CHALMERS

DATORDRIVEN DESIGN INOM FÖRPACKNINGSUTVECKLING

Hur designprocess i 3DEXPERIENCE möjliggör digitala tester och optimerar förpackningslösningar

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Design och Produktutveckling

ELLEN LINGØY AHLKVIST
STINA OLSSON

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2022
www.chalmers.se

DATORDRIVEN DESIGN INOM FÖRPACKNINGSUTVECKLING

Hur designprocess i 3DEXPERIENCE möjliggör digitala tester och optimerar förpackningslösningar

Ellen Lingøy Ahlkvist
Stina Olsson

Institutionen för industri- och materialvetenskap

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

GÖTEBORG, SVERIGE 2022

Datordriven design inom förpackningsutveckling

Hur designprocess i 3DEXPERIENCE möjliggör digitala tester och optimerar förpackningslösningar

ELLEN LINGØY AHLKVIST
STINA OLSSON

© Ellen Lingøy Ahlkvist, Stina Olsson, 2022

Handledare och examinator: Pontus Wallgren

Institutionen för industri- och materialvetenskap
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Sverige
+46 (0)31-772 10 00

Göteborg, Sverige 2022

FÖRORD

Rapporten avser ett examensarbete på institutionen för industri- och materialvetenskap med omfattning på 15 högskolepoäng som har utförts under sista terminen på högskoleingenjörsutbildningen Design och Produktutveckling på Chalmers tekniska högskola i Göteborg. Projektet är utfört hos och tillsammans med Dassault Systèmes som säljer och utvecklar 3DEXPERIENCE.

Vi vill tacka vår handledare och examinator på Chalmers, Pontus Wallgren för stöd och vägledning mot vårt mål. Vi vill även rikta ett stort tack till vår handledare på Dassault Systèmes, Christina Foley för ditt stora engagemang och för fantastisk hjälp genom hela arbetet. Slutligen vill vi tacka Peter Krantz och resterande kollegor på Dassault Systèmes för ert förtroende, intresse och välkomnande på företaget.

Ellen Lingøy Ahlkvist och Stina Olsson
Göteborg, juni 2022

SAMMANFATTNING

Inför de miljöutmaning som samhället står inför krävs det i större utsträckning att företag levererar hållbara produkter och har en hållbar produktutvecklingsprocess. Genom virtuella upplevelser kan produkter och miljöer visualiseras digitalt vilken i sin tur resulterar till mindre energi- och materialåtgång, mindre CO_2-utsläpp och att andra miljöpåverkande faktorer i alla delprocesser kan kartläggas för att identifiera problem i initiala skeden, eftersom fysiska prototyper kan uteslutas.

3DEXPERIENCE är en online-baserad samarbetsplattform och etta arbete syftar till att undersöka hur 3DEXPERIENCE kan användas som verktyg vid förpackningsutveckling, samt vilka konsekvenser datorbaserad design resulterar i för företag. Som hjälpmedel har ett konceptförslag till en blöjförpackning utvecklats med syfte att undersöka om en förpackningslösning i papp är mer hållbar ur ett miljöperspektiv än den nuvarande förpackningen i plast. Målet är att genom en processvisualisering beskriva hur en digital designprocess kan se ut.

3DEXPERIENCE applikationer inom ENOVIA, CATIA och SIMULIA har använts för att undersöka verktyget samt för att generera ett förpackningsförslag. Applikationer så som *Project Planer*, *3DSwym* och *3DSpace* har använts för kommunikation, struktur och filhantering under arbetet. Modellering, utveckling och utvärdering har genomförts främst med hjälp av applikationerna *Structural Package*, *Human Design* och *Sustainability Assessment.* Djupintervjuer med företag som använder sig av datordriven design i olika utsträckning har genomförts med syfte att analysera vilka konsekvenser användandet av datordriven design kan resultera till.

3DEXPERIENCE kan användas som verktyg inom förpackningsutveckling eftersom det erbjuder applikationer för hållbar produktutveckling, kommunikation, filhantering och modellering och simulering. Datorbaserad design kan resultera i en effektivare designprocess, mindre spill, besparing av tid och kostnader samt mer kvalitativa produkter. Arbetet har resulterat i ett konceptförslag på en blöjförpackning i papp. Slutsatsen är att den nuvarande förpackningen i bioplast släpper ut mindre växthusgaser vid utvinning av material och tillverkning än den nyutvecklade förpackningen i papp. Vidare i rapporten diskuteras det om en LCA är rätt verktyg för att se på hållbarhet ur ett större perspektiv, då plastförpackningar leder till mer långvarig nedskräpning och stör således ekosystem i större utsträckning än vad pappförpackningar gör.

Nyckelord: Datordriven design, 3DEXPERIENCE

ABSTRACT

In the face of the environmental challenges that society stands before, companies are increasingly required to deliver sustainable products and have a sustainable product development process. Through virtual experiences, products and environments can be digitally visualised which in turn results in less energy and material consumption, less CO_2 emissions and other environmental impacts in all sub-processes can be mapped to identify problems at initial stages, as physical prototypes can be excluded.

3DEXPERIENCE is an online based collaborative platform and this study aims to explore how 3DEXPERIENCE can be used as a tool in packaging development, and the implications of computer-based design for companies. To help building a process visualisation, a concept proposal for a diaper package has been developed with the aim of investigating whether a corrugated cardboard packaging solution is more sustainable from an environmental perspective than the current plastic packaging. The focus of the study is to describe what a digital design process could look like through a process visualisation.

3DEXPERIENCE's applications in ENOVIA, CATIA and SIMULIA have been used to investigate the platform and to generate a packaging proposal. Applications such as *Project Planer*, *3DSwym* and *3DSpace* have been used for communication, structure and file management during the work. Modelling, development and evaluation have been carried out mainly using the applications *Structural Package*, *Human Design* and *Sustainability Assessment*. Interviews with companies that use computer-aided design to varying degrees have been conducted with the aim of analysing the consequences of following a computer-driven product development process.

3DEXPERIENCE can be used as a tool in packaging design as it offers applications for sustainable product development, communication, file management and modelling and simulation. Computer-aided design can result in a more efficient design process, less waste, savings in time and costs and higher quality products. The study has resulted in a concept proposal for a cardboard diaper package. The conclusion is that the current bioplastic packaging emits less greenhouse gases during material extraction and manufacturing than the newly developed corrugated cardboard packaging. The report goes on to discuss whether an LCA is the right tool to look at sustainability from a broader perspective, as plastic packaging leads to more long-term littering and thus disrupts ecosystems to a greater extent than cardboard packaging does.

Keywords: Computer-driven design, 3DEXPERIENCE

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Beteckningar 1
1 Inledning 2
1.1 Företagsbeskrivning 2
1.2 Syfte 4
1.3 Mål 4
1.4 Avgränsningar 4
1.5 Precisering av frågeställningen 4
2 Teoretisk referensram 5
2.1 Datorbaserad design 5
2.2 Hållbar utveckling 6
2.3 Interaktionsdesign 7
2.4 Förpackningar 8
3 Metod 12
3.1 Projektplanering 12
3.2 Litteraturstudie 13
3.3 Interna möten på Dassault Systèmes 13
3.4 Intervjuer och datainsamling 13
3.6 Funktionsanalys 15
3.7 Kravspecifikation 15
3.8 Konceptgenerering 15
3.9 Konceptutveckling och konceptutvärdering 17
4 Resultat 24
4.1 3DEXPERIENCE som verktyg 24
4.2 Slutkoncept förpackning 29
4.3 Processvisualisering 32
5 Diskussion 38
6 Slutsats 41
Referenser 43

BETECKNINGAR

CAD – förkortning av computer aided design (datorstödd design)

Dashboard – fönster och arbetsyta med en samling av widget:ar uppdelat i flikar

LCA – livscykelanalys

LDPE – lågdensitetspolyeten, mjuk plast

Widget – förkortning av window gadget, ett litet fönster i en skärm med dynamiskt innehåll

1
INLEDNING

En designprocess kan se olika ut beroende på vilken produkt som utvecklas och vilket företag som utvecklar produkten. Processen kan vara helt fysisk, med fysiska prototyper och tester. Andra vill hålla processen så gott som helt digital med datorbaserad design och simuleringar. Simulering kan beskrivas som ett sätt med hjälp av ett datorobjekt skapa en så verklighetsbaserad miljö som möjligt, för att förutspå och analysera potentiella händelser. Resultatet från simuleringen används för att optimera en produkts kvalitet utifrån olika aspekter, så som hållfasthet, volym, miljöpåverkan och kostnad. Det är ett sätt för företag att testa hur väl en produkt fungerar i dess verkliga kontext. I hur stor utsträckning simuleringar används varierar från företag till företag. En del har kommit väldigt långt i utvecklingen av datorbaserad design och applicerar simuleringar på näst intill alla faser i designprocessen. Andra är helt nya inom området eller använder sig inte alls av metoden. För sådana företag dominerar snarare fysiska prototyper och tester för att bedöma en produkts kvalitet.

Utvecklandet av mer komplexa produkter ökar vilket innebär att det är komplicerat att visualisera och identifiera svagheter hos vissa produkter i verkligheten. Samtidigt ställer miljöutmaningarna i världen högre krav på utveckling av produkter med lägre klimatavtryck och varje steg i processen blir därav allt viktigare att ta hänsyn till. Genom virtuella upplevelser kan produkter och miljöer visualiseras digitalt vilket i sin tur resulterar till mindre energi- och materialåtgång, mindre CO_2-utsläpp och att andra miljöpåverkande faktorer i alla delprocesser kan kartläggas för att identifiera problem i ett initialt skede, eftersom fysiska prototyper kan uteslutas.

Att gå från fysiska designprocesser till digitala innebär förändringar och kräver i dagsläget andra typer av resurser och kunskaper. Detta leder till frågan hur företag som jobbar med digitala produktutvecklingsprodukter kan göra sina produkter tillförlitliga och enkla att använda.

1.1 Företagsbeskrivning

Dassault Systèmes är ett franskt mjukvarubolag som grundades 1981. Vid den tidpunkten utvecklades en 3D-modelleringsmjukvara med syfte att digitalt designa vindtunnelmodeller, som används för att studera vilken inverkan vind och rörelser har på strukturens bärförmåga. Programvaran började säljas under varumärket CATIA som lade grunden till 3D-modellering för produktdesign (Dassault Systèmes, u.å.) Idag har Dassault Systèmes omkring 20 000 anställda med representation från 140 olika nationaliteter. Företaget utvecklar och säljer produkten 3DEXPERIENCE.

3DEXPERIENCE beskrivs som en onlinebaserad samarbetsplattform som möjliggör arbete i tvärfunktionella team. Plattformen består av en mängd olika program, bland annat CATIA, SIMULIA och ENOVIA och innehållet anpassas utifrån kundens verksamhet och behov. Plattformen är utformad i syfte att förenkla kommunikationen mellan personer och grupper

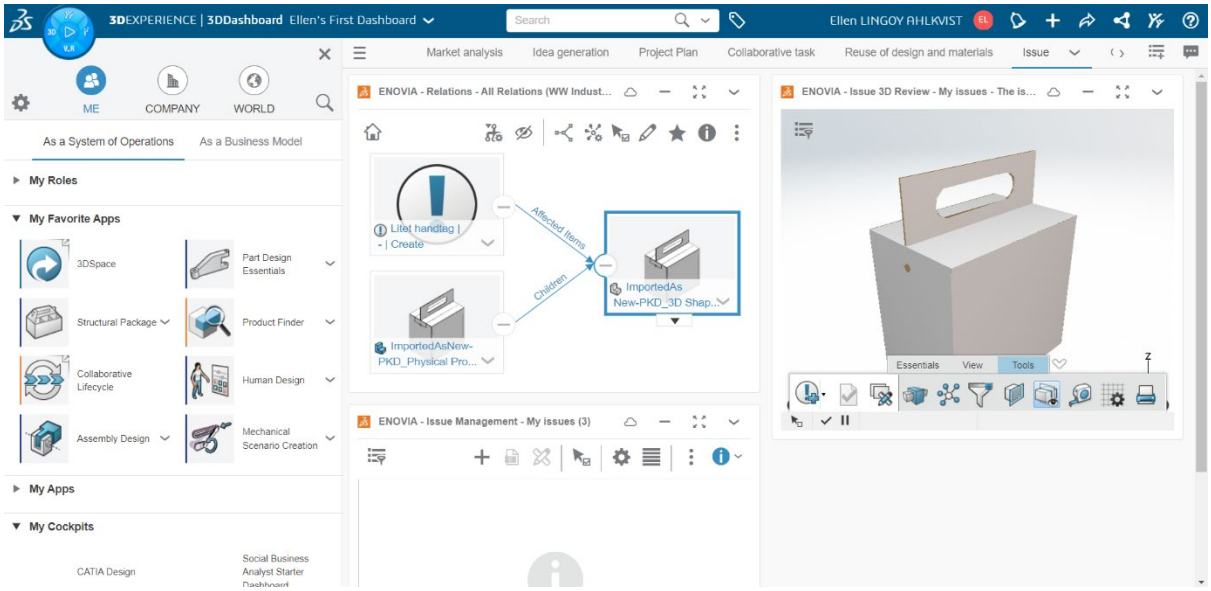
inom ett företag. 3DEXPERIENCE har förmågan att lagra all data i molnet vilket möjliggör att flera personer kan arbeta tillsammans oberoende av tid och plats (PLM Group, u.å.).

Enligt Product Innovation DX (2022) är Dassault Systèmes idag en ledare inom hållbar innovation. Genom virtuella upplevelser kan produkter och miljöer visualiseras digitalt vilket resulterar i goda möjligheter för framtida hållbar utveckling. I dagsläget används 3DEXPERIENCE i relativt låg utsträckning jämfört med Dassault Systèmes övriga produkter vilket företaget önskar att förändra. Dassault Systèmes har en önskan att fler företag ska få upp ögonen för hur 3DEXPERIENCE kan användas i en produktutvecklingsprocess. För att kunna skapa denna förändring krävs förståelse och kunskap om plattformen och hur den används. I denna studie kommer därför ett produktutvecklingsprojekt genomföras, för att belysa möjligheterna med 3DEXPERIENCE. Parallellt kommer plattformen att utvärderas, presenteras och beskrivas i ett marknadsföringssyfte.

1.1.1 Struktur av 3DEXPERIENCE

I 3DEXPERIENCE har alla roller i en produktutvecklingsprocess sin del. I plattformen skapas ett så kallat Collaborative Space (samarbetsrum) i vilket användaren kan skapa eller bli tilldelad en Dashboard. Dashboard:en anpassas efter projekt och kan delas upp i flikar (figur 1) med fönster som i sin tur kan delas upp i mindre fönster (widget:ar, se figur 2) som bland annat kan vara nyhetsflöden eller förhandsgranskningar på olika typer av 3D-modeller eller simuleringar.

Figur 1. Skärmbild över exempel på flikar som kan skapas i användarens Dashboard i 3DEXPERIENCE onlineplattform.



Figur 2. Skärmbild över 3DEXPERIENCE onlineplattform. Rutan till vänster med bland annat roller och applikationer har expanderats genom att cirkeln längst upp till vänster (kompassen) klickats på. Från mitten av bilden till högersidan är fönstret där widget:ar placeras.

Varje användare kan välja till olika typer av Roles (roller), när användaren blivit tilldelad rollen får denna tillgång till applikationerna som tillhör rollen. En användare som fått rollen

Eco-Design Engineer tilldelad får direkt tillgång till bland annat applikationerna *Business Target Definition*, *Change Action* och *Eco-Design Assessment* med flera, medan rollen *Project Planer* ger de två applikationerna *Collaborative Tasks* och *Project Planning* till användarens förfogande. Applikationerna kan öppnas från användarens Dashboard och är platsen där användaren skapar och arbetar med ett objekt och innehåller de verktyg som behövs för att skapa, testa eller utveckla det användaren önskar. Allt som skapas i applikationerna sparas och uppdateras i användarens samarbetsrum och delas online med de andra i samarbetsrummet att förhandsgranska och kommentera i realtid.

1.2 Syfte

Syftet med studien är att redogöra hur 3DEXPERIENCE kan användas som verktyg vid förpackningsutveckling.

1.3 Mål

Målet med arbetet är att generera en processvisualisering som beskriver hur programvaran 3DEXPERIENCE kan användas i en designprocess för förpackningar. Beskrivningen ska tydliggöra för användare inom produktutveckling hur en digitaliserad designprocess kan effektivisera förloppet och höja slutproduktens prestanda. Processbeskrivningen är tänkt att kunna användas i ett marknadsföringssyfte för Dassault Systèmes. Genom att beskriva processen på ett enkelt sätt är målet att visa vana användare av CATIA V5 hur övergången från CATIA V5 till 3DEXPERIENCE kan fungera och vilka fördelar detta kan resultera till i en produktutvecklingsprocess.

För att konkretisera processvisualiseringen kommer en förpackningslösning till blöjor utvecklas. Det kommer undersökas om en lösning i papp är mer hållbar ur ett miljöperspektiv än nuvarande förpackning i plast.

1.4 Avgränsningar

Arbetet kommer endast behandla den primära förpackningen, det vill säga förpackningen som innehåller den faktiska produkten, i detta fall blöjorna. Sekundär förpackningsutveckling, det vill säga förpackningen som innehåller flera blöjförpackningar och som oftast används vid transport och lagring, kommer lämnas utanför studien.

1.5 Precisering av frågeställningen

Hur kan 3DEXPERIENCE användas som verktyg vid utveckling av förpackningar?

Vad blir det för konsekvenser av en datorbaserad designprocess?

Vad blir det för miljömässiga konsekvenser när förpackningen i plast ersätts till papp?

2
TEORETISK REFERENSRAM

Områden som berörs i kapitlet är hur och varför datorbaserad design används, vilka syften och krav en förpackning ska uppnå samt information om några relevanta förpackningsmaterial. Hållbarhet har varit ett primärt fokusområde i detta arbete, därav presenteras några teorier som har varit användbara i arbetets produktutvecklingsprocess.

2.1 Datorbaserad design

Datorbaserad design definieras som en designprocess som centralt består av datorbaserad modellering och simulering, med syfte att analysera och validera prestanda på produkten (Sellgren, 1999). Med hjälp av ett datorobjekt skapas en så verklighetsbaserad miljö som möjligt för att optimera en produkts kvalitet i dess verkliga kontext. Simuleringar används i stället för, eller som komplement till, fysiska kvalitetsförsök för att bespara att iscensätta scenarion i verkligheten (IT-ord, 2020). Datorbaserade analyser är det som driver beslutstagandet genom hela utvecklingsprocessen.

Redan under tidigt 90-tal tenderade en utveckling inom datorbaserad modellering och simulering. Glidden (1993) uttryckte under tidigt 1990-tal att den traditionella testmetoden som förlitar sig på fysiska tester håller på att gå ur tiden och ersättas med automationsbaserade simuleringsprocesser. Han menade att mer avancerade och högtekniska produkter var under utveckling vilket gjorde fysiska tester komplicerade och opålitliga eftersom dess beteenden var svåra att förstå.

På snart 30 år har datorers kapacitet förändrats och ökat. Idag är datorbaserad design en självklar del för de flesta produktutvecklingsföretag och många strävar efter att undvika fysiska modeller och prototyper för att bli mer kostnadseffektiva och säkerställa en högre prestanda på produkterna (Johannesson et al., 2018). I hur stor utsträckning datorbaserad design används skiljer sig åt beroende på industri och företag. Fordonsindustrin har tidigt varit i framkant när det gäller simulering och modellering eftersom produkterna som utvecklas är kritiska när det kommer till säkerhet och kostsamma att framställa som fysiska prototyper (PTV Group, u.å.).

Användandet av datorbaserad design ter sig även olika inom förpackningsindustrin. En del företag har ett välutvecklat system för simulering och modellering medan andra endast testar sina produkter genom fysiska experiment.

