

Klimatpåverkan av förpackningar

Livscykelanalys på offsettryck kascherade wellpappförpackningar

FANNI VÉGVÁRI 2021

MVEM30 EXAMENSARBETE FÖR MASTEREXAMEN 30 HP
MILJÖVETENSKAP | LUNDS UNIVERSITET



Klimatpåverkan av förpackningar

Livscykelanalys på offsettryck kascherade
wellpappförpackningar

Fanni Végvári

2021



LUNDS
UNIVERSITET

Fanni Végvári

MVEM30 Examensarbete för masterexamen 30 hp, Lunds universitet

Huvudhandledare: Nina Reistad, CEC och Fysiska institutionen, Lunds universitet

Biträdande handledare: Jagdeep Singh, CEC, Lunds universitet

Externa handledare: Marijeta Ristic, FrontPac

Madeleine Brask, Miljöbron Skåne

CEC - Centrum för miljö- och klimatvetenskap

Lunds universitet

Lund 2021

Abstract

Packaging is an essential product to protect, transport and store goods in. An increase in consumer consciousness about the climate impact derived from packaging has been identified during recent years. As a response, the manufacturing industry is increasing their sustainability work when producing packaging and products. The goal of this study is to contribute with more information about the climate impact from packaging, specifically laminated corrugated cardboard packaging produced in Sweden. This study shows that laminated corrugated cardboard packaging produced by FrontPac emits 781 kg CO₂-eq./ton product using only manual calculations based on obtained data and complementary literature. The climate impact amounts to 1 929 kg CO₂-eq./ton product using an LCA software. This study performs a life cycle assessment focusing on solely calculating the climate impact. The system boundaries are limited to the factory's gate, a so called "cradle-to-gate" study. The processes exclude the use of the product, transportation from the factory and waste management. The software used in the study was *OpenLCA*, where the database used was *Environmental Footprint* and the life cycle inventory assessment method was *Environmental Footprint (Mid-point indicator)*. The results show that the majority of the climate impact derives from the production and transportation of materials to FrontPacs' factory. The most significant differences in methodology and results between this study and other studies are the energy mix grid, the means of transportation and the transportation distance.

Key words: life cycle assessment, LCA, carbon footprint, CO₂-eq., packaging, laminated corrugated cardboard

Populärvetenskaplig sammanfattning

Klimatpåverkan av förpackningar

Är du som konsument intresserad av att veta hur mycket produkter bidrar till klimatpåverkan för att kunna fatta mer hållbara beslut? Det är du inte ensam om. Som en respons på klimatförändringen har klimatpåverkan av produkter i dagens samhälle blivit alltmer uppmärksammat. Detta har bidragit till att olika företag tagit fram siffror på vilken klimatpåverkan just deras produkter har. FrontPac, ett företag som tillverkar offsettryck kascherade wellpappförpackningar, har en klimatpåverkan mellan 781 och 1 929 kg CO₂-ekv. per ton förpackning. Detta kan konverteras till en flygresor från Stockholm till Dubai respektive en flygresor från Stockholm till Sydney.

Wellpapp är ett material som liknas vid vanlig kartong, men består av tre lager. Dessa lager är två plana lager med ett vågigt lager emellan. Kaschering är en teknik där papperslagren limmas ihop, medan offsettryck är en tryckmetod som sker på tryckpapper av god kvalitet. Den främsta klimatpåverkan beräknad i studien härstammar från tillverkning av förpackningarna och transport av material till FrontPacs verksamhet. Studiens resultat jämfördes även med andra genomförda studier på liknande material. Det identifierades en stor variation på klimatpåverkan beroende på vilken energikälla som används i verksamheten samt vilken typ av transportmedel och transportsträcka som transporten sker på.

Framtagandet av resultatet bidrar till mer tillgänglig information om klimatpåverkan av förpackningar och produkter. Resultatet kan användas för att jämföra förpackningar tillverkade av pappersmaterial med andra material för att komma fram till vilket som har minst klimatpåverkan. Det är även möjligt att trycka denna information på själva förpackningarna för att informera konsumenter om dess påverkan på miljön och klimatet. Konsumenter som köper produkterna har då en större förståelse för produkten och kan välja att medvetet konsumera produkter som är mer hållbara. Då klimatmedvetenhet hos konsumenter ökat, finns det önskemål om att tillverkare presenterar vad deras produkter har för klimatpåverkan.

Förkortningar

CO₂-ekv. – Koldioxidekvivalent

FSC – Forest Stewardship Council

FU – Functional Unit (sv. Funktionell enhet)

GWP – Global Warming Potential (sv. Global uppvärmningspotential)

ISO – International Organization for Standardization (sv. Internationella Standardorganisationen)

LCA – Life Cycle Assessment (sv. Livscykelanalys)

LCI – Life Cycle Inventory (sv. Livscykelinventering)

LCIA – Life Cycle Inventory Assessment (sv. Miljöpåverkansbedömning)

PEF – Product Environmental Footprint (sv. Produktmiljöavtryck)

RF – Reference Flow (sv. Referensflöde)

SPC – Sustainable Packaging Coalition

Innehållsförteckning

Abstract 5

Populärvetenskaplig sammanfattning 7

Förkortningar 9

Innehållsförteckning 11

1. Inledning 13

1.1 Offsettryck kascherad wellpapper 14

1.2 Syfte och frågeställning 15

1.3 Avgränsningar 16

1.4 Etisk reflektion 16

2. Metod 17

2.1 Livscykelanalys 17

2.1.1 Definiering av mål och omfattning 17

2.1.2 Funktionell enhet, referensflöden och systemgränser 18

2.1.3 Antaganden och allokering 19

2.1.4 Livscykelinventering (LCI) 21

2.1.5 Miljöpåverkansbedömning (LCIA) 21

2.1.6 Tolkning av resultat 22

2.2 Litteraturoversikt 22

3. Resultat 23

3.1 Livscykelinventering (LCI) 23

3.2 Miljöpåverkansbedömning (LCIA) 24

3.2.1 Manuella beräkningar 24

3.2.2 Beräkningar i OpenLCA 27

3.3 Andra studiers resultat 28

3.4 *Känslighetsanalys* 32

4. Diskussion 37

4.1 *Jämförelse med andra studier* 37

4.2 *Metoddiskussion* 39

4.3 *Rekommendationer och framtida studier* 40

5. Slutsats 41

Tack 43

Referenser 45

Bilaga 1 49

Bilaga 2 51

Bilaga 3 53

1. Inledning

Med den alltmer tydliga klimatförändringen har allt fler konsumenter efterfrågat mer hållbara metoder inom produktionsindustrin (Fortin & Uncles, 2011). Det har observerats en medvetenhet bland konsumenter om hållbara förpackningar och det finns ett ökat intresse för val av miljövänliga och etiska varor samt förpackningar (Boz et al., 2020; Rokka & Uusitalo, 2008). Påtryckningar från konsumenter tvingar företag till att ta ansvar för att utveckla hållbara produkter (Marthino et al., 2015). Ett ökat initiativ för tillverkning av miljövänligare paketering från producenter samt intresse för framtagning av livscykelanalyser (LCA:er) tycks öka (Marthino et al., 2015; White et al., 1999). Rokka & Uusitalo (2008) identifierade att miljömärkta förpackningar är ett av de viktigaste kriterierna vid val av produkter hos konsumenter. Det kan därför vara gynnsamt för producenter att utveckla mer miljövänliga förpackningar, då det finns ett stort intresse för att välja dessa över andra produkter (Ibid.).

Definitionen av hållbara förpackningar har beskrivits av Sustainable Packaging Coalition (SPC) och lyder

“En värld där all paketering är hämtad ansvarsfullt, designad att vara effektiv och säker genom hela dess livscykel, möter marknadskriterierna för prestanda och kostnad, är tillverkad med enbart förnybar energi, och efter användning är effektivt återvunnen för att tillhandahålla en värdefull resurs för kommande generationer” (Sustainable Packaging Coalition, 2011).

För att kommunicera med konsumenter om produkter som är tillverkade på ett hållbart sätt har företag börjat presentera klimatpåverkan i form av koldioxidekvivalenter (CO₂-ekv.), till exempel på själva förpackningen eller på företagets officiella hemsida. Exempel på svenska företag som gjort detta är Oatly och Tetra Pak (Oatly, 2020; Tetra Pak, u.å.). FrontPac är ett företag som vill bidra till kommunikationen till deras kunder om vilken miljöpåverkan som förpackningarna de tillverkar har.

FrontPac är Skandinaviens ledande tillverkare av offsettryck kascherade wellpappförpackningar som levereras till kunder i 22 länder (FrontPac, 2020a). Verksamheten är belägen i Arlövs strax utanför Malmö och har cirka 150 anställda i dagsläget. FrontPac anser att de har ett stort ansvar i att bidra till en hållbar framtid, och arbetar därför med hållbarhet på olika sätt. Verksamheten har en Forest Stewardship Council (FSC) certifiering, vilket innebär att råvarorna till

pappersmaterialet kommer från ansvarsfullt bedrivet skogsbruk (FrontPac, 2020b; Forest Stewardship Council, u.å.). FrontPac är även certifierade enligt International Organization for Standardization (ISO) 9001 för kvalitetsledning samt ISO 14001 för miljöledning. Dessutom är alla förpackningar designade för att kunna återvinnas i befintliga återvinningsstationer. FrontPacs kunder har efterfrågat vad förpackningarna har för klimatpåverkan, information som företaget idag inte kan erbjuda sina kunder. Följande arbete ska med hjälp av insamlade data hjälpa FrontPac att beräkna klimatpåverkan av deras förpackningar.

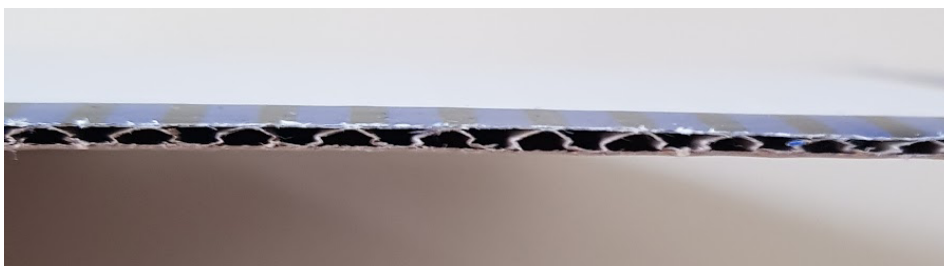
Tidigare studier som utfört LCA:er på förpackningar har utfört beräkningar i speciella LCA-programvaror ämnade att användas för att påvisa miljöpåverkan av produkter. LCA:er som har utförts på förpackningar har genererat varierande resultat beroende på olika faktorer, som exempelvis metodval. Jämförande LCA:er, som jämför olika material med varandra, har kommit fram till att förpackningar producerade av pappersmaterial har mindre klimatpåverkan än annat material (Del Borghi et al., 2018; Saraiva et al., 2016; Accorsi et al., 2015; Zabaniotou & Kassidi, 2003). Följande studie är tänkt att bidra till litteraturen inom ämnet samt vara ett underlag för framtida studier i jämförande syfte.

1.1 Offsettryck kascherad wellpapper

Wellpapper är ett material som används brett inom främst paketeringsindustrin på grund av att det är ett billigt, hållbart, lättvikt och starkt material (Suarez et al., 2021). Wellpapper är konstruerad på ett sätt som liknas vid en smörgås; med alternerande lager av plana pappersark och en vågig pappersstruktur. Pappersmaterialet är vanligtvis tillverkat av kraftmassa gjord på barrved (Ibid.). Kaschering innebär tekniken där papperslagren limmas ihop och torkas sedan i en press (Thorén & Vinberg, 2000; Svenska Akademiens Ordbok, u.å.). Offsettryck är en slags tryckmetod som sker på tryckpapper via en gummiduk (Intercopy Halmstad, 2002). Tryckmetoden används vanligtvis på exklusiva produkter, då det är en relativt dyr metod, men ger också ett av de bästa tryckresultaten då trycket kan ske på tryckpapper av hög kvalitet (Intercopy Halmstad, 2002; Thorén & Vinberg, 2000).

