



# Miljøberegner Repair Cafe Danmark

ALEXANDER LINDEBURG

AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN | A. C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV



## Indhold

Oversigt.....	2
Introduktion.....	2
Repair cafe Danmark .....	3
Metode .....	4
Reparations data .....	5
Produktkategorier til analyse .....	6
LCA og Carbon Footprint Analyse.....	6
Analyse .....	8
Formål og baggrund .....	8
Metode .....	8
Tilførte emissioner.....	9
Repræsentative gennemsnitsprodukter.....	10
Emballage .....	11
Printplader.....	12
Livscyklusanalyser.....	13
Produkt: Samsung LE26B450C4W .....	13
Produkt: Jabra Solemate Mini .....	20
Produkt: LUCEPLAN Constanza D13 .....	26
Produkt: Electrolux Ultrasilencer.....	32
Produkt: Kenwood KM300 Chef .....	40
Produkt: Yamaha RX396RDS.....	48
Produkt: Epiq 9001020326 .....	55
Produkt: DeLonghi Nespresso Essenza EN95S .....	61
Produkt: No-Name Denim Jeans .....	69
Produkt: Fisher-Price Formula 1 Junior .....	75
Fortrængte emissioner .....	82
Fortrængte emissioner angivet i alternative enheder .....	83
Konklusion .....	86
Litteratur:.....	87

## Oversigt

Indledningsvist vil miljøberegnerprojektet blive præsenteret, i sin helhed. Formålet er at give læseren et overblik over projektet, samt introducerer en række af de kernebegreber som miljøberegneren er udviklet på baggrund af. Dette inkluderer en introduktion til projektet, en præsentation af Repair Cafe Danmark, en gennemgang af metoden for udviklingsarbejdet og den data der udgjorde fundamentet. Afslutningsvist vil begreberne *Livscyklusanalyse* (LCA) og *Carbon Footprint Analyse* blive gennemgået som forudsætning for analyse arbejdet.

## Introduktion

Med stigende fokus på miljøet fra alle sider af samfundet, bliver der ligeledes kigget efter håndgribelige løsninger på at nedbringe udledningen af drivhusgasser. I Danmark er vores forbrug alene, opgjort til at udlede 65,4 mio. ton CO<sub>2</sub>e om året, svarende til 11 ton CO<sub>2</sub>e pr. person i 2020 (Danmarks statistik, 2021). En aktør som arbejder aktivt med at nedbringe CO<sub>2</sub>e aftrykket fra vores forbrug er *Repair Cafe Danmark* (RCDK). Som navnet antyder, arbejder de inden for reparationsdagsordnen, hvor de hjælper borgere i Danmark med at få repareret, deres defekte produkter. En yderligere beskrivelse af RCDK kan findes i næste afsnit. Afsættet for dette projekt, samt denne rapport har været ønsket fra RCDK's side om at kunne kvantificere deres bidrag ift. at nedbringe udledningen af drivhusgasser som følge af de reparationer de foretager. RCDK har siden 2018 logget deres reparationsarbejde, ved at indsamle data omkring de produkter de reparerer, hvor meget de vejer, om reparationen var succesfuld osv. Denne dataindsamling og de resulterende datasæt har været udgangspunktet for, at kunne foretage en systematisk udredelse af de hyppigst repareret produkter baseret på deres produktkategori. Formålet med at identificerer de hyppigst repareret produkter har været at tage udgangspunkt i disse ift. at udvikle en miljøberegner, der kan kvantificere miljøgevinsten ved at reparerer produkterne fremfor at bortskaffe dem, og indkøbe nye produkter som erstatning. Formålet med miljøberegneren er både at kunne bruge den internt i RCDK i forlængelse af deres dataindsamling. Derudover skal miljøberegneren bruges til at give Repair Cafe Danmarks brugere en indikation af den potentielle miljøgevinst der forekommer når de, hver i sær, vælger at reparerer et produkt, og derved forhindre/udskyder produktion og indkøb af et nyt produkt.

## Repair cafe Danmark

Fra Repair cafe Danmarks hjemmeside:

Repair Cafe er et bæredygtigt udviklingskoncept med afdelinger i hele Danmark. En Repair Cafe er ikke nødvendigvis en cafe, men et non-profit initiativ, hvor frivillige ildsjæle mødes og tilbyder lokale borgere at reparere defekte genstande, som ellers var blevet smidt ud. De giver livet tilbage til din mobiloplader, syr flængen i din skjorte, får din brødrister til at riste igen, eller trækker nye ledninger i din gamle lysekroner. Og al hjælp er gratis!

Foreningen Repair Cafe Danmark støtter de lokale Repair Cafeer med opstart og løbende udvikling. Vi vil stå sammen om at ændre smid-ud-køb-nyt-kulturen. På længere sigt vil vi påvirke lovgivningen, så ting i højere grad bliver produceret med mulighed for reparation. Vi er naturligvis medlem af Right to Repair kampagnen i Europa

Vores lokale Repair Cafeer arbejder alle efter følgende retningslinjer:

- Repair Cafe må ikke være konkurrenceforvridende i forhold til det lokale erhvervsliv.
- Reparationer må ikke ske med henblik på kommercielt brug.
- Det skal være gratis at få ting repareret (reservedele skal man selv medbringe)

Repair Cafes frivillige kan ikke holdes ansvarlige for evt. forværring/skader der er sket under forsøg på reparation.

Formålet i Repair Cafe Danmark er at reducere affald, ændre forbrugsmønstre og skabe viden om og lyst til grøn omstilling. Det gør vi bl.a. på lokale non-profit reparationscafeer, ved at vise forbrugerne at det er muligt at reparere ting, frem for bare at kassere og købe nyt. Repair Cafe Danmark påvirker altså i praksis forbrugernes tankegang om cirkulær økonomi.