Fördelarna med datorbaserad design är många. Jackson (2021) menar att en av de främsta anledningarna till att det används är för att uppnå förbättrad effektivitet och produktivitet i en utvecklingsprocess. Att testa produkten i en virtuell miljö möjliggör att oväntade scenarion kan upptäckas innan produkten går till produktion. Jackson menar dessutom att ingenjörer är mer involverade och har större möjlighet att påverka tidigt i en designprocess inom

datorbaserad design vilket resulterar i bättre beslut i ett tidigt skede. Designprocessen blir således mer iterativ och resulterar oftast till en produkt med högre prestanda.

Datorbaserad design har även ekonomiska och miljömässiga fördelar. Enligt Jackson (2021) kan material och tillverkning virtuellt uppskattas vilket underlättar finansiella beslut och fullföljning av budgetar. Prototyper, tillverkningsmiljöer och labb behöver inte fysiskt tillverkas utan kan framställas virtuellt vilket minskar kostnaderna. Av samma anledning minskar även spill i form av förpackningar som inte uppnår kraven för slutprodukten och därmed förkastas, vilket är ett sätt för företag att minska sina klimatavtryck.

På grund av de positiva aspekter som datorbaserad modellering kan bidra till har intresset för det ökat även för företag som utvecklar mindre avancerade och mindre kostsamma produkter än inom transportindustrin.

2.1.1 Digital tvilling

En digital tvilling kan vara en del i datorbaserad design och definieras som en virtuell kopia av en fysisk produkt eller miljö (Dassault Systemès, u.å). En digital tvilling innefattar ett 3D-objekt som motsvarar form, funktion och egenskaper hos den fysiska produkten. För att förstå hur produkten fungerar vid montering, belastning eller andra påfrestningar används simulering som ett verktyg. På så sätt kan bland annat tillverkningsmetod, material och konstruktion utvärderas och optimeras för produkten (edig, 2018).

2.2 Hållbar utveckling

Hållbar utveckling är ett av arbetets primära fokus och definieras enligt följande. “Hållbar utveckling är en utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov” (Globala Målen, 2017). För att uppnå dessa behov kan social, ekonomisk och ekologisk hållbarhet tas i beaktning. Även hållbarhetens tre R kan användas som utgångspunkt inom produktutveckling för att generera produkter av mer miljövänliga material och längre livslängd.

2.2.1 The three R’s of sustainability (Hållbarhetens tre R)

Hållbarhetens tre R är en princip inom hållbar produktutveckling som syftar på att skydda miljön och spara på världens resurser (Fia Formula E, 2014).

Reduce (reducera)

Det första R:et avser att minimera avfall genom att i första hand reducera resurser med avseende på tillverkning, transport och material. Ur ett förpackningsperspektiv handlar det främst om att anpassa förpackning till produkt för att minimera mängden material.

Reuse (återanvända)

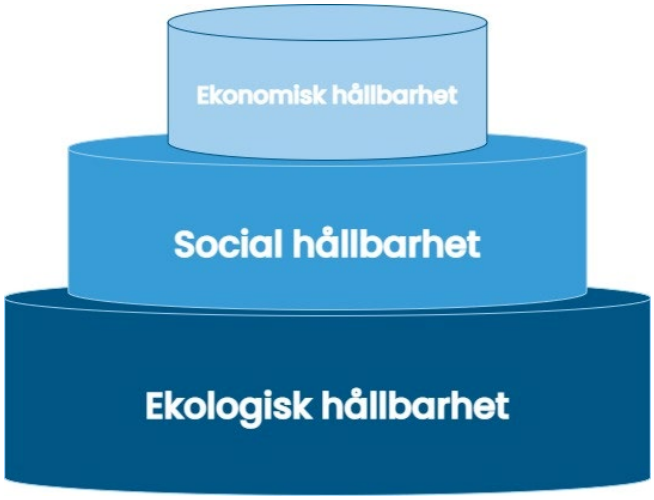
Det andra R:et syftar främst på att material ska återanvändas i sin ursprungliga form så länge som möjligt för att förhindra att nya resurser brukas. Målet är att en så stor mängd som möjligt av materialet ska kunna användas igen för att på så sätt förhindra att nya resurser tas i

bruk. Inom förpackningsindustrin kan det appliceras på så sätt att själva förpackningen kan användas flera gånger innan den kasseras.

Recycle (återvinna)
Det sista R:et handlar om att omvandla avfallsmaterial till nya produkter. I förpackningsindustrin kan detta appliceras genom att förpackningen består av återvunnet material och att materialet återvinns för att på så sätt kunna bistå nya produkter.

2.2.2 Tre dimensioner av hållbar utveckling

Hållbar utveckling kan beskrivas utifrån tre olika aspekter; ekologisk, social och ekonomisk hållbarhet, som kan ses som en typ av hierarki (KTH, 2021) där ekologisk hållbarhet är en förutsättning för ekonomisk och social hållbarhet, se figur 3 nedan. Strävan efter att uppnå social och ekonomisk hållbarhet får inte ske på bekostnad av ekologisk hållbarhet.



Figur 3. Visualisering av de tre dimensionerna av hållbar utveckling. Ekologisk hållbarhet står som grund för social och ekonomisk hållbarhet.

Ekologisk hållbarhet har med jordens ekosystem att göra. Det handlar om att vårda naturens resurser i strävan mot en hållbar framtid. Några exempel som innefattas är påverkan på luft, land och vatten, mångfald av arter och ekosystemstjänster som fotosyntes och pollinering (KTH, 2021). Social hållbarhet tar hänsyn till aspekter som välbefinnande, mänskliga rättigheter och individuella behov. Det handlar om att på en global nivå ta hänsyn till individens fysiska och psykiska behov. Ett mått på social hållbarhet är bland annat förväntad livslängd, förväntad utbildningslängd och välfärd i form av bruttonationalinkomst (KTH, 2021). Ekonomisk hållbarhet syftar till ekonomisk tillväxt och kapital både för samhället, för företaget och för individen (KTH, 2020).

2.3 Interaktionsdesign

Begreppet interaktionsdesign introducerades i slutet av 1980-talet och definieras som de föremål en användare brukar vid interaktion med omvärlden. I de flesta sammanhang syftar interaktionsdesign till en dator eller annan typ av elektronik men designprincipen omfattar alla möjliga typer av artefakter (Johannesson et al., 2018).

Johannesson et al. beskriver interaktionsdesign som skapandet av en förbättrad produkt och utvecklingen av en möjlig framtid utifrån nuvarande situation. En central del är dessutom användarstudier eftersom metodiken handlar om hur användaren ska interagera med produkten. Prototyper och användarbarhetstester anses som extra viktigt i processen för att utvärdera hur interaktionen fungerar.

Idealistiskt sett ska en förpackning skapa en positiv interaktion mellan produkt och konsument (Candace & Roncarelli, 2010). Författarna menar att för att skapa en lyckad förpackning är det viktigt att ta hänsyn till användarens psykografi, som innefattar personlighet, livsstil, värderingar och attityd, för att skapa en emotionell koppling mellan produkt och konsument. Candace & Roncarelli uttrycker dessutom värdet av konsumentens demografi som bland annat innebär ålder, inkomst, geografisk plast och mobilitet. Detta för att som designer få vägledning i beslut som förpackningsstorlek, tillhörande information eller instruktioner, funktionalitet och estetik.

2.4 Förpackningar

I avsnittet nedan presenteras fakta om förpackningar, vilka krav som ställs på dem, specifikationer om två olika förpackningsmaterial som är aktuella för arbetet samt en jämförelse mellan dem utifrån en hållbarhetsaspekt.

2.4.1 Förpackningens syfte

I *Produktutveckling – effektiva metoder för konstruktion och design* beskriver Johannesson et al. (2018) förpackningens grundläggande funktioner. En förpacknings primära funktion anses vara att skydda innehållet, både mekaniskt mot stötar och termiskt mot värme och kyla. Förpackningen ska utöver det kunna hantera och lagra dess innehåll för att anpassas till transportlogistik. Den ska kunna packas på ett optimalt sätt med hänsyn till flera andra förpackningar och dessutom uppta en så liten volym som möjligt. Vidare menar Johannesson et al. att en förpackning ska kunna informera konsumenten om hur man öppnar, återförsluter samt återvinner förpackningen. Det är också nödvändigt med information enligt lagkrav som exempelvis krävs vid läkemedel, livsmedel och farliga kemikalier. Idag används även förpackningen i marknadsföringssyfte och är därav en viktig del av själva produkten.

2.4.2 Miljökrav på dagens förpackningar

Med tanke på de stora utmaningar världen står inför för att minska påverkan på miljön ställs högre krav på hållbara förpackningar. Idag finns det bestämmelser och råd för att generera en förpackning som är så resurs- och klimateffektiv som möjligt. Förpackningen ska bestå av en så liten mängd material som möjligt vilket innebär att alla delar i förpackningen ska fylla en funktion, dubbla väggar ska undvikas i den mån det går samt ska tomrum i förpackningen försöka minskas (Krav, 2020). Förnyelsebara, återvunna och återvinningsbara material ska användas samt ska miljöskadliga ämnen undvikas. På så sätt kan skadligheten för miljön minskas. Sådana typer av regler och rekommendationer ställer höga krav på dagens förpackningsutveckling, både på producenter och konsumenter, vilket gör det extra viktigt att förpackningen informerar konsumenter om material samt hur förpackningen ska återvinnas.

2.4.3 Förpackningsmaterial

År 2020 tillfördes 1,4 miljoner ton förpackningar på den svenska marknaden. 602 200 ton av förpackningarna som producerades under året bestod av papper vilket gjorde det till det mest dominerade förpackningsmaterialet under 2020 (Statistikmyndigheten, 2022). 78 % av förpackningarna i papper materialåtervanns vilket också var det mest återvunna förpackningsmaterialet under 2020.

248 800 ton av förpackningarna som den svenska marknaden försågs med bestod av plast vilket också var det material som materialåtervanns i lägst grad, endast 34 % av plastförpackningar, inklusive PET-flaskor, lämnades in till materialåtervinning. Detta innebär att materialåtervinningsmålet för 2020, som var 50 %, inte uppnåddes vad gäller plastförpackningar (Naturvårdsverket, 2021).

40 % av plasten som tillverkas används till engångsprodukter, till exempel plastpåsar och livsmedelsförpackningar (Naturskyddsföreningen, 2021). Detta innebär att förpackningsindustrin står för en stor del av plastproduktionen.

2.4.4 Lågdensitetspolyeten

Lågdensitetspolyeten (LDPE) är en mjukplast som främst används till livsmedelsförpackningar och plastpåsar. Egenskaper som generellt är utmärkande för polyeten är att materialet är billigt, lätt att forma och tillverka. Materialet kan framställas i många olika färger men kan även vara transparent vilket innebär att det finns många valmöjligheter utifrån ett designperspektiv (Granta Edupack, 2021).

Jungfrulig LDPE framställs idag främst från fossil olja (Naturskyddsföreningen, 2021) men kan även utvinnas från andra källor så som från sockerrör, potatis eller betor (A. Andreasson, L. Händel, personlig kommunikation, 26 april 2022). Plasten som tillverkas från de senare nämnda råvarorna kallas för bio-LDPE och kännetecknas av att de tillverkas av material från förnyelsebara källor. Bio-LDPE kan ingå i precis samma återvinningsprocess som LDPE framställd från den fossila oljan. Plaster kan antingen återvinnas mekaniskt, vilket innebär att materialet smälts ner och omformas till en ny produkt, eller kemiskt som innebär att plasten bryts ner till mindre partiklar som därefter byggs upp till en ny plast (IKEM, u.å).

Uppfattningen om antalet gånger plast kan återvinnas mekaniskt varierar. Enligt GOP (2022) kan plast återvinnas upp till 6 till 7 medan L. Händel och A. Andreasson (personlig kommunikation, 26 april 2022) menar sett till uppgifter att det kan återvinnas 4 till 12 gånger beroende på typ av plast. Därav är det möjligt att kemiskt återvinna plast. Kemisk återvinning innebär förluster av material samt ger upphov till större klimatutsläpp än mekanisk återvinning men den återvunna plasten blir däremot som jungfrulig och av hög kvalitet (Lassesson et al., 2021). För att plasten ska återvinnas ställs krav på konsumenten som ska sortera plastförpackningar. Plasten som slängs i brännbart kommer att förbrännas och påverkar då klimatet i form av koldioxidutsläpp (Sveriges natur, 2021). För plastpåsar som varken återvinns eller förbränns tar det 10 till 20 år för att brytas ner till mikroplaster. Vidare tar det ytterligare flera hundra år för mikroplast att brytas ner, om det någonsin bryts ner (Håll Sverige rent, 2022).

2.4.5 Papp

Papp- eller kartongförpackningar används idag som alternativ till aluminium-, glas- eller plastförpackningar (Tetra Pak, u.å.). Materialet är vanligt för att förpacka livsmedel som primärförpackning, eller sekundärförpackning som används vid till exempel transport och placering i butikshyllor. Papper tillverkas från växtfiber, vilket är en förnyelsebar källa och dessutom biologiskt nedbrytbart (Tekniska Museet, 2021).

Enligt Tekniska Museet (2021) kan pappförpackningar som insamlas materialåtervinnas och bli till nya förpackningar. I processen blandas förpackningarna med vatten så att pappersfibrerna sönderdelas. Dessa fibrer kan materialåtervinnas 6 till 7 gånger och därefter förbränns dem till energi. Förbränningen av papper bidrar till koldioxidutsläpp, dock som en mer naturlig del av koldioxidcykeln än plast. För en papperspåse tar det ungefär 1 månad att brytas ner (Håll Sverige Rent, u.å.). När detta sker skapas metan, vilken är en kraftig växthusgas (Sveriges natur, 2021).

2.4.6 Materialjämförelse

Papp och lågdensitetspolyeten är två material som divergerar när det handlar om materialegenskaper. I tabell 1 presenteras några av respektive materials hårda värden. Fakta är hämtad från Granta EduPak och sökorden som användes var *LDPE* och *paperboard.*

Tabell 1. Jämförelse i materialdata mellan LDPE och papp. Grön bock symboliserar ”möjligt” eller ”acceptabel”. Rött kryss symboliserar ”inte möjligt” eller ”oacceptabel”.

	LDPE	Papp
Återvinningsbart	✓	✓
Nedbrytningsbart	✗	✓
CO_2-avtryck vid återvinning	0,969 – 1,07 kg/kg	0,94 – 1,03 kg/kg
Vattenbeständighet	✓	✗
Pris	10,1 – 11 SEK/kg	6,64 – 13,3 SEK/kg
Densitet	920 kg/m^3	135 kg/m^3

Plast- och pappersförpackning, ur ett miljöperspektiv

Vilket material som är bäst ur ett miljöperspektiv när det handlar om förpackningar är ett väl diskuterat ämne. Förpackningar i plast och papper har fördelar respektive nackdelar för klimatet beroende på aspekt.

Ekwall et al. (2020) menar att förpackningar i papper är bättre när det gäller nedskräpning av naturen eftersom papper naturligt kan brytas ned. Tiden det tar för en papperspåse att förmultna är cirka 1 månad till skillnad från plast som kräver 10 till 20 år för att brytas ned till mikroplast (HSR, u.å.).

Processen för avfallshantering för respektive material påverkar vilket klimatavtryck de gör. Papperspåsar som hamnar på deponeringsanläggningar orsakar utsläpp av metan medans

plastpåsar sällan resulterar till kemiska processer. Å andra sidan påverkar förbränning av plast klimatet genom utsläpp av koldioxid medan den koldioxid som släpps ut vid förbränning av papper är en del av det naturliga kretsloppet (Ekwall et al., 2020).

Vidare menar Ekwall et al. att papper vanligtvis har en sämre klimatpåverkan när det kommer till framställning och tillverkning än vad plast har. Försurning, övergödning och vatten- och markanvändning är några exempel som pappersframställning kan bidra till. Dock kan papper vara bättre för klimatet om det tillverkas i produktionsanläggningar som drivs av förnybar energi, alltså varierar materialets miljöpåverkan dessutom beroende på vilket bränsle som används vid tillverkningen.

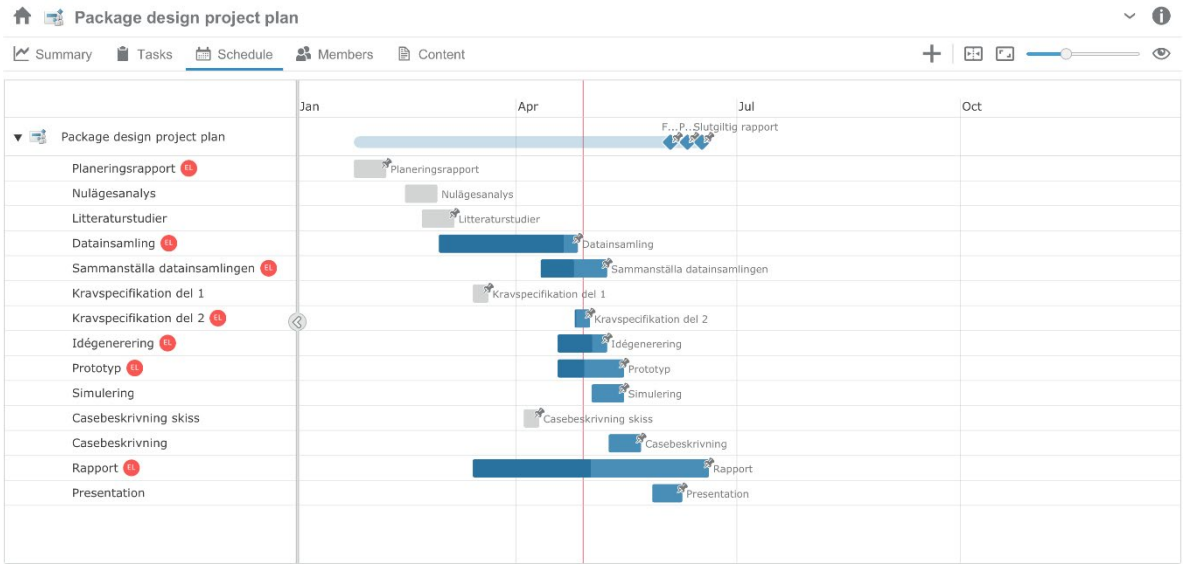
Som tidigare nämnts är papper det förpackningsmaterial som återvanns till störst grad under 2020. Vid jämförelse av klimatpåverkan är detta en aspekt som bör tas i beaktning vid val av material.

3
METOD

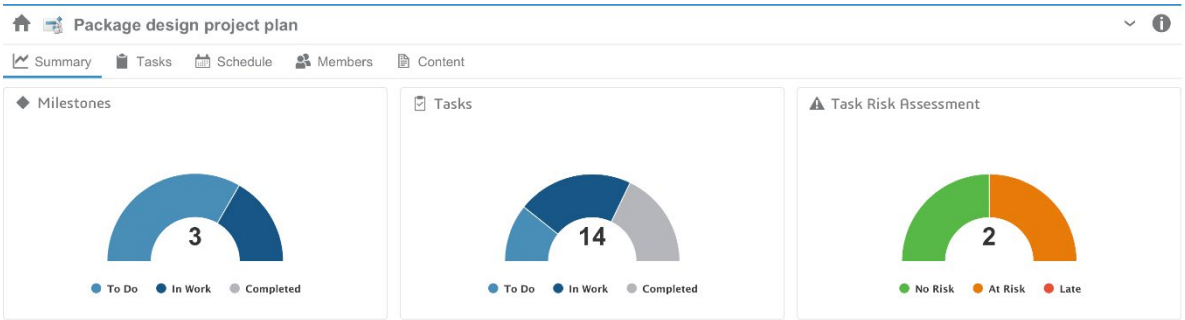
I detta kapitel beskrivs projektets tillvägagångsätt samt de metoder och verktyg inom 3DEXPERIENCE som har använts för att uppnå studiens syfte och mål.

