projektid: 1 juni - 31 dec 2016

**Tabell 1. Tidsplan och kostnadsbudget för projektet.**

Aktivitet	Tid start/slut 2016	Kostnad kkr
Inventering av allmänna förutsättningar för projektet	Juni-Juli	150
Inventering av databehov och specifikation av krav på modul i IMPACT	Juli-Augusti	150
Utveckling av modul i IMPACT	Augusti-Oktober	250
Implementering av pilotprojekt på Abetong	Oktober-December	100

Utarbetande av SBUF-rapport och tidskriftsartikel	December	50
Resekostnader		25
Summa		725

## Finansiering

Total projektkostnad (SEK): 725 000

Egen finansiering i form av tid (SEK): 375 000

Sökt bidrag från SBUF (SEK): 350 000

## Avgränsningar

Projektet avgränsades till att omfatta ett pilotprojekt från prefableverantören Abetong. Detta begränsade i sin tur mängden artiklar och fabriksdata som behöver samlas in.

I projektet och i IMPACTs databas finns information om fönster och dörrar som placeras i elementet i fabriken, men dessa komponenter valdes av projektgruppen att inte behandlas. Detta då det var lika många olika fönster och dörrar som övriga artiklar i projektet. Det är svårt att få någon strukturerad miljödata då fabriken inte vet vem som är leverantör av dörrar och fönster utan får dessa artiklar skickade till sig av slutkund.

Fabrikens förbrukning av material och resurser finns tillgänglig på fabriksnivå. Det går således inte att härleda var i fabriksprocessen en resurs eller material förbrukas. Aktiviteter som lyft, transporter, slipning eller gjutning kan inte specificeras utan bara den totala vatten- och energiåtgång samt avfall som kommer från fabriken.

Den webbaserade tjänsten OneClickLCA har många, men inte alla typer av material och artiklar, som ingår i pilotprojektet. Projektgruppen beslutade att använda det som finns tillgängligt i dagsläget i OneClickLCA i så stor utsträckning som möjligt. Detta resulterar i att även om det finns vetskap om vad artikeln innehåller blir artikeln nedreducerad till att bara innehålla exempelvis plast, stål eller plåt i OneClickLCA.

## Redovisning

Projektresultatet kommer att redovisas dels i denna rapport till SBUF, dels som tidskriftsartiklar i byggfackpressen; Bygg & Teknik Nyhetsnotis (Januari 2017), Bygg & Teknik:s temanummer "Betong" (Oktober 2017), Concrete Plant International (Våren 2017) samt i StruSoft Magazine.

Vidare kommer en eller flera demonstrationer/workshops kring det nya redskapet att genomföras vid olika typer av sammankomster för byggfackfolk.

Målgruppen för information om resultatet är byggfackfolk i vid bemärkelse, med tonvikt på prefabprojektörer, byggtreprenörer, byggherrar, miljökonstuler med flera.

# METODIK

## Val av metod

Metodiken för projektet behövde tillgodose både de teoretiska aspekterna av miljöberäkningar såväl undersökningar av den verklighet som prefabriceradbetong aktörerna befinner sig i. Kopplingen mellan de teoretiska miljöaspekterna och verkligheten måste närmas varandra i ett samspel till det mjukvarukoncept som skapades. Det föll sig naturligt att använda sig av en abduktiv metodansats, som innebär just en successiv iteration mellan empiri och teori. Detta med motiveringen att en initial kvalitativ undersökning behövs för att identifiera de krav och förväntningar som idag finns i branschen uppföljt av en kvantitativ mjukvaruundersökning där tekniska begränsningar och databehandling kan identifieras.

## Kvalitativ intervjuundersökning

Projektets ambitionsnivå var högt satta och ämnade tillfredsställa ett växande behov av LCA-beräkningar i prefabbranschen. Intervjuobjekt valdes via ett strategiskt och pragmatiskt urval baserat på tillgänglighet. Urvalet inriktade sig på att få med flest möjliga aspekter bland aktörerna samt så många aktörer som möjligt.

Urvalet anonymiserades då syftet är att få fram information, kunskapsläge och mönster inom branschen och inte specifika aktörers ställning eller åsikter. Aktörer inom prefabtillverkning, materialspecialister, byggherrar, myndigheter, miljöorganisationer, konsulter samt mjukvarutillverkare inom LCA kontaktades.

Intervjuerna skedde i form av öppna frågor där intervjuaren sökte efter individens förståelse i ett informellt och ostrukturerat intervjuformat med deltagande observationer. Intervjuerna skedde fortlöpande allt eftersom kontakt upprättats. Nya uppslag till kontakter uppkom spontant under intervjuerna och diskussionerna.

## Kvantitativ mjukvaruundersökning

För att omsätta det som framkom under intervjuerna till praktik valdes att utveckla ett mjukvarukoncept som generaliserade de behov som framkommit hos aktörerna. Konceptet användes genom hela projektet för att kommunicera och diskutera kring praktiska aspekter.

För att omsätta mjukvarukonceptet till ett proof of concept valdes att pragmatiskt identifiera ett pilotprojekt hos Abetong. Mjukvarukonceptet närmades därefter iterativt genom att informera och diskutera aspekter som framkommit i programmeringen varje eller varannan vecka.

Succesivt kunde konceptet generaliseras från pilotprojektet till en mer generell arbetsgång för prefabtillverkare, det samma gällde den utvecklade modulen.

## Genomförande

Projektets genomförande hängdes upp på projektets tidsplan vilket innefattade delmomenten uppstartsmöte med projektgruppen, diskussion kring resultatet av projektet samt avslutande rapport. Aktiviteter planerades in utifrån de datum som sattes för dessa tre tillfällen för avstämningar.

Före uppstartsmötet påbörjades intervjuer med aktörer i prefab-branschen samt inventering av dagsläget i skärningspunkten mellan Building Information Model (BIM), miljödeklarering och digitalisering. Informationen sammanställdes till ett utkast av ett mjukvarukoncept.

Efter uppstartsmötet togs ett pilotprojekt fram, fortsatta intervjuer och externa aktiviteter genomfördes. Dessutom omvandlades mjukvarukonceptet via iterationer till en fungerande modul som validerades mot existerande beräkningsverktyg.