Repair Cafe Danmark er allerede i gang med at hjælpe danskere væk fra smid-ud-og-køb-nyt kulturen. Formålet er bl.a. at skabe fællesskab på tværs af sociale, kulturelle, politiske og religiøse forskelle. Men ikke mindst vil vi være med til at redde klimaet. Det gør vi ved at bidrage til reduktion af affald, ændre forbrugsmønstre og skabe viden om og lyst til grøn omstilling.

"Hjælp os med til at gøre noget ved udledning af CO<sub>2</sub>. Ved at reparere frem for at købe nyt nedbringer du forbruget af nye produkter og mindsker udledningen ved produktion, transport og bortskaffelse, til gavn for det fremtidige liv på Jorden."

(Repair Cafe Danmark, 2022)

## Metode

### 1. Reparationsdata undersøges og produktkategorier udvælges

Den reparationsdata som RCDK har logget, bliver analyseret og de hyppigst forekommende produkter kategoriseres i et sådant omfang at denne data kan bruges som grundlag for at udvælge 10 unikke produktkategorier, som alle kommer til at figurere i miljøberegneren.

### 2. Repræsentative produkter for hver produktkategori undersøges og BOM bliver lavet

På baggrund af foregående analyse af reparationsdata, bliver et repræsentativt gennemsnits produkt udvalgt for hver af de 10 produktkategorier. Herefter bliver en Bill of Materials (BOM) udarbejdet for hvert af de 10 repræsentative produkter.

### 3. Klimaaftrykket (LCA) for hvert af disse produkter beregnes

Herefter udarbejdes en LCA for hver af de 10 repræsentative produkter på baggrund af de udarbejdede BOMs. Disse LCA'er bruges til at estimere materialerne, produktionen, distribueringen samt bortskaffelsen af et tilsvarende nyt produkt. Brugsfasen udelukkes da denne antages at være uændret.

### 4. Afgrænsning

De direkte aktiviteter fra Repair Cafe Danmark (Scope 1) antages at være negligerbare da RCDK som udgangspunkt gør brug af offentlige biblioteker eller lignende som lokation for deres aktiviteter. Dette er altså steder som allerede har varme, belysning og areal som er i brug.

### 5. Alternative enheder

Resultaterne fra de udarbejdede livscyklusanalyser konverteres på baggrund af deres vægt til en række alternative enheder, for at underbygge forståelsen af resultaterne. De alternative enheder er hhv. kørte kilometer, timer foran fjernsynet og kilo hakket oksekød.

## Reparations data

Overordnet kategorier	
Elektronik	1711 stk.
Sy	403 stk.
Andet	772 stk.
Total	2886 stk.

Elektronik	
AV-udstyr	531 stk.
Lampe	200 stk.
Støvsuger	135 stk.
Computer/laptop/tablet/bærbar	112 stk.
Radio	104 stk.
Symaskine	102 stk.
CD-afspiller/anlæg	79 stk.
Blender/håndmixer	65 stk.
Printer	38 stk.
Mobiltelefon/smartphone	36 stk.
TV/fladskærm/fjernsyn	44 stk.
Forstærker	27 stk.
kaffemaskine	35 stk.
boremaskine	28 stk.
kamera	16 stk.
Total	1552 stk.
Procentdel	90,7%

Sy	
Bukser/jeans	169 stk.
Jakke	101 stk.
Trøje/bluse	68 stk.
Taske	32 stk.
Kjole	29 stk.
Skjorte	20 stk.
Total	419
Procentdel	103,9%

Andet	
Cykel	49 stk.
Legetøj	38 stk.
Ur	16 stk.
Stol	13 stk.
Smykke	11 stk.
Total	127
Procentdel	16,4%

## Produktkategorier til analyse

Nedenstående tabeller indeholder de 10 udvalgte produktkategorier som miljøberegneren, til at starte med, vil indeholde. Produktkategorierne er udvalgt pba. data leveret af Repair cafe Danmark (se oversigt oven for), over udførte reparationer siden 2018. Dertil er nogle af produktkategorierne rettet ind efter dialog med Repair cafe Danmark, da fx AV-udstyr udgør en stor andel af den indsamlede reparationsdata. En af de produktkategorier der ofte bliver indtastet som AV-udstyr er bluetooth/wifi højttalere samt stereoforstærkere, og derfor er disse valgt i stedet. Et andet styrende element har været hvilke produkter som er meget udbredt, og som reparationscafeerne i stigende grad vil se i den kommende fremtid.

Elektronik	Sy	Andet
Fladskærms-tv	Bukser/jeans	Legetøj
Bluetooth/wifi Højttaler		
Lampe		
Støvsuger		
Køkkenmaskine		
Stereoforstærker		
Kapselkaffemaskine		
Brødrister		

## LCA og Carbon Footprint Analyse

En livscyklusanalyse (LCA) er betegnelsen for en specifik analysemetode der kan bruges til at evaluere de potentielle miljømæssige effekter samt ressourceforbruget for et specifikt produkt eller service, gennem hele dets respektive livscyklus (fra råstof til bortskaffelse). Fremgangsmåden for at foretage en LCA er standardiseret for at sikre kvaliteten og sammenlignelighed på tværs af forskellige LCA'er. Denne fremgangsmåde er beskrevet i ISO 14040:2006 samt ISO 14044:2006. Disse to standarder bliver kort beskrevet herunder:

”Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework (ISO 14040:2006)”  
behandler principperne, teorien, strukturen samt de tekniske termer der benyttes i LCA arbejde.

”Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines (ISO 14044:2006)”  
behandler den praktiske del ift. at udføre en LCA, denne beskriver nemlig hvilke specifikke ting der skal inkluderes i en LCA, lige fra definition af produktet/systemet til tolkning af resultaterne.

En LCA bygger altså på et holistisk udgangspunkt da samtlige aktører og processer omkring det undersøgte produkt/service medtages i analysen.