3.1 Projektplanering

I ett första stadie i projektet gjordes en projektplanering med hjälp av applikationen *ENOVIA Projekt Planning* som är en del av 3DEXPERIENCE. Verktyget möjliggjorde en teambaserad planering där varje projektmedlem kunde lägga till och delegera uppgifter samt uppdatera om ändringar. Syftet med planeringen var att tidsdisponera arbetet och markera viktiga milstolpar. Uppgifterna (Gantt-schemat, se figur 4) disponerades veckovis och under projektets gång uppdaterades projektplaneringen iterativt eftersom olika uppgifter visades ta längre eller kortare tid än förväntat (figur 5).



Figur 4. Skärmbild av Gantt-schemat som skapades i ENOVIA Project Planning.



Figur 5. Skärmbild på visualisering av om uppgifter blivit påbörjade eller färdigställda samt hur de olika uppgifterna ligger till enligt tidsschemat (Gantt-schemat).

3.2 Litteraturstudie

Litteraturstudierna påbörjades genom att undersöka begreppet datorbaserad design och hur det används för förpackningsdesign idag, samt vilka förpackningsmaterial som dominerar på marknaden och dess tekniska egenskaper.

Databaserna som användes var Scopus och Google Scholar. *Simulation driven, packaging, packaging materials* och *design* var nyckelorden som användes vid informationssökningen.

3.3 Interna möten på Dassault Systèmes

För att bli bekant med Dassault Systèmes och 3DEXPERIENCE genomfördes möten med anställda på Dassault Systèmes. Målet med mötena var att få en inblick i vilken industri arbetet skulle inrikta sig mot samt för att få kännedom om vilka verktyg som finns tillgängliga vid utveckling av förpackningar. Fyra möten genomfördes och var inriktade på olika områden. Områdena som behandlades under mötena var datorbaserad utveckling av pappersförpackningar, specifikationer och egenskaper om olika material, vilka verktyg som tillhandahålls i 3DEXPERIENCE för förpackningsutveckling samt hur 3DEXPERIENCE kan användas vid hållbar produktutveckling. mötena bidrog också till vilka roller inom plattformen som skulle vara användbara vid utveckling av förpackningen. Alla möten genomfördes digitalt över Zoom eller Microsoft Teams.

3.4 Intervjuer och datainsamling

Under genomförda intervjuer samlades information om hur företag idag arbetar med datorbaserad design, både de som arbetat med det i flera decennier, även de som är nyare inom området och är intresserade av en sådan process för att effektivisera sin arbetsgång. Detta genomfördes i syfte att ta reda på hur tillförlitligt simuleringar är, hur simuleringar kan användas samt vad företag önskar av simuleringar för att resultaten ska vara tillförlitliga. Datainsamling angående nuvarande blöjförpackning utfördes i syfte att vägleda och styrka val i förpackningsutvecklingen.

3.4.1 Förpackningsföretag med

Första företaget (företag 1) som intervjuades är ett företag som utvecklar och säljer papp- och kartongförpackningar till livsmedel. De är vana användare inom datorbaserad design och har det väl implementerat i sin produktutvecklingsprocess. Intervjun syftade därför till att förstå vad som kan simuleras, vilka problem som finns och i vilka situationer simuleringar inte är helt tillförlitliga. Företaget använder sig inte av plattformen 3DEXPERIENCE idag men använder sig av andra simuleringsprogram som Dassault Systèmes tillhandahåller. Därav var syftet med intervjun dessutom att identifiera vilka behov som finns när det handlar om modellering- och simuleringsprogram. Intervjun var semistrukturerad och som grund skapades en intervjustruktur med femton frågor. Några av frågorna som ställdes var följande:

Finns det någon situation man inte lyckas simulera eller när man inte kan förlita sig på simuleringar?

Ser ni några positiva designlösningar som man annars inte hade upptäckts om man hade följt en mer traditionell designprocess?

Hur kommunicerar ni till exempel med konstruktören om något behöver ändras och hur gör ni för att hålla reda på vilka versioner av modellerna som används?

3.5.2 Hygienföretag

Det andra företaget (företag 2) som intervjuades utvecklar, tillverkar och säljer hygien- och sanitetsprodukter inklusive produkternas tillhörande förpackningar. Under processens gång använder sig företaget både av fysiska och digitala verktyg. Fysiska prototyper testas på plats hos företagets egna laboratorier. De använder sig bland annat av externa resurser inom datordriven design för att skapa och iterera förpackningar som är under utveckling. Syftet med intervjun var att skapa en uppfattning om hur företagets nuvarande designprocess ser ut och vilka krav som ställs på förpackningarna i form av lagar samt konsumentens och producentens krav. Detta som bakgrund för en del av kravspecifikationen. Intervjun var semistrukturerad och en mall med tjugo frågor utgjorde grunden för intervjun. Några av frågorna som ställdes var följande:

Vad är de största anledningarna till att nuvarande material på era förpackningar används idag?

Vilka alternativa material har undersökts?

Kompromissar ni mellan kvalitet, pris, hållbarhet vid utveckling av förpackningar?

3.4.3 Observation nuvarande blöjförpackning

En blöjpackning införskaffades med syfte att få kunskap om hur nuvarande förpackning är konstruerad samt vilka krav det resulterar i vid utveckling av en ny förpackning. Förpackningen som observerades och demonterades var en förpackning bestående av 24 stycken blöjor till nyfödda bebisar. Anledningen till att just den förpackningen valdes var eftersom det var den minsta varianten, vilket upplevdes som minst komplicerat vid vidareutveckling och omkonstruktion. Det första som observerades var förpackningens material, det kunde relativt enkelt utläsas på förpackningens utsida, och förpackningens dimensioner mättes. Detta gjordes med syfte att ha en referensram att utgå ifrån vid utveckling av en ny förpackning. Innan förpackningens öppnades observerades förpackningens förslutning. Både förpackningens botten, topp och sidor noterades samt hur

och var handtaget var placerat. Nästa steg i observationen var att öppna förpackningen. Detta genomfördes genom att följa instruktionerna för öppning på förpackningen med syfte att testa hur användarvänlig öppningen upplevdes. Blöjorna vägdes för att få information om vilken vikt en utvecklad förpackning behöver klara av, och förpackningen vägdes för att kunna göra en livscykelanalys.

3.6 Funktionsanalys

Baserat på information från datainsamlingsmetoderna genomfördes en funktionsanalys med syfte att specificera vilka funktioner förpackningen bör inneha. Analysen fungerade som ett stöd inför kravspecifikationen samt konceptgenereringen och resulterade till en funktionslista. Varje funktion markerades som nödvändig eller önskvärd beroende på prioritet.

3.7 Kravspecifikation

Baserat på funktionslistan sammanställdes en kriterielista med syfte att specificera, avgränsa och utveckla samtliga funktioner. Varje funktion mynnade ut till flera olika krav vilket underlättade vidareutveckling av förpackningen. Krav som produkten tvingas uppfylla för att fungera prioriterades vid utformningen av kravspecifikationen, men också krav som inte är nödvändiga men som höjer produktens användarvänlighet och prestanda togs i beaktning.

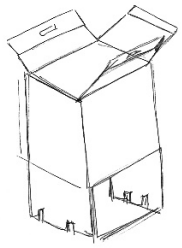
3.8 Konceptgenerering

Nedan presenteras metoder som har genomförts med syfte att generera olika konceptförslag. Johannesson et al. (2018) beskriver konceptgenerering som ett första steg till lösningsförslag som uppfyller det identifierade problemet.

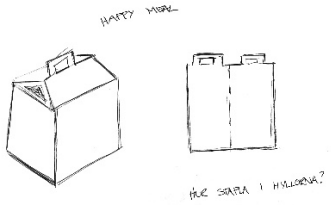
3.8.1 Brainstorming

Brainstorming är en kreativ aktivitet med syfte att generera ett stort antal lösningsförslag (IDEO, u.d). Det är en metod som kan utföras på olika sätt men det finns ett par förhållningsregler att som grupp förhålla sig till. De främsta reglerna är att kritik av idéer ska uteslutas, kvantitet ska eftersträvas, deltagarna uppmanas att tänka utanför boxen samt bygga vidare på varandras idéer. I projektet utfördes en brainstorming där varje idé skissades för hand på A4-ark. Metoden genererade 7 antal lösningsförslag som sedan togs vidare för att kombineras med varandra.

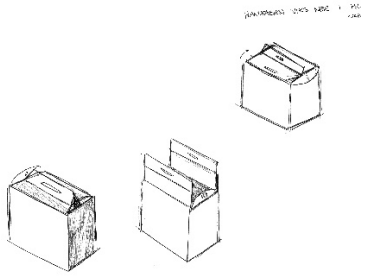
Att skissa förslag på lösningar i ett tidigt skede skulle också kunna göras i programmet *Natural Sketch* i 3DEXPERIENCE. Anledningen till att det gjordes för hand beror i detta fall på att fysiskt skissande var närmare till hands och enklare att göra tillsammans i grupp. Skisserna presenteras i figurerna 6-13.



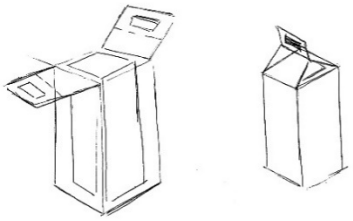
Figur 6. Låda handtag i samma ark som handtagen. Bottenplatta som kilas ihop med varandra för att täta.



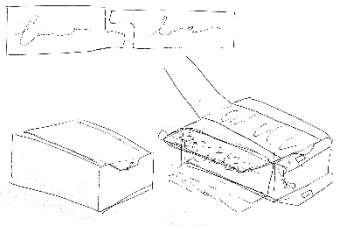
Figur 7. Låda med öppning uppifrån och i 2D framifrån.



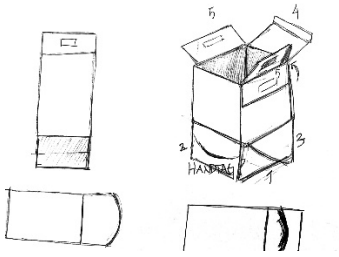
Figur 8. Låda med öppning under handtag samt en stoppanordning för att förhindra att handtag vecklas upp



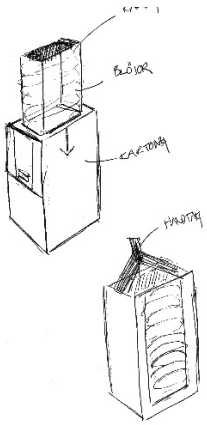
Figur 9. Visualisering av hur öppningsanordningen skulle kunna fungera som handtag.



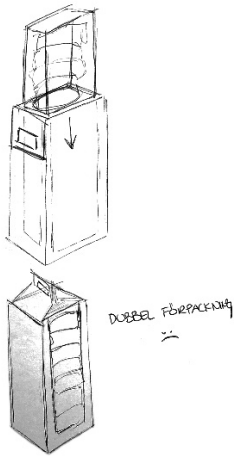
Figur 10. Låda med öppning från långsida.



Figur 11. Låda med öppning under handtaget och samtliga sidor visualiserade i 2D med flärpar.



Figur 12. Dubbel förpackning, yttre för att bära/transportera blöjor, inre för att plocka ut blöjor

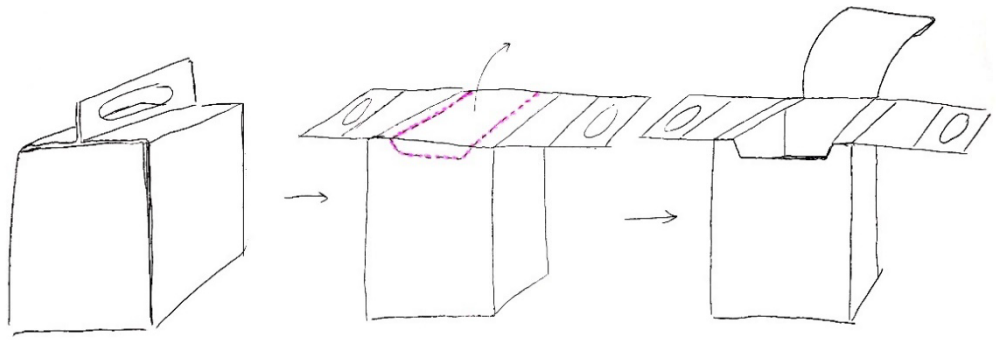


Figur 13. Dubbel förpackning, yttre för att bära/transportera blöjor, inre för att plocka ut blöjor, skissad transparant.

På den sociala plattformen i 3DEXPERIENCE postades de olika koncepten, dels för att dokumenteras, dels för att arbetets intressenter skulle få möjlighet att se och uttrycka sina åsikter om idéerna.

3.8.2 Kombination av idéer

Lösningsförslagen som genererades under brainstormingen utvecklades genom att dem kombinerades med varandra. Syftet med metoden är att identifiera det bästa från varje idé och sätta ihop dem till ett eller flera koncept. På så sätt kan ett fåtal lösningsförslag bli mer komplexa (Designkit, u.d). En översiktlig utvärdering av varje idé utfördes och de delar som ansågs uppfylla kraven i kravspecifikationen bäst kombinerades med varandra till ett konceptförslag.



Figur 14. Skiss på valda konceptförslaget efter att ha kombinerat olika förslag från brainstorming. Förslaget har ett uppfällbart handtag. Öppningen finns under handtaget, då handtaget vikts ut mot sidorna.

3.9 Konceptutveckling och konceptutvärdering

Konceptutvecklingsfasen utgjordes främst av 3D-modellering i CATIA och för att utvärdera konceptet användes tester och livscykelanalyser. Samtliga verktyg användes med syfte att utvärdera hur 3DEXPERIENCE fungerar vid utveckling av förpackningar.

3.9.1 3D-modellering

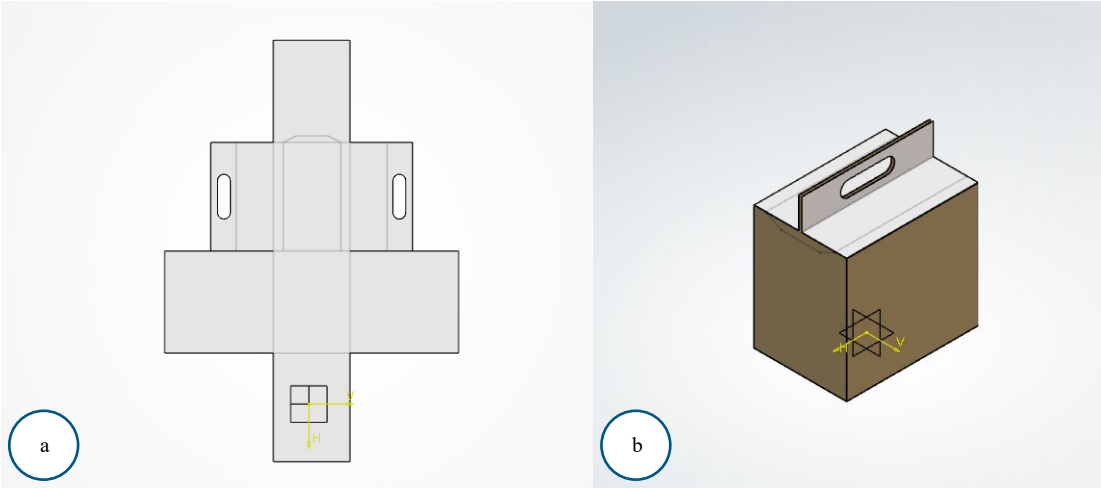
Nedan beskrivs olika modelleringsmetoder inom 3DEXPERIENCE som har använts för utveckling av konceptet. Syftet med 3D-modelleringen var främst att visualisera konceptet men också för att skapa en digital tvilling att testa olika scenarion på, bland annat användning av handtaget och miljöpåverkan.

CATIA Structural Package

En första 3D-modell av förpackningen skapades i *CATIA* S*tructural Package* (figur 15). Till att börja med skapades en skiss av ena sidan av lådan och med hjälp av funktionen *Panel From Edge* kunde resterande sidor och vikningslinjer appliceras. Detta gjordes i utvecklat läge, se figur 15 nedan. Funktionen *Fold or Unfold* användes för att vika ihop och veckla ut förpackningen, för att granska förpackningen i de olika lägena. Tjockleken 0,5 mm och materialet applicerades från en standard på objektet och väggarna blev därmed solida. Därefter skapades en skiss på handtaget som i sin tur skars ut med funktionen *Cutout*.

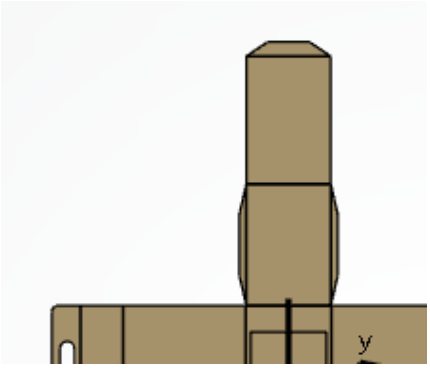
Öppningen på förpackningen skapades genom att skåra ut öppningens kanter för att användaren enkelt skulle kunna trycka ner den. Tjockleken ändrades till 3 mm.

Ett material med densitet 135 kg/m^3 och E-modul 600 MPa skapades för att efterlikna wellpapp med den valda tjockleken och applicerades på objektet.



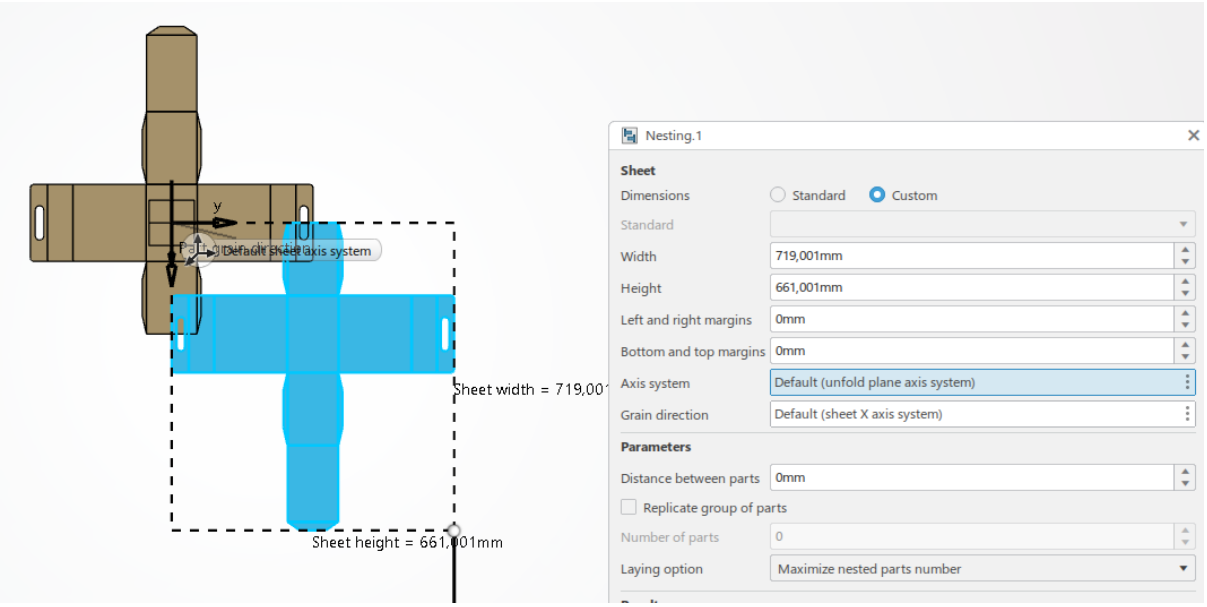
Figur 15. Första 3D-modell av valda konceptförslaget. I utvikt (a) och hopfällt (b) läge.