Slutligen presenterades resultaten från modulen för projektgruppen. Därefter sammanställdes denna rapport.

## Intervjuer

En lista skapades av intressanta aktörer i prefab-branschen som skulle kunna erbjuda relevanta synpunkter och information om prefabbranschen och LCA samt vilka problem som behöver lösas. Efter några av de initiala intervjuerna hade listan växt till 39 aktörer inom segmenten prefabtillverkning, materialspecialister, byggherrar, myndigheter, miljöorganisationer, konsulter samt mjukvarutillverkare inom LCA. Av dessa lyckades kontakt och intervju genomföras med 26 stycken.

Intervjuerna skedde via telefon och anteckningar togs under samtalet. Uppföljande frågor ställdes kring behovet av mjukvara som snabbt kan genomföra LCA och miljöbedömningar. Nya kontakter att utforska vidare uppkom ibland spontant.

Intervjumaterialet sammanställdes till en punktlista över dagsläget inom just den snittyta som projektet fokuserade på.

## Uppstartsmöte med referensgrupp

Ett förslag på referensgrupp lämnades in i SBUF-ansökan och SBUF lade till ytterligare förslag på personer. Som plats för uppstartsmötet erbjöds Abetongs prefabfabrik i Falkenberg, med förmiddagen avsatt för diskussion kring projektet och eftermiddagen för rundvandring i fabriken.

Under mötet presenterades mjukvaran IMPACT, en nulägesanalys av kopplingarna mellan prefab, BIM, miljöorganisationer och digitaliseringsmöjligheter. Förmiddagen avslutades med en presentation av utvecklingskonceptet och diskussion med referensgruppen.

## Deltagande i externa aktiviteter

Under projektets tidsram gjordes kopplingar till externa organisationer och events för att fördjupa kunskaper och utöka kontaktnätet, detta då det nya konceptet testades och utvärderades mot många olika discipliner och experter inom LCA.

En erfaren konsult från Tyréns knöts tidigt till projektet som stöd och för expertkommentarer under projektets gång. Detta skapade en bra förståelse för risken att generalisera LCA-beräkningar utan att ta hänsyn till systemet som studeras.

Två besök hos NorNET LCA's seminarium genomfördes. Det första innebar informationsinhämtning och under det andra seminariet fanns möjlighet att presentera projektet och sprida de koncept som tagits fram bland byggorienterade aktörer med miljö- och LCA fokusering.

En organisation som har en bredd fokus inom många branscher är Swedish Life Cycle Center, där det finns en plattform för att dela erfarenheter och driva projekt i övergripande LCA frågor. Ett besök gjordes där projektet kunde presenteras och diskuteras.

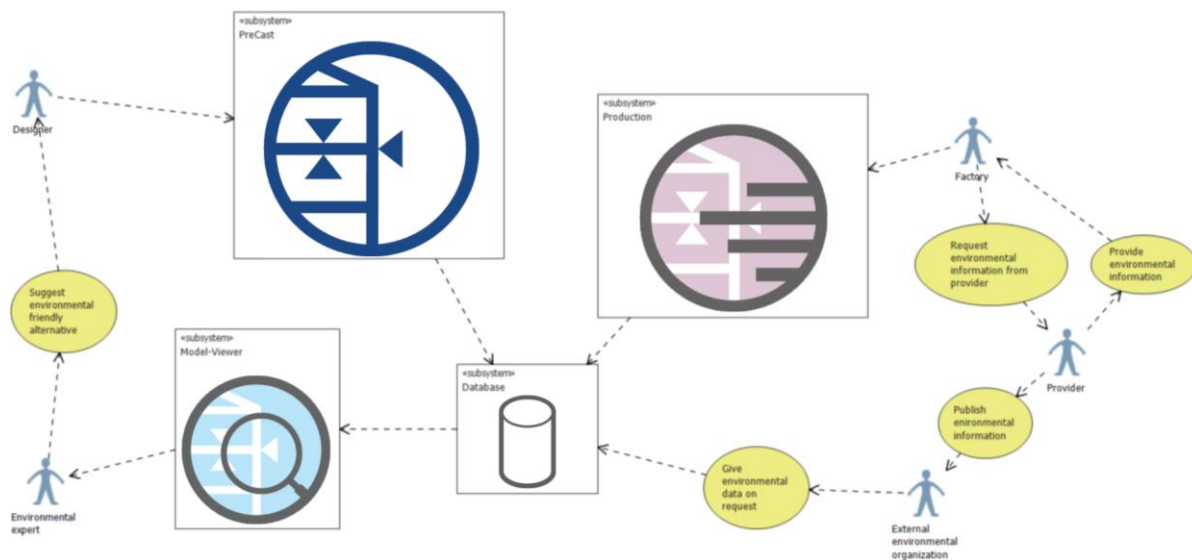
På Statens Institut för Standarder besöktes en presentation av ett standardförslag för en kompletterande PCR för betong, prEN16757. Förutom detta presenterades andra intressanta aspekter kring LCA-verktyg och koldioxidupptag samt hur detta kan tas hänsyn till inom standardiseringsarbetet.

Smart Built Environment är en organisation som fokuserar på att minska miljöbelastningen inom byggsektorn och bedrivs med lika delar statlig finansiering och företagsfinansiering. En öppen workshop genomfördes där idéer och framtidsplaner diskuterades och sammanställdes.

## Mjukvarudesign av prototyp

För att designa prototypen på ett snabbt och effektivt sätt användes iterationer, där varje iteration innebar möjlighet till förändring och diskussion kring konceptet i projektgruppen.

Iterationerna gjorde att mjukvarukonceptet blev tydligare och mer koncist under projektets gång, se Figur 4, samtidigt som projektets medlemmar kunde se förändringar och delta i diskussionen.



Figur 4. Mjukvaruutvecklingskonceptet illustrerat i ett use case diagram för tydliggörande i kommunikationen i projektet.