Gennem en LCA søger man derfor at skabe et overblik over de potentielle udledninger et produkt eller en service måtte have, hvad disse udledninger består af, samt hvad der er skyld i udledningerne. En LCA i hht. ISO 14040/14044 behandler kigger derfor ikke udelukkende på CO<sub>2</sub> udledningen for et produkt/service/system men alt fra dets respektive impact på menneskers helbred til forsurening af land/vand.

Der er to primære fremgangsmåder når en LCA skal udarbejdes, hhv. attributional og consequential. En attributional LCA bruges primært til at beskrive specifikke fysiske flows til og fra et produkt eller en services livscyklus og dets undersystemer. En consequential LCA differentierer sig her, ved at ligge et større fokus på hvordan disse flows ændres som respons på potentielle ændringer i systemet. (Finnveden & Potting, 2014)

I forlængelse af LCA-begrebet, findes Carbon Footprint Analyse, som navnet angiver er dette en mere snæver form for LCA med specifikt fokus på kuldioxid udledning. Denne analysemetode bygger fundamentet beskrevet i ISO 14040/14044, men tages ofte i brug når analysen primært omhandler CO<sub>2</sub>e udledninger. Carbon Footprint analyse kan med fordel tages i brug når det er specifikke produkter der analyseres. Dette kaldes "Carbon footprint of products" (CFP) og er beskrevet i en individuel ISO-standard; ISO 14067:2018. Fordelen ved at bruge denne analysemetode ved specifikke produkter er at det ikke altid er muligt at bestemme levetiden samt den givne funktion som et produkt tilbyder. Her tillader en CFP at man som base for sin undersøgelse bruger en deklareret enhed, hvilket gør det muligt at udføre analysen uden at kende levetiden for produktet, som det er krævet ved LCA jf. ISO 14040/14044.

Resultaterne fra en CFP bliver opgjort i et drivhuspotentiale (Global Warming Potential (GWP)) som er et udtryk for den samlet CO<sub>2</sub>e udledning og dennes relative bidrag til den globale opvarmning udtrykt over en periode på 100 år (Eurostat, n.d.).



## Analyse

De efterfølgende afsnit præsenterer analysearbejdet forbundet med miljøberegner projektet. Indledningsvist vil rammerne for analysearbejdet blive sat, hvorefter de umiddelbare tilførte emissioner vil blive diskuteret. Dernæst vil de udvalgte, repræsentative gennemsnitsprodukter blive præsenteret, efterfulgt af en redegørelse for både emballage antagelser samt en specificering af typerne af printplader, der er identificeret under dekonstruktionen af produkterne.

## Formål og baggrund

Formålet med at udarbejde disse LCA'er er at påvise hvor stor den miljømæssige gevinst i CO<sub>2</sub> ækvivalenter (CO<sub>2</sub>e) er når et produkt repareres fremfor at blive bortskaffet og et nyt bliver indkøbt. Hensigten er at kommunikerer resultaterne fra denne LCA gennem et beregnaværktøj som tager udgangspunkt i gennemsnitsproduktet som LCA'en er udført på. Her tages gennemsnitsproduktets vægt og krydsrefereres med dennes udledning i CO<sub>2</sub>e hvilket betyder, at hvis brugeren har et produkt der passer med en af de 10 udvalgte produktgrupper, og ønsker at vide hvor stor miljøgevinsten er i CO<sub>2</sub>e ved at få repareret sit produkt vil tallet som brugeren blive præsenteret for, være proportionelt ift. gennemsnitsproduktet.

Det sekundære formål er for RCDK at kunne gå tilbage og se den totale vægt af repareret produkter de har logget, inden for hver af de 10 kategorier. Her vil det være muligt at bestemme den totale miljøgevinst i CO<sub>2</sub>e som RCDK har bidraget til via deres reparationsaktiviteter, bagudrettet.

Dette vil igen være noget som RCDK vil kunne bruge i kommunikation til interessenter, i markedsføring eller som understøttelse af deres eksistensgrundlag.

## Metode

*Livscyklusanalyserne og Carbon footprint of products* studierne udført i dette projekt, er udarbejdet i henhold til ISO 14040/14044 standarderne (ISO, 2006a, 2006b) samt ISO 14067:2018.

Da dette projekt i højere grad udarbejdes med henblik på at stille information til rådighed, frem for at tage specifikke beslutninger ift. et produkts design/udvikling er den attributionelle systemmodel valgt for de udarbejdede analyser. På samme grundlag som ved valget af systemmodel er de modellerede processer i de individuelle analyser modelleret som systemprocesser.

Alle relevante data, antagelser og begrænsninger er præsenteret og diskuteret i de respektive analyser.

## Tilførte emissioner

### Reparationsraten

Helt essentielt for at en reparationscafe kan yde en service, er at der forekommer en reparation. Reparationer varierer meget i graden af kompleksitet og derigennem også mængden af tilført materiale. En reparation kan være alt fra en søm der er gået i et par bukser, eller en lodning der har løsnet sig på en ledning. Disse typer af reparationer kræver ingen eller minimal tilføjelse af materiale. På den anden side kan en reparation også indebære udskiftning af motoren i en støvsuger eller printpladen i en stereoforstærker. Disse reparationer kræver en væsentligt større tilførsel af materiale.

Tilførslen af materiale ifm. reparationerne er forbundet med en for stor usikkerhed til at kunne inkludere i miljøberegneren på nuværende tidspunkt.

### Resterende levetid

Den resterende levetid for produkterne i hver produktkategori vil variere meget. Nogle af produkterne vil helt naturligt være udsat for mere slid end andre, og derigennem have en kortere resterende levetid. Et eksempel på dette kunne være et par bukser sammenlignet med en standerlampe. Bukserne vil over tid blive slidt fordi de bæres af en bruger der går/cykler/sidder med dem på og stoffet vil derfor langsomt blive nedbrudt. En standerlampe vil, udover pæren, ikke have et betydeligt slid, og vil i princippet kunne levetidsforlænges så længe det ønskes.

Eftersom den resterende levetid for de reparerede produkter, er forbundet med store usikkerheder, er denne ikke blevet inkluderet i miljøberegneren på nuværende tidspunkt.