För att kunna sätta ihop lådan skapades flärpar på de sidor som det var nödvändigt. Vid skapandet av flärparna skapades automatiskt en vinkel på flärparna, se figur 16.

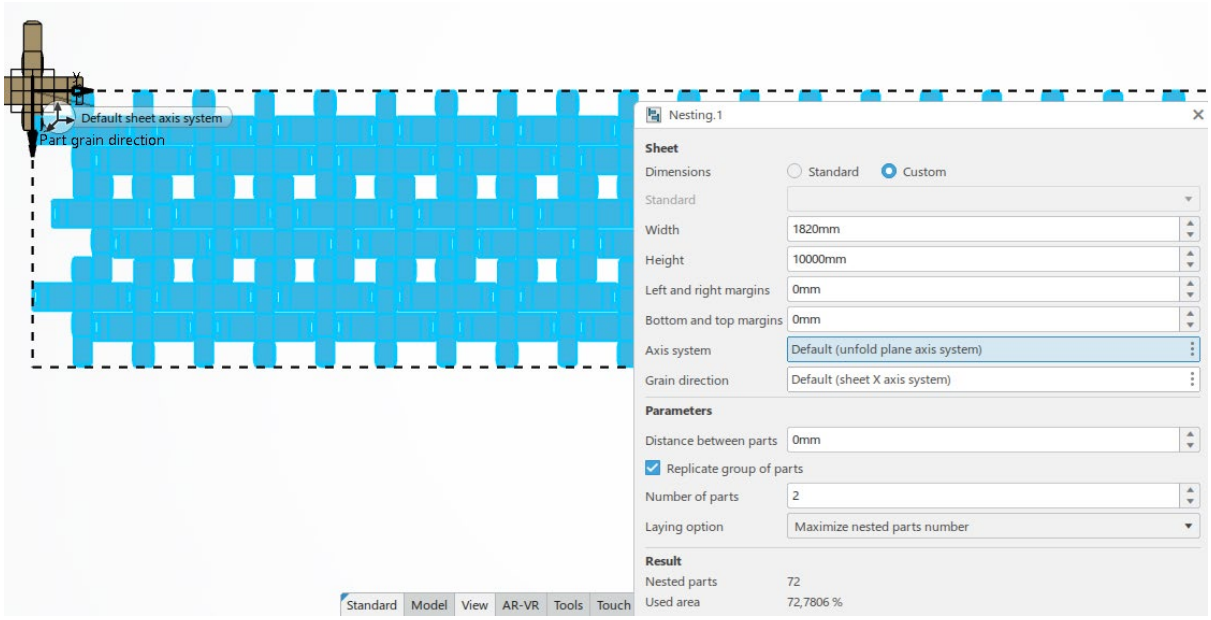


Figur 16. Närmare bild på flärpar som skapades för att kunna limma väggarna av förpackningen mot varandra.

I *Structural Package* användes även funktionen *Nesting* för att optimera förpackningen på ett större ark inför utskärning (figur 17). Syftet med den funktionen är att minimera spill vid tillverkning. Med hjälp av denna funktion kunde förpackningen placeras på olika sätt och arkets storlek kunde justeras för att fylla så mycket av arket som möjligt (figur 18).



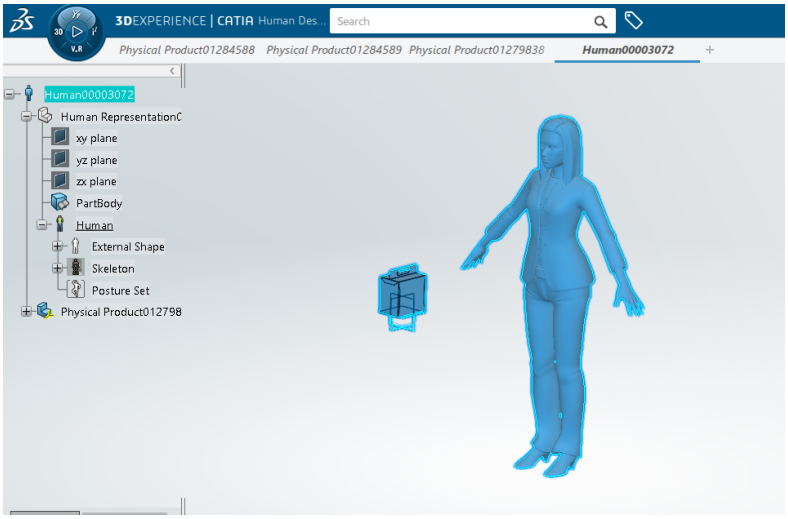
Figur 17. Förpackningen utvikt som en 2D-skiss på ett ark (streckad rektangel) med storlek anpassad efter förpackningens storlek.



Figur 18. Förpackningen utvikt som en 2D-skiss på ett ark (streckad rektangel). Arkets storlek anpassades manuellt för att minimera spill. I arket har 72 förpackningar placerats och förpackningarna täcker 72,8 % av arket. 27,2 % av arket resulterar i spill.

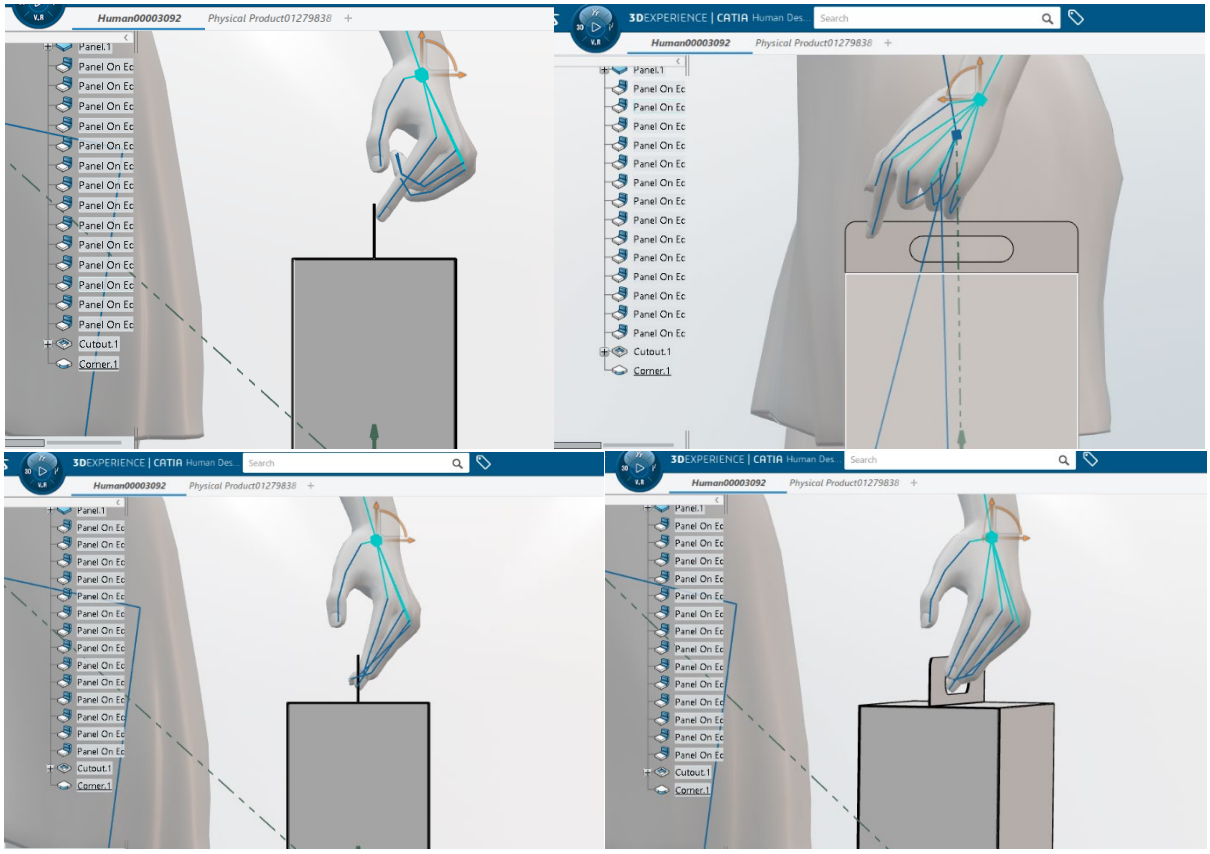
CATIA Human Design

CATIA Human design används för att placera produkten tillsammans med redan skapade modeller av människor. Det finns ett brett utbud av olika människor vilket skapade möjlighet att testa produkten tillsammans med olika typer, till exempel variation i längd, bredd, ålder och storlek på händer och fötter. Produkten och människomodellen öppnades i samma fönster (figur 19).



Figur 19. Visar första steget efter att produkt och människa öppnats i samma fönster.

Då det skulle testas hur handen passar in i handtaget justerades kroppsdelarna efter var produkten låg. Med hjälp av funktionen *Grab item* följde handen produktens ytor för att greppa den (figur 20).

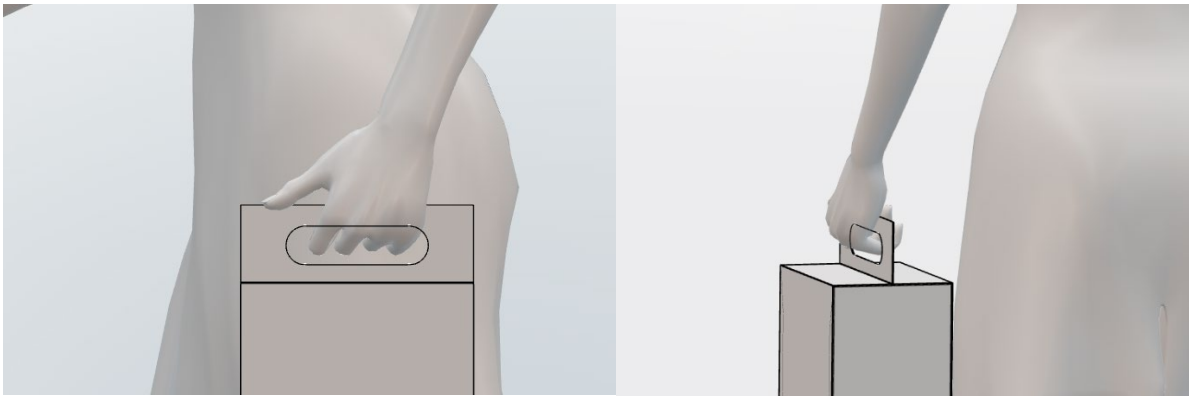


Figur 20. Skärmbilder på olika grepp i olika vinklar. Visar det närmaste människan kommer för att greppa handtaget med funktionen Grab item.

Det upptäcktes att handen inte kunde föras in i handtaget och ett antagande gjordes att handtaget var för litet. För att ändå kunna visualisera hur det skulle se ut när handen greppade handtaget kunde handens grepp justeras med förinställningen *Grasp*. Handen kunde då justeras så att det visuellt såg ut som att personen greppade handtaget (figur 21).

Figur 21. Skärmbild av när människomodellen håller i handtaget efter att funktionen Grasp *applicerats. Visar att hålet för handtaget gjorts för litet.*

Även här upptäcktes det att handtaget var för litet för en hand vilket ledde till att hålet på handtaget gjordes större i Structural Package.



Figur 22. Skärmbild av när människomodellen håller i handtaget efter justering av storlek på hålet. Visar att hålet är tillräckligt stort för en hand.

Figur 22 visar hur handtaget efter justeringen passar en hand bättre. Skulle handtaget i detta skede inte bli tillräckligt stort eller för stort är det möjligt att iterera ännu en gång för att justera storleken.

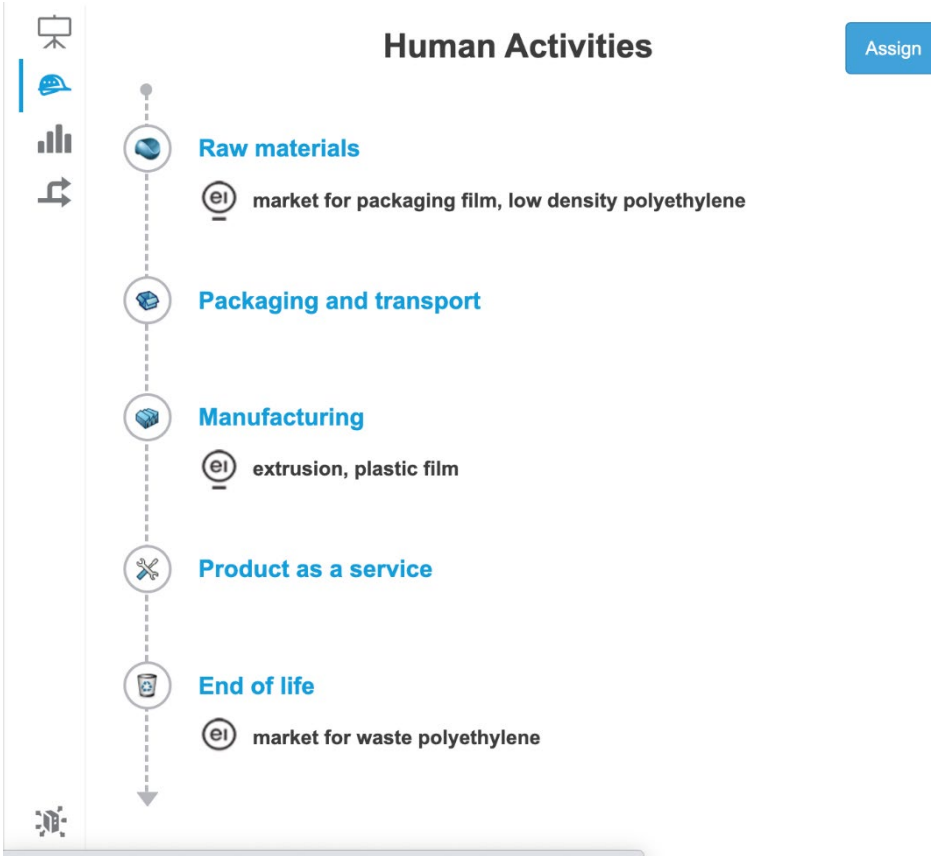
3.9.2 LCA

Johannesson et al. (2018) beskriver livscykelanalys som en metod för att bedöma en produkts totala miljöpåverkan under hela produktens livslängd. Aspekter som vanligtvis tas i beaktning vid en livscykelanalys är råvaruutvinning, tillverkning, distribution, användning och återvinning. I detta projekt har analysen begränsats till; råvaruutvinning, tillverkning och återvinning eftersom information om distribution saknas och användning är komplext att

bedöma gällande förpackningar. Johannesson et al. beskriver även livscykelanalys som ett verktyg för att jämföra olika lösningsförslag för att i slutändan kunna göra val utifrån miljöbelastning.

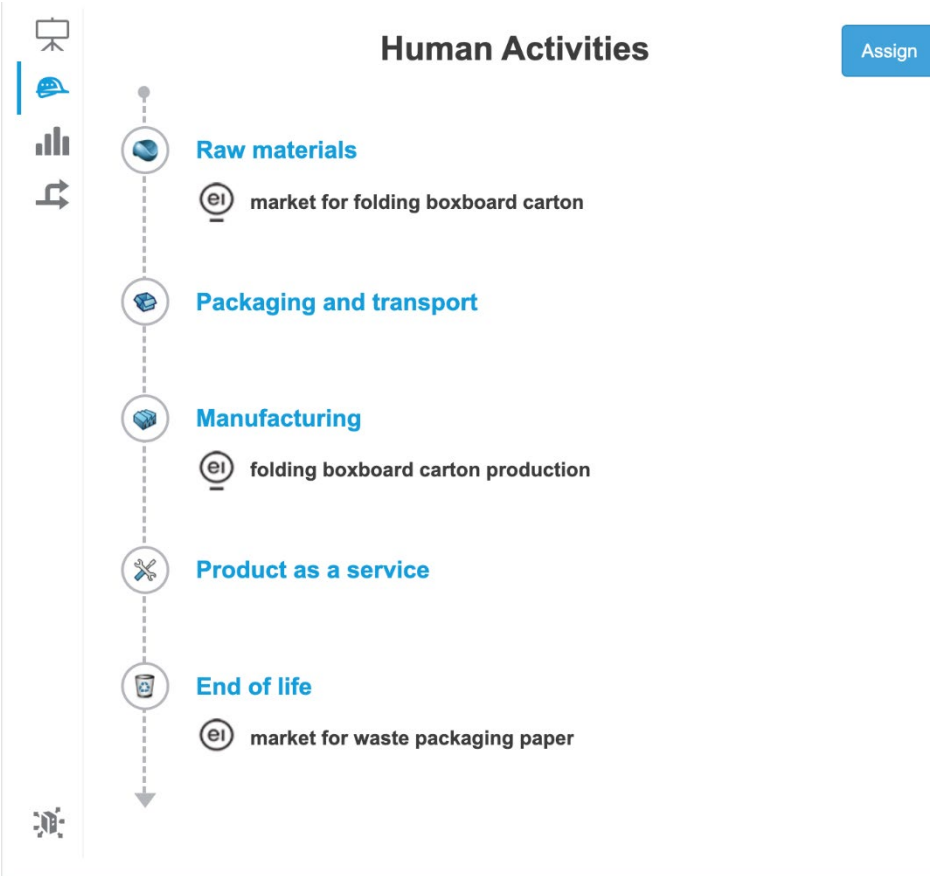
Verktyget *ENOVIA Sustainability Assesment* har använts i detta arbete för att utföra en livscykelanalys. Förpackningen i papp analyserades och tanken var även att genomföra en LCA på den nuvarande förpackningen i biobaserad plast med syfte att kunna dra slutsatser om vilken förpackning som var bäst utifrån ett miljöperspektiv. Då biobaserad polyeten inte fanns som ett möjligt alternativ i *Sustainability Assessment* har en LCA på den nuvarande förpackningen gjorts baserat på fossilbaserat polyeten.

I analysen är produktens vikt nödvändig för att kunna beräkna miljöpåverkan. Plastförpackningen tilldelades en vikt på 8 g i CATIA. I figur 23 nedan presenteras de aktiviteter som plastförpackningen tilldelades. “Market for plastic film, low density polyethen” innefattar råvaruutvinningen för plastfilm bestående av LDPE (se bilaga 1). “Extrusion, plastic film” är tillverkningsmetoden som krävs för framställning av plastfilmer som används för blöjförpackningar (se bilaga 2) och “market for waste polyethylene” innefattar återvinningen av LDPE i produktens slutskede (se bilaga 3).



Figur 23. Visar vilka aktiviteter som tilldelades plastförpackningen i LCA.

Pappförpackningen tilldelades vikten 75 g i CATIA och i figur 24 nedan presenteras de aktiviteter som tilldelades. “Market for folding boxboard carton” innebär utvinningen av mängden material som krävs för en kartongförpackning (se bilaga 4). “Folding boxboard cartong production” innefattar produktionen av vikkartong (se bilaga 5) och “market for waste packaging paper” innefattar behandlingen av pappersförpackningar som lämnas till återvinning (se bilaga 6).



Figur 24. Visar vilka aktiviteter som tilldelades pappförpackningen i LCA.

4
RESULTAT

Nedan presenteras resultatet av genomförda metoder. Avsnittet beskriver 3EXPERIENCE som verktyg i en förpackningsprocess, presenterar slutkonceptet samt visualiserar den genomförda processvisualiseringen.

4.1 3DEXPERIENCE som verktyg

3DEXPERIENCE har under arbetet används som verktyg vid utveckling av en förpackning och har fungerat som utgångspunkt i designprocessen. Nedan beskrivs de konsekvenser som har upptäckts och som användningen av 3DEXPERIENCE kan resultera till.