Tillverkningsprocessen av offsettryck kascherade wellpappförpackningar hos FrontPac innefattar minst fyra olika stationer tills den färdiga tillverkade produkten är färdig för transport till kunderna. Den första stationen är tryckningsstationen (1) där tryckfärg och lack används till offsettryckning som sker på tryckpapper. Tryckpapperet sammanfogas sedan med pappersark, som levereras till FrontPac i form av stora rullar, med speciella lim och ett korrugerat lager i lamineringsstationen (2) (FrontPac, 2019). Majoriteten av förpackningarna som tillverkas av FrontPac är typen som kallas för *emwell*, med tre lager pappersmaterial (se figur 1). Vid stansningsstationen (3) skärs arken enligt en mall, beroende på vilken slags förpackning som önskas. Under denna

process går ungefär 30 % av wellpapper till spillo. Spillet går vidare, genom en strimlingsmaskin, till en samlingsplats där det sedan transporteras till återvinningsstationer. Vid sista stationen (4) genomgår förpackningarna en sista formning och skärning så att kunderna lätt ska kunna vika förpackningarna vid fyllning av produkt. Se tabell A i bilaga 1 för maskiner som används under de olika stationerna för processen till färdig produkt.



Figur 1. Struktur av wellpapper

Wellpappstruktur av kascherad wellpappförpackning med offsettryck papper (överst), vågskikt och planskikt (underst) tillverkad av FrontPac. *Bildkälla:* Fanni Végvári, 2021.

1.2 Syfte och frågeställning

Syftet med arbetet är att utföra en livscykelanalys (LCA) för att beräkna klimatpåverkan av offsettryck kascherade wellpappförpackningar som tillverkas av företaget FrontPac. Arbetet är ett initiativ av FrontPac som resultat av att deras kunder efterfrågat information om klimatpåverkan av produkterna. Resultatet är därför tänkt att vara en början till ett långsiktigt arbete för att beräkna förpackningarnas klimatpåverkan och är tänkt att presenteras för FrontPacs kunder vid efterfrågan. Studiens syfte är även att öka förståelsen av klimatpåverkan från förpackningar och att resultatet ska kunna vara jämförbar med andra studier.

Frågeställningarna som besvaras i studien är följande:

- Vilken klimatpåverkan har kascherade wellpappförpackningar producerade av FrontPac?
- Vilka likheter och skillnader i metodik och resultat kan identifieras mellan denna studie och andra livscykelanalysstudier genomförda på liknande material?

1.3 Avgränsningar

Följande arbete fokuserar på att bedöma klimatpåverkan av offsettryck kascherade wellpappförpackningar tillverkade av FrontPac, vars verksamhet är belägen i Arlöv. Klimatpåverkan kommer att beräknas med hjälp av en LCA och presenteras i form av koldioxidekvivalenter (CO₂-ekv.). Studien exkluderar därmed annan miljöpåverkan, som till exempel försurning, ekotoxicitet och påverkan på människors hälsa, då detta inte är huvudsyftet med arbetet. LCA kommer endast ske på förpackningarna och exkluderar produkten som förpackningen är tänkt att innehålla. Studiens geografiska begränsning är Sverige och därmed representerar inte resultatet tillverkningen av förpackningar i andra länder. Det kommer inte att ske jämförelser med andra förpackningar bestående av andra material.

1.4 Etisk reflektion

FrontPacs vision är att det framtagna resultatet från studien ska finnas internt hos företaget och endast kunder som efterfrågar information om deras klimatpåverkan av deras produkter ska tillhandahållas. Då studien är ett mastersarbete kommer arbetet att publiceras på Lunds universitets hemsida, vilket innebär att intresserade kommer att få tillgång till all information som presenteras i arbetet. För att undvika att det presenteras information som FrontPac inte vill att allmänheten ska kunna ta del av har det skett en diskussion med företaget om hur resultatet får lov att presenteras.

En annan aspekt som har reflekterats över är presentation av involverade parter. Trots att FrontPac har tillhandahållit information om vilka företag som FrontPac har köpt material från, har det beslutats att dessa företag samt specifika produktnamn ska förbli anonyma i studien.

En analys som endast inkluderar klimatpåverkan av en produkt kan inte representera den totala miljöpåverkan. Exempelvis kommer pappersmaterialet från skogsindustrin som har en stor påverkan på biologisk mångfald och ekosystemkvalitet (Naturvårdsverket, 2021). Andra material som lim och lack kan innehålla kemikalier som kan vara skadligt och om dessa ämnen hamnar i naturen kan det bidra till ekotoxicitet (SLU, 2016).

Vid sökning av litteratur har det inte funnits någon bias, det vill säga att inga studier har favoriserats framför någon annan på grund av författarens bakgrund, kön eller dylikt. All litteratur som tagits med i studien har enbart filtrerats baserat på relevans samt vetenskaplighet.

2. Metod

För att undersöka klimatpåverkan av offsettryck kascherade wellpappförpackningar har det utförts en livscykelanalys (LCA). En LCA är en lämplig metod att använda för att analysera hela livscykeln av ett system eller en produkt samt utvärdera flera påverkansaspekter (Hauschild et al., 2018; Klöpffer & Grahl, 2014; White et al., 1999). Det har även utförts en litteratursökning för att kunna göra jämförelser med andra studiers resultat. Under följande kapitel beskrivs metoderna som har använts.

2.1 Livscykelanalys

LCA är en metod som studerar miljöaspekter och potentiell påverkan genom hela eller delar av en produkts livscykel; från utvinning av råmaterial till tillverkning, användning och avfall (Hauschild et al., 2018; Klöpffer & Grahl, 2014). LCA:er beskrivs i den internationella standarden ISO 14040:2006 Miljöledning – Livscykelanalys – Principer och struktur samt ISO 14044:2006 Miljöledning – Livscykelanalys – Krav och vägledning (Svenska institutet för standarder [SIS] 2006a; SIS 2006b). Studien kommer att i huvudsak följa strukturen för ISO 14040 samt ISO 14044, men en del modifieringar har skett då studien inte kommer bli ISO-certifierad.

2.1.1 Definiering av mål och omfattning

Att definiera målet och omfattningen är det första steget i en LCA, vilka fastställer syftet med studien (Hauschild et al., 2018). Det är viktigt att definiera mål eftersom beslut som tas i senare skede i LCA:er måste vara konsekventa med måldefinitionen (Hauschild et al., 2018; White et al., 1999). Omfattning är viktigt att definiera för att presentera produktsystem och hur utvärderingen av systemen kommer att utföras (Hauschild et al., 2018).

Målet med följande arbete att beräkna, utvärdera och analysera klimatpåverkan av offsettryck kascherade wellpappförpackningar tillverkade av FrontPac. Studien är främst framtagen för FrontPac att använda och därför kommer resultatet i huvudsak att vara relevant för företaget och deras kunder. Studien ska även försöka identifiera den främsta bidragande faktorn till klimatpåverkan av förpackningarna och eventuellt

ge förslag på förbättringsmöjligheter. Resultatet är tänkt att bidra med information som idag inte finns tillgänglig i andra studier på offsettryck kascherade wellpappförpackningar samt vara jämförbar med andra studier. LCA kommer endast att utföras på förpackningen och exkluderar förpackningens innehåll. Studien är främst baserad på data från FrontPac, men kompletteras med data från litteratur och databaser. LCA:n är ofullständig, då systemgränserna inom produktsystemet slutar vid producentens port - en så kallad "cradle-to-gate" studie (Hauschild et al., 2018). Studien kommer att fokusera på klimatpåverkan och resultatet kommer att presenteras i form av CO₂-ekv., en så kallad "koldioxidavtryckstudie" (Ibid.). Aspekter som ekotoxicitet, försurning eller påverkan på människors hälsa kommer därmed att exkluderas, vilket innebär att studien inte kan representera miljöpåverkan i sin helhet.

2.1.2 Funktionell enhet, referensflöden och systemgränser

Samtliga LCA:er som utförs studerar ett eller flera produktsystem som innehåller flera processer under produktens livscykel (Hauschild et al., 2018; White et al., 1999). Det är centralt att definiera en funktionell enhet (FU) samt referensflöden (RF) för LCA:er. En FU är en kvalitativ beskrivning av funktionen av produkten i fråga, medan ett RF anger hur många produkter eller hur mycket material som krävs för att uppnå den funktionella enheten (Hauschild et al., 2018).

Den funktionella enheten (FU) som har använts i denna studie är 1 ton offsettryck kascherade wellpappförpackningar producerad i Sverige som antas användas en gång innan den återvinns eller blir till avfall.

En FU på 1 ton förpackning är en relativt vanlig presentation i LCA:er då det är enkelt att jämföra med andra resultat (MM Karton, 2019; FEFCO, 2010; Nilsson et al., 2009; Carton Ondulé de France, u.å.). Tabell 1 nedan visar den FU samt tillhörande RF. Observera att RF i detta fall ingår i samma produktsystem, och bör därför inte förväxlas med RF i LCA:er som jämför olika produktsystem med varandra.

Tabell 1. Funktionell enhet och referensflöden

Studiens FU är 1 ton produktion av offsettryck kascherade wellpappförpackningar och RF representerar materialen som krävs för att producera 1 ton kascherade wellpappförpackningar.

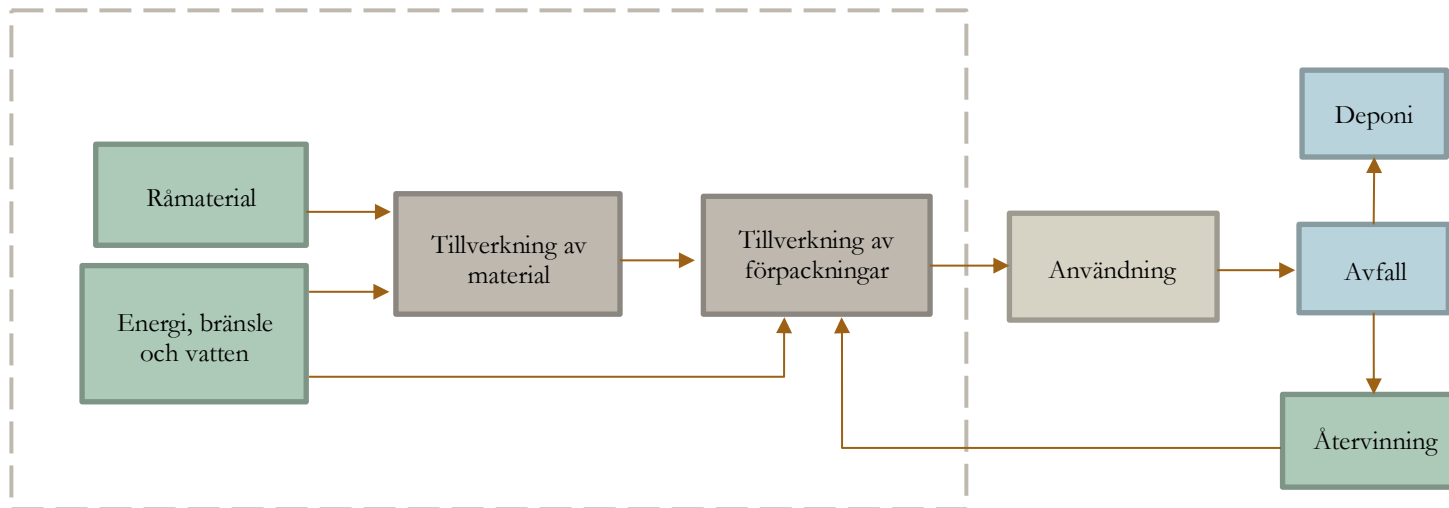
FU:	1 ton offsettryck kascherade wellpappförpackningar
RF 1	1234,0615 kg pappersmaterial
RF 2	52,4914 kg lim
RF 3	1,6888 kg tryckfärg
RF 4	11,7584 kg lack

För att illustrera produktsystemet har det tagits fram ett flödesdiagram där processerna och systemgränserna tydligt visualiseras (se figur 2). Systemgränserna ska visa vilka processer som inkluderas respektive exkluderas i studien (Hauschild et al., 2018). Då LCA:n är en "cradle-to-gate" studie ingår endast processer fram till FrontPacs port. Endast huvudprocesserna är illustrerade i figuren. Detaljerade processer som beskriver hur FrontPacs leverantörer utviner råvaror för att tillverka material, tillverkningsprocesser hos leverantörerna samt specifika tillverkningsprocesser hos FrontPac exkluderas. Detta eftersom processerna inte har tillhandahållits. Processerna som inkluderas i studien är framtagandet av råmaterial, produktionen av material, transport av material till FrontPacs verksamhet, produktionen av förpackningarna samt energi, bränsle och elektricitet som krävs för att producera materialet och förpackningarna. Användning av själva förpackningarna, transporter till kunder och avfallshantering exkluderas från studien.