Iterationerna kan sammanfattas till följande steg:

- Ett gränssnitt presenterades där knappar, tabeller och påhittade data kunde visas.
- En databasdesign skapades med en inneboende logik för hur kopplingen mellan fabrikslager och konstruktörsval av material skulle fungera.
- En designstruktur sattes upp för att lagra och strukturera inmatning av EPD data i dess moduler.
- Beräkningar för att omvandla material till standardiserade enheter skapades samt kopplades mot EPD data.
- Möjlighet till att simulera en specifik fabrik via processer och vad varje process åsamkar för miljöpåverkan i form av avfall, elektricitet och bränslen skapades.
- En kopplingsmöjlighet gjordes till OneClickLCA för att kunna göra EPD beräkningar för hela prefabricerade betongelement.
- En struktur för att mata in detaljerad information för artiklarna som ingick i pilotprojektet skapades med en tillhörande databaslogik.
- När modulens indata hade samlats in, konverterats till EPD på element nivå, kunde en jämförelse göras med ett existerande verktyg, Excel-fil från Svensk Betong.

## Antaganden

I projektet gjordes en rad antaganden för att snabbare komma fram till ett resultat, detta då syftet var att utreda digitaliseringsaspekten av LCA i prefab, inte nödvändigtvis göra en fullständig implementering.

IMPACTs miljömodul delar upp förbrukningsresurserna (avfall, elektricitet, diesel etc) från fabrikerna på deras respektive produktionsvolym av elementtyper. Avfall räknas ut per ton elementtyp, vilket gör att när ett nytt element produceras multipliceras dess totala vikt med avfallskvoterna.

Endast EPD modulerna A1 - A3 har använts då den information som finns tillgänglig i IMPACT och hos fabrikerna är kontrollerad och av tillräcklig kvalitet för detta ändamål. För att göra ytterligare EPD moduler

måste informationen i IMPACT kontrolleras och korrigeras så att den kan användas i syfte att bedöma miljöpåverkan (transporter till site, installationsinformation, hållfasthetsklass, livslängd, ljudkrav etc).

Artiklarna är uppskattade efter bästa förmåga vad gäller vikt, leverantör och transporterad distans. Avstånden artiklarna har färdats från leverantör till fabrik är estimerade med koordinat i mitten av den stad som angetts, t.ex. Örebro Varberg, där modulen beräknar avståndet i avrundade kilometer. Modulen antar att alla transporter sker med "Trailer combination, 40 ton capacity, 50 % fill rate" (worst case scenario approach).

Modulen räknar om alla artiklar till en vikt i kilogram (från meter, per styck eller från geometrisk volymeräkning). Modulen gör idag antagandet att hela volymen är betong, och drar sedan av den vikt som har indikerats med en specifik artikel. Om en ny artikel hittas av systemet men inte finns dokumenterad i miljömodulen, kommer den att anta att det är betong (worst case scenario approachen). Detta leder till att om användaren av modulen inte anger något förutom betongreceptet kommer hela elementets massa antas vara betong. Detta gör att det finns ett incitament att lägga in så mycket som möjligt för att reducera mängden betong (och i förlängningen mängden cementen i receptet).

## Reliabilitet och validitet

Tillförlitligheten i den abduktiva metodansatsen delas här upp i dess undersökande kvalitativa respektive kvantitativa del. Projektets vikt har varit fokuserat på att nå fram till ett koncept och utreda giltigheten i resultatet mot befintliga modeller. Med tanke på att projektet ämnade vara av typen förstudie har reliabilitet och validitet hanterats därefter.

### Reliabilitet

Metodens kvalitativa intervjuer har gjorts av författaren och efter dennes bästa förmåga. Då inga andra intervjuare har förekommit går det inte att jämföra intervjuobjektens svar baserat på vem som intervjuar. Under intervjuerna togs anteckningar som därefter strukturerades, bearbetades och generaliserades. Det har framkommit ett medhåll i hur intervjuobjekten ser på sin situation i förhållande till mjukvarukonceptet oavsett var aktören befinner sig i prefabkedjan. Då mängden intervjuobjekt varit så pass stort och synen på branschen likartad kan det som framkommit i intervjuerna antas vara pålitligt.

Den kvantitativa mjukvaruutvecklingen har använt sig av ett iterativt mönster där varje iteration har kommunicerats med potentiella slutanvändare av systemet. Detta har gjort att ett tydligt fokus på kundnyttan av mjukvaran skapades. Dessutom fanns ett befintligt verktyg att använda som referens och styra strukturen.

Handledning har skett med såväl erfaren senior projektledare från StruSoft AB som en referensgrupp med gedigen erfarenhet av betongbranschen, samt kunskap om behov inom LCA och miljöbedömningar.

### Validitet

Det primära målet med projektet, och det som avsågs att mätas, var möjligheten, enkelheten och snabbheten i att ta fram precisa miljödata för ett prefabricerat betongelement genom mjukvarusystemet IMPACT.

Ingångsvärdena till konceptet identifierades genom att engagera en bredd av aktörer inom olika segment i prefabkedjan. Detta gjorde att en summerad och generaliserad bild av behovet av LCA i prefabbranschen växte fram. Denna typ av triangulering gjorde att konceptet upplevs som genomtänkt och generaliserbart till alla aktörer inom prefab.