4.1.1 Kommunikation och samarbete

Verktyget 3DEXPERIENCE främsta syfte är att erbjuda en social och kommunikativ plattform som underlättar tvärfunktionellt arbete, vilket under denna studie har visat sig bidrar till en mer kommunikativ designprocess. Plattformen fungerar som en samlingsplats för hela företaget där samtliga anställda kan interagera med varandra.

Personer som inte är delaktiga i själva projektet men som är intresserade av resultat kan tilldelas förhandsvisningar av modeller och dessutom uttrycka sin åsikt om saker genom kommentarer. Simuleringsresultat och liknande kan också publiceras för att visa på hållfastheten, brister eller styrkor i konstruktionen. Även designern har då möjlighet att tidigt se publikationen och processen kan på så sätt på ett effektivt sätt itereras.

Plattformen möjliggör dessutom att användarna kan dela och visualisera sina idéer på ett problem, samt kommentera andras förslag på idéer. Detta kan användas i stället för eller som komplement till en konceptgenerering. Under detta arbete har det använts som ett komplement till andra idégenereringsmetoder. Det visade sig vara en fördel eftersom idéer kunde genereras utöver de specifika tillfällena för idégenerering, vilket resulterade till att idéer som annars hade kunnat förglömmas kunde dokumenteras och vara till användning vid senare tillfällen. De olika idéerna kan kategoriseras i olika stadier beroende på hur utvecklade dem är vilket kommunicerar en tydlighet för alla inom projektgruppen.

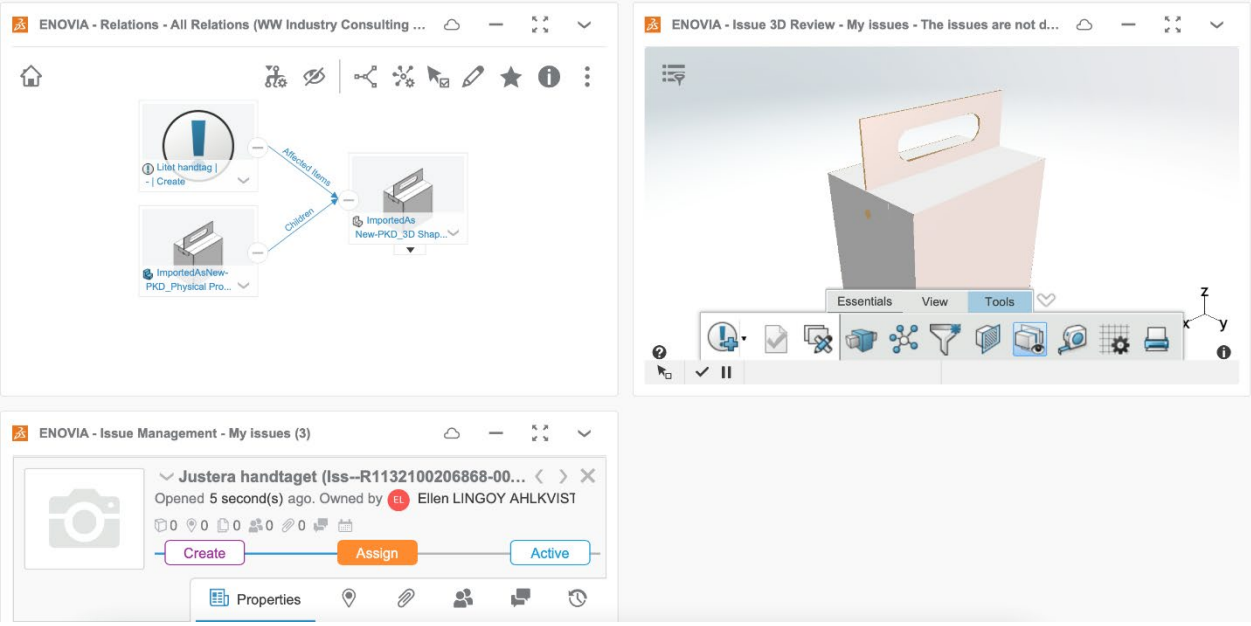
Under datainsamlingen visade det sig att trots att företag sysslar med avancerad modellering och simulering är kommunikation en enorm utmaning. Företag 1 uttryckte ett behov av bättre kommunikation mellan olika avdelningar inom företaget för att enkelt veta att alla jobbar med det senast uppdaterade objektet.

> ”Där [inom kommunikation] är vi inte alls mogna skulle jag vilja säga och i en drömvärld skulle liksom en designer ta fram något, konstruktören göra

det i CAD och vi på beräkningssidan få liksom en notifiering av det, men där är vi inte riktigt.”

I 3DEXPERIENCE är det möjligt att aktivera notifieringar när någonting ändras i ett objekt vilket skulle kunna underlätta arbete för personer med olika roller inom ett företag.

En annan applikation som har visat sig användarbar under arbetet är det som kallas *All Relations, Issue 3D Review* samt *Issue Management* (figur 25). På objektet kan problem som behöver lösas markeras och tilldelas till en specifik person. Handtaget på förpackningen visade sig vara för litet för att greppa vilket resulterade till en omkonstruktion. För att kommunicera detta till projektgruppen markerades detta i objektet och en uppgift delades. Med hjälp av en sådan typ av kommunikation inkluderas samtliga personer i ett projekt och åtgärderna kan på så sätt effektiviseras.



Figur 25. Skärmbild av hur det ser ut i 3DEXPERIENCE vid använing av applikationen All relations, Issue 3D Review och Issue Management.

Sammanfattningsvis är det en fördel att använda en plattform som binder samband ett socialt nätverk med modellering- och simuleringsprogram för att öka kommunikation och samarbete inom ett företag. Plattformen inkluderar modellering och simulering i det sociala nätverket vilket är en positiv sak, framför allt för organisationer som centralt arbetar med till exempel CATIA och SIMULIA.

4.1.2 Filhantering och struktur

3DEXPERIENCE är ett användbart verktyg för att strukturera och organisera projekt. Genom olika applikationer i onlineplattformen ges användaren möjlighet till att tillsammans med andra planera, utvärdera och organisera olika faser. I applikationen *Projekt Planer* kan

personer i en grupp skapa en gemensam planering där uppgifter kan tilldelas respektive person. Genom *Collaborative Task* som är kopplat till planeringen får personen en egen lista där tilldelade uppgifter syns. När justeringar genomförs eller när arbetsuppgifter markeras som slutförda uppdateras det hos alla involverade vilket förenklar arbetets struktur och förutsättningar.

Genom ett så kallat *Collaborative Space* kan användaren skapa en gemensam plats för att lagra filer. Vid användning av de olika applikationerna i 3DEXPERIENCE är det enkelt att hitta det aktuella objektet eftersom den är lagrad på samma ställe. Vid uppdateringar och ändringar på ett objekt sparas automatiskt den senaste versionen vilket innebär att resterande personer inom projektet kan fortsätta på det senaste objektet utan att involverade personer behöver skicka filer mellan varandra via e-post. Samarbetet mellan olika parter inom en organisation blir således enklare. Enligt företag 1 är de personer som simulerar minoritet gentemot de som modellerar, vilket betyder att dem oftast behöver efterfråga modellerna dem ska utföra simuleringar på samt kontrollera så att denna är uppdaterad.

> "Om vi kör en simulering så gäller det ju självklart att man kollar då med den som äger designen eller modulen att man har senaste konfiguration och uppdatering."

På så sätt är en delad samarbetsmiljö en fördel och inkluderar personer med olika roller i hela processen. Under arbetet har det varit ett användbart verktyg eftersom filer och dokument har kunnat öppnas oavsett enhet och plats. Detta visar sig vara en fördel i en designprocess, speciellt i nutid, eftersom det blir alltmer vanligt att arbeta från andra platser än på kontoret.

4.1.3 3D-modellering och simulering

Vid utveckling av förpackningen har *Structual Package* till största del använts som verktyg för att modellera produkten. Modellerna i *Strucutural Package* skapas utifrån ark och vikningslinjer vilket gör konstruktionen av en pappersförpackning mer verklighetstrogen än en solid modell, som i detta projekt skulle ha visualiserats som en rektangel i 2D och ett rätblock i 3D. Med det sagt erhåller 3DEXPERIENCE användbara verktyg för utveckling av pappersförpackningar. Det finns möjlighet att vika ihop och veckla ut förpackningen vilket innebär att fler aspekter kan tas hänsyn till vid skapandet av designen, till exempel hur det skulle fungera för användaren att veckla ut förpackningen vid återvinning, placering av förpackningen på större ark inför produktion eller hoplimning av förpackningen.

En insikt som utvecklingen av förpackningen har resulterat till är att *Structural Package* skulle kunna erhålla fler funktioner för att komplettera en fysisk modellering av lådan. Applikationen ger som tidigare nämnts designern möjlighet att redigera förpackningen hopvikt eller helt utvecklad, men en funktion som saknas är att endast kunna vika upp ett urval av flikar på förpackningen. En problematik med det är att förpackningen inte kan verifieras eller visualiseras då den är öppen. För att kunna visualisera detta behöver konstruktören genomföra en typ av simulering vilket dels gör processen mer komplicerad och dessutom blir det ett krav på att man som konstruktör är kunnig inom simulering.

Eftersom 3D-modelleringen och tester utfördes digitalt innebar det att när en förpackning visade sig inte uppnå kraven som ställts på den var det möjligt att göra om den och använda sig av samma typ av testning. Detta innebar att inget material gick till spillo, vilket det hade gjort om en fysisk prototyp hade testats på. Detta innebar fördelar ur både ett hållbarhets- och ekonomiskt perspektiv.

Användningen av *Human Design* var ett sätt att se till så att förpackningen var kompatibel med konsumenten, främst i avseende att en hand passade hålet för handtaget. På grund av att modellen var digital kunde hålet göras både större och framför allt mindre, vilket inte är möjligt att göra utan större ansträngning på en fysisk modell.

Att simulera visade sig vara svårare än förväntat för en van CATIA V5-användare. Det krävdes en större kompentens inom simulering och finita elementmetoder för att kunna göra en simulering på förpackningen och innehållet. Företag 2 menar att förpackningens innehåll resulterar till att simuleringstester kan bli mer avancerade i ett initialt skede än vad fysiska tester är. En datordriven designprocess innebär andra resurser och kunskaper jämfört med vad en fysisk designprocess gör. Detta innebär att det, för ett företag som inte redan har de resurserna, blir en stor strukturell förändring och omställning.

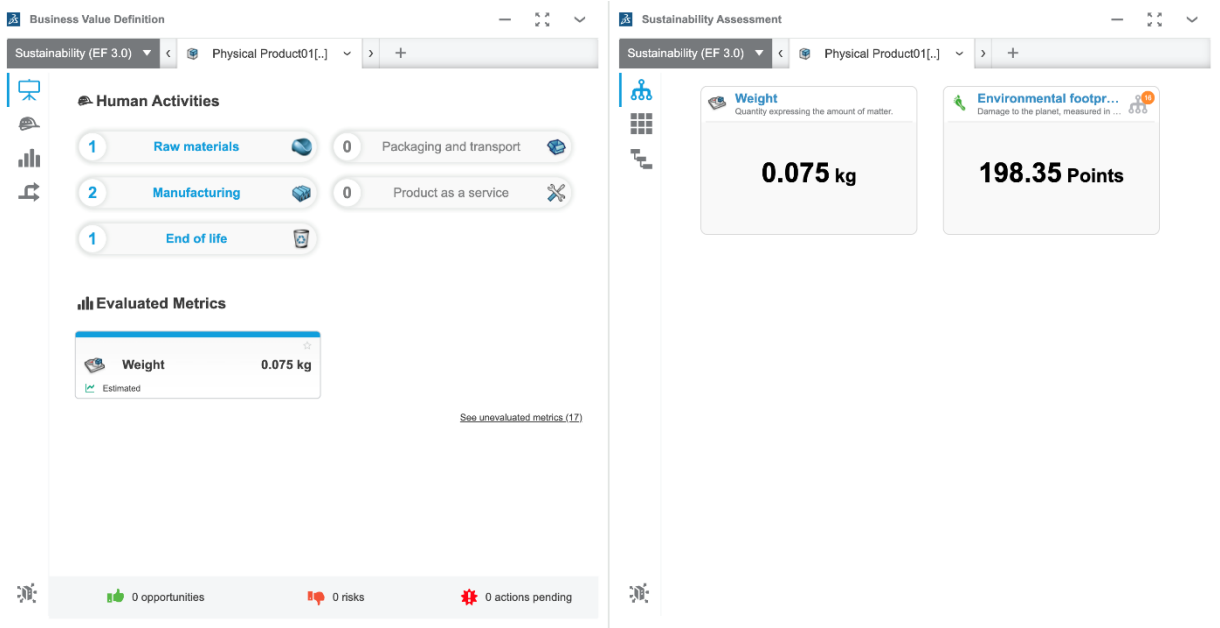
En fråga som lyftes under intervjun med företag 1 var i vilka situationer en simulering inte är tillräckligt tillförlitlig eller verklighetsbaserad. De uttryckte att falltester av plastflaskor med vätska i generellt är svåra att visualisera genom simuleringar eftersom innehållet inte alls ser ut som i verkligheten och därav blir resultatet inte verklighetstroget. Företag 1 menar att trots det är utvecklingsmetoden ett verktyg som bidrar till mer kvalitativa produkter och en mer effektiv designprocess.

4.1.4 Hållbar produktutveckling

3DEXPERIENCE applikationer har visat sig kunna bidra till positiva hållbarhetsaspekter. Genom att använda 3DEXPERIENCE's modellering- och simuleringsprogram kan fysiska modeller uteslutas vilket är en positiv miljöaspekt eftersom material till tester inte förbrukas. Verklighetsbaserade miljöer kan visualiseras i 3DEXPERIENCE vilket innebär att laboratorier och andra miljöer för att utföra tester dessutom kan undvikas i initiala skeden. Laboratorier är nödvändiga i majoriteten av fall för att testa slutprodukten men med virtuella miljöer är chansen större att första fysiska produkten som tas fram uppfyller kraven.

Applikationerna *Business Target Definition* och *Sustainable Assessment* i 3DEXPERIENCE, som har använts vid utveckling av förpackningen, tillåter designern att analysera produktens klimatpåverkan utifrån olika parametrar (figur 26). Vid utveckling av en förpackning i papp istället för plast har LCA varit ett betydelsefullt verktyg för att bedöma förpackningens klimatpåverkan. En fördel med att livscykelanalysen är integrerad i verktyg är att den befintliga modellen kan analyseras. De olika parametrarna, till exempel tillverkningsteknik och råvaruutvinning, som appliceras på produkten är baserade på produktens vikt. Eftersom den datorbaserade modellen blir tilldelad vikt baserat på material utgår analysen från den vikten vilket underlättar genomförandet av en livscykelanalys. Vid förändringar på förpackningen, till exempel en justering av handtagets storlek, har en ny vikt på förpackningen definierats vilket förändrar LCA-resultatet. Detta har visat sig vara en fördel

med 3DEXPERIENCE eftersom vikten slipper justeras i analysen vid varje förändring av modellen.



Figur 26. Skärmbild av hur applikationen Business Value Definition och Sustainability Assessment ser ut i 3DEXPERIENCE.

Ett annat sätt som 3DEXPERIENCE gynnar hållbar produktutveckling på är optimering av pappersförpackningar på större ark. Vid modellering av förpackningen i *Structural Package* kan 2D-modellen placeras på olika sätt för att fylla en så stor yta som möjligt av det större arket. På så sätt finns det möjlighet för designern att förändra designen på förpackningen för att minimera spill. Under projektet justerades storleken på arket vilket resulterade till en mindre mängd pappersspill. För en producent skulle det innebära att i praktiken kunna göra en mer kvalificerad anpassning av ark som förpackningar skapas av. Till en början var arket täckt till 55% och vid en förstoring av arket kunde 78% av ytan täckas.

Företag 1 arbetar mycket med att utveckla förpackningar med så små klimatavtryck som möjligt. Trots det är livscykelanalyser ingenting som är integrerade med deras program inom modellering och simulering utan görs separat, vilket å andra sidan resulterar till minst lika miljömässigt hållbara förpackningar. 3DEXPERIENCEs verktyg för livscykelanalyser är med det sagt ett verktyg som kan användas för att få ett kvitto på hur miljövänlig en produkt är och för att kunna förändra modellen i samband med analysen för att försöka minska klimatavtrycket.

4.1.5 Effektivitet

Fysiska prototyper jämfört med datorbaserade prototyper visade sig vara en aspekt som påverkar effektiviteten i en designprocess. Företagen som intervjuades har i dagsläget olika tillvägagångssätt när det kommer till att testa ett koncept. Företag 1 använder sig främst av datorbaserade modeller och utför simuleringar på dem, medan företag 2 internt till största del utför fysiska tester i labb eller användarsimuleringar i en verklig miljö. Företag 2 menar att i en sådan process krävs det beställning av material till modellerna som ska testas, vilket har en leveranstid på ungefär 4 veckor. Om nya modeller ska testas eller om justeringar på modellen

genomförs krävs det att nya material beställs. Jämfört med företag 1 skiljer sig tiden för att testa en modell sig avsevärt.

> "En körtid på en simulering får ju inte ta mer än 2, 5 eller 8 timmar. Så du kör en modell idag och har ett svar imorgon liksom."

Om den testade modellen behöver justeras eller omkonstrueras kan detta genomföras på en gång och en ny simulering kan köras. Företag 1 menar att det är en positiv aspekt att inte behöva vänta på att få genomföra tester, om testresultat tar så lång tid är den enkelt att tappa bort sig i processen. Dem menar dessutom att det är enklare att snabbare ta rätt beslut.

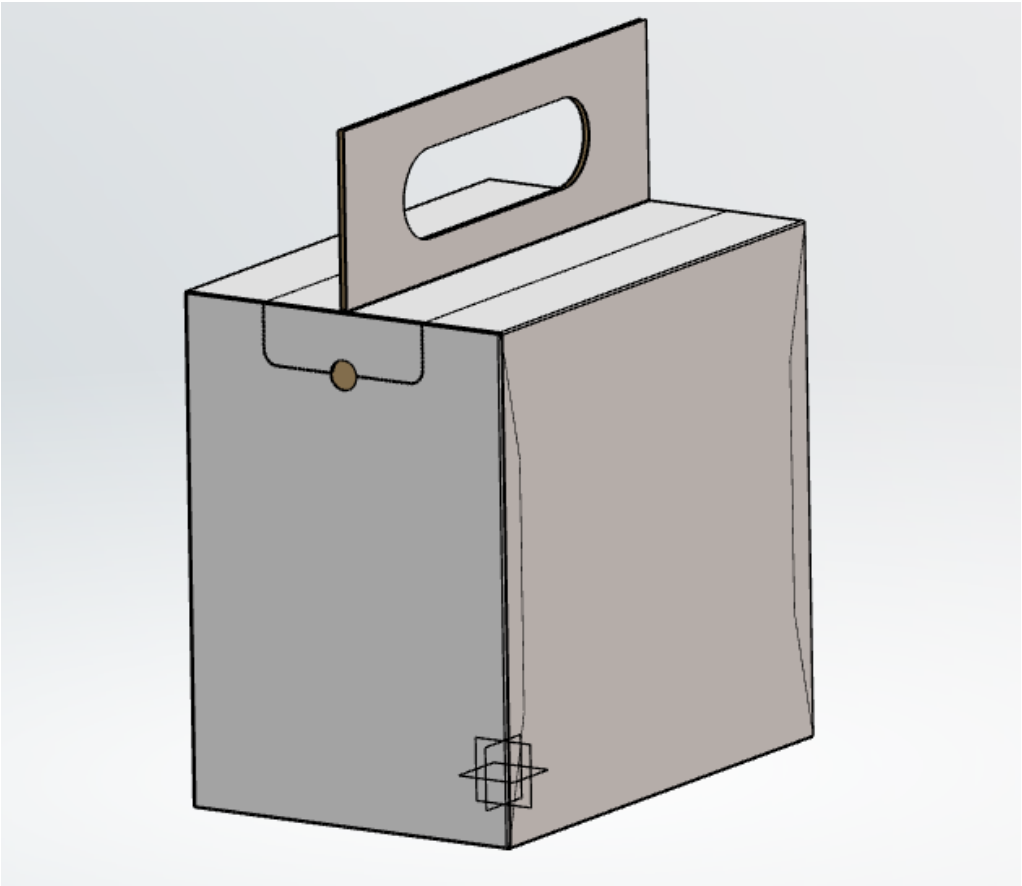
> "Man gör något och sen tar det 10 veckor att tillverka ett verktyg och sen när man får det har man kanske glömt varför man ens gjorde det."