2.1.3 Antaganden och allokering

Det har gjorts antaganden i studien, vilket är oundvikligt vid utförande av LCA:er (Hauschild et al., 2018). Data har huvudsakligen erhållits från FrontPac samt leverantörer som FrontPac köper in material från. Då primärdata inte var fullständig, på grund av sekretessbelagd information, har följande antaganden gjorts. Det har antagits att allt lim, trots att de härstammar från olika leverantörer, har någorlunda liknande beståndsdelar och därmed generaliseras samt klassificeras limmen som ett och samma lim. Limmen antas även vara biobaserade då de försedda säkerhetsbladen inte antydde att några farliga ämnen användes i blandningarna. Tryckfärg och lack är material som även innefattar tryckfärg och lack med UV-egenskaper. Dessa har antagits ha samma påverkan som vanlig tryckfärg och lack och presenteras därför endast som tryckfärg respektive lack. Elmixen som används i studien antas vara förnybar svensk el, då verksamheten är belägen i Sverige. FrontPac har även i sin årsrapport rapporterat att verksamheten medvetet valt att konsumera energi från förnybara källor (FrontPac, 2021).

Allokeringar används när det inte är möjligt att uppnå fullständig funktionell ekvivalens för att isolera den primära funktionen av processen (Hauschild et al., 2018). Verksamheten tillverkar även en liten andel kartongförpackningar, men detta bortses från i studien då det endast utgör en mindre andel och anses inte ha en betydande klimatpåverkan. Under utskärningsprocessen skärs 30 % av wellpapparken bort, men då materialet redan har blivit producerade allokeras hela produktionen till produkten. Detta innebär att 1,3 ton material har allokerats till 1 ton färdigproducerade förpackningar. I en fullständig LCA som inkluderar avfall och potentiell återvinning av material kan det vara relevant att göra en allokering för pappersavfallet.



Figur 2. Systemgränser

Flödesdiagram visar systemgränser över processer för tillverkning av offsettryck kascherade wellpappförpackningar. Transport sker mellan alla enskilda processer. Processerna som är innanför det streckade området inkluderas i LCA:n, medan processerna som är utanför exkluderas.

2.1.4 Livscykelinventering (LCI)

Det finns huvudsakligen två sätt att presentera resultat från en LCA; nämligen resultat från livscykelinventeringen (LCI) och miljöpåverkansbedömningen (LCIA) (Hauschild et al., 2018). I studien kommer båda resultat att presenteras.

Data om vilka material som används för att tillverka kascherad wellpapper har erhållits av FrontPac i form av rapporter från leverantörer och säkerhetsblad. Då det från säkerhetsbladen inte var möjligt att avläsa vilka specifika ingredienser och mängder som blandningarna av lim, stärkelse samt lösningsmedel innehöll kontaktades varje distributör enskilt via e-post. Det var inte möjligt att erhålla all information som efterfrågades, därför har litteratur använts för att komplettera data. Baserat på information från leverantörer har det antagits att allt lim som FrontPac använder för att tillverka wellpapper är biobaserad. Material för biobaserade lim har erhållits från litteratur från studier som utfört LCA:er på liknande material (Arias et al., 2020). Kompletterande litteratur krävdes även för att beskriva påverkan på miljön och klimatet för lack (Wang et al., 2013).

2.1.5 Miljöpåverkansbedömning (LCIA)

Då detta är en "koldioxidavtryckstudie" kommer enbart påverkan på klimatet i form av utsläpp av CO₂-ekv. att beräknas. Annan påverkan, som påverkan på miljön såsom försurning, övergödning, ekotoxicitet eller mänsklig toxicitet kommer inte att presenteras i denna studie. Eftersom LCA:er redan utförts av leverantörerna som FrontPac köper in pappersmaterialet från har miljöpåverkansbedömningen valts att utföras på två olika sätt. Inledningsvis beräknas klimatpåverkan manuellt med hjälp av data erhållen från FrontPac och kompletterande litteratur. Resultatet presenteras i form av global uppvärmning (GWP). Sedan har samma värden från LCI:n använts i en LCA-programvara som är specifikt utformad för att utföra LCA:er med. Programvaran *OpenLCA* (OpenLCA, u.å.) har använts för att beräkna klimatpåverkan genom att skapa ett eget produktsystem med elementära flöden som ska representera LCI:n. Värdena matades in i programvaran och därefter beräknades klimatpåverkan beroende på vilken databas samt LCIA-metod som valts. Databasen som har använts i *OpenLCA* är *Environmental Footprint*. Databasen är utformad efter *Product Environmental Footprint* (PEF) som är ett initiativ av Europakommissionens program för enskild marknad för gröna produkter (OpenLCA Nexus, u.å.). Vanligtvis använder man sig av en redan existerande LCIA-metod som finns tillgänglig i programvaran som man har valt att arbeta i (Hauschild et al., 2018). Det som är viktigt är att välja en metod som representerar vilken påverkan som studien ska undersöka. LCIA-metoden som valts är *Environmental Footprint (Mid-point indicator)*. Klimatpåverkan enligt metoden beräknas i så kallad *Global Warming Potential* (GWP), vilket innebär ett värde på en potentiell

global uppvärmning beräknad i CO₂-ekv. Metoden ska vara anpassad till vald databas, därav valet av metod.

2.1.6 Tolkning av resultat

Det sista steget i en LCA handlar om att tolka resultaten av alla föregående faserna tillsammans och analysera dessa utifrån de antagande som gjorts och osäkerheter i data som använts (Hauschild et al., 2018). Det har gjorts en känslighetsanalys som innefattar en osäkerhetsanalys för att identifiera fokuspunkter för förbättrad insamling av data eller påverkansbedömning (Ibid.). Känslighetsanalysen redogör för skillnader i elmix och vilken påverkan den har på resultatet, medan osäkerhetsanalysen identifierar osäkerheter i antaganden och data. Tolkningarna som gjorts presenteras slutligen i form av slutsatser och rekommendationer med avseende på definitionen av mål och omfattning.

2.2 Litteratursökning

En litteratursökning genomfördes för att kunna jämföra studiens resultat med andra resultat av LCA:er på liknande produkter. Litteratur togs fram genom att söka i databaserna *Web of Science*, *Scopus*, samt *Google Scholar*. Sökorden som användes var "life cycle assessment", "LCA", "carbon footprint", "environmental footprint", "(corrugated) cardboard" och "(cardboard) packaging" i olika kombinationer. Litteratur som är äldre än 10 år har inte tagits med i sökningen, tidsintervallet mellan 2011–2021 har därför ställts in som tidsspänn i databaserna. För urval 1 var urvalskriterierna att titeln på studien samt "abstract" skulle innehålla något av sökorden samt vara relevant för litteratursökningens syfte. För urval 2 skulle studien efter översiktlig läsning vara tillräckligt informationsrik för att kunna inkludera i resultatet och ha en diskussion kring studien. Se tabell B i bilaga 2 för detaljerad tabell över sökningarna. All litteratur har granskats enligt IMRaD-strukturen (Introduktion, Metod, Resultat och Diskussion), då det indikerar på att studien är vetenskapligt skriven (Laake et al., 2015, kapitel 13). Snöbollsurval (Denscombe, 2018) har applicerats vid tillfällen då studier refererat till annan litteratur som var intressant ur litteratursökningens syfte.

Litteratur har även sökts genom att använda sökmotorn *Google* där liknande sökord som använts i litteratursökningen har använts för att hitta information från verksamheter som har utfört LCA:er på kascherade wellpappförpackningar, eller liknande produkter. Resonemanget bakom sökningen var att hitta företag, likt FrontPac, med liknande processer och därmed bör dessa LCA:er vara jämförbara med denna studie.

3. Resultat

Presentation av resultat från LCA:er innefattar resultat från livscykelinventering (LCI) och miljöbedömningspåverkan (LCIA) (Hauschild et al., 2018; Köpffer & Grahl, 2014). Resultaten från LCI:n är en sammanställning av elementära flöden för alla processer som inkluderas i LCA:n (Hauschild et al., 2018). LCIA:n bör presenteras i form av numeriska värden från resultaten för varje påverkanskategori som används i studien (Ibid.). Nedan presenteras resultat från LCA:er på kascherade wellpappförpackningar producerade av FrontPac och jämförs med andra studiers resultat på genomförda LCA:er på liknande produkter. Resultaten avslutas med en känslighetsanalys där osäkerheter och antaganden vägs samman.

3.1 Livscykelinventering (LCI)

Med hjälp av data tillhandahållen av FrontPac har en livscykelinventering (LCI) sammanställts. Tabell 2 redovisas mängden material, energi och bränsle som krävs för att producera 1 ton kascherade wellpappförpackningar baserat på FrontPacs produktion under verksamhetsåret 2019. Förpackningarna består främst av pappersmaterial, men även lim, lack och tryckfärg är beståndsdelar. Värdena i tabellen nedan ligger till grund för beräkningar vid uppskattning av klimatpåverkan i senare skeden av LCA:n.

Tabell 2. Material kascherad wellpapper

Material som FrontPac använt för att producera 1 ton kascherad wellpapper för verksamhetsåret 2019.

Material	Mängd
Wellpapper	741,5742 kg
Tryckpapper	492,4873 kg
Lim	52,4914 kg
Lack	11,7584 kg
Tryckfärg	1,6888 kg
Elektricitet	404,7425 kWh
Biogas	26,6265 m ³
Diesel	0,1895 L
Vatten	0,7877 m ³

3.2 Miljöpåverkansbedömning (LCIA)

Miljöpåverkansbedömning (LCIA) presenteras i två olika scenarier; en beräkning baserad på FrontPacs leverantörers tillhandahållna data för klimatpåverkan kompletterad av data från litteratur samt en beräkning där LCA-programvaran *OpenLCA* använts.

3.2.1 Manuella beräkningar

I det första scenariot har beräkningar gjorts baserat på tillhandahållna data. Pappersmaterialet som wellpapper och tryckpapper består av har i detta scenario beräknats separat med hjälp av information från leverantörerna. Då materialen har olika egenskaper har de därmed även olika påverkan på klimatet. Lack hade enligt litteratur ingen signifikant klimatpåverkan, utan främst miljöpåverkan (Wang et al., 2013), och har därmed inte inkluderats i detta scenario.

Den främsta klimatpåverkan som härstammar från vatten är processen där vattnet pumpas ut till mottagare, i detta fall FrontPacs verksamhet. Det krävs energi att pumpa ut vattnet, och därför har andelen vatten som FrontPac konsumerar beräknats i form av energi. Då FrontPacs verksamhet är belägen i Arlöv levereras vatten från VA SYD. VA SYD levererade 44,4 miljoner m³ vatten för år 2019 inom verksamhetsområdet (VA SYD, 2020). Tabell 3 och ekvation 1 visar hur energin för att pumpa vattnet har beräknats och anges i enheten kWh/m³. Ekvation 2 visar beräkningen för energimängden som konsumeras vid pumpning av vatten till FrontPacs verksamhet för en FU, vilket är 0,7877 m³.

Tabell 3. Energianvändning VA SYD

Energianvändning inom VA SYD:s verksamhet för år 2019. Källa: VA SYD (2020).