### Merforbrug

Idet RCDK's brugere kan få et produkt repareret gratis, vil de spare penge sammenlignet med at få deres produkt repareret professionelt, eller at købe et nyt produkt. Disse penge vil derfor også kunne bruges på andet forbrug, der kan have en indvirkning på den endelige klimagevinst. Denne re-bound effekt er ikke medregnet i de LCA'er der ligger til grund for udviklingen af miljøberegneren. Men kan naturligvis overvejes at bruges i videreudviklingen af beregneren, i det tilfælde at flere data bliver tilgængelige.

En anden re-bound effekt kan blive fundet i relation til elektriske produkter, hvor nyere produkter ofte vil være mere effektive end deres forgængere. Det betyder at når ældre produkter repareres og holdes i live, vil den potentielle miljømæssige gevinst ikke være lige så høj, sammenlignet med at have et mere effektivt produkt.

Et eksempel på dette kunne fx være en gammel 2000W støvsuger som efter reparation holder i yderligere 3 år. Hvis ikke støvsugeren var repareret kunne brugeren potentielt have købt en mere moderne støvsuger som selv justerer suge-intensiteten baseret på partikelopsamlingen, og derigennem bruge substantielt mindre strøm.

Hvorvidt brugere and RCDK går ud og bruger de sparede penge på andet yderligere forbrug, er forbundet med stor spekulation, og dette potentielle merforbrug er derfor ikke inkluderet i miljøberegneren på nuværende tidspunkt.

### Repræsentative gennemsnitsprodukter

Som beskrevet tidligere er LCA'erne udarbejdet pba. repræsentative gennemsnitsprodukter. Det betyder at for hver af de 10 kategorier er der blevet udvalgt et specifikt produkts som repræsenterer denne kategori. For kapselkaffemaskiner, er en DeLonghi Nespresso Essenza EN95S kapselkaffemaskine udvalgt, da dette er typen af produkt som ofte ses ude i repair cafeerne, det er meget udbredt og samtidig er det hverken den mest simple eller mest avanceret kapselkaffemaskine der findes. Af disse grunde fungerer denne specifikke kapselkaffemaskine som et repræsentativt gennemsnitsprodukt.

Lignende fremgangsmåde er brugt for de resterende 9 produktkategorier, for at have et retvisende udgangspunkt at baserer modelleringerne på, hvilket giver overførbare resultater.

En oversigt over de udvalgte produkter kan findes herunder:

Elektronik	
Fladskærms-tv	Samsung LE26B450C4W
Trådløs højttaler	Jabra Solemate Mini
Lampe	LUCEPLAN Constanza D13
Posestøvsuger	Electrolux Ultrasilencer
Køkkenmaskine	Kenwood KM300 Chef
Stereoforstærker	Yamaha RX396RDS
Brødrister	Epiq 9001020326
Kapselkaffemaskine	DeLonghi Nespresso Essenza EN95S

Sy	
Bukser/jeans	No-name (32/32) denim jeans

Andet	
Legetøj	Fisher-Price Formula 1 Junior

## Emballage

Emballagen som de udvalgte produkter bliver opbevaret i under distribution, har ikke indgået i dekonstruktionen samt kortlægningen af de individuelle produkter. For ikke at negligere emballagen er der derfor taget udgangspunkt i 4 forskellige, og standardiseret, emballageløsninger i modelleringerne af produkterne.

For de store produkter (Fladskærmsfjernsyn, Posestøvsuger og køkkenmaskine) er følgende papkasse valgt:

### Short Description

- Carton made from single wall, corrugated cardboard
- designation: KK-109
- weight: 734g
- inner dimensions: 595 x 395 x 390 mm
- outer dimensions: 600 x 400 x 400 mm
- Fefco type: 0201



Figur 1: Data for stor emballage (Verpacking.com, n.d.-a)

For de mellemstore produkter (Lampe, Stereoforstærker og kapselkaffemaskine) er følgende papkasse valgt:

### Short Description

- carton made from brown, single wall corrugated cardboard
- inner dimensions: 330 x 240 x 160 mm
- outer dimensions: 335 x 245 x 170 mm
- designation: KK-60
- weight: 204g
- Fefco type: 0201, single wall



Figur 2: Data for mellem emballage (Verpacking.com, n.d.-c)

For de mindre produkter (Trådløs højttaler, brødrister og fjernstyret bil) er følgende papkasse valgt:

### Short Description

- Folding carton KK 24
- Carton made of single wall, brown, corrugated cardboard
- Inside dimensions: 250 x 175 x 100 mm
- Outside dimensions: 255 x 180 x 110 mm
- Designation: KK-24
- Weight: 98g
- Fefco Type: 0201



Figur 3: Data for lille emballage (Verpacking.com, n.d.-b)

Da bukserne ikke sendes i en papkasse er en 'polymailer' (plastikpose specielt lavet til distribution) valgt. En polymailer er produceret i filmtrukket LDPE (*What Is a Poly Mailer?* | *Sticker Mule Canada*, n.d.) og vejer 7 gram i en størrelse der passer et par medium bukser (*How Much Do Poly Mailers Weigh?* | *Sticker Mule Canada*, n.d.).