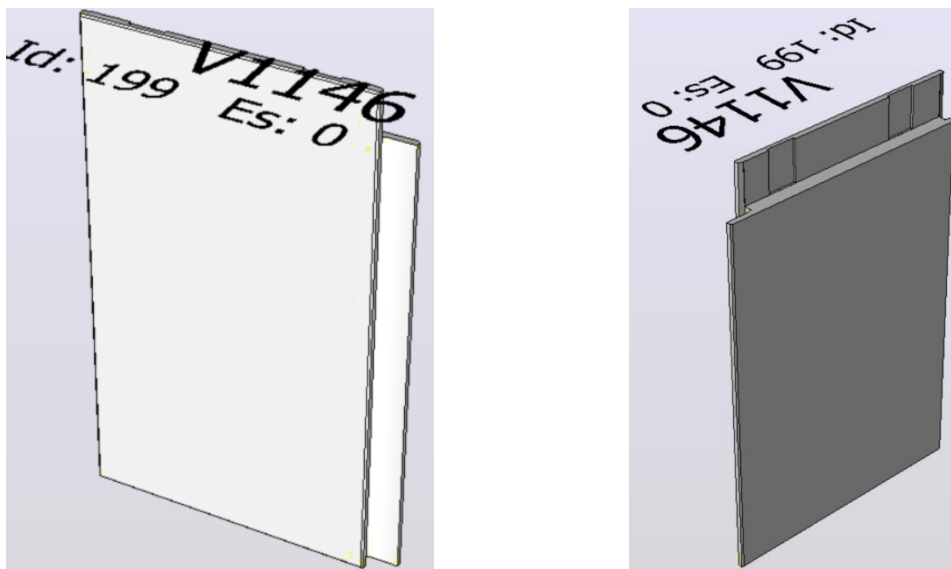
Metoden lämpar sig för mjukvaruprojekt där målet är att ta fram en prototyp med ett väl genomtänkt koncept som grund. Den iterativa mjukvaruprocessen gjorde det möjligt att under projektets gång korrigera konceptet och fokusera på de problem och hinder som låg närmast.

## RESULTAT

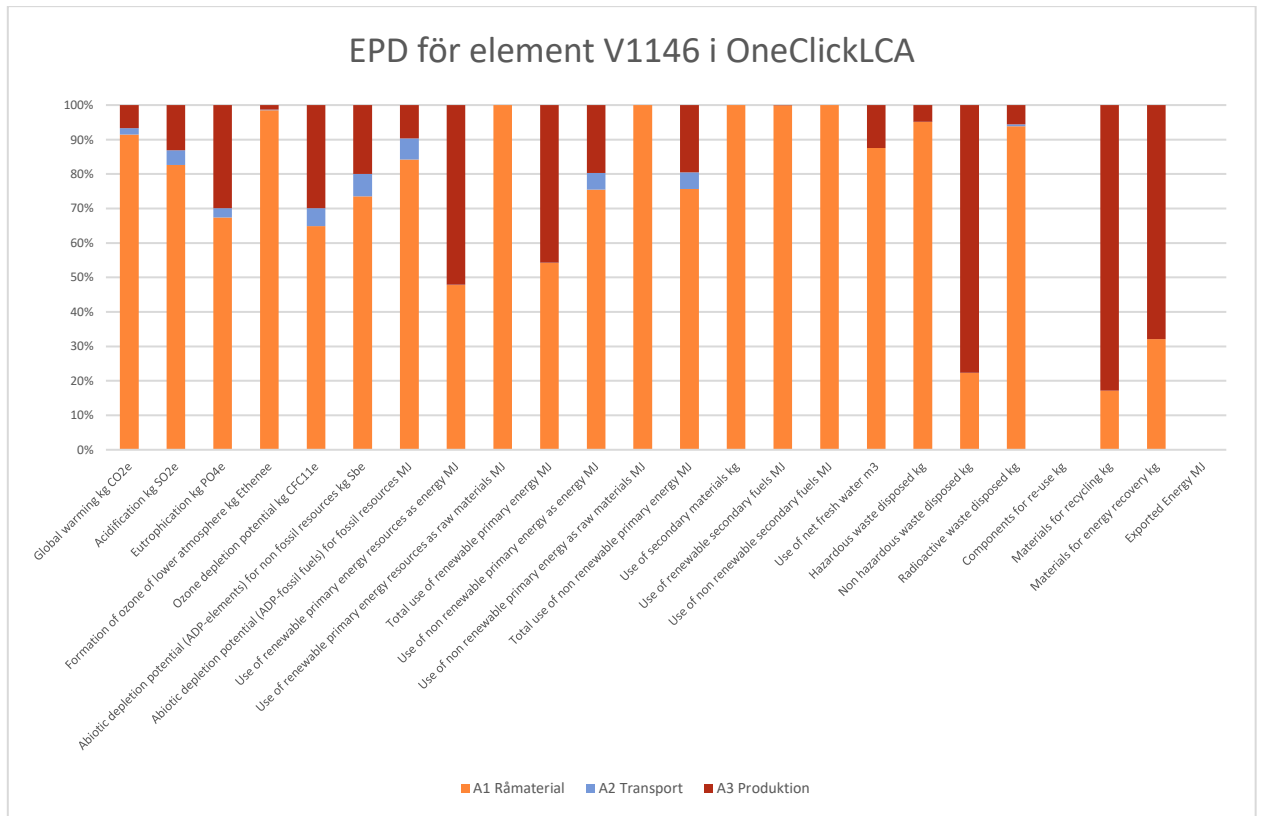
De resultat som erhållits från implementeringen av IMPACTs miljömodul visar att kombinationsmöjligheterna mellan en tydlig definition av artiklar och EPD:er på elementnivå gör att specifika miljödata kan tas fram för alla faser i materialflödet. Vidare är inköpsprocessen för företaget avgörande för att kunna påverka miljöbelastningen. Om en förbättring ska kunna uppnås måste det gå att göra konsekvensanalyser redan i upphandlingsskedet. Dessutom måste IMPACT ha kännedom om materialens flöden från underleverantör till fabrik och kunna hantera detta.