Energityp	Energi (MWh)
Total energianvändning	72 000
Varav fossilt	1 500
Varav förnybart (egen produktion)	25 500
Varav förnybart (köpt)	45 000

$$\frac{72\,000 \text{ MWh}}{44,4 \times 10^6 \text{ m}^3} \approx 1,6216 \text{ kWh/m}^3 \quad (\text{ekvation 1})$$

$$\frac{1,6216 \text{ kWh}}{\text{m}^3} \times 0,7877 \text{ m}^3 \approx 1,2774 \text{ kWh} \quad (\text{ekvation 2})$$

Klimatpåverkan för vatten har därmed beräknats som 1,2774 kWh per 1 ton producerad kascherad wellpappförpackning, vilket även visas i tabellerna nedan. Detta värde användes endast för manuell beräkning, och inte för scenariot där *OpenLCA* användes.

Klimatpåverkan i form av koldioxidavtryck för kascherade wellpappsförpackningar producerade av FrontPac för verksamhetsåret 2019 är beräknad till 781 kg CO₂-ekv./ton produkt. Tabell 4 nedan visar värden som används vid beräkning av tillverkningsprocessen av kascherade wellpappförpackningar med respektive klimatpåverkan i CO₂-ekv./ton producerad produkt. Den totala koldioxidmängden presenteras i kolumnen längst till höger i form av global uppvärmningspotential (GWP).

Tabell 4. Miljöpåverkansbedömning

Resultat av klimatpåverkan för FrontPacs förbrukning för produktion av kascherad wellpapper under verksamhetsåret 2019.

Material	Mängd	CO ₂ -ekv. (kg/mängdenhet)	GWP (kg)
Wellpapper	741,5742 kg		198,8281
Wastebase	164,3537 kg	0,3017*	49,5888
Semichem	174,9193 kg	0,2727*	47,7005
Kraftliner	216,6266 kg	0,2279*	49,3800
Vit kraftliner	68,9753 kg	0,2500*	17,2438
Testliner	116,7023 kg	0,2992*	34,9150
Tryckpapper	492,4873 kg		148,3156
CKB	413,8324 kg	0,2550*	105,5273
Topliner	78,6549 kg	0,5440*	42,7883
Lim	52,4914 kg	0,0029**	0,1560
Tryckfärg	1,6888 kg	0,4040*	0,6823
Diesel	0,1895 L	2,5400*	0,4814
Biogas	26,6265 m ³	0,2800*	7,4554
Elektricitet	403,4651 kWh	0,0080*	3,2379
Vatten	1,2774 kWh	0,0080*	0,0102
Totalt			359,1667

* Värden har erhållits från leverantörer som transporterar sina produkter till FrontPac.

** Värden har erhållits från litteratur, Arias et al. (2020).

Tabell 5 visar värden från transport av material till FrontPacs verksamhet. Transportsträckor har erhållits från FrontPac och klimatpåverkan från olika transportmedel har erhållits från García-Álvarez (2013). För att beräkna den totala klimatpåverkan per FU har klimatpåverkan från tillverkningsprocessen samt transporten till FrontPacs verksamhet från leverantörerna adderats, se ekvation 3.

Tabell 5. Transport

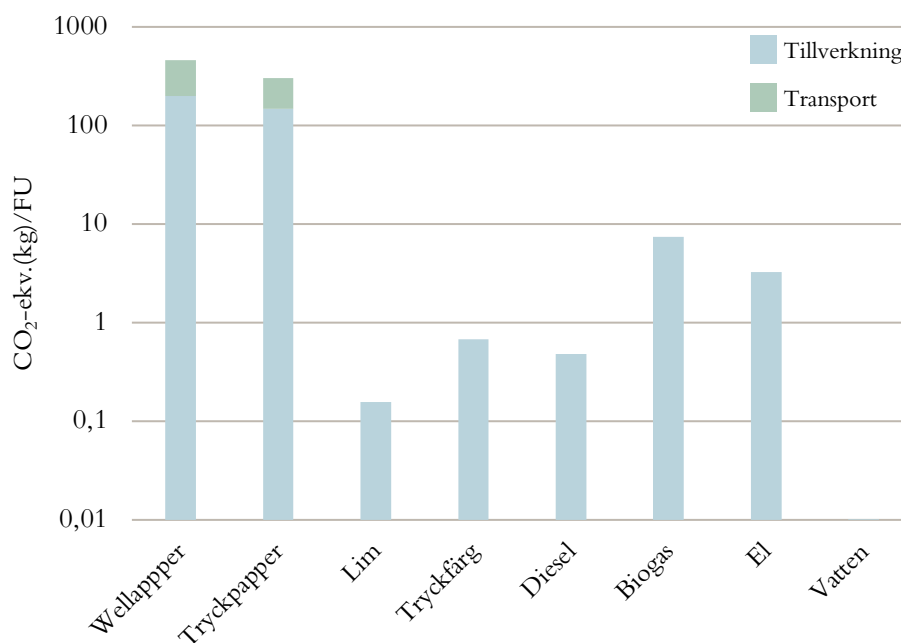
Transport av pappersmaterial baserad på information från FrontPacs leverantörer och litteratur.

Material	Transportsträcka	CO ₂ -ekv.(kg)/t-km	GWP (kg)
Wellpapper	2 100 km lastbil	0,0920*	193,2000
	2 800 km tåg	0,0220*	61,6000
	300 km båt	0,0310*	9,3000
Tryckpapper	1 655 km lastbil	0,0920*	152,2600
	190 km båt	0,0310*	5,8900
Totalt			422,2500

* Värden har erhållits från García-Álvarez et al. (2013).

$$359 \text{ kg CO}_2\text{-ekv.} + 422 \text{ kg CO}_2\text{-ekv.} \approx 781 \text{ kg CO}_2\text{-ekv.} \quad (\text{ekvation 3})$$

Den totala klimatpåverkan från tillverkningsprocessen och transport av material till FrontPacs verksamhet resulterar i 781 kg CO₂-ekv./ton kascherad wellpappförpackning. Figur 3 nedan visar fördelningen av klimatpåverkan mellan de olika materialen samt processerna.



Figur 3. Fördelning av klimatpåverkan

Klimatpåverkan i CO₂-ekv. per ton produkt fördelat i material och processer. Notera den logaritmiska y-axeln.

3.2.2 Beräkningar i OpenLCA

I det andra scenariot har värdena från LCI:n använts i programvaran *OpenLCA*. Majoriteten av värdena kunde endast anknytas till tillverkningsprocesser inom Europa, då det inte var möjligt att ange geografisk avgränsning för specifika processer. Elmixen var dock ett undantag och det var möjligt att välja svensk elmix. Detta innebär att resultatet representerar processsystemet med europeiska generaliserade processer och flöden. Tabell 6 nedan visar värden och respektive klimatpåverkan i CO₂-ekv./ton producerad kascherad wellpappförpackning beräknad i *OpenLCA*. Den totala koldioxidmängden presenteras i kolumnen längst till höger i form av global värmningspotential (GWP).

Tabell 6. Miljöpåverkansbedömning OpenLCA

Resultat från *OpenLCA* av klimatpåverkan för FrontPacs förbrukning för produktion av kascherad wellpapper under verksamhetsåret 2019.

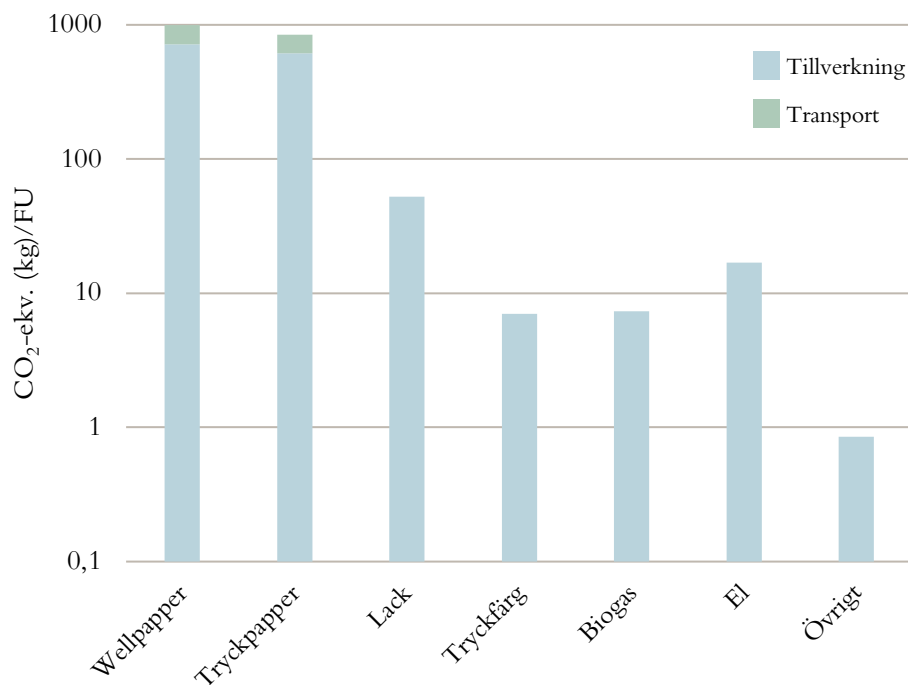
Material	Mängd	GWP (kg)
Wellpapper	741,5742 kg	713,2380
Tryckpapper	492,4873 kg	610,8000
Lim	52,4914 kg	-
Lack	11,7584 kg	52,3670
Tryckfärg	1,6888 kg	7,0450
Diesel	0,1895 L	-
Biogas	26,6265 m ³	7,3040
Elektricitet	403,4651 kWh	16,8290
Vatten	0,7877 m ³	-
Övrigt*		0,8560
Totalt		1408,4390

* Övrigt innefattar klimatpåverkan från lim, diesel och vatten

Klimatpåverkan från transport av pappersmaterial till FrontPacs verksamhet beräknades till 515 kg CO₂-ekv. i *OpenLCA*. Likt ekvation 3 ovan har den totala klimatpåverkan per FU beräknats för resultaten från tillverkningsprocessen samt transport från *OpenLCA*, se ekvation 4.

$$1\,408\text{ kg CO}_2\text{-ekv.} + 515\text{ kg CO}_2\text{-ekv.} \approx 1\,929\text{ kg CO}_2\text{-ekv. (ekvation 4)}$$

Beräkningarna resulterade i en klimatpåverkan på 1 929 kg CO₂-ekv./ton producerad kascherad wellpappförpackning. Figur 4 visar hur fördelningen mellan de olika materialen och processerna skiljer sig åt i klimatpåverkan.



Figur 4. Fördelning av klimatpåverkan OpenLCA

Klimatpåverkan i CO₂-ekv. genererat av *OpenLCA* per ton produkt fördelat i material och processer. Notera den logaritmiska y-axeln. Övrigt innefattar lim, diesel och vatten.

3.3 Andra studiers resultat

I detta kapitel redovisas resultaten från litteratursökningen som grund för jämförelse och diskussion. Det hittades få studier som utfört LCA:er på kascherad wellpapper i liknande kontext som denna studie. För att kunna göra en meningsfull jämförelse bör den FU i jämförande studie vara densamma eller att klimatpåverkan kan beräknas för denna studies FU (Hauschild et al., 2018). Åtta vetenskapliga studier ansågs vara relevanta utifrån urvalskriterierna som beskrivits tidigare samt fyra utförda studier sammanfattade i verksamhetens rapporter. Se tabell C i bilaga 3 för sammanställd tabell över detaljerad information av studierna från litteratursökningen.