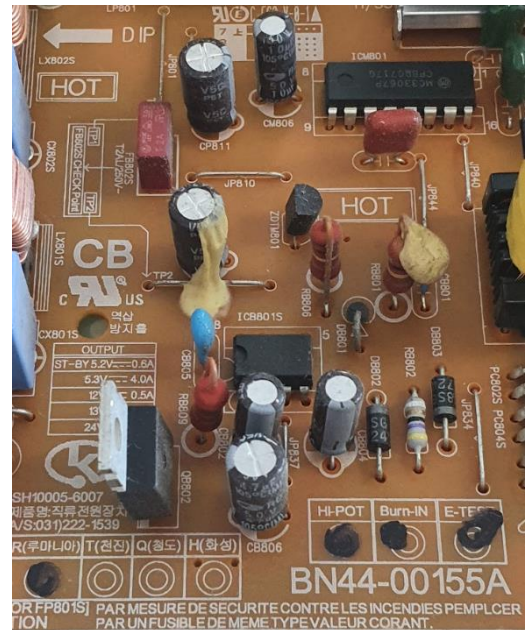
## Printplader

Størstedelen af de undersøgte produkter er enten elektriske eller elektroniske, hvilket betyder at de udfører et arbejde ved brug af elektricitet. Disse produkter gør i høj grad brug af printplader til at guide denne elektricitet, til de korrekte komponenter, i den korrekte mængde, og på det korrekte tidspunkt. Produkterne som er blevet undersøgt i dette projekt har gjort brug af "printplader til lodning" som yderligere kan opdeles i to kategorier, afhængig af deres produktionsform, nemlig hulmonteringsteknologi (THT) og overflademonteringsteknologi (SMT).

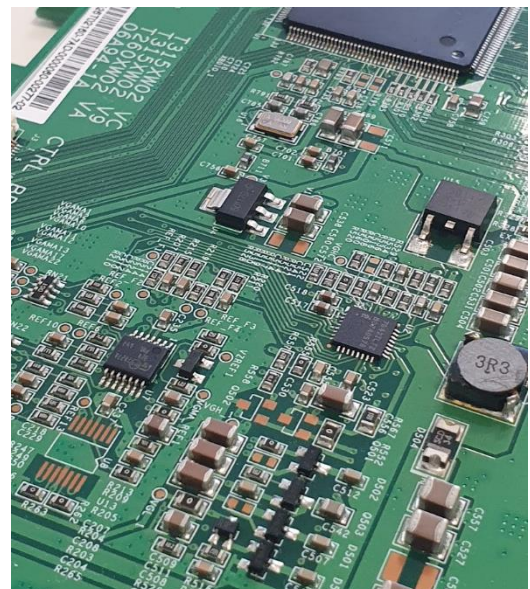
Forskellen på disse to typer af printplader ligger i måden hvorpå de er opbygget, for hulmonteringsteknologien gælder, at de nødvendige komponenter stikkes ned igennem printpladen hvorefter de loddet på bagsiden. Denne type printplade er anset som den traditionelle måde at opbygge en printplade, da den er mindre avanceret, idet de individuelle komponenter er spredt mere ud. Et eksempel på en printplade baseret på hulmonteringsteknologi kan ses på Figur 4.

For printplader baseret på overflademonteringsteknologi gælder, som navnet siger, at printpladens komponenter loddet direkte til overfladen af printpladen, dette betyder at densiteten af komponenterne er langt højere da de fysisk kan være tættere på hinanden. Derudover gør denne teknologi det også muligt at montere komponenter på begge sider af printpladen, hvilket yderligere øger densiteten, et eksempel på en printplade baseret på overflademonteringsteknologi kan ses på Figur 5.

Baseret på deres vægt, er de elektriske og elektroniske produkters printplader, de mest udledende komponenter i de modellerede LCA'er. Dette skyldes de mange sjældne metaller der bruges til at konstruere dem, samt deres avanceret fremstillingsteknologier. Yderligere er det derfor også helt essentielt at kunne skelne mellem de to typer af printplader, da de som er baseret på overflademonteringsteknologi er langt mere udledende end de der er baseret på hulmonteringsteknologi.



Figur 4: Eksempel på printplade baseret på hulmonteringsteknologi, taget fra det adskilte fladskærmsfjernsyn.



Figur 5: Eksempel på printplade baseret på overflademonteringsteknologi, taget fra det adskilte fladskærmsfjernsyn.

# Livscyklusanalyser

Produkt: Samsung LE26B450C4W

## Formål og afgrænsning

Denne LCA skal danne grundlag for én af de 10 produktkategorier der undersøges i miljøberegner projektet for RCDK, nemlig et fladskærmsfjernsyn eller mere specifikt, et Samsung LE26B450C4W.

Formålet er at bruge resultaterne fra denne LCA til at fastsætte en gennemsnitlig CO<sub>2</sub>e udledning for et fladskærmsfjernsyn, baseret på dets vægt. Denne udledning vil herefter kunne

blive ekstrapoleret, på baggrund af vægten, hvorved resultatet kan bruges til at give en indikation for udledningen af andre, men tilsvarende, fladskærmsfjernsyn.

Denne ekstrapolation, og derved resultaterne fra denne LCA, skal bruges til at udvikle en digital miljøberegner der kan hjælpe RCDK's brugere med at få en indikation for hvor meget CO<sub>2</sub>e de sparer miljøet for, hvis de får deres produkter repareret.

## Beskrivelse af produktet

Produktet der undersøges i denne LCA er et fladskærms-tv. Mere specifikt er det et Samsung LE26B450C4W, med en samlet vægt på 9,1kg. Fjernsynet har en skærm på 26 tommer, målt diagonalt, og er baseret på Liquid crystal display (LCD) teknologi. Det vil sige, at fjernsynet har et panel med pixels som ikke oplyser sig selv, men derimod er der en række af kolde katode lysstofrør (CCFL) som oplyser skærmpanelet via lysdiffusion. Fjernsynet består primært af Akrylonitril-butadien-styren (ABS), stål og så en række printplader og ledninger. Et fjernsyn som dette forventes, i Europa, at have en gennemsnitlig levetid på 7,4 år og bruges i gennemsnit 3 timer og 50 minutter om dagen (Berwald et al., 2020).



Figur 6: Illustration af det modellerede produkt

### Funktionel enhed og reference flow

#### Funktionel enhed:

Den funktionelle enhed er defineret som 3 timers og 50 minutters visning af digitalt indhold på et europæisk produceret LCD-fjernsyn, i en dansk bopæl i 7,4 år.