### Miljöutvärderingsresultat

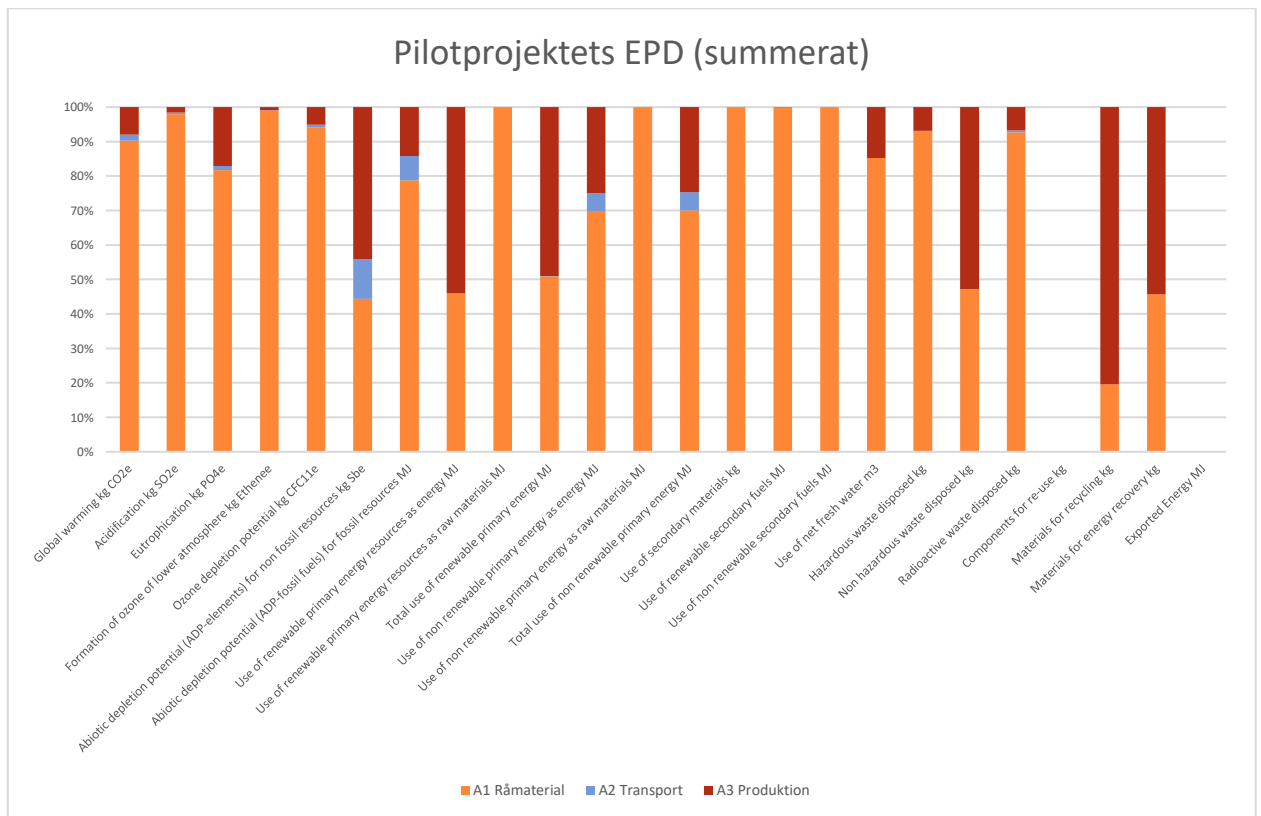
De primära resultat som IMPACTs miljömodul genererar är prefabelementets artiklar med tillhörande vikt, enhet, leverantör, transport i kilometer och miljöklassificering i OneClickLCA. Elementet som valdes för studien kan ses i Figur 5. Utifrån artikellistans innehåll görs en beräknad EPD (A1-A3) från OneClickLCA med tillhörande källor för beräkningen. Resultatet kan fås per element, se Figur 6, men kan även summeras för ett helt projekt, se Figur 7. Diagramen är normaliserade för att dölja de exakta värdena i EPDerna. I modulen kan användaren se värdena i dess enhet t.ex. global uppvärmning i kg CO<sub>2</sub>-eq.



Figur 5. Element i pilotprojektet för jämförelse mot existerande verktyg och beräkning i OneClickLCA.



Figur 6. Beräknad EPD i OneClickLCA för element V1146.

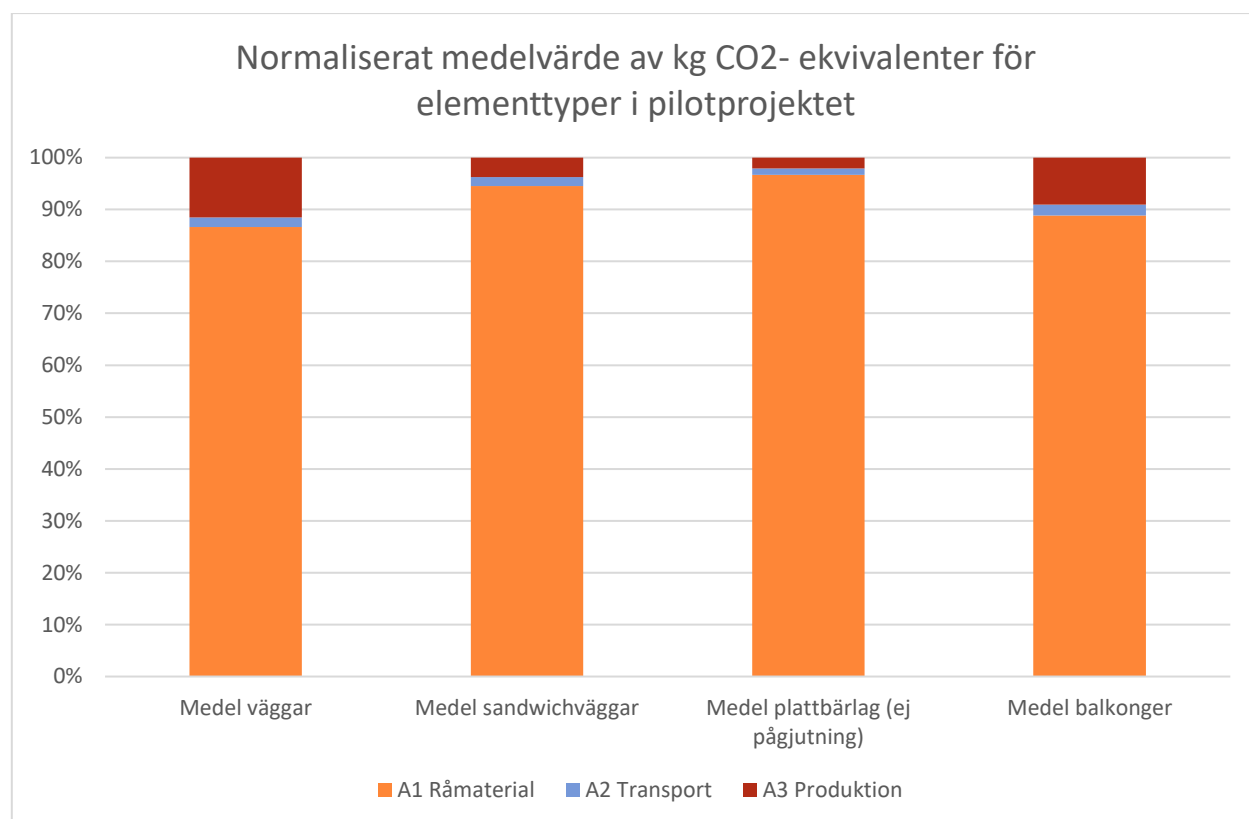


Figur 7. Summerad EPD för betongstommen i pilotprojektet.