Materialen som studierna utfört LCA:er för och tagit fram miljöpåverkan samt koldioxidavtryck av var kartongförpackningar och wellpappförpackningar. Klimatpåverkan från vetenskapliga studierna varierade mellan 540 kg CO₂-ekv./ton och 4 713 kg CO₂-ekv./ton förpackning (Lo-Iacono-Ferrera et al., 2020; Del Borghi et al., 2020; Yi et al., 2017; Bernstad Saraiva et al., 2016; Koskela et al., 2014; Robertson et al., 2014; Albrecht et al., 2013; Levi et al., 2011). Den FU i studierna varierade

beroende på vilken och mängden produkt som förpackningen var ämnad att transportera. Majoriteten av studierna var på förpackningar som används för att transportera färska råvaror en specifik sträcka (Lo-Iacono-Ferreria et al., 2020; Bernstad Saraiva et al., 2016; Koskela et al., 2014; Robertson et al., 2014; Albrecht et al., 2013; Levi et al., 2011). Fem av åtta studier genomförde LCA:er på wellpapper (Lo-Iacono-Ferreria et al., 2020; Del Borghi et al., 2020; Yi et al., 2017; Koskela et al., 2014; Levi et al., 2011), medan resterande tre var genomförda på kartong (Bernstad Saraiva et al., 2016; Robertson et al., 2014; Albrecht et al., 2013). Majoriteten av studierna var utförda inom Europa, utom tre studier som var utförda i Kina, Brasilien respektive Nya Zeeland (Yi et al., 2017; Bernstad Saraiva et al., 2016; Robertson et al., 2014).

Systemgränserna av LCA:erna var främst utförda enligt en ”cradle-to-grave” princip, vilket betyder att alla processer i livscykeln av produkten inkluderades. För att resultatet ska vara mer jämförbar med denna studie har det varit möjligt att avläsa vilken klimatpåverkan som härstammar från just tillverkningsprocessen med hjälp av figurer och tabeller från fem av studierna (Lo-Iacono-Ferreria et al., 2020; Del Borghi et al., 2020; Bernstad Saraiva et al., 2016; Koskela et al., 2014; Albrecht et al., 2013).

Tre av studierna använde programvaran *SimaPro* för att utföra LCA:n (Lo-Iacono-Ferreria et al., 2020; Bernstad Saraiva et al., 2016; Yi et al., 2017). Två använde *GaBi* (Robertson et al., 2014; Albrecht et al., 2013) och resterande tre studier använde en annan beräkningsmetod (Del Borghi et al., 2020; Koskela et al., 2014; Levi et al., 2011). Resultaten presenterades visuellt med hjälp av figurer där det var möjligt att avläsa klimatpåverkan från enskilda material och processer. Med hjälp av fördelningen var det möjligt att beräkna vad tillverkningsprocessen och transport bidrar i CO₂-ekv. för denna studies FU (se ekvation A i bilaga 3).

Avfallshanteringen i samtliga studier hanterades som återvinning då pappersmaterial är återvinningsbart. Återvinning av material innebär att nytt råmaterial inte behöver utvinnas på nytt för att producera nya förpackningar. Innan materialet blir pappersmassa absorberar träden koldioxid från atmosfären under dess livstid (Albrecht et al., 2013). Studierna använder sig av denna information i LCA:er för att visa på att det finns en del av livscykeln som är positiv för klimatet (Ibid.). Avfallet, beroende på hur det hanteras, kan därmed minska hela produktsystemets klimatpåverkan.

Från verksamhets- och organisationsrapporterna varierade klimatpåverkan mellan 326 kg CO₂-ekv./ton och 784 kg CO₂-ekv./ton förpackning (MM Karton, 2019; FEFCO, 2010; Nilsson et al., 2009; Carton Ondulé de France, u.å.). Den FU för samtliga rapporter var 1 ton produkt. Tre av fyra LCA:er var genomförda på wellpapper (FEFCO, 2012; Nilsson et al., 2009; Carton Ondulé au France, u.å.), medan den fjärde var genomförd på kartong (MM Karton, 2019). Alla rapporter var utförda inom Europa. Tre av fyra rapporter har beräknat klimatpåverkan av förpackningar baserat på ”cradle-to-grave” (MM Karton, 2019; Nilsson et al., 2009; Carton Ondulé de France, u.å.). Den resterande rapporten har beräknat klimatpåverkan enligt en ”cradle-to-gate” princip, vilket innebär systemgränser som sträcker sig till

verksamhetens port, som i denna studie (FEFCO, 2010). Nilsson et al. (2009) beskriver att beroende på var en verksamhet är situerad används olika andel av energikällor som försör verksamheten med energi. Sverige, jämfört med andra europeiska länder, bidrar till en mindre klimatpåverkan då svensk elmix innehåller energi från mer förnybara källor (Ibid.).

Jämfört med denna studie utförde de andra studierna LCA:er på främst wellpapper, men även kartong. Systemgränserna i denna studie har begränsats till verksamhetens port och tar endast med klimatpåverkan under tillverkningsprocessen, medan andra studier har utfört en fullständig LCA och inkluderat flera miljöpåverkanskategorier. Respektive studier har olika FU:er och även en varierande klimatpåverkan per ton producerad förpackning. Programvaror och databaser som användes varierade, men den främsta programvaran som användes i andra studier var *SimaPro* och databasen *EcoInvent*. Tabell 7 visar en sammanställning av skillnaderna i metodik och resultat mellan denna studie och andra vetenskapliga studier.

Tabell 7. Sammanställning av andra resultat

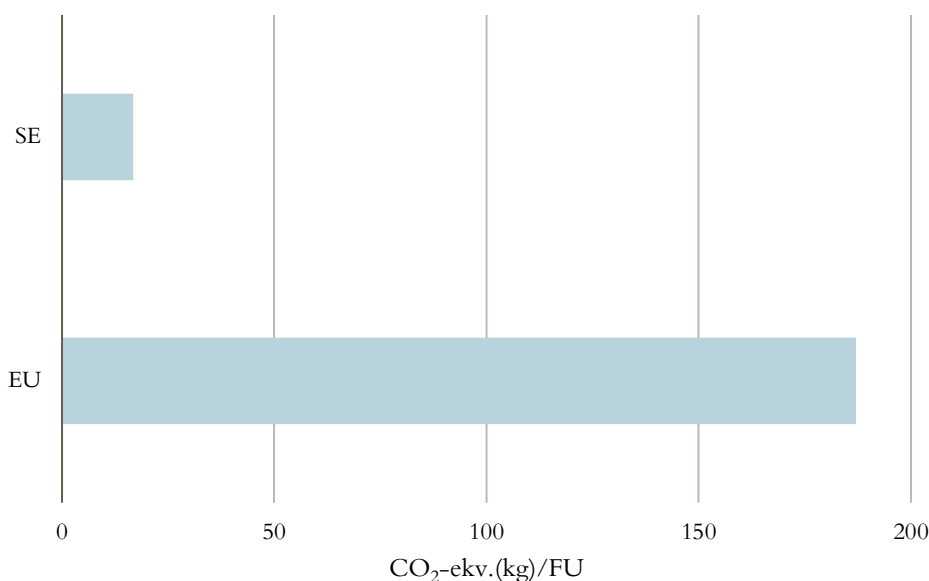
En sammanställning av information från denna studies resultat i jämförelse med andra studiers resultat.

Material	Typ av studie	FU	CO ₂ -ekv. (kg)/ton	Programvara	Databas	Referens
Offsettryck kascherad wellpapp	”cradle-to-gate”	1 ton kascherade wellpappförpackningar	781/1 929	Manuella beräkningar/ OpenLCA	Environmental Footprint	Denna studie
Kartong	”cradle-to-grave”	Transport av 1 000 ton av produkt 5 gånger	2 453	GaBi 4	-	Albrecht et al. (2013)
Kartong	”cradle-to-grave”	Förpackning för 10 mangos	1 117	SimaPro 8.04	European Database for Corrugated Board	Bernstad Saraiva et al. (2016)
Wellpapper	”cradle-to-grave”	1 låda	1 095	-	EcoInvent	Del Borghi et al. (2020)
Wellpapper	”cradle-to-grave”	Få plats med 8 limpor bröd i förpackning	1 105	-	EcoInvent 2.2	Koskela et al. (2014)
Wellpapper	”cradle-to-grave”	Transport av 1 000 ton produkt i förpackningen	979	SimaPro 8.01	EcoInvent 3.01	Lo-Iacono-Ferreria et al. (2020)
Wellpapper	”cradle-to-grave”	Transport av 100 kg färska råvaror i förpackning	890	-	EcoInvent 2.0	Levi et al. (2011)
Kartong	”cradle-to-grave”	Transport av 1 kg kiwifrukt i förpackning	540	GaBi 4.4	-	Robertson et al. (2014)
Wellpapper	”cradle-to-grave”	1 förpackning	4 713	SimaPro 8	-	Yi et al. (2017)
Wellpapper	”cradle-to-grave”	1 ton förpackning	497	-	European Database for Corrugated Board	FEFCO (2010)
Wellpapper	”cradle-to-grave”	1 ton förpackning	538	-	-	Carton Endule de France (u.å.)
Kartong	”cradle-to-gate”	1 ton förpackning	326	-	-	MM Karton (2019)
Wellpapper	”cradle-to-grave”	1 ton förpackning	784	-	EcoInvent 2.0	Nilsson et al. (2009)

3.4 Känslighetsanalys

En känslighetsanalys gör tydligt vilka värden som har störst påverkan på resultatet, medan en osäkerhetsanalys informerar om spridningen av resultatet beroende på värden och andra osäkerheter (Hauschild et al., 2018).

Den största klimatpåverkan enligt båda scenarierna kommer från pappersmaterialet, som utgör 98 respektive 95 % av den färdiga produkten. Processen som bidrog till den främsta klimatpåverkan från första scenariot var från transport av material till FrontPacs verksamhet. Transporten sker huvudsakligen med lastbilar, vilka släpper ut mer avgaser jämfört med tåg och båt (se tabell 5). Transport sker från flera länder inom Europa, vilket innebär längre transportsträckor än om FrontPac enbart hade leverantörer i Sverige. Den främsta klimatpåverkan i det andra scenariot är från tillverkningsprocessen, alltså energin som krävs för att bearbeta pappersmassa till stora ark och tillverka förpackningarna. Den energikälla som verksamheten använder under tillverkningsprocessen har därmed stor betydelse för klimatpåverkan från produkten. Att använda en europeisk genomsnittlig elmix, jämfört med svensk elmix innebär en cirka 12 gånger större klimatpåverkan för den elektriska energin som används i FrontPacs verksamhet (se figur 5).



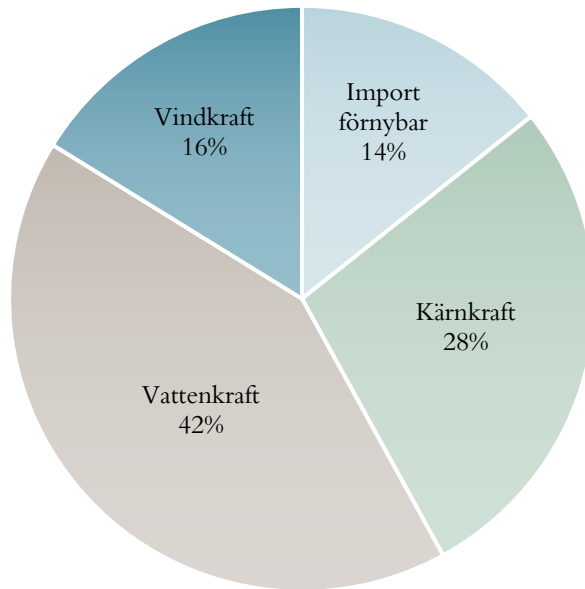
Figur 5. Svensk elmix jämfört med europeisk
Klimatpåverkan i *OpenLCA* beroende på vilken elmix som använts.

Antaganden om vilken elmix som representerar FrontPacs verksamhet har ytterst liten osäkerhet. En svensk genomsnittlig elmix valdes i både scenarierna av LCA:n. Svensk energikonsumtion skiljer sig betydligt från genomsnittliga europeiska energikonsumtionen (Eurostat, 2020b). Figur 6 visar fördelningen mellan konsumtion av olika energikällor i Sverige jämfört med Europa. Om en annan elmix hade använts i studien hade klimatpåverkan ökat avsevärt. Eftersom FrontPacs verksamhet är belägen i Sverige och använder främst svensk elektrisk energi för att förse maskiner och dylikt är det lämpligt att använda svensk elmix. FrontPac är medvetna om vilket ansvar de har som verksamhet att arbeta med hållbarhet och har aktivt valt att använda 100 % förnybar energi (FrontPac. 2021).