Fördelen med datorbaserad modellering blir således att tiden då en produkt är under utveckling minskar vilket ökar effektiviteten. Det blir mer effektivt att arbeta iterativt eftersom testerna genererar snabbare svar vilket är mer tacksamt i situationer då det inte riktigt blir som planerat. En konsekvens som en snabbare och digitaliserad designprocess bidrar till är minskade kostnader för företaget. Ett datorbaserat objekt eller en genomförd simulering kostar mindre medan fysiska modeller medför kostnader för material och leverans.

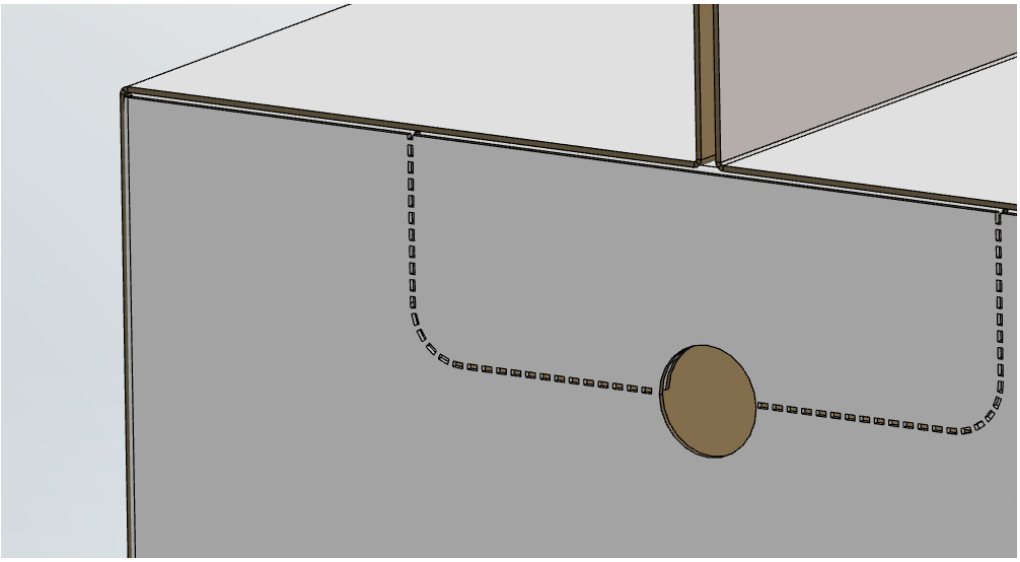
I 3DEXPERIENCE är alla applikationer integrerade i samma plattform vilket gör det enkelt att kunna ta med sig ett objekt från exempelvis CATIA till SIMULIA utan att behöva spara ner den för att sedan öppna den i ett annat program. Det blir således mer effektivt att arbeta med ett koncept från ett tidigt till ett sent stadie i 3DEXPERIENCE. Om det upptäcks under en simulering i exempelvis SIMULIA, att en del av konstruktionen är otillräcklig är det enkelt i 3DEXPERIENCE att gå tillbaka till CATIA för att ändra konstruktionen på objektet.

4.2 Slutkoncept förpackning

Slutliga konceptförslaget är en kartong i wellpapp med dimensionerna 120x180x170 mm handtaget exkluderat (120x180x230 mm, handtaget inkluderat) och väggtjocklek 3 mm. Ett handtag är en viktig del på en blöjförpackning. Detta eftersom blöjförpackningar ofta är för stora för att få plats i en matkasse, vilket innebär att det behöver finnas en funktion som gör förpackningen enkel att bära för sig. Handtaget har skapats genom att (jämfört med en kartonglåda utan handtag) förlänga två motstående väggar med ett hål anpassat för en hands storlek (figur 27). För att användaren enkelt ska kunna veta var förpackningen ska öppnas samt enkelt kunna öppna den är öppningsanordningen markerade med skåror (figur 28).



Figur 27. Bild på slutkonceptet av förpackningen. Väggarna på förpackningen är något transparenta vilket gör att flärpar och skåror syns igenom.



Figur 28. Detaljerad bild på slutkonceptets öppningsanordning.

4.2.1 Funktionslista

Funktionslistan som skapades innehåller de främsta funktioner en förpackning bör uppfylla och resultatet presenteras i tabell 2 nedan.

Tabell 1. Viktiga funktioner listade och värderade. N och Ö står för nödvändigt respektive önskvärt.

Funktion		Funktionstyp	Begränsningar	N, Ö
Skydda	blöjor	Huvudfunktion	Fukt, stötar	N
Tillåta	återvinning		Material	Ö
Informera	konsument			Ö
Optimera	volym			Ö
Inneha	handtag			Ö
Möjliggöra	öppning			N
Matcha	varumärke			Ö
Tilltala	konsument			Ö
Möjliggöra	återförslutning			Ö

4.2.2 Kriterielista

Nedan presenteras konceptets kravspecifikation. Kriterierna klassificerades antingen som ett krav (K) eller ett önskemål (Ö) och viktades på en skala 1–5 baserat på prioritet, där 1 är minst viktigt. Verifieringsmetoden beskriver med vilken metod som kriteriet säkerställdes och referens syftar till kriteriets kravställare. Kriterierna är kategoriserade i tre områden; "prestanda, dimensioner och yttre faktorer", "hållbarhet" samt "användarvänlighet."

Tabell 3. Kriterier som blöjförpackningen ska uppfylla.

Nr	Kriterium	Krav/önskemål	Verifieringsmetod	Referens (Kravställare)
0	Paketera blöjor	Grundkrav		
1	**Prestanda**			
1.1	Hålla för ett tryck ovanifrån upp till 2kg	Krav	Simuleringstest	Producent
1.2	Hålla en vikt på 0,4 kg	Krav	Simuleringstest	Producent
1.3	Rymma 24 st blöjor	Önskemål	CATIA V5	Innehållet
1.4	Ej innehålla skadliga ämnen	Krav	Laborativa tester	Producent, konsument
2	**Hållbarhet**			
2.1	Bestå av minst 85 % återvunnet material	Önskemål	LCA	Producent, konsument
2.2	Bestå av 100 % återvinningsbart material	Önskemål	LCA	Producent, konsument
2.3	Max generera 15 % spill	Önskemål	Structural Package	

3	**Bestå av så lite material som möjligt**			
3.1	Undvika dubbla väggar	Önskemål	Structural Package	Miljökrav
3.2	Undvika tomrum	Önskemål	Structural Package	Miljökrav
4	**Användarvänlighet**			
4.1	Bärbar med en hand	Önskemål	Human Design	Konsument
4.2	Användarvänlig förpackningsöppning	Önskemål	Användartest	Konsument
4.3	Kunna återförslutas	Önskemål		Konsument

4.2.3 Livscykelanalys

I tabellen nedan presenteras resultatet från livscykelanalysen på den nuvarande förpackningen i polyeten samt på den nyutvecklad förpackningen i papp.

Tabell 4. Resulterande värden från livscykelanalysen för papp- och polyetenförpackningen

	Pappersförpackning	Polyetenförpackning
Vikt (kg)	0,075	0,008
Total poäng	198,35	9,5965
CO_2-utsläpp (kg)	0,3867	0,0372
Vattenanvändning (m3)	0,1839	0,025

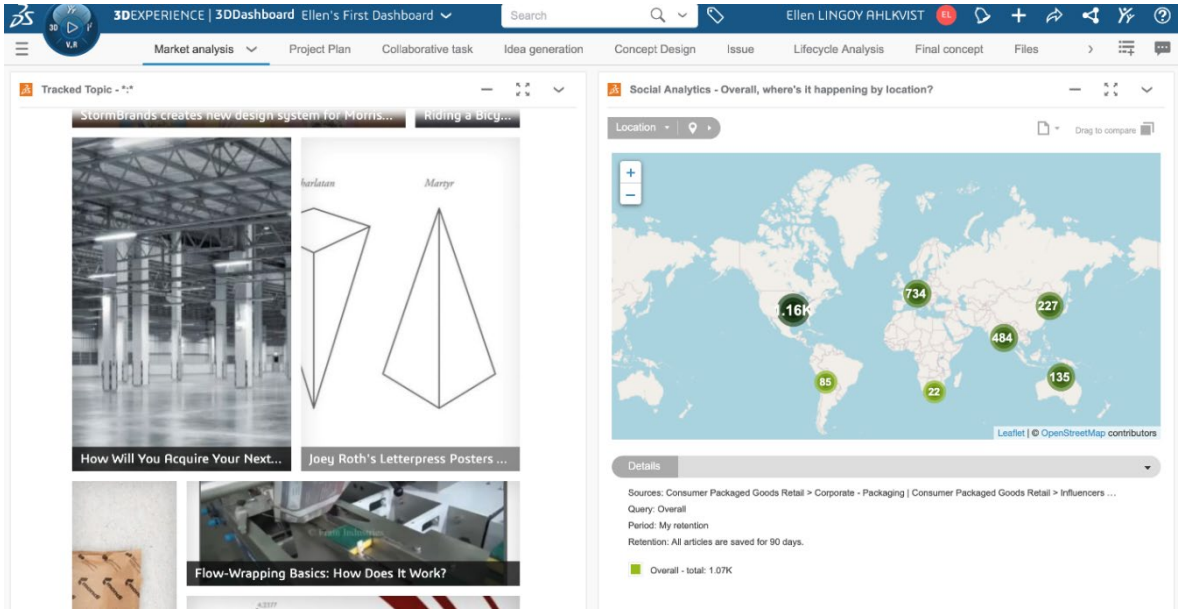
Som synes i tabellen ovan är polyeten ett avsevärt mycket bättre alternativ än papp utifrån ett miljöperspektiv. Den totala poängen sammanställer alla värden från analysen, ett högt värde innebär en större klimatpåverkan. Papp antar ett värde som är ungefär tjugo gånger högre än polyeten, vilket innebär att råvaruutvinning, tillverkning och hantering av uttjänta produkter för en papparsförpackning har en större klimatpåverkan är en polyetenförpackning. Trots att pappersförpackningen till en början endast var 0,5 millimeter tjock blev klimatavtrycket inte avsevärt mycket sämre när tjockleken ändrades till 3 millimeter.

4.3 Processvisualisering

Processen som genomfördes beskrivs i en Dashboard uppdelad i flikar med beskrivningarna *Market analysis*, *Project Plan*, *Collaborative tasks*, *Idea generation*, *Concept Design*, *Issue*, *Package Simulation*, *Lifecycle Analysis*, *Final concept* och *Files*. Avsnittet är uppdelat efter dessa beskrivningar på flikarna.

4.3.1 Market analysis

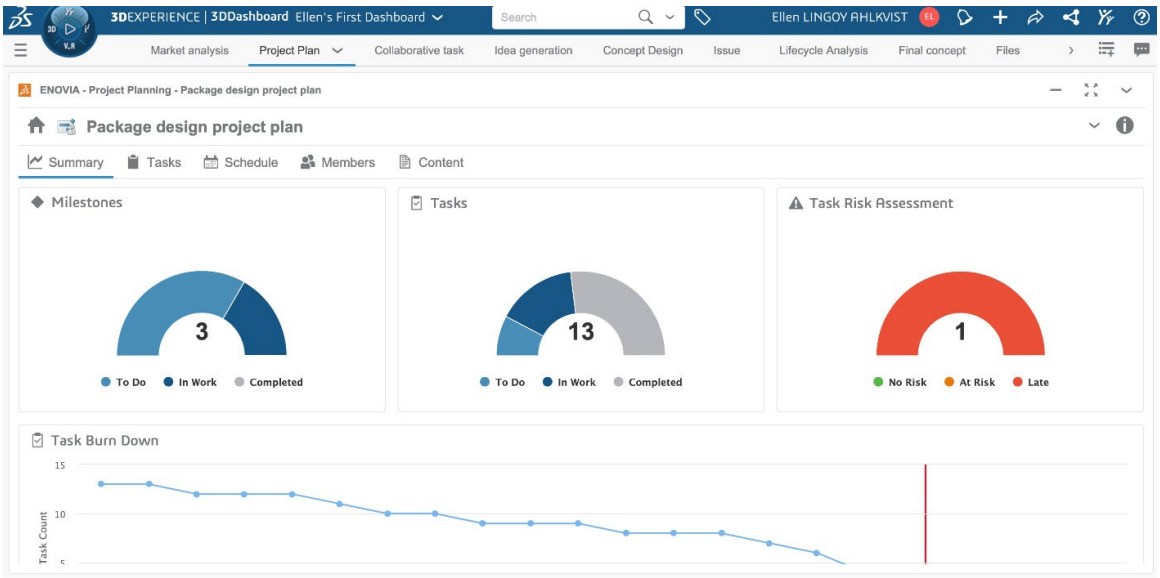
I fliken finns två en widget:ar. Den ena med artiklar relaterade till ämnet *Packaging* och den andra visualtiserar på en karta var i världen artiklarna är skrivna. Detta visar var största intresse för förpackningar finns (figur 29).



Figur 29. Skärmbild av fliken Market Analysis *som visar ett utdrag av trender inom förpackningsdesign.*

4.3.2 Project Plan

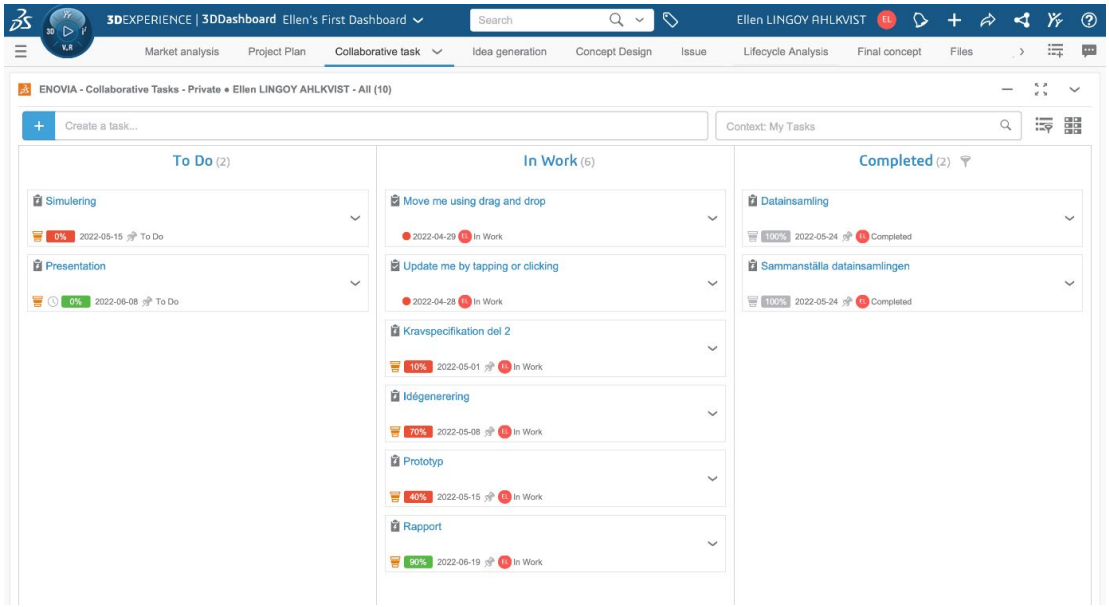
Projektplaneringen ligger som en widget under fliken *Projekt Plan*. Widget:en i sig är uppdelad i flikarna *Summary*, *Tasks*, *Schedule*, *Members*, *Content*. I projektplaneringen lades uppgifter in och tilldelades medlemmarna i Dashboard:en och visualiserar därefter vilka delar i projektet som behöver prioriteras (figur 30). Applikationen som widget:en blivit tilldelad sänder notifikationer när deadlines närmar sig.



Figur 30. Skärmbild av fliken Project Plan *som visar en sammanfattning av projektplaneringen*

4.3.3 Collaborative Tasks

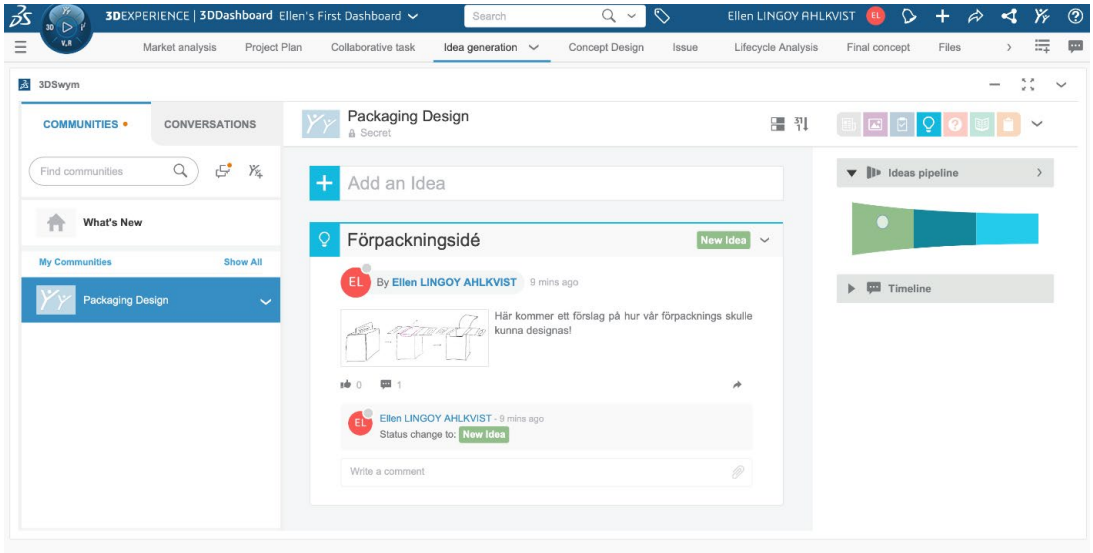
Collaborative Tasks är länkad med widget:en i *Project Plan* och visar användaren vilka uppgifter som denna blivit tilldelad. Applikationen är kopplad till användaren vars konto som används (figur 31).