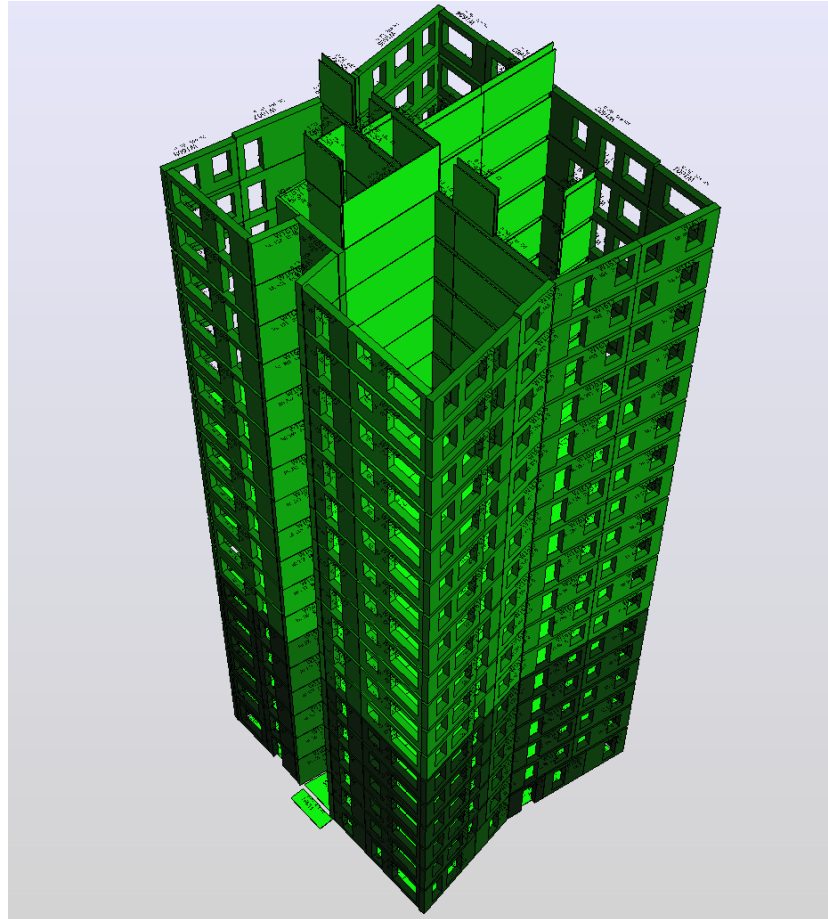
Även om ingångsvärdena för Svensk betongs excelverktyg och OneClickLCA var samma blir en jämförelse av resultaten mellan element EPD:er inte relevant. Detta då detaljnivå och metodik skiljer sig åt mellan de två verktygen. Då projektet befinner sig i LCA-trappans andra steg är inte syftet att säkerställa jämförbarhet mellan olika beräkningsmetoder utan snarare kunna bedriva interna förbättringar av sin verksamhet på ett kostandseffektivt sätt.

Utöver dessa riktade resultat som projektets mål innefattade sparar IMPACT vilken fabrik som producerar ett specifikt element och kan därigenom beräkna en fabriksbelastning över tid (per månad, år etc). Dessutom kan ett medelvärde av en specifik elementtyp (t.ex. plattbärlag) genereras fram antingen för en specifik fabrik eller för flera fabriker, se Figur 8. Då en EPD innehåller 24 variabler fördelade i åtskilliga moduler (här endast A1 – A3) kan IMPACTs miljömodul generera data på en hög detaljnivå, exempelvis kg CO<sub>2</sub>-eq från transporter av artiklar till en specifik fabrik eller en specifik fabriks medelutsläpp av kg CO<sub>2</sub>-eq vid produktion av ett plattbärlag.



**Figur 8. Medelvärde för kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter normaliserat och uppdelat per elementtyp.**

I IMPACT kan man på samma sätt som ovan beskrivit visa en rad olika kombinationer av information i en enkel och tydlig färgskala. Det gör det enkelt för olika parter i processen att relatera till de mål man sätter upp. I Figur 9 visas den modell som samtliga i projektet kan se. Här har en relativ färgskala för pilotprojektet lagts in (minst påverkan har ljusgrön färg, mest påverkan har mörkgrön färg) som visar den funktionella enheten kg CO<sub>2</sub>-eq / m<sup>2</sup> / år av de element som ingår.



Figur 9. EPD variabeln kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter / m<sup>2</sup> / år i en relativ färgskala för illustration av påverkansgrad.

## Mjukvaruutvecklingsresultat

Under projektets gång har det blivit tydligt att IMPACTs struktur och databas innehåller en detaljnivå som är fokuserad på konstruktion och gjutning av prefabricerade betongelement, och passar väl in med den information som behövs i en miljöbedömning. Informationen och detaljrikedomen inom området är hög, och för att passa in miljömodulen har ytterligare detaljer behövts förfinas.

Allt som ingår i projektet har fått en artikeldefinition (ingjutningsgods, betong receptets ingående råmaterial, avfall från fabriken, elektricitet etc) i en förenklad materialhanteringsstruktur. Detta gör att all artikelinformation lagras och kopplas samman med IMPACTs befintliga databas, vilket gör implementeringen hos användaren enkel och förhållandevis snabb. Detta eftersom IMPACTs miljömodul redan vet vilka artiklar som behöver definieras samt hur informationen ska paketeras om för att användas i OneClickLCA.