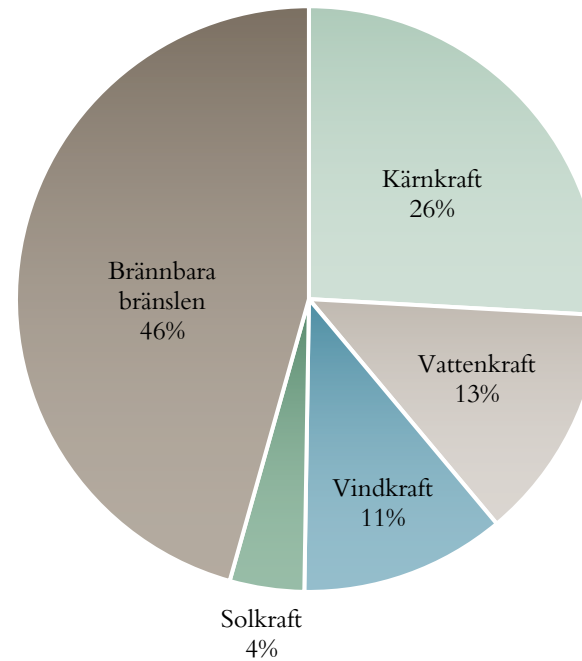
Primärdata för pappersmaterialet har erhållits från förstahandskällor, där leverantörerna har utfört LCA:er på sina produkter. Det var inte möjligt att få tillgång till rapporterna där metodiken för LCA:erna presenterats, men det har antagits att rapporterna är korrekt utförda och relevanta. Osäkerheten från leverantörernas rapporter som har använts i miljöpåverkansbedömningen är låg. Vissa data kunde inte erhållas från förstahandskällor och var i stället kompletterad med resultat från andra studier. Materialen som detta berör är lim, lack och tryckfärg. Om data hade erhållits från leverantörerna hade resultatet kunnat vara mer representativt för produktsystemet. Studien har antagit att biobaserade bindemedel använts vid produktionen av kascherad wellpapper. Biobaserade bindemedel har ungefär 22% mindre miljöpåverkan än icke-biobaserade bindemedel, som traditionellt består av petroleumkemikalier (McDevitt & Grigsby, 2014). Om antagandena inte stämmer överens med verkligheten, skulle det betyda att limmet som användes i studien har en 22% mindre miljöpåverkan än vad den borde vara. Denna information hade varit värdefullt vid en LCA som tar med andra miljöpåverkanskriterier. Enligt litteratur hade bindemedel liten klimatpåverkan och i vissa fall rapporterades det endast som miljöpåverkan i form av ekotoxicitet (Arias et al., 2020; McDevitt & Grigsby, 2014). Dock utgör lim, lack och tryckfärg tillsammans en liten del av den färdiga produkten, vilket innebär att resultatet inte skulle ändras avsevärt. Osäkerhet från kompletterade data bör därmed vara liten.

En FU definieras för varje enskild studie och är därför specifik till den aktuella studien (Hauschild et al., 2018). En FU definieras som 1 ton producerade kascherade wellpappförpackningar har använts i denna studie. Då studien inte är av jämförande syfte har den FU ansetts vara relevant för arbetets syfte. Det är vanligt att presentera resultat av klimatpåverkan i enheter av per ton produkt (MM Karton, 2019; FEFCO, 2010; Nilsson et al., 2009; Carton Ondulé de France, u.å.). Vid jämförelse av andra framtagna studier med samma FU är det enkelt att identifiera skillnader mellan resultaten. Vid en ändring av FU hade studiens syfte samt resultat ändrats. Exempelvis hade den FU kunnat ändras till andelen förpackningar som krävs för att transportera en viss produkt en viss sträcka. Resultatet hade då inte varit densamma som resultatet för den definierade FU i denna studie.

A



B



Figur 6. Elkonsumtion SE vs. EU

- A) Fördelningen mellan olika energikällor för elkonsumtion som FrontPacs verksamhet använder.
- B) Fördelningen mellan olika energikällor för Europas genomsnittliga elkonsumtion för år 2018. Källa: Eurostat (2020).

Systemgränserna som studien är begränsad till är fram till och med produktionen av kascherade wellpappförpackningarna i FrontPacs verksamhet. Processer som exkluderas är transport till kunderna, användning av förpackningarna samt hur avfallet hanteras. LCA:n är en förenkling av hela livscykeln av förpackningarna och det kan inte diskuteras eller dras signifikanta slutsatser som om det vore en analys på hela livscykeln (Hauschild et al., 2018). Då transport bidragit till den främsta klimatpåverkan i denna studie enligt första scenariot, är det viktigt att ta hänsyn till transport till kunder och även hantering av avfallet från produkten. Transport, beroende på vilket transportmedel, transportsträcka samt bränsle som används, kan bidra till en signifikant klimatpåverkan i produktsystemet. Eftersom FrontPac har kunder i 22 olika länder hade resultatet varierat beroende på vilken kund som transporten sker till. Avfall kan hanteras på flera olika sätt; vissa material kan återanvändas, vissa återvinnas och vissa hamnar på deponier. Pappersmaterial är både återanvänd- och återvinningsbart och dessutom en kolsänka under livstiden då materialet är träd (Albrecht et al., 2013). Detta innebär att papper binder koldioxid under stora delar av dess livstid samt släpper inte ut lika mycket koldioxid under avfallshanteringen jämfört med andra material (Ibid.). I FrontPacs verksamhet har 94,3% av materialspillet återvunnits (FrontPac, 2021).

Det finns LCA-programvaror som är ämnade till att utföra LCA:er med; både gratis programvaror som är tillgängliga för allmänheten och även programvaror där man måste betala för licenser för att få tillgång till de. *OpenLCA* tillhör till programvarorna som är gratis och lättillgängliga. Det är möjligt att köpa licenser för officiella databaser inom programvaran, men i denna studie valdes det att använda gratis versioner av både databaser samt miljöpåverkansbedömningsmetoder. *OpenLCA*, trots att programvaran har liknande funktioner som dess betalningsversioner *SimaPro* och *GaBi*, är *SimaPro* och *GaBi* mer omfattande programvaror. Databasen som användes, *Environmental Footprint*, är även en gratisversion baserad på europeiska data. Andra databaser, som är betalningsversioner, regleras regelbundet och data adderas och revideras. Jämförelse med beräkningar baserade på FrontPac leverantörers data och beräkningar i *OpenLCA* är en möjlighet att se vilka skillnader som kan finnas beroende på vilken metod som valts att använda för att utföra en LCA.

Det är även viktigt att ta hänsyn till när material och produkter är producerade; så kallade tids- och tekniska avgränsningar (Hauschild et al., 2018). Tekniker är något som konstant förändras och förbättras; en process som skedde för 20 år sedan ser idag med största sannolikhet inte likadan ut. Det är viktigt att om det sker en jämförande studie i framtiden att processerna vägs samman och att det sker kontrolleringar kring vilken teknik som används i olika processer under produktionen (Ibid.).

Utifrån genomförd känslighetsanalys kan det sammanfattas att studien har följt målet samt omfattningen som definierades tidigare i studien, nämligen att utföra en LCA för att beräkna klimatpåverkan av offsettryck kascherade wellpappförpackningar tillverkade av FrontPac. Antaganden som har gjorts har stärkts utifrån studiens

förutsättningar och analyserats genom osäkerheter i data. Systemgränserna är begränsade till FrontPacs port och transport samt avfallshantering är faktorer som bör tas hänsyn till i framtida analyser. Detta innebär att en fullständig LCA inte genomförts, vilket innebär att det inte kan dras signifikanta slutsatser från studien och måste därför utökas för att kunna göra jämförelser med andras studier.

4. Diskussion

Det kan finnas flera faktorer till att en LCA inte är fullständig, vilket är anledningar till att en LCA bör granskas och tolkas utifrån vald metod, insamling av data och påverkansbedömning (Hauschild et al., 2018). Tolkning av resultat är den del av studien där resultatet i sin helhet analyseras utifrån osäkerheter och antaganden som gjorts i arbetsprocessen (Ibid.). I detta avsnitt tolkas resultatet genom en jämförelse med resultaten från andra studier, en diskussion kring metodval och avslutas med rekommendationer på förbättringsmöjligheter samt framtida studier.

4.1 Jämförelse med andra studier

Inledningsvis konstateras att LCA:erna har utförts på något annorlunda material. Denna studie analyserade kascherade wellpappförpackningar, medan jämförande studier undersökte klimatpåverkan från wellpapp eller kartong (Lo-Iacono-Ferreria et al., 2020; Del Borghi et al., 2020; MM Karton, 2019; Yi et al., 2017; Bernstad Saraiva et al., 2016; Koskela et al., 2014; Robertson et al., 2014; Albrecht et al., 2013; Levi et al., 2011; FEFCO, 2010; Nilsson et al., 2009; Carton Ondulé de France, u.å.). Detta innebär att material som används för att tillverka förpackningarna skiljer sig åt. Kascherade wellpappförpackningar innehåller tryckfärg, till skillnad från vanlig wellpapp och kartong. Det är därför förväntat att kascherade wellpappförpackningar har en större klimatpåverkan än resterande förpackningar. Dock visar resultaten att klimatpåverkan från tryckfärg inte utgör en betydlig del av hela förpackningen, och därmed bör inte skillnaden vara signifikant mellan de olika materialen.

Den FU i denna studie har beskrivits som 1 ton producerade kascherade wellpappförpackningar. Organisationers och verksameters rapporter har även presenterat sina resultat per ton produkt (MM Karton, 2019; FEFCO, 2010; Nilsson et al., 2009; Carton Ondulé de France, u.å.). En anledning till att resultatet kan väljas att presenteras med denna FU är att verksamheter producerar enorma mängder av produkten och därför blir värdena mer hanterbara vid reduktion till 1 ton förpackning. Det är även viktigt vid jämförelser av LCA:er att den definierade FU är liknande för att jämförelsen ska kunna vara representativ (Hauschild et al., 2018). Andra vetenskapliga studier som har utfört LCA:er på wellpappförpackningar har haft

ett annorlunda syfte och därmed använt en annan FU. Flertalet studier har använt en FU som representerar mängden produkt, till exempel färska råvaror som ska transporteras en specifik sträcka (Lo-Iacono-Ferreria et al., 2020; Bernstad Saraiva et al., 2016; Robertson et al., 2014; Koskela et al., 2014; Albrecht et al., 2013; Levi et al., 2011). En annan vanlig FU var en tillverkad förpackning (Del Borghi et al., 2020; Yi et al., 2017). Det är naturligt att använda varierande FU, då syftet med en FU är att definiera studiens kvantitativa aspekter av funktionen (Hauschild et al., 2018; Klöpffer & Grahl, 2014), vilket inte är densamma för olika studier.

Majoriteten av systemgränserna i studierna från litteratursökningen inkluderade processer där hela livscykeln av produkten inkluderades, alltså en ”cradle-to-grave” studie. Systemgränserna satta för denna studie begränsades till tillverkningen av förpackningarna, en ”cradle-to-gate” studie. Processerna som exkluderats, som andra studier har inkluderat, är användningen av produkten, transport till kunder samt avfallshanteringen. Ju fler processer som inkluderas i en LCA, desto mer fullständig blir produktsystem som representerar hela produktens livscykel (Hauschild et al., 2018). Detta innebär att litteraturen bättre representerar hela förpackningens livslängd jämfört med denna studie. För att kunna göra en jämförelse av liknande produkter, måste man då se till att systemgränserna harmoniseras och att processerna är rimligt lika, annars kan man inte dra några säkra slutsatser (Ibid.).

De geografiska avgränsningarna i studierna hade stor variation. Beroende på var produkter är tillverkade används olika energikällor för att generera elektricitet i verksamheter. Elmixen som används i en LCA har därmed en stor betydelse för klimatpåverkan av den slutliga produkten. Den främsta elmixen som har använts i andra studier är europeisk (Del Borghi et al., 2020; Lo-Iacono-Ferreria et al., 2020; Koskela et al., 2014; Albrecht et al., 2013; Levi et al., 2011). Sverige, jämfört med resten av Europa, använder generellt mer förnybar energi (Eurostat, 2020a; Nilsson et al., 2009) (se figur 6). Fossila bränslen har en betydligt större klimatpåverkan än förnybara energikällor. Detta kan förklara varför denna studie har en mindre klimatpåverkan från tillverkningsprocessen än andra studier.