#### Referenceflow:

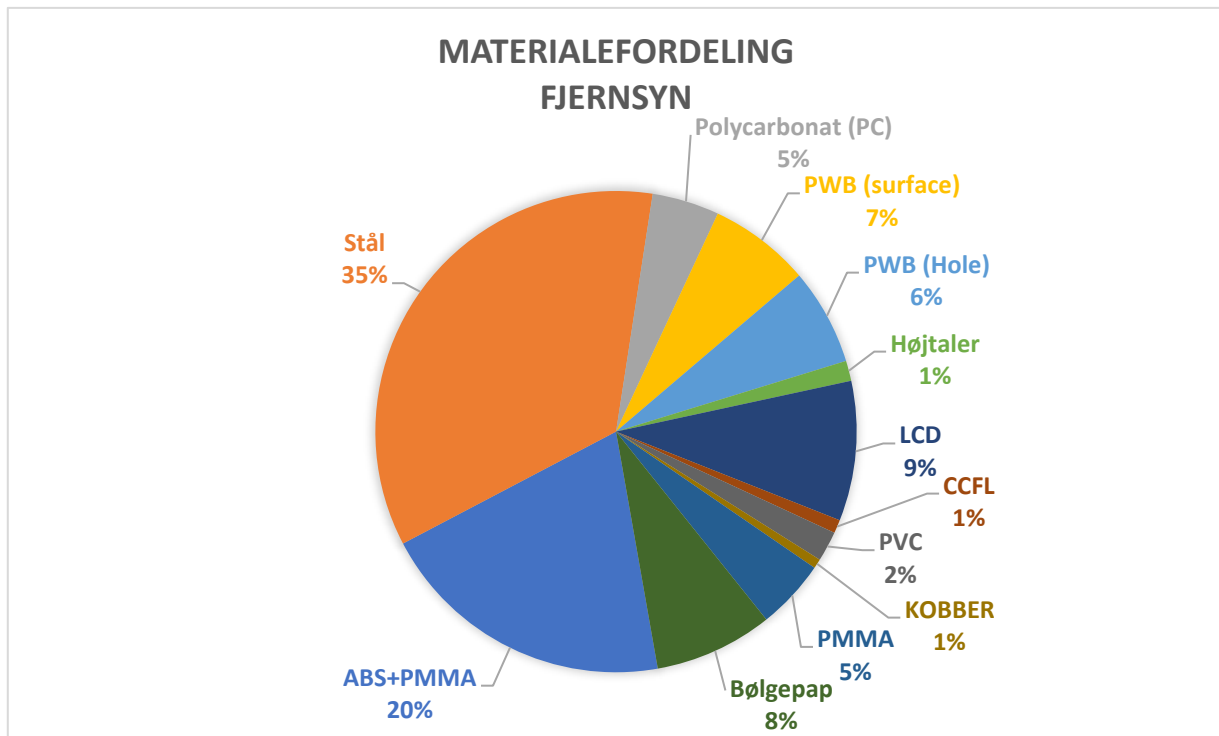
Referenceflowet for den ovenstående funktionelle enhed er 1 stk. *Samsung LE26B450C4W*.

### Bill of materials (BOM)

Den nedenstående BOM er udarbejdet ved at foretage en komplet dekonstruktion af det undersøgte produkt. Under dekonstruktionen er alle komponenter blevet separeret og vejet hvorefter materialerne er blevet bestemt. Det sidste led i denne proces var at bestemme produktionsformen, hvilket er blevet gjort på baggrund af de spor som forskellige produktionsformer efterlader på komponenterne og i de respektive materialer.

Komponent	Materiale	Vægt i gram	Fremstilling
<b>Skallen</b>	ABS+PMMA	1851	Sprøjtstøbt
<b>Chassiet</b>			
- <b>Stålkomponenter</b>	Stål	3239	Udstanset
- <b>Plastkomponenter</b>	Polycarbonat (PC)	206	Sprøjtstøbt
<b>Elektronik</b>			
- <b>PWB (surface)</b>	Div.	628	Div.
- <b>PWB (Hole)</b>	Div.	598	Div.
- <b>Højtalerenheder</b>	Div.	125	Div.
- <b>LCD-display</b>	Div.	866	Div.
- <b>CCFL (kold katode)</b>	Div.	83	Div.
- <b>Interne ledninger</b>	Kobber/PVC	132	Trådtrukket/Ekstruderet
- <b>Ekstern ledning</b>	Kobber/PVC	2m/114	Trådtrukket/Ekstruderet
<b>Lysdiffusion</b>			
- <b>Hård diffuser</b>	PMMA	432	Ekstruderet
- <b>Bløde diffusere</b>	Polycarbonat (PC)	210	Ekstruderet
<b>Emballage</b>	Bølgepap	734	Div.
<b>Total:</b>		9104	





#### Kortlægning

Det følgende afsnit præsenterer kortlægningen for det undersøgte produkts livscyklus. Denne kortlægning er hvad der danner fundamentet for modelleringen.

Som nævnt i den overordnede metode for de udarbejdede livscyklusanalyser, er brugsfasen ekskluderet i denne modellering, da denne fase vil forblive uændret da en erstatning af det oprindelige produkt med et nyere ikke vil få en indflydelse på brugen af produktet. En detaljeret gennemgang af de resterende livscyklusfaser for det modellerede produkt kan derfor findes herunder.

#### Råmaterialer og produktion

Livscyklussen for et Samsung LCD-TV starter med produktion af diverse plastikgranulater. Fjernsynets plastikkomponenter består primært af Akrylonitril-butadien-styren (ABS). Plastikgranulaterne bliver hældt i et varmekar hvorefter de bliver sprøjtet ind i en stålform ved højt tryk. Stålformen består af 2 dele og oftest vil der blive produceret mange identiske komponenter i hver sprøjttestøbningsproces. Når den flydende plastik er hærdet, trækkes hver side af stålformen fra hinanden, og de enkelte plastikkomponenter bliver skubbet ud af formen af automatiseret udskubberer (små metal cylindere). Hele denne proces gør det også let at identificere sprøjttestøbte komponenter, da processen efterlader mange spor på komponenterne som fx indløbsmarkeringer. Udover de sprøjttestøbte komponenter er der også en række stålkomponenter som er udstanset. Disse komponenter produceres ved at rulle en tynd sektion af stål ind i en udstanser som er en presse der trykker en form, ved højt tryk, ned over en stationær form hvorved stålet bliver formet og tilpasset formen. Den sidste andel af centrale komponenter er elektronikken.