Spårbarhet i vilka artiklar och vilken miljöpåverkan de betingar kopplas samman i databasen och kan visa på i vilket element, elementtyper eller projekt som påverkas och hur mycket. Detta tydliggör för involverade aktörer vilka material, transporter och avfall som påverkar projektet.

## Tredjepartsutvärdering av IMPACTs miljömodul

En konsult på Tyréns, Nicklas Magnusson, knöts till projektet och fick i uppdrag att skriva ett PM där syftet var att belysa hur IMPACT förenklar framtagandet av en verifierad EPD från "cradle-to-gate" för ett betongelement samt ge riktlinjer för vad som behöver göras för att ta fram en verifierad EPD från "cradle-to-gate" med funktionskrav.

Resultaten från IMPACTs miljömodul och de resultat som OneClickLCA returnerade för betongelementet som undersöktes användes som ingångsmaterial för utvärderingen. Utvärderingen resulterade i en checklista där aktiviteter ingående för att skapa en verifierad EPD sammanställdes och IMPACTs miljömoduls resultat utvärderades, se Tabell 2 för de sammanfattande resultaten.

Aktiviteterna i checklisten är sammanställda baserade på dokumenten:

- Verification report for EPD of construction products in the International EPD® System (The International EPD® System, 2016),
- PCR "Construction Products and Construction Services" (Erlandsson, 2016) som gäller inom The International EPD® System,
- General Programme Instructions for the International EPD® System (The International EPD® System, 2015) och
- SS EN 15804:2012 Hållbarhet hos byggnadsverk - Miljödeklarationer - Produktspecifika regler.

**Tabell 2. Sammanfattande checklista "På väg mot EPD"..**

Steg/aktivitet	Framgår
<b>1. PCR</b>	
Identifierat PCR hos programoperatör	Nej
Angivelse om EN 15804	Ja
<b>2. LCA och 3. EPD</b>	
LCA-rapport	Nej
Generell information kring LCA-rapport	Nej
Syfte och mottagare	Ja
Deklarerad enhet	Ja
Beräkning av medelvärden	Ja
Produktsammansättning	Delvis
Beskrivning av tekniska och funktionella egenskaper och användningsområde	Delvis
Flödesdiagram	Nej
Systemgränser	Delvis
Elmix	Ja
Cut-off kriterier	Delvis
Datainsamling	Ja
Val av bakgrundsdata	Delvis
Allokering	Delvis
Information om livscykelmodellering	Nej
Information om LCIA (life cycle impact assessment)	Delvis
Tolkning	Nej
Ytterligare information	Nej
<b>4. Verifiering</b>	Ingår ej i projektet
<b>5. R &amp; P</b>	Ingår ej i projektet

Magnusson skriver bland annat i sitt PM att "Även om Tabell 1 och Tabell 2 (här Tabell 2, red. anmärkning) indikerar att flera aktiviteter behöver hanteras för steget till verifierad EPD (för A1-A3) bedöms ändå arbetet vara på god väg mot verifierad EPD. Sammanfattningsvis bedöms IMPACT bistå med hög kvalitet av data och bidra med stora möjligheter för utvecklingen av, och tillgången till, miljödeklarationer."

## Arbetsgång i IMPACTs miljömodul

För att kunna använda IMPACTs miljömodul måste en rad information samlas in och en specifik arbetsgång användas. Först måste alla ingående artiklar i projektet identifieras. Detta är dels artiklar ingående i elementet (ingjutningsgods, armering, betongreceptets ingående material etc.) men även de artiklar som beskriver fabriken energiåtgång, vatten och avfall.

När alla artiklar har identifierats måste en konstruktörskunnig person beskriva de artiklarna som ingår i konstruktionen (huvudsakligt material, vikt, leverantör) och en miljökunnigperson måste beskriva hur de olika energi, vatten och avfallsartiklarna relaterar ett ton av en specifik elementtyp. När alla artiklar är identifierade och validerade av en kunnig person kan artiklarna matchas mot OneClickLCAs databasbenämningar. All data måste matas in i modulen antingen manuellt eller via ett programmerat förfarande.

När IMPACTs miljömodul startas kommer en Excellista innehållandes just det elementets specifika artiklar (komponenter, material, avfall, energi etc.) genereras ut per elementritning från de projekt som valts. Dessa listor kan laddas upp i OneClickLCA via importfunktionen i webgränssnittet och en EPD beräkning sker. EPD informationen sparas ner per element.

IMPACTs miljömodul kan därefter läsa in EPD informationen och strukturerar upp länkningen i IMPACTs databasstruktur. Därefter kan visualiseringsalternativ väljas, t.ex. kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter / m<sup>2</sup> / år.

## DISKUSSION

Då projektet ämnade skapa en ny struktur där ingen egentlig digital och automatiserad metod fanns tillgänglig var det svårt att utvärdera resultat i relation till någon befintlig applikation eller tjänst. Under projektets gång har det framkommit en rad olika angreppssätt på problemet med att göra LCA mer digitalt och automatiserat. Dock blir effekten och risken av att förenkla och automatisera en komplicerad process, såsom en LCA-beräkning, att transparensen blir lidande och att risken är stor för allt för generella antaganden. Men då byggindustrin står inför ett skifte i att börja arbeta mer fokuserat kring miljöbelastning måste det finnas ett smidigt och kostnadseffektivt sätt att komma igång med arbetet redan idag.

De initiala intervjuerna var av signifikant betydelse för att förstå problematiken ur prefab-branschens aktörers perspektiv. Då hela värdekedjan för ett lyckat prefabprojekt är tätt sammansatt av aktörer som beror av varandra blir informationsdelning en central del. Det måste finnas något att utgå ifrån när diskussioner sker internt samt mellan aktörer. Kraven kommer alltid att variera och varje projekt har sina specifika aktörer, därför måste ett standardiserat format användas för kommunikation, exempelvis EPD:er.