Fem av åtta studier kom fram till att den största klimatpåverkan från förpackningar kom från transport av den färdiga förpackningen med produkten som den var ämnad att transportera (Del Borghi et al., 2020; Yi et al., 2017; Robertson et al., 2014; Koskela et al., 2014; Levi et al., 2011). Resterande tre studier identifierade att den största klimatpåverkan härstammade från själva tillverkningen av förpackningarna (Lo-Iacono-Ferreria et al., 2020; Bernstad Saraiva et al., 2016; Albrecht et al., 2013). Bidragande faktorer till att transporten genererar mest klimatpåverkan beror på vilket transportmedel som används och hur lång transportsträckan är. Det främsta transportmedlet som användes var lastbil, vilka släpper ut mer växthusgaser jämfört med tåg och båt. Ju längre transportsträckan är, desto mer CO₂-ekv. bidras till transporten. Transporten i studierna där transport stod för den största delen av klimatpåverkan bestod av långa transportsträckor där transporten utfördes av lastbilar. Transporten innefattade även transport av själva produkten som förpackningen skulle

innehålla. Detta innebär en ökad vikt och volym under transport, vilket ökar mängden CO₂-utsläpp. Där tillverkningen var den främsta andelen av klimatpåverkan användes en elmix som bestod av en större mängd fossila bränslen (Lo-Iacono-Ferreria et al., 2020; Bernstad Saraiva et al., 2016; Albrecht et al., 2013).

Flera av studierna är av jämförande princip och har observerat att förpackningar tillverkade av pappersmaterial, som wellpapp och kartong, har en betydligt mindre klimatpåverkan än annat material (Del Borghi et al., 2020; Bernstad Saraiva et al., 2016; Koskela et al., 2014; Levi et al., 2011). Förpackningar tillverkade av pappersmaterial är därmed en av de mest hållbara förpackningarna. En av utmaningarna som påverkar paketeringsindustrin idag är klimatförändringen (Boz et al., 2020). Klimatförändringen har ändrat konsumenters syn på hållbarhet och det finns ett stort intresse för att konsumera mer hållbara produkter (Martinho et al., 2015; Fortin & Uncles, 2011; Rokka & Uusitalo, 2008). Genom att utföra LCA:er likt denna studie och studier från litteratursökningen finns en möjlighet att presentera information om förpackningars hållbarhet (Boz et al., 2020). Kommunikation med konsumenter är en viktig del av utvecklingen av hållbara förpackningar (Ibid.). Framtagning av hållbara förpackningar kan därmed vara gynnsamt för företag (Rokka & Uusitalo, 2008).

Resultatet från denna studie samt jämförelsen av resultat med andra studier har bidragit till en bredare kunskap om klimatpåverkan från kascherade wellpappförpackningar och andra liknande material. Fler studier krävs dock för att konsumenter ska kunna dra slutsatser om hur mycket olika produkter påverkar klimatet och miljön. Studier av god kvalitet med fullständig datainventering är att föredra då dessa bättre representerar den verkliga klimatpåverkan och det kan utföras relevanta jämförelser mellan studierna.

4.2 Metoddiskussion

Den viktigaste aspekten med att definiera systemgränser i en LCA-studie är att de beskriver på bästa sätt hela produktsystemet och att de är i enighet med det definierade målet och omfattningen (Hauschild et al., 2018). Studien inkluderar endast huvudprocesserna och analyserar därför inte enskilda processer inom FrontPacs verksamhet. Studiens systemgränser är även begränsade till och med tillverkningsprocessen och inkluderar inte användning eller avfallshantering. Systemgränserna är visserligen i enighet med det definierade målet och omfattningen, men en utvidgning av systemgränserna bör göras för att utföra en fullständig LCA och för att kunna representera hela livscykeln av produkten. Majoriteten av LCA-studier inkluderar oftast hela livscykeln (se kapitel ovan).

Beräkningar av klimatpåverkan med de två olika metoderna, manuella beräkningar och beräkningar i programvara OpenLCA, genererade olika resultat. Den främsta anledningen till skillnaden identifierades vara elmixen som användes. En

svensk elmix användes vid manuella beräkningar, medan en genomsnittlig europeisk elmix användes vid beräkningar i OpenLCA. De manuella beräkningarna är en bättre representation av FrontPacs verksamhets klimatpåverkan, då beräkningarna gjordes med hjälp av primärdata och en bättre representativ elmix.

Det kan även diskuteras att denna studie inte kan representera hela miljöpåverkan av livscykeln, då inga miljöpåverknaskriterier inkluderades. LCA är en metod som avser att beräkna och analysera hela miljöpåverkan och inte enbart klimatpåverkan, som denna studie har utfört. Det finns därmed en del förbättringsmöjligheter som kan appliceras för att utvidga studiens potential.

4.3 Rekommendationer och framtida studier

Av den totala klimatpåverkan på kascherade wellpappförpackningar tillverkade av FrontPac har 30 % allokerats till spillmaterial. För att ytterligare minska klimatpåverkan under tillverkningsprocessen rekommenderas implementering av åtgärder för att optimera processen under stansning alternativt pappersarkens dimensioner. På så sätt skärs inte lika mycket material bort under stansningsstationen i verksamheten och mindre klimatpåverkan kan allokeras till förpackningarna. En annan rekommendation riktar sig mot leverantörer som producerar material som används vid tillverkning av produkter vid andra verksamheter. Leverantörer tillverkar ofta material där informationen om sammansättningen är konfidentiell, vilket påverkade denna studie negativt. För att utföra en fullständig LCA är det förmånligt att ha tillgång till data för sammansättningar av materialen som används. Det är förståeligt att företag inte vill avslöja sina exakta sammansättningar för att undvika att andra företag kopierar konceptet. Det rekommenderas därför att fler företag utför LCA:er på sina produkter, där informationen kan användas i andra studier där produkterna används vid tillverkning av andra produkter.

Denna studies systemgränser begränsades till slutet av tillverkningsprocessen, vilket exkluderade transport till kunder, användning samt avfallshantering. En fullständig LCA som inkluderar samtliga processer representerar produktsystemet bättre. Framtida studier hade kunnat utföra en LCA med utökade systemgränser, där resultatet är en bättre representation av verkligheten. För att beskriva hela miljöpåverkan, och inte enbart klimatpåverkan, hade studier kunnat inkludera fler miljöpåverkansbedömningskriterier. Andra intressanta framtida studier hade kunnat studera jämförelser i klimatpåverkan mellan olika verksamheter som producerar liknande material. Jämförelser hade kunnat ske på enbart svenska företag eller jämförelser med andra länder för att erhålla en bredare uppfattning om klimatpåverkan från förpackningar.

5. Slutsats

Denna studie har utfört en LCA för att beskriva klimatpåverkan av offsettryck kascherade wellpappförpackningar tillverkade av FrontPac. Två olika metoder användes och genererade olika resultat. Manuella beräkningar resulterade i en klimatpåverkan på 781 kg CO₂-ekv./FU, medan beräkningar i OpenLCA resulterade i en klimatpåverkan på 1 929 kg CO₂-ekv./FU. Den största klimatpåverkan härstammade från tillverkningsprocessen och transport av material från leverantörer till företagets verksamhet. Variationen av resultat berodde främst på elmixen som användes vid tillverkning. Vid jämförelse med andra studier som utfört LCA:er på liknande material varierade klimatpåverkan mellan 326 och 4 713 kg CO₂-ekv./ton förpackning. Den största skillnaden i metodik och resultat mellan denna studie och annan litteratur var vilken elmix som användes, vilket transportmedel som användes under transport och hur lång transportsträckan var. Den geografiska avgränsningen identifierades till att ha en stor betydelse för resultatet. Ytterligare studier krävs för att det ska kunna dras mer omfattande slutsatser om klimatpåverkan från förpackningar tillverkade vid FrontPacs anläggning.

Tack

Jag vill tacka Marijeta Ristic från FrontPac och Madeleine Brask från Miljöbron Skåne för ett fint samarbete och möjligheten att utveckla mina färdigheter inom ämnen som har inspirerat mig genom hela arbetets gång. Jag vill även tacka mina handledare vid Lunds universitet Nina Reistad och Jagdeep Singh som har guidat mig och bidragit till goda tankar och diskussioner. Sist, men inte minst, vill jag tacka mina medstudenter i min handledargrupp som har agerat som stöd genom hela arbetet och hjälpt mig att betrakta arbetet från ett annat perspektiv.

Referenser

- Accorsi, R., Versari, L. & Manzini, R. (2015). Glass vs. Plastic: Life cycle assessment of extra-virgin olive oil bottles across global supply chains. *Sustainability*, 7(3), 2818-2840. <https://doi.org/10.3390/su7032818>
- Albrecht, S., Brandstetter, P., Beck, T., Fullana-i-Palmer, P., Grönman, K., Baitz, M., Deimling, S., Sandilands, J. & Fischer, M. (2013). An extended life cycle analysis of packaging systems for fruit and vegetable transport in Europe. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18, 1549–1567. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0590-4>
- Arias, A., González-García, S., González-Rodríguez, S., Feijoo, G. & Moreira, M. T. (2020). Cradle-to-gate Life Cycle Assessment of bio-adhesives for the wood panel industry. A comparison with petrochemical alternatives. *Science of the Total Environment*, 738. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140357>
- Bernstad Saraiva, A., Pacheco, E., Gomes, G. M., Visconte, L. L. Y., Bernardo, C. A., Simões, C. L. & Soares, A. G. (2016). Comparative lifecycle assessment of mango packaging made from a polyethylene/natural fibre-composite and from cardboard material. *Journal of Cleaner Production*, 139, 1168-1180. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.135>
- Boz, Z., Korhonen, V. & Sand, C. K. (2020). Consumer considerations for the implementation of sustainable packaging: A review. *Sustainability*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/su12062192>
- Carton Ondulé de France. (u.å.). *Eco-responsibility*. Hämtad 2021-03-26 från <https://www.cartononduledefrance.org/en/eco-responsibility/>
- Del Borghi, A., Parodi, S., Moreschi, L. & Gallo, M. (2020). Sustainable packaging: an evaluation of crates for food through a life cycle approach. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26, 753-766. <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01813-w>
- Del Borghi, A., Strazza, C., Magrassi, F., Taramasso, A. C. & Gallo, M. (2018). Life cycle assessment for eco-design of product-package systems in the food industry – The case of legumes. *Sustainable Production and Consumption*, 13, 24-36. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2017.11.001>
- Denscombe, M. (2018). *Forskningshandboken: för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna* (4 uppl.) Studentlitteratur.
- Eurostat. (2020a). *Electricity production, consumption and market overview*. Hämtad 2021-04-15 från https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_production,_consumption_and_market_overview#Market_shares
- Eurostat. (2020b). *Energy statistics – an overview*. Hämtad 2021-05-03 från <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/pdfscache/29046.pdf>