Figur 31. Skärmbild av fliken Colloborative Task *där en av projektets medlemmars individuella uppgifter visualiseras.*

4.3.4 Idea Generation

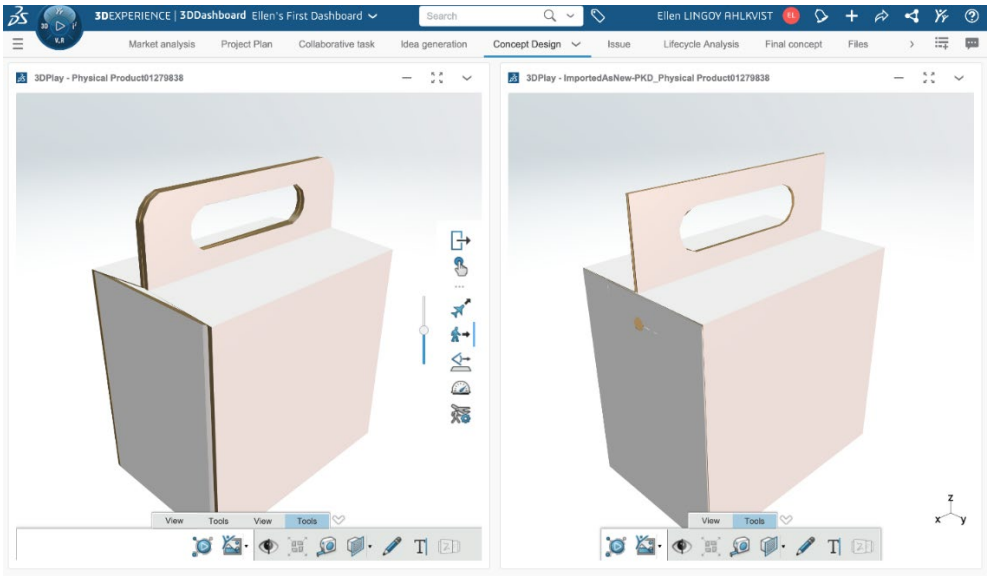
I fliken *Idea Generation* är widget:en *3DSwym* placerad. 3DSwym är en social applikation där idéer, tankar och resultat kan delas. I applikationen publiceras dessa som inlägg likt en social media och alla medlemmar i Dashboard:en kan kommentera eller ”gilla” inlägg (figur 32). I figur 32 visas även en ruta med rubriken *Ideas pipeline* visualiserat som en ”tratt” i färgerna grön, mörkblå och turkos. I figuren ligger en grå prick i det gröna området vilket innebär att förslaget som postats är i idéstadiet. De mörkblå och det turkosa området innebär *Concept* respektive *Project Plan*.



Figur 32. Skärmbild av fliken Idea Generation *som visualiserar en förpackningsidé som har delats i den sociala plattformen.*

4.3.5 Concept Design

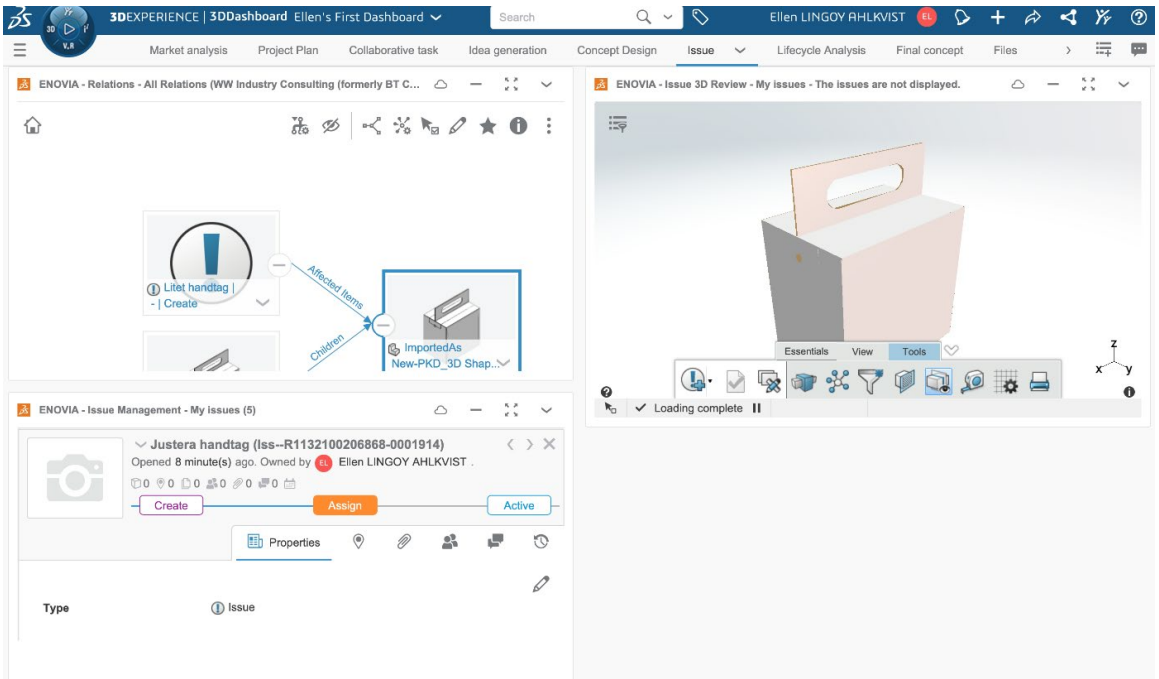
Två förslag på ett slutkoncept har publicerats under fliken *Concept design*. Alla användare kan granska modellerna och kommentera med text och figurer direkt i 3D-miljön (figur 33).



Figur 33. Skärmbild av fliken Concept Design *där två olika konceptförslag presenteras.*

4.3.6 Issue

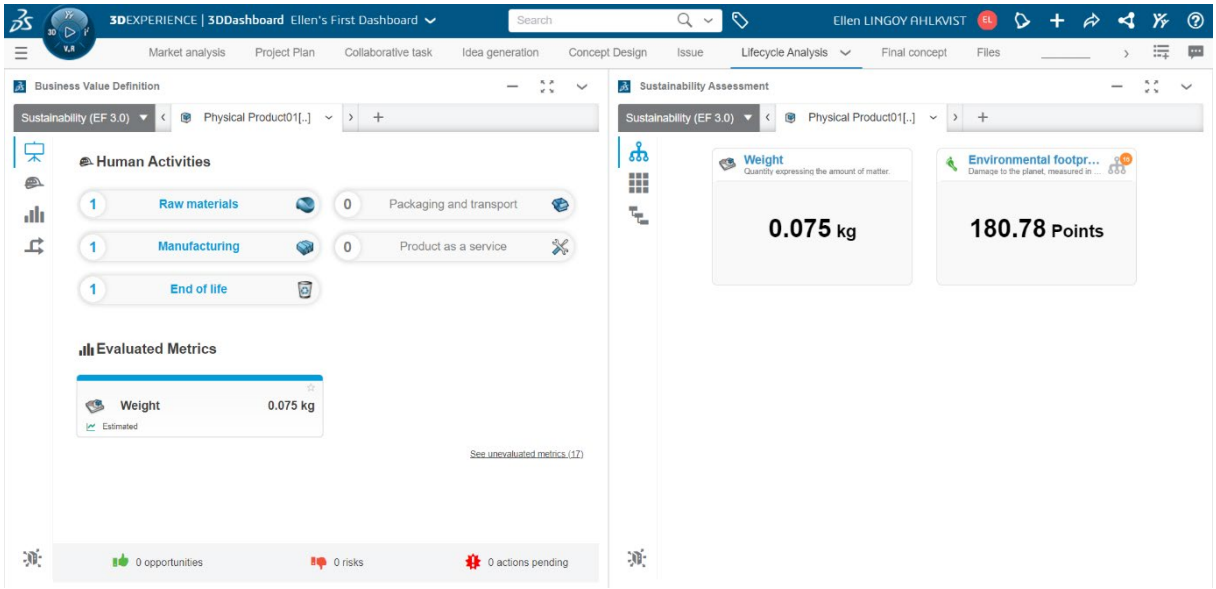
Skulle en medlem i Dashboard:en upptäcka ett fel i ett objekt kan detta poängteras i ENOVIA applikationerna *Relations*, *Issue 3D View* och *Issue Management* som ligger som widget:ar under fliken *Issue*. I *Issue 3D View* har en markör satts ut för att beskriva vad felet är och var det ligger (figur 34).



Figur 34. Skärmbild av fliken Issue *där problemområden på förpackningen har markerats.*

4.3.7 Lifecycle Analysis

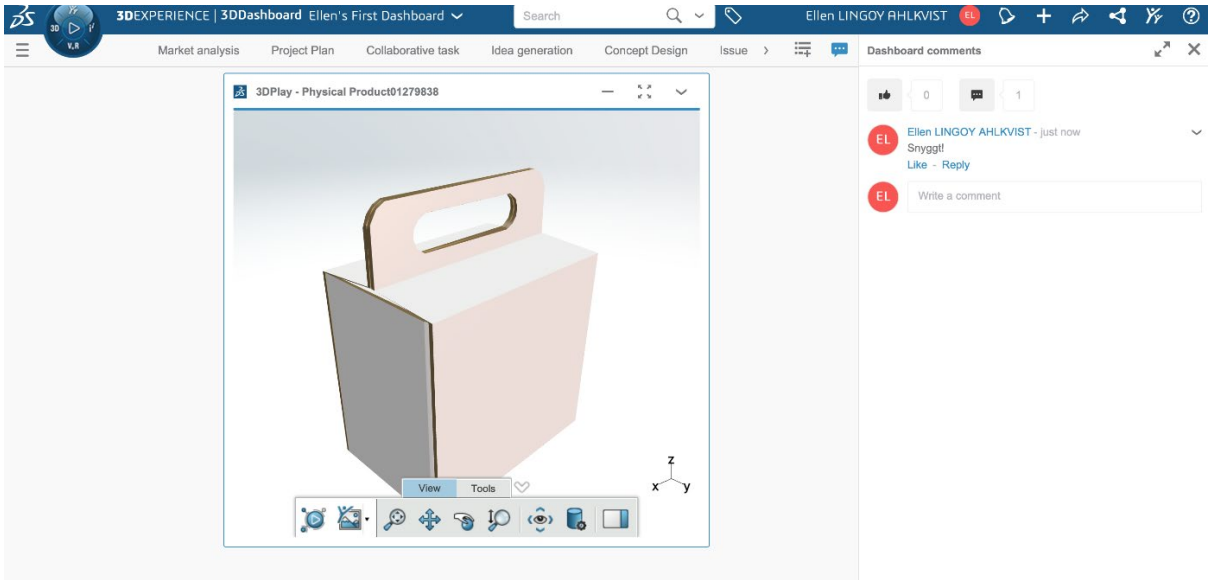
För att mäta miljöpåverkan är fliken *Lifecycle Analysis* skapad i vilken det ligger två widget:ar länkade till varandra. I dessa presenteras resultaten av LCA:n som utfördes (figur 35).



Figur 35. Skärmbild av fliken Lifecycle Analysis *som visualiserar en av de två analyserna som utfördes.*

4.3.8 Final Concept

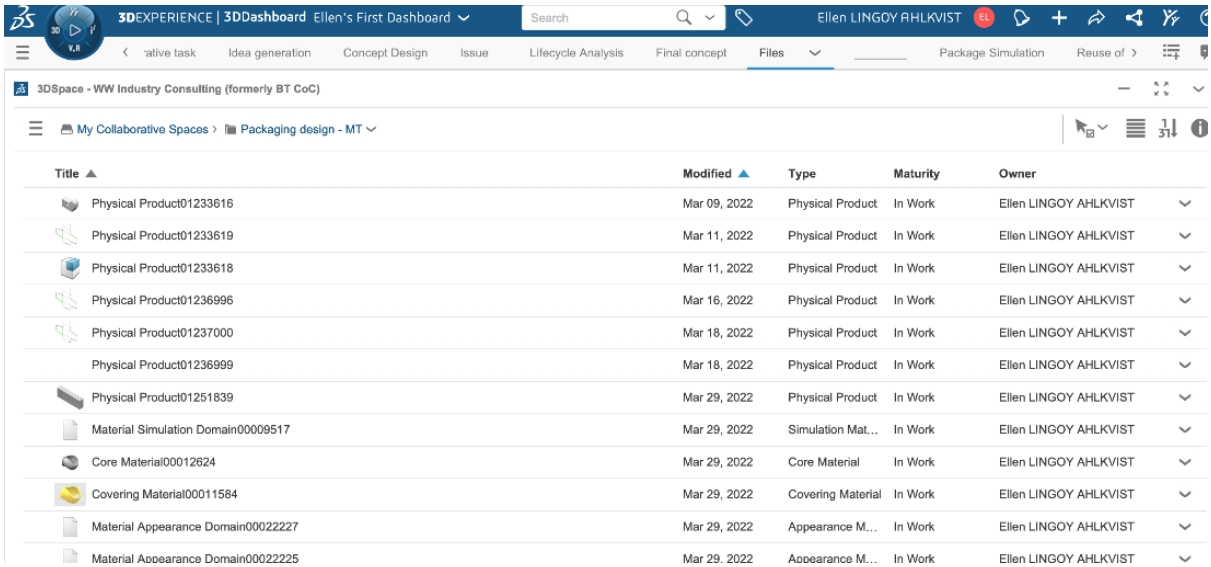
I fliken *Final Concept* presenteras det valda konceptförslaget i form av en 3D-visualisering (figur 36).



Figur 36. Skärmbild av fliken Final Concept *som visualiserar ett förslag på slutkoncept.*

4.3.9 Files

Alla objekt så som 3D-modeller och materialparametrar, som använts under produktutvecklingsprocessens gång ligger i applikationen *3DSpace* i fliken *Files* (figur 37).



Figur 37. Skärmavbild av fliken Files *som visar samtliga sparade filer under arbetet.*

5
DISKUSSION

Livscykelanalys var under arbetet ett användbart verktyg för att bedöma förpackningens klimatpåverkan med hänsyn till råvaruutvinning, tillverkning samt hantering av uttjänta produkter. Som tidigare nämnts under slutsatsen resulterade analysen till att den utvecklade förpackning i papp genererar mer växthusgaser än den nuvarande förpackningen i plast. Framställningen av förpackning i papp är således sämre för miljön än framställningen av en i plast. Å andra sidan innebär en plastförpackning ett större ansvar för konsumenten om deponi vill undvikas på så sätt att en pappförpackning som slängs i naturen har en mer naturlig nedbrytningsprocess än plast. Detta är en aspekt som inte har kunnat tas hänsyn till under livcykelsanalysen och en aspekt som kan ha påverkan på slutresultatet. En annan aspekt som kan påverkat resultatet är tilldelningen av aktiviteter i analysen. Osäkerheter kring om aktiviteterna var relevanta och tillräckliga för respektive material resulterade till att en uppskattning gjordes. Det skulle föredragits om aktiviteterna var uppdelade efter faserna råvaruutvinning, transport, tillverkning, användning och hantering av uttjänta produkter, för att göra det enklare för användaren att välja rätt parametrar. Som det ser ut nu kan till exempel ett råvarumaterial appliceras som tillverkningsmetod vilket gör det svårt att avgöra vilka aktiviteter som tillhör vilka faser. I arbetets fall resulterade analysen till en stor differens där plastförpackningen överlägset visade sig vara bättre ur ett miljöperspektiv vilket innebar att en slutsats kunde dras.

Huruvida det kan göras vinster i utvecklingen genom datorbaserad modellering beror möjligtvis på vem det berör. För organisationer som redan har kunskaper och resurser inom modellering och simulering är svaret troligtvis ja. Det kan bero på att det redan är väl implementerat och företaget gynnas således av de fördelar som datorbaserad modellering medför. Däremot är det inte självklart, på kort sikt, att företag som än idag inte har modellering och simulering väl implementerat inom organisationen skulle vinna på det. Som sagt krävs det resurser för att kunna modellera och simulera avancerade scenarion och för företag som är okunniga inom området skulle det under implementering troligtvis innebära en förlust sett till tid och kostnad. Företagets omsättning påverkar ifall ett företag kan göra vinster på datorbaserad modellering. Typ av produkt som utvecklas är en annan aspekt som skulle påverka huruvida ett företag kan göra vinster genom datorbaserad simulering. Vissa produkter ter sig annorlunda i modelleringar och simuleringar än i verkligheten vilket kan vara en faktor till att företag väljer att fortsätta använda sig av en mer fysisk utvecklingsprocess. Vissa produkter kräver mer fysisk interaktion med designern under hela utvecklingsprocessen vilket också kan vara en faktor till att det inte är en särskild stor vinst att implementera datorbaserad modellering.

Utifrån det tre aspekterna av hållbar utveckling kan 3DEXPERIENCE som verktyg utvärderas. Ur ett företagsperspektiv kan verktyget uppfylla ekonomisk hållbarhet. Trots att företag betalar för att använda programmet så blir arbetet mer effektivt både tidsmässigt och resursmässigt. På så sätt kan en produktutvecklingsprocess i 3DEXPERIENCE ur ett långsiktigt perspektiv kosta mindre än att framställa samt testa produkter och dess miljö med

fysiska modeller. I längden kan företag tänkas lägga mer resurser på att utveckla kvalitativa produkter, i stället för många olika fysiska prototyper och tester, eftersom det är så pass kostnadseffektivt att iterera i en digital plattform, vilket resulterar i produkter med en längre livstid som således är bättre för miljön. 3DEXPERIENCE kan därav tänkas uppfylla den ekologisk hållbarhetsaspekten för ett företag. Dels eftersom det inte bidrar till något spill sett till material från prototyper, dels för att verktyget möjliggör att analysera produkten utifrån ett miljöperspektiv genom hela processen och genom hela produkten livscykel, inte endast i ett slutskede när produkten redan är redo för att produceras. Social hållbarhet är dock en aspekt som inte 3DEXPERIENCE bidrar till eftersom det inte finns någon direkt koppling mellan att använda sig av en digital och datorbaserad modelleringsprocess och mänskliga rättigheter eller individuella behov. Å andra sidan innebär datorbaserad produktutveckling att det blir enklare att anpassa produkten till individen.

Utvecklingen av förpackningar med 3DEXPERIENCE som verktyg skulle kunna uppfylla de tre R:en av hållbarhet; reduce, reuse och recycle, eftersom 3DEXPERIENCE tillhandahåller applikationer som kan bidra till en mer miljövänlig förpackning. Utifrån det första R:et *reduce,* som innebär att reducera material, finns det verktyg för att uppfylla detta. Till exempel kan man i 3DEXPERIENCE genomföra simuleringar parallellt med livcykelsanalyser för att utvärdera om förpackningen skulle bli mer miljövänlig vid en omkonstruktion. Det skulle kunna innebära att göra förpackningen mer materialeffektiv för att åter igen testa om det uppfyller hållfasthetkraven, för att sedan genomföra en analys på huruvida justeringen påverkar miljön. Det andra R:et, reuse, som innebär att återanvända en så stor mängd återvunnet material som möjligt på produkten, kan uppfyllas genom att applicera ett önskat material, för att sedan genom simuleringar testa om materialet uppfyller kraven för produkten. Det sista R:et, recycle, handlar främst om vad konsumenten gör med produkten vid dess slutskede. Förpackningens design skulle å andra sidan kunna uppmuntra konsumenten till att återvinna den, antingen genom estetik och information eller genom att förpackningen är lätt att vika ihop och platta till den. En sådan typ av design skulle kanske kunna utvecklas med hjälp av en fysisk designprocess, dock kan en digital designprocess ge bättre förutsättningar om den sådan typ av konstruktion innebär en komplex konstruktion.

Under studien har olika typer av simuleringar försökt att utföras för att testa förpackningens kvalitet utifrån relevanta parametrar. Det anses vara en värdefull metod för att testa hur produkten fungerar i situationer den troligtvis kommer att utsättas för under dess livstid. Hur förpackningen reagerar när den utsätts för fukt, vid yttre tryck så som vid stapling i hyllan, eller om handtaget håller för förpackningens vikt är några önskvärda simuleringar för utvärdering av konceptet. Vilken kraft som krävs vid öppning av förpackningen samt hur liten förpackningen skulle kunna göras utan att den går sönder vid tryck från innehållet är några andra. I arbetet har det inte varit möjligt att genomföra några verklighetsbaserade simuleringar eftersom det saknas förkunskaper inom numeriska metoder för simulering. Trots att en så kallad *Simulation Assistant* (kan beskrivas som en ”steg för steg”-guide inne i applikationen) har använts inom arbetet är fortfarande terminologin och beräkningarna avancerade på en nivå som inte en användare utan erfarenhet eller utbildning inom FEM-analys är bekant med. För att göra en simulering verklighetstrogen skapas den utifrån den specifika produkten och situationen, vilket inte gör det möjligt att applicera en viss simulering utan att justera den. Denna typ av förståelse, för numeriska metoder för simulering, krävs därför i nuläget.