Et fjernsyn indeholder en substantiel mængde elektronik, primært forskellige typer af printplader. Printpladerne der benyttes i Samsung LE26B450C4W er både THT- samt SMT-printplader, en detaljering af disse kan findes på side 12.

Når alle komponenterne til fjernsynet er produceret bliver de samlet ved deres respektive del af samlebåndet. Samleprocessen består primært af at skrue komponenterne sammen, med chassiset som udgangspunkt. Som det sidste bliver ABS skallen monteret uden på elektronikken og chassiset, og fjernsynet forberedes til distribution.

#### *Transport*

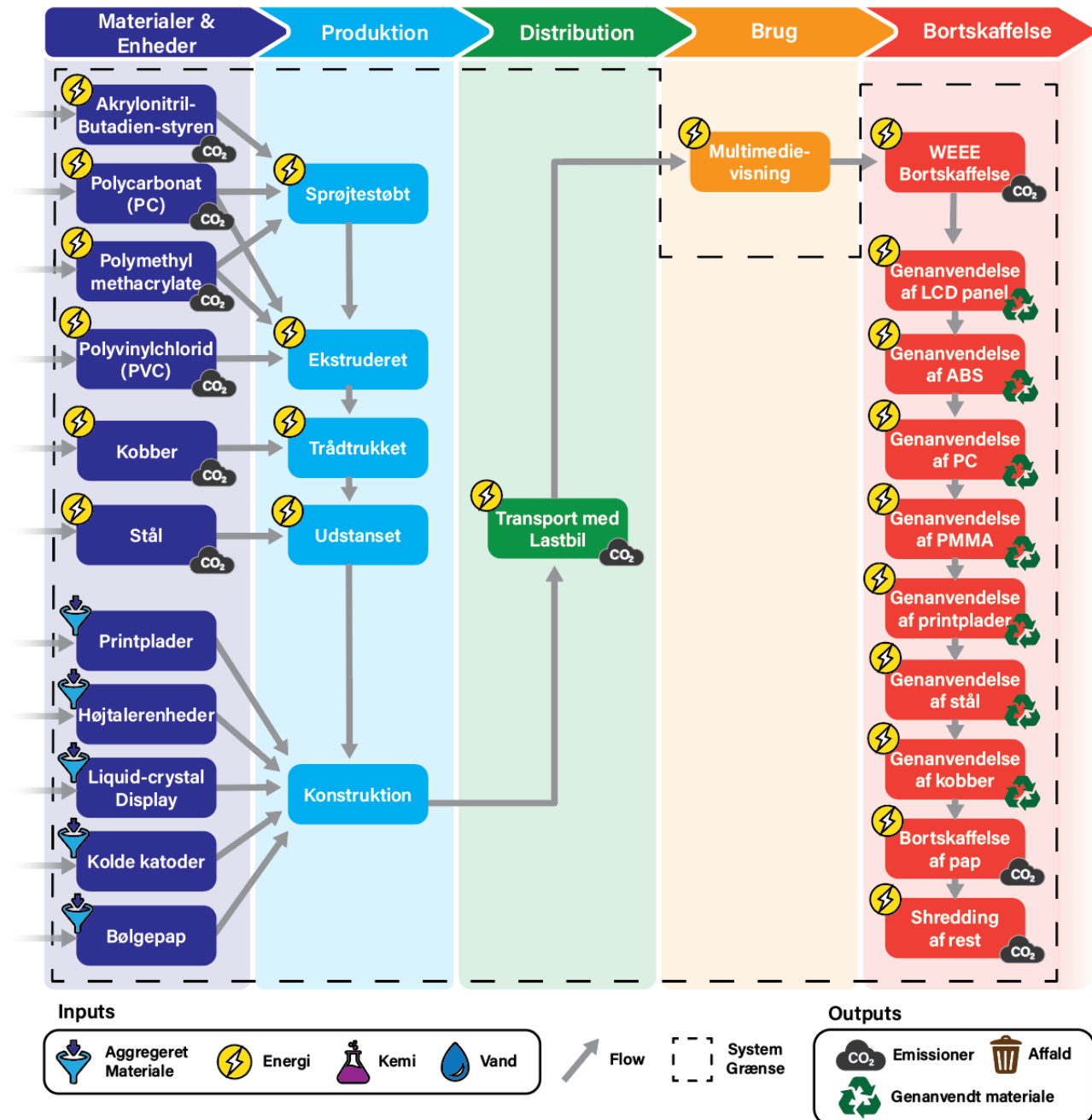
Fjernsynet fra Samsung produceres ved Samsungs fabrik (Samsung Electronics Magyar Zrt.) i det centrale Ungarn. Det betyder at når fjernsynet er produceret og pakket, bliver det lastet på en EURO 6 certificeret lastbil, og kørt til Danmark. Mere specifikt transporteres fjernsynet i dette scenarie til Odense da det kan bruges alle steder i Danmark, og Odense er en stor og central by. Denne tur, fra det centrale Ungarn til Odense er på 1568 km.

#### *Bortskaffelse*

Når fjernsynet har udtjent sin levetid, vil den blive bortskaffet. I Danmark sker dette som udgangspunkt ved at den afleveres på en genbrugsstation som sørger for at elektriske og elektroniske produkter bliver overleveret til Elretur. Elretur sørger, i Danmark, for at producentansvaret overholdes, hvilket betyder at de varetager ansvaret for at de indleveret produkter bliver dekonstrueret efter de, til hver en tid gældende, "Waste Electrical and Electronic Equipment" (WEEE) standarder (*WEEE-direktivet - affald.dk*, n.d.).