En aktör uttrycker att miljöstandarder är bra, men att det också kan slå ut aktörer som inte har "rätt" standard tillgänglig i t.ex. en upphandling. Det framkommer från flera aktörer att fokus idag ligger på att fasa ut farliga ämnen och att EPD:er är ett tydligt nästa steg, men att det kommer krävas en kombination av dessa.

I dagsläget kan OneClickLCA inte automatiseras mer än att möjligheten finns att ladda upp en förfylld Excelfil. Skulle det däremot i framtiden skapas digitala knytpunkter skulle beräkningarna kunna ske direkt i IMPACT beroende på internetuppkoppling, om användaren har angett sina specifika data samt har en licens för beräkningar.

Med IMPACTs miljömodul skulle det vara möjligt att ge aktörer inom prefab-betong ett verktyg som kan fungera i deras existerande arbetsprocess, men även snabbt ge återkoppling på den del av miljöbedömningsaspekten som är intressant för just det projektet. Varje konstruktionsprojekt har olika förutsättningar, mål och krav. Då IMPACTs miljömodul har tillgång till ritningar, dimensioner, visualiseringsmöjligheter i 2D och 3D samt koppling till materialhantering kan funktionella krav läggas till i den EPD som beräknas, vilket skulle ge en kraftfull struktur för att utvärdera olika lösningar på konstruktionen i form av material, fabrikseffektivitet och optimering av transportlogistiken hos ingående råmaterial.

Enligt LCA-trappan ligger projektet i trappsteg 1 och 2, vilket gör det ändamålsenligt för att dokumentera och börja förbättra den egna produkten. Vad gäller jämförbarhet mellan produkter och med produkter och byggnadsverk av andra material krävs det ytterligare forskning och utveckling. Även om man begränsar sig till betongstommar är standardiseringsarbetet inom vad som är en funktionell enhet och vad den innehåller för exakta parametrar idag inte inarbetat i branschen.

För att utveckla modulen ytterligare skulle relativt enkelt andra indata kunna kopplas till artiklarna som definieras i inköpsprocessen, exempelvis säkerhetsdatablad och kemikalieinformation. Detta skulle komplettera modulens användningsområde och därigenom kunna automatisera ytterligare administrativt arbete för att uppnå olika miljöorganisationers krav på indata. Med en EPD, säkerhetsdatablad och kemikaliedeklaration kan de flesta miljöorganisationer göra en bedömning effektivt.

## SLUTSATSER

Syftet med projektet var att digitalisera miljöbedömningen av de råmaterial som fabriken använder genom att skapa en tydlighet för de aktörer som ingår i processen att konstruera, producera och bygga en prefabricerad betongstomme samt att skapa en jämförbarhet med andra material.

Modulen tar ett stort första steg i digitaliseringen av LCA-data för prefab-leverantörer genom att koppla samman IMPACT med OneClickLCA. Då modulen har möjlighet att generera fram standardiserade rapporter specifikt anpassade för prefab-branschen kommer detta att bidra med en tydlighet kring primärt EPD formatet. Dessutom kan komplicerade samband visualiseras i ett gemensamt gränssnitt. Om aktörer börjar använda modulen kommer det att uppstå en diskussion kring olika leverantörers prestanda i förhållande till miljöbelastning samt att betong kommer att kunna bedömas utifrån relevanta funktionskrav istället för endast en total miljöbelastning på ingående råmaterial.

Projektets mål var följande:

1. Ge parter i byggprocessen verktyg för att bedöma och deklarerar miljöpåverkan av ett betongelement.
2. Koppla samman betongelementstillverkarens inköpsprocess med miljöpåverkan från betongelement.
3. Ge ett redskap för att bedöma miljöpåverkan av en betongstomme i ett tidigt projekteringskede.
4. Ge ett redskap för att genomföra snabba och tillförlitliga bedömningar av miljöpåverkan från fabrikslager till byggplats.

Genom att ha genomfört projektet och skapat ett proof-of-concept har följande slutsatser kunnat dras:

1. Projektet har lyckats med att skapa en länk mellan artiklar i ett fabrikslager och miljöpåverkan i form av EPD (A1 – A3) när konstruktören gör sina val av artiklar i ett element. Modulen visualiserar denna miljöpåverkan i t.ex. färgskala, rapporter och grafer för aktörer att studera och analysera.
2. En mall har skapats där inköpsavdelningar tydligt kan se vilken information som behövs för att kunna beräkna miljöpåverkan. Mallen består i att den information som krävs för OneClickLCAs beräkningar av en EPD tydliggörs. Denna information möjliggör konsekvensanalyser innan en ny artikel köps in eller en gammal byts ut. Inköpsavdelningens information kan omvandlas till information för konstruktörer och miljöexperter att ta ställning till i specifika byggprojekt och dess individuella miljömål.
3. IMPACT har möjligheten att snabbt göra en grov konstruktion av byggprojektet och därigenom få ett snabbt överslagsvärde på hur stor miljöbelastning projektet skulle åsamka. I och med den tidiga och snabba konstruktionsmöjligheten kan också riskmaterial identifieras innan projektet har satts igång.
4. Modulen beräknar idag cradle-to-gate (EPD A1 – A3). Detta då informationen från fabriken håller en hög kvalitet och relevans. Vidare moduler kan endast göras med externt beräknade scenarion.

## LITTERATURFÖRTECKNING

Byggnaders klimatpåverkan utifrån ett livscykelperspektiv, Rapport 2015:35

Magnusson, Nicklas., Andersson, Ronny., During, Otto., och Erlandsson, Martin. (2016) LCA för miljöförbättringar. Bygg & teknik 7/16: 12 – 15

Five steps to create an EPD, Environdec, <http://environdec.com/en/Creating-EPD/Five-steps-to-EPD/> (Hämtad 2016-12-13)].

[Kommunicera produkters miljöprestanda med EPD, Environdec, [http://environdec.com/PageFiles/1033/Communicating\\_EPD\\_Swedish.pdf](http://environdec.com/PageFiles/1033/Communicating_EPD_Swedish.pdf) (Hämtad 2016-12-13)].

About Bionova Ltd, Bionova Ltd 2016, <http://www.oneclicklca.com/about-bionova-ltd/> (Hämtad 2016-11-30)