Önskvärt hade varit om applikationerna varit ännu mer kompatibla med varandra. Som tidigare nämnts applicerades standardparametrar för kartong när första sidan (bottnen) på förpackningen skapades, för att ytterligare väggar på förpackningen skulle kunna byggas. Den automatiska appliceringen gjorde förpackningen solid och därmed inte möjlig att simulera på. Detta ledde till fler steg vilka hade varit önskvärda att undvika.

6
SLUTSATS

Syftet med arbetet var att utforska hur 3DEXPERIENCE kan användas som verktyg vid utveckling av förpackningar. Slutsatsen är att plattformen är användbar eftersom den erbjuder verktyg för hållbar produktutveckling och datorbaserad design visar sig resultera till mindre spill, en effektivare designprocess och mer kvalitativa produkter. Det krävs dock vana och kunskap för att optimera designprocessen då plattformen är avancerad och består av ett stort antal applikationer. En van användare av modellering- och simuleringsverktyg har bättre förutsättningar att börja använda 3DEXPERIENCE än en hel organisation som i dagsläget använder sig av en mindre digitaliserad designprocess med mer fysiska tester.

Målet var att med hjälp av 3DEXPERIENCE undersöka om en förpackning i papp har en mindre klimatpåverkan än en förpackning i biopolyeten. Slutsatsen är att den nuvarande förpackningen i bioplast släpper ut mindre växthusgaser vid utvinning av material och tillverkning av förpackning, men att en förpackning i papp kan vara mer fördelaktig ur andra hållbarhetsaspekter. Vid utveckling av förpackningen genererades en processvisualisering baserat på vilka funktioner och applikationer som har använts i 3DEXERIENCE under arbetet.

REFERENSER

Webbsidor

Chad Jackson. (2021). *The four benefits of simulation-driven design.* Lifecycle Insights. https://wildeanalysis.co.uk/wp-content/uploads/2021/03/ansys-four-benefits-simulation-design.pdf

Dassault Systèmes. (u.å.). *Virtual Twin Experience.* Hämtad 2022-03-11, från https://www.3ds.com/virtual-twin

DesignKit. (u.å.). *Bundle ideas.* Hämtad 2022-04-27, från https://www.designkit.org/methods/bundle-ideas

edig. (2018). *Vad är en digital tvilling?* Hämtad 2022-05-23, från https://www.edig.nu/artiklar/vad-ar-en-digital-tvilling

Fia Formula E. (2014). *Sustainability: The Three R's rule.* Hämtad 2022-05-22, från https://www.fiaformulae.com/en/news/2014/october/sustainability-the-3-r-s-rule.aspx

Globala Målen. (2017). *Vad betyder hållbar utveckling?* Hämtad 2022-04-18, från https://www.globalamalen.se/fragor-och-svar/vad-betyder-hallbar-utveckling/

GOP. (2022). *Plast i ett hållbart samhälle.* Hämtad 2022-05-09, från https://www.gop.se/hallbarhet/plast-atervinning/

Groupe Dassault. (u.å.). Dassault Systèmes. Hämtad 2022-03-09, från https://www.dassault.fr/subsidiaries/dassault-systemes

Håll Sverige rent. (u.å.). *Nedbrytningstider.* Hämtad 2022-05-09, från https://hsr.se/artiklar/nedbrytningstider

IDEO. (u.å.). *Brainstorming.* Hämtad 2022-04-27, från https://www.ideou.com/pages/brainstorming

IKEM. (u.å.). *Kemisk återvinning.* Hämtad 2022-05-31, från https://www.ikem.se/plastfragor/plast-och-hallbarhet/atervinning/kemisk-atervinning/

IKEM. (u.å.) *Mekanisk återvinning.* Hämtad 2022-05-31, från https://www.ikem.se/plastfragor/plast-och-hallbarhet/atervinning/mekanisk-atervinning-av-plast/

IT-ord. (2020). *Simulering*. Hämtad 2022-05-10, från https://it-ord.idg.se/ord/simulering/

Kungliga Tekniska Högskolan. (2021). *Ekologisk hållbarhet.* Hämtad 2022-05-20, från https://www.kth.se/om/miljo-hallbar-utveckling/utbildning-miljo-hallbar-utveckling/verktygslada/sustainable-development/ekologisk-hallbarhet-1.432074

Kungliga Tekniska Högskolan. (2020). *Ekonomisk hållbarhet*. Hämtad 2022-05-20, från https://www.kth.se/om/miljo-hallbar-utveckling/utbildning-miljo-hallbar-utveckling/verktygslada/susta

Kungliga Tekniska Högskolan. (2021). *Social hållbarhet.* Hämtad 2022-05-20, från https://www.kth.se/om/miljo-hallbar-utveckling/utbildning-miljo-hallbar-utveckling/verktygslada/sustainable-development/social-hallbarhet-1.373774

Naturskyddsföreningen. (2021). *5 sanningar om plast.* Hämtad 2022-04-10, från https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/5-sanningar-om-plast/

Naturvårdsverket. (2021). *Tre av nio materialåtervinningsmål för förpackningar nåddes 2020.* Hämtad 2022-06-16, från https://www.naturvardsverket.se/om-oss/aktuellt/nyheter-och-pressmeddelanden/tre-av-nio-materialatervinningsmal-for-forpackningar-naddes-2020/

PLM Group. (u.å.). *3DEXPERIENCE.* Hämtad 2022-03-09, från https://plmgroup.se/mjukvara/3dexperience/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=(S)-SE-3dexperience-LP-TEST&gclid=CjwKCAiAg6yRBhBNEiwAeVyL0P_XfO6ERugfUCGkGVC0mdM46TgT0qtVonH90mtVNVGrlhgDcTIKkRoCp8gQAvD_BwE

Product Innovation DX. (2022). *Dassault Systemes.* Hämtad 2022-06-22 från https://dx.pi.tv/directory/298

PTV Group. (u.å.). *Fordonssimulering.* Hämtad 2022-05-10, från https://company.ptvgroup.com/sv/expertis/fordonssimulering

Statistikmyndigheten. (2022). *Återvinning av förpackningar i Sverige.* Hämtad 2022-04-15, från https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/miljo/atervinning-av-forpackningar-i-sverige/

Sveriges natur. (2022). *Plast- eller papperspåse: vilken är bäst för miljön.* Hämtad 2022-05-12, från https://www.sverigesnatur.org/gron-guide/plast-eller-papperspase-vilken-ar-bast-for-miljon/

Tekniska museet. (2021). *Papper*. Hämtad 2022-05-12, från https://www.tekniskamuseet.se/lar-dig-mer/100-innovationer/papper/

Tetra Pak. (u.å.). *Våra kartongförpackningar.* Hämtad 2022-05-09, från https://www.tetrapak.com/sv-se/solutions/packaging

Rapporter och avhandlingar

Glidden, P. (1993). Simulation driven: board design process automation. *Proceedings of NORTHCON'93 Electrical and Electronics Convention*(1993), 22-26. doi:10.1109/NORTHC.1993.505026.

KRAV. (2020). *Förpackningslotsen. Steg-för-steg till miljöoptimerad förpackning.* Uppsala, KRAV.

Lassesson, H., Gottfridsson, M., Nellström, M., Rydberg, T., Josefsson, L. & Mattsson, C. (2021). *Kemisk återvinning av plast* (Rapport 6990). Bromma: Arkitektkopia AB

Naturvårdsverket. (2021). Sveriges återvinning av förpackningar och tidningar. Stockholm: SMED

Sellgren, U. (1999). Simulation-Driven Design – Motives, Means and Opportunities. (Doktorsavhandling, Trita-MMK, ISSN 1400-1179 ; 1999:26). Stockholm: KTH. Tillgänglig: https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2 %3A8603&dswid=-1102

Wallman, M., Nilsson, K. (2011). *Klimatpåverkan och energianvändning från livsmedelsförpackningar* (Livsmedelsverkets rapportserie, 18/2011).

Litteratur

Johannesson, H., Persson, J., & Pettersson, D. (2018). *Produktutveckling. Effektiva metoder för konstruktion och design.* (2 uppl.) Stockholm: Liber AB.

Ellicott, C., & Roncarelli, S. (2010). *Packaging essentials : 100 design principles for creating packages*. Beverly, MA: Quarto Publishing Group USA.

BILAGA 1

market for packaging film, low density polyethene

Dataset Description

General comment

This is a market activity. Each market represents the consumption mix of a product in a given geography, connecting suppliers with consumers of the same product in the same geographical area. Markets group the producers and also the imports of the product (if relevant) within the same geographical area. They also account for transport to the consumer and for the losses during that process, when relevant.
This is the market for "packaging film, low density polyethylene", in the Global geography.
In this market, expert judgement was used to develop product specific transport distance estimations.
This product is a packaging film made by low density polyethylene and it is used as packaging material. It can be used to package food, construction materials, electric appliances and devices, plastics, etc.

Included activities start

This activity starts at the gate of the activities that produce "packaging film, low density polyethylene", within the geography of Global.

Included activities end

This activity ends with the supply of "packaging film, low density polyethylene", to the consumers of this product. Transport is included. Product losses during transportation are assumed negligible and are therefore not included.

Extrapolations

This dataset has been extrapolated from year 2011 to the year of the calculation (2021). The uncertainty has been adjusted accordingly.

BILAGA 2

extrusion, plastic film

Exchange Summary

Reference product	Byproduct classification	Amount
extrusion, plastic film	allocatable product	1 kg

Inputs from technosphere, wastes	Amount
waste plastic, mixture	-0.0241 kg

Inputs from technosphere	Amount
EUR-flat pallet	0.00144 unit
core board	0.00732 kg
electricity, medium voltage	0.66 kWh
heat, district or industrial, natural gas	0.601 MJ
heat, district or industrial, other than natural gas	0.209 MJ
lubricating oil	0.000105 kg
packaging box factory	1.4e-09 unit
particleboard, uncoated	2.15e-05 m3
polyethylene, low density, granulate	0.00215 kg
polypropylene, granulate	0.000683 kg
polyvinylchloride, suspension polymerised	4.88e-05 kg
solid bleached and unbleached board carton	0.000976 kg
steam, in chemical industry	0.058 kg

Inputs from environment	Amount
Water, cooling, unspecified natural origin	0.0437 m3

Emissions to air	Amount
Water	0.0169 m3

Emissions to water	Amount
Water	0.0268 m3

Dataset Description

General comment

1 kg of this process equals 0.976 kg of extruded plastic film.

This dataset was already contained in the ecoinvent database version 2. It was not individually updated during the transfer to ecoinvent version 3. Life Cycle Impact Assessment results may still have changed, as they are affected by changes in the supply chain, i.e. in other datasets. This dataset was generated following the ecoinvent quality guidelines for version 2. It may have been subject to central changes described in the ecoinvent version 3 change report, and the results of the central updates were reviewed extensively. The changes added e.g. consistent water flows and other information throughout the database. The documentation of this dataset can be found in the ecoinvent reports of version 2, which are still available via the ecoinvent website. The change report linked above covers all central changes that were made during the conversion process.The original ecoinvent version 2 documentation can be consulted here.

Included activities start
No data

Included activities end
This process contains the auxillaries and energy demand for the mentioned convertion process of plastics. The converted amount of plastics is NOT included into the dataset.

Sampling procedure
Company data.

Extrapolations
No extrapolation This dataset has been copied from an original dataset covering the geography RER. The uncertainty has been adjusted accordingly.

Technology comment
Present technologies.

Geography comment
Information from different European and Swiss converting companies.

Time period comment
Time to which data refer.

BILAGA 3

market for waste polyethene

waste polyethylene	Waste	-1 kg

Inputs from technosphere, wastes	Amount
waste polyethylene	-1 kg

Inputs from technosphere	Amount
transport, freight train	0.0112 ton*km
transport, freight, lorry, unspecified	0.0193 ton*km

Dataset Description

General comment
This is a market activity, representing a treatment mix. In the case of products needing treatment, market mixes are supplied by the activities treating the product in the geography defined by the market, and they supply the activities needing to treat the product, as they have generated it as a by-product in the Undefined processes (present as a negative input in system models). Transport to the treating facility or losses are also accounted in this type of markets, when relevant.
This is the market for "waste polyethylene", in the Global geography.
In this market, expert judgement was used to develop product specific transport distance estimations. Estimated based on UN statistics, data on plastic production from Plastics Europe, and information from Riber, 2008.

Included activities start
The activity starts with the input from the treatment processes.

Included activities end
A market for a material for treatment (wastes or recyclables) ends with the provision of treatment, i.e. a mix of treatment providers, to activities that generate the reference product as a waste/by-product.

BILAGA 4

market for folding boxboard carton

Exchange Summary

Reference product	Byproduct classification	Amount
folding boxboard carton	allocatable product	1 kg

Inputs from technosphere	Amount
folding boxboard carton	1 kg
transport, freight train	0.312 ton*km
transport, freight, lorry, unspecified	0.344 ton*km
transport, freight, sea, container ship	0.589 ton*km

Dataset Description

General comment

This is a market activity. Each market represents the consumption mix of a product in a given geography, connecting suppliers with consumers of the same product in the same geographical area. Markets group the producers and also the imports of the product (if relevant) within the same geographical area. They also account for transport to the consumer and for the losses during that process, when relevant.

This dataset represents the global market for folding boxboard (FBB). It includes default transport assumptions for average transport producer to product user. FBB (also known as GC and UC) is a packaging grade of board used to manufacture cartons. It is typically made using predominantly virgin fibres, but may incorporate some recovered fibres. This grade is tyically made of mechanical pulp sandwiched between two layers of chemical pulp with up to three layers of coating on the top or printing surface and one layer of coating or sizing on the reverse. The manufacture of FBB is to a large degree integrated but usually the required chemical pulp is purchased. Typical uses include pharmaceuticals, confectionary, frozen and chilled foods.

Included activities start

Starts at the gate of the carton converting facility with the finished carton, ready to be delivered to the user.

Included activities end

Ends with the delivery of the carton at the gate of the receiving/using entity. Includes average transport requirements.

BILAGA 5

folding boxboard carton production

Suspended solids, unspecified	0.0013 kg
TOC, Total Organic Carbon	0.00369 kg
Water	0.0402 m3

Dataset Description

General comment

This dataset is a copy of the respective European dataset. It is an aggregated process which includes the production of Folding Box Board, transport of the board to converting sites and converting of the board (printing, cutting, creasing) into blank boxes ready for delivery. Folding Box Board FBB (also known as GC and UC) is a packaging grade of board used to manufacture cartons. It is typically made using predominantly virgin fibres, but may incoroprate some recovered fibres. This grade is typically made of mechanical pulp sandwiched between two layers of chemical pulp with up to three layers of coating on the top or printing surface and one layer of coating or sizing on the reverse. The manufacture of Folding Box Board, FBB, is to a large degree integrated but usually the required chemical pulp is purchased. Typical uses include pharmaceuticals, confectionery, frozen and chilled foods. The board is converted into a carton at a converting site which typically includes a printing process and cutting/creasing of the board into carton blanks, ready for delivery to and erection by the packer/filler.
Data for the production of FBB and conversion of the FBB into cartons were provided by the European industry associations for cartonboard producers (Pro Carton) and convertors (ECMA European Carton Makers Association).
BOARD PRODUCTION: The data for the production of FBB were collected from ten European mills, together producing about 71% of the total annual production of FBB in Europe in 2017 (which is estimated at approximately 2 900 000 tonnes net saleable product. The mills contributing with data are located in Finland, Germany, Netherlands, Sweden, Slovenia and United Kingdom. The mills have a production volume of between 90 000 – 375 000 tonnes net saleable paper product . The data is collated by Pro Carton in their internal report "European Environmental Database for Cartonboard and Carton Production", which is not made publicly available.
CARTON CONVERTING: The carton converting data were collected from 33 European factories together representing the production of over 380 000 tonnes cartons. hese convertors were located in Austria, Belgium, France, Germany, Poland, Romania, Spain, Turkey, Ukraine, and the United Kingdom. They varied in size producing between 1 000 and 50 000 tonnes of finished cartons ready for shipment.
This dataset is meant to replace the following datasets: - folding boxboard carton production, GLO, 2018 - 2018 (f26756b7-98f5-41c1-80ee-e523a40e62d2).

Included activities start

The process starts with the reception of wood, wood chips, recovered paper and/or market pulp at the papermill.

Included activities end

This module includes the European production of folding box board (FBB) in a papermill and conversion of the board into printed, cut and creased cartons ready for delivery to the packer/filler. Transport of the board between the mill and the converting operation is included. For the board production, wood handling, pulping and bleaching, the deinking process, board production, energy production on-site and internal waste water treatment are included. Not included is the transport of the waste paper to the mill as this in already integrated into the respective collection modules. Sorting of the incoming paper and the by-products connected to this has been excluded, since sorting of unsorted paper takes place in a separate activity. For the converting process, printing, cutting and creasing is included.

Sampling procedure
Data were collected from the producers by Pro Carton and ECMA for their European Environmental Database for Cartonboard and Carton Manufacturing and reviewed by the Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu). The data for the production of FBB were collected from mills, which together represent about 71% of the total yearly production of FBB in Europe. Annual production of FBB in Europe for 2017 was approximatly 2 930 000 tonnes. Data were provided by mills in Finland, Germany, Netherlands, Sweden, Slovenia and United Kingdom. Each mill produces between 90 000 - 375 000 tonnes of net saleable paper. Carton converting data were provided by factories in Austria, Belgium, France, Germany, Poland, Romania, Spain, Turkey, Ukraine, and the United Kingdom representing over 380 000 tonnes of production of converted cartons, or around 5% of European converting operations by volume. They varied in size producing between 1 000 and 50 000 tonnes of finished cartons ready for shipment.

Extrapolations
Additional air emissions from the combustion of fossil fuels estimated based on industrial heating datasets from the ecoinvent database and matched as follows: light fuel oil: heat production, light fuel oil, at industrial furnace 1MW, Europe without Switzerland heavy fuel oil: heat production, heavy fuel oil, at industrial furnace 1MW, Europe without Switzerland hard coal: heat production, at hard coal industrial furnace 1-10MW, Europe without Switzerland natural gas: heat production, natural gas, at industrial furnace larger than100kW, Europe without Switzerland lignite briquettes and peat: heat production, lignite briquette, at stove 5-15kW, Europe without Switzerland wood chips: heat production, wood chips from industry, at furnace 1000kW, CH.

Technology comment
Average of present technology used, weighted according to the production volumes of the mills participating in the original data survey.

Geography comment
European average data (weighted according to production volumes), provided by Pro Carton from the data survey that underpins their 2018 European Environmental Database for Cartonboard and Carton Production. Data covers the main producers in Europe.

Time period comment
Inventory data represent the year 2018. The production volume is valid for the year 2017.

BILAGA 6

market for waste packaging paper

Inputs from technosphere, recyclable materials	Amount
waste packaging paper	1 kg

Inputs from technosphere	Amount
transport, freight train	0.0112 ton*km
transport, freight, lorry, unspecified	0.0193 ton*km

Dataset Description

General comment

This is a market activity, representing a treatment mix. In the case of products needing treatment, market mixes are supplied by the activities treating the product in the geography defined by the market, and they supply the activities needing to treat the product, as they have generated it as a by-product in the Undefined processes (present as a negative input in system models). Transport to the treating facility or losses are also accounted in this type of markets, when relevant.
This is the market for "waste packaging paper", in the Global geography.
The transport amounts are based on the default transport distances for markets, provided in the "Default Transport Assumptions" file available on the ecoinvent website (https://www.ecoinvent.org/support/documents-and-files/documents-and-files.html). See exchange comments for additional details.
Estimated based on UN statistics, data on plastic production from Plastics Europe, and information from Riber, 2008.

Included activities start

This activity starts at the gate of the activities that produce waste packaging paper within the geography of this dataset, with the product ready for transportation.

Included activities end

This activity ends with the supply of waste packaging paper to the consumers of this product. Transport is included. Product losses during transportation are assumed negligible and are therefore not included.

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH METERIALVETENSKAP
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2022
www.chalmers.se

CHALMERS