### Systemgrænse

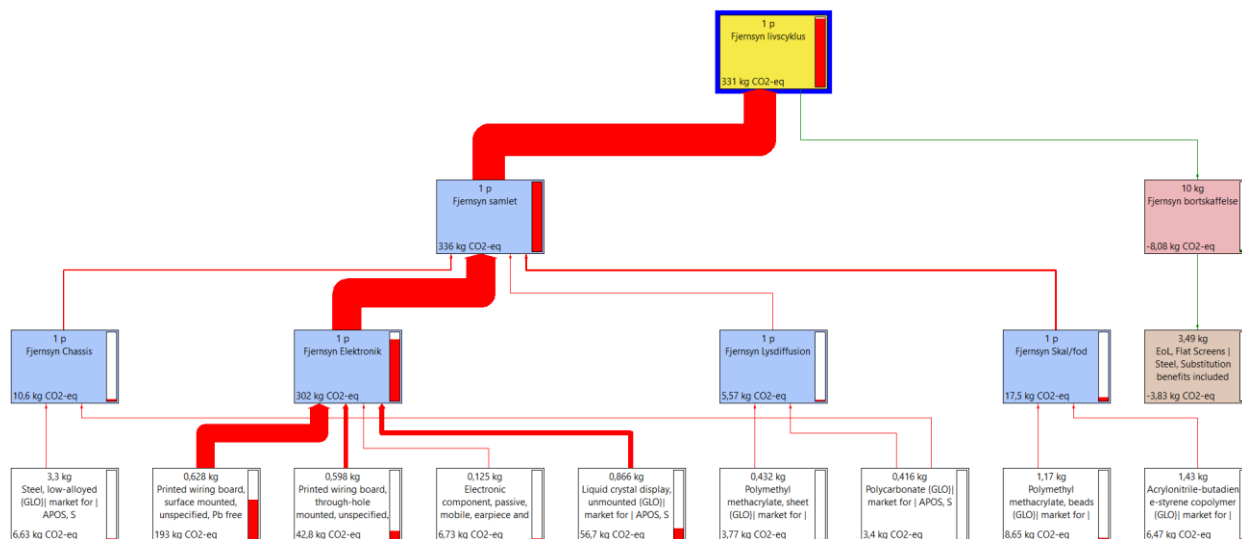
Nedenstående visualisering af systemgrænsen for denne modellering, er udarbejdet iht. fremgangsmåden beskrevet i Greenhouse Gas Protocol (2011).



## Vurdering af miljøpåvirkningerne

I det følgende afsnit vil resultaterne fra LCA-modelleringen blive præsenteret, samt en tolkning af disse.

### Resultater



Figur 7: Figur af netværket for det modellerede produkt, vist ved 1% afskæring.

### Fortolkning

LCA-modelleringen (Figur 7) viser at et Samsung LE26B450C4W fladskærmsfjernsyn, over sin produktion, distribution, og bortskaffelse vil have potentialet til at udlede 331 kg CO<sub>2</sub>e. Resultatet er, fordelt på råstof udvinding, produktion, distribution samt bortskaffelse.

Som det fremgår af Figur 2 er det fjernsynets elektronik, der står for den primære udledning af CO<sub>2</sub>e. Denne post udgør sammenlagt 90% af udledningen fra produktet.

Samtidig fremgår det også at 2,4% af den samlede CO<sub>2</sub>e udledning fra produktet kan tilbageføres ved korrekt bortskaffelse, hvilket primært skyldes genanvendelsen af stål.

### Data oversigt:

Produkt	Vægt	Emissioner	Emissioner/g
Samsung LE26B450C4W	9104 g	331.000 g CO <sub>2</sub> e	36,35 g CO <sub>2</sub> e/g

## Sensitivitet:

- Da det ikke har været muligt at dekonstruerer ledningen der er monteret på det undersøgte fjernsyn, er fjernsynets ledningen manuelt modelleret efter mængdedata fra miljøstyrelsen for en "ikke-grøn" 3-leder tilledning på 0,75mm<sup>2</sup> der vejer 57kg pr. km og indeholder 24% kobber (Miljøstyrelsen, 2008).
- Da det ikke har været muligt at dekonstruerer kold-katode lysstofrørene, der skaber lyset til skærmpanelet, er disse modelleret ud fra en allerede eksisterende proces i Ecoinvent databasen. Denne proces hedder "backlight, for liquid crystal display" og repræsenterer derfor disse CCFL'er. Den endelige modellering er baseret på vægten af lysstofrørene, som blev vejet ifm. dekonstruktionen af fjernsynet.
- Da det ikke har være muligt at dekonstruerer skærmpanelet som ultimativt er hvad der giver et skærmbillede på fjernsynet, er dette blevet modelleret ud fra en allerede eksisterende proces i Ecoinvent databasen. Denne proces hedder "Liquid crystal display, unmounted" og repræsenterer det respektive skærmpanel. Den endelige modellering er baseret på vægten af skærmpanelet som blev vejet ifm. dekonstruktionen af fjernsynet.
- De printplader som fjernsynet indeholder er ikke blevet kortlagt ift. materialer, men er derimod modelleret som "Printed wiring board, hole mounted" og "Printed wiring board, surface mounted" da dette er typerne af printplade som er benyttet i fjernsynet. Da begge disse processer er stærkt udledende ift. vægt, er modelleringen sensitiv overfor ændringer i denne proces.
- Transporten i Europa er antaget til at forgå med en EURO 6 certificeret lastbil, denne er valgt, da EURO 6 standarden har været i brug siden september 2015 (The AA, n.d.). På baggrund af dette er det antaget at størstedelen af de funktionelle lastbiler der køre i Europa overholder denne standard. Skulle en lastbil med en lavere emission standard blive brugt til transport, ville dette få minimal indflydelse på resultatet, da emissionsstandarderne er trinvis, og