- FEFCO. (2010). *Calculation of a "carbon footprint" for corrugated cardboard*. Hämtad 2021-03-26 från <https://www.fefco.org/calculation-%E2%80%9Ccarbon-footprint%E2%80%9D-corrugated-packaging>
- Forest Stewardship Council. (u.å.). *FSC:s betydelse*. Hämtad 2021-03-03 från <https://se.fsc.org/se-se/fscs-betydelse>
- Fortin, D. & Uncles, M. (2011). The first decade: emerging issues of the twenty-first century in consumer marketing. *Journal of Consumer Marketing*, 28(7), 472-475. <https://doi.org/10.1108/07363761111194767>
- FrontPac. (2019). *Frontpac produktion drönarfilm* [video]. <https://www.youtube.com/watch?v=820DoMTgI7A>
- FrontPac. (2020a). *Startsida*. Hämtad 2021-02-10 från <https://frontpac.com/sv/>
- FrontPac. (2020b). *Vi tillverkar hållbara förpackningar*. Hämtad 2021-02-10 från <https://frontpac.com/sv/hallbarhet/>
- FrontPac. (2021). *Sustainability report 2020*. Hämtad 2021-04-29 från <https://frontpac.com/wp-content/uploads/2021/04/SUSTAINABILITY-REPORT-2020.pdf>
- García-Álvarez, A., Péter-Martínez, P. J. & González-Franco, I. (2013) Energy consumption and carbon dioxide emissions in rail and road freight transport in Spain: A case study of car carriers and bulk petrochemicals. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 17(3), 233-244. <https://doi.org/10.1080/15472450.2012.719456>
- Hauschild, M. Z., Rosenbaum, R. K. & Olsen, S. I. (2018) *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3>.
- Intercopy Halmstad. (2002). *Intercopys lilla klokbok*. Hämtad 2020-06-07 från <https://web.archive.org/web/20040411111135/http://www.kopieringsbolaget.se/filar/kiv/KLOKBOK.pdf>
- Klöpffer, W. & Grahl, B. (2014). *Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice*. Wiley-VCH. <https://doi.org/10.1002/9783527655625>
- Koskela, S., Dahlbo, H., Judl, J. & Korhonen, M. (2014) Reusable pastic crate or recyclable carboard box? A comparison of two delivery systems. *Journal of Cleaner Production*, 69, 83-90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.045>
- Laake, P., Benestad, H. & Olsen, B. (2015). *Research in Medical and Biological Sciences* (1 uppl.). Academic Press.
- Levi, M., Cortesi, S., Vezzoli, C. & Salvia, G. (2011). A comparative life cycle assessment of disposable and reusable packaging for the distribution of Italian fruit and vegetables. *Packaging Technology and Science*, 24(7), 387– 400. <https://doi.org/10.1002/pts.946>
- Lo-Iacono-Ferreria, V. G., Viñoles-Cebolla, R., Bastante-Ceca, M. J.& Capuz-Rizo, S. F. (2020). Transport of Spanish fruit and vegetables in cardboard boxes: A carbon footprint analysis. *Journal of Cleaner Production*, 244. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118784>
- Marthino, G., Pires, A., Portela, G. & Fonseca, M. (2015). Factors affecting consumers' choices concerning sustainable packaging during product purchase and recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, 103, 58-68. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.07.012>

- McDevitt, J. & Grigsby, W. (2014). Life Cycle Assessment of Bio-and Petro- Chemicals Used in Fiberboard Production. *Journal of Polymers and Environment*, 22, 537-544. <https://doi.org/10.1007/s10924-014-0677-4>
- MM Karton. (2019). *Green cartonboard for our blue planet*. Hämtad 2021-03-26 från https://www.mm-karton.com/fileadmin/user_upload/MMK_Unfolded_3_2019_EN_WEB.pdf
- Naturvårdsverket. (2021). *Biologisk mångfald*. Hämtad 2021-06-14 från <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Vaxter-och-djur/Biologisk-mangfald/>
- Nilsson, K., Florén, B. & Sonesson, U. (2009). *Klimatpåverkan från primärförpackningar för olika livsmedelsgrupper*. Hämtad 2021-03-26 från <https://www.klimatmarkningen.se/wp-content/uploads/2009/12/2009-1-forpackningar.pdf>
- Oatly. (2020). *Sustainability report 2019*. Hämtad 2021-04-01 från <https://sustainability.oatly.com/>
- OpenLCA. (u.å.). *The open source Life Cycle and Sustainability Assessment software*. Hämtad 2021-04-12 från <https://www.openlca.org/>
- OpenLCA Nexus. (u.å.). *Databases openLCA Nexus*. Hämtad 2021-04-12 från <https://nexus.openlca.org/database/Environmental%20Footprints>
- Robertson, K., Garnham, M. & Symes, W. (2014) Life cycle carbon footprint of the packaging and transport of New Zealand kiwifruit. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19, 1693-1704. <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0775-5>
- Rokka, J. & Uusitalo, L. (2008). Preference for green packaging in consumer product choices - Do consumers care? *Consumer Studies*, 32(5), 516-525. <https://doi.org/10.1111/j.1470-6431.2008.00710.x>
- Saraiva, A. B., Pacheco, E. B. A. V., Gomes, G. M., Visconte, L. L. Y., Bernardo, C. A., Simões, C. L. & Soares, A. G. (2016). Comparative lifecycle assessment of mango packaging made from a polyethylene/natural fiber-composite and from cardboard material. *Journal of Cleaner Production*, 139, 1168–1180. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.135>
- SCB. (2021). *Elförsörjning 2020*. Hämtad 2021-02-26 från <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/energi/tillforsel-och-anvandning-av-energi/manatlig-elstatistik-och-byten-av-elleverantor/pong/tabell-och-diagram/elforsorjning/>
- SLU. (2016). *Ekotoxicitet*. Hämtad 2021-06-20 från <https://www.slu.se/institutioner/energi-teknik/forskning/lca/vadar/ekotoxicitet/>
- Svenska Akademiens Ordbok. (u.å.). *Kaschera*. Hämtad 2021-06-07 från <https://www.saob.se/artikel/?seek=kaschera>
- Svenska institutet för standarder [SIS]. (2006a). *Miljöledning – Livscykelanalys – Principer och struktur (ISO 14040:2006)*.
- Svenska institutet för standarder [SIS]. (2006b). *Miljöledning – Livscykelanalys – Krav och vägledning (ISO 14044:2006)*.
- Suarez, B., Muneta, M. L. M., Sanz-Bobi, J. D. & Romero, G. (2021). Applications of homogenization approaches to the numerical analysis of seating made of multi-wall corrugated cardboard. *Composite Structure*, 262. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2021.113642>

- Sustainable Packaging Coalition [SPC]. (2011). *Definition of sustainable packaging*. Hämtad 2021-02-24 från <https://sustainablepackaging.org/wp-content/uploads/2017/09/Definition-of-Sustainable-Packaging.pdf>
- Tetra Pak. (u.å). *Carton CO2 calculator*. Hämtad 2021-04-01 från <https://www.tetrapak.com/sustainability/planet/environmental-impact/a-value-chain-approach/carton-co2e-footprint>
- Thorén, A. & Vinberg, B. (2000). *Packat i pocket*. Media Express Förlag och Information AB.
- VA SYD. (2020). *Års- och hållbarhetsredovisning 2019*. Hämtad 2021-03-01 från <https://www.vasyd.se/-/media/Documents/Informationsmaterial/Arsredovisningar/rs--och-hallbarhetsredovisning-2019.pdf>
- Wang, J., Hou, C. & Lin, P. (2013). Two-phase assessment for the environmental impacts from offset lithographic printing on color-box packaging. *Journal of Cleaner Production*, 53, 129-137. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.03.048>
- White, P., Hindle, P. & Dräger, K. (1999). *Lifecycle assessment of packaging*. In: *Packaging in the Environment*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3592-8_6
- Yi, Y., Wang, Z., Wennersten, R. & Sun, Q. (2017). Life cycle assessment of delivery packages in China. *Energy Procedia* 105, 3711 – 3719. <http://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.860>
- Zabaniotou, A. & Kassidi, E. (2003). Life Cycle Assessment Applied to Egg Packaging Made from Polystyrene and Recycled Paper. *Journal of Cleaner Production*, 11, 549-559. [http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526\(02\)00076-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00076-8)

Bilaga 1

Tabell A. Maskinerna vid de fyra olika stationerna (se sida 14)

Maskiner som FrontPac har i sin verksamhet i Arlööv. Baseras på information från FrontPac (2019).

Station	Typ av maskin	Modell	Användningsområde
1	Offset tryckpress	Koenig-Bauer RAPIDA 152	Tryckning på pappersark
2	Inline wellmaskin	BOBST ARES II-250	Kascherar och tillverkar wellpaper
2	Korrugeringsmaskin	BOBST MF 324 EXPERTFLUTE TOUGH	Sammanfogar tryckt papper med wellpaper
3	Stansmaskin	BOBST SP 1600-ER Autoplatine	Skär pappersarken till önskad storlek och form enligt mall
3	Stansmaskin	BOBST SP 142-E Autoplatine	Skär pappersarken till önskad storlek och form enligt mall
4	Limmare	OMEGA Allpro 145	Formar pappersark med lim till önskad form
	Strimlare	Kongskilde MultiDicer	Transporterar utskurna pappersbitar effektivt från fabriken ut till samlingsplats

Bilaga 2

Tabell B. Detaljer litteratursökning

Visar antalet studier som tagits med baserat på söksträngar som använts i olika databaser, vid olika tillfällen samt efter urvalskriterier.

Sök-tråd	Söksträng	Databas	Datum	Urval 1	Urval 2
1	'TS=((?life cycle assessment*? OR LCA) AND ("corrugated cardboard" OR "cardboard") AND ("carbon footprint" OR "environmental footprint"))	Web of Science	2021-03-08	2	1
2	'TS=((?life cycle assessment? OR LCA) AND ("corrugated cardboard*" OR "cardboard packaging*" OR packaging) AND ("carbon footprint"))	Web of Science	2021-03-08	5	3
3	"life cycle assessment" OR LCA AND "corrugated cardboard"	Google Scholar	2021-03-26	5	3
4	"life cycle assessment" AND "corrugated cardboard"	Scopus	2021-03-26	4	1
5	"life cycle assessment" AND "corrugated cardboard" AND carbon footprint"	Google	2021-03-26	-	3
6	livscykelanalys wellpaper	Google	2021-03-26	-	1

Bilaga 3

Då studiernas FU varierade var det viktigt att omvandla dessa för att kunna vara jämförbara med denna studies resultat. Med hjälp av informationen i tabellen nedan har klimatpåverkan beräknats för denna studies FU. Ekvationen nedan användes för att beräkna studiernas resultat av förpackningarnas klimatpåverkan för 1 ton förpackning.

$$\frac{x}{y} \times 1\,000 \quad (\text{ekvation A})$$

Där x är lika med klimatpåverkan av en förpackning (CO₂-ekv.) och y är lika med vikten av en förpackning.

Tabell C. Resultat litteratursökning

Detaljerad information från litteratursökningen.

FU	CO ₂ -ekv.(kg)/FU	Material	Materialets massa (kg)	Materialets dimension (mm ³)	CO ₂ -ekv.(kg)/ton	Land	Referens
Transport av 1 000 ton produkt 5 gånger	6 728 000*	Kartong	0,823	600x400x240	2 453	Europa	Albrecht et al. (2013)
Förpackning för 10 mangos	0,400*	Kartong	0,358	-	1 117	Brasilien	Bernstad Saraiva et al. (2016)
1 låda	1,19*	Wellpapper	1,086	400x600x240	1 095	Europa	Del Borghi et al. (2020)
Få plats med 8 limpor bröd i förpackning	0,21*	Wellpapper	0,190	540x330x110	1 105	Finland	Koskela et al. (2014)
Transport av 1 000 ton produkt i förpackningen	61 870*	Wellpapper	0,316	400x300x145	979	Spanien	Lo-Iacono-Ferreria et al. (2020)
Transport av 100 kg färska råvaror i förpackning	3,82	Wellpapper	-	600x400x230	890	Italien	Levi et al. (2011)
Transport av 1 kg kiwifrukt i förpackning	-	Kartong	1	-	540	Nya Zeeland	Robertson et al. (2014)
1 förpackning	0,754	Wellpapper (tvåwell)	0,160	250x185x125	4 713	Kina	Yi et al. (2017)
1 ton förpackning	497	Wellpapper	-	-	497	Europa	FEFCO (2010)
1 ton förpackning	538	Wellpapper	-	-	538	Frankrike	Carton Endule de France (u.å.)
1 ton förpackning	326	Kartong	-	-	326	Europa	MM Karton (2019)
1 ton förpackning	784	Wellpapper	-	-	784	Europa	Nilsson et al. (2009)

*Värden representerar processer fram till och med tillverkningsprocessen av förpackningarna



LUNDS
UNIVERSITET

WWW.CEC.LU.SE
WWW.LU.SE

Lunds universitet

Miljövetenskaplig utbildning
Centrum för miljö- och
klimatforskning
Ekologihuset
223 62 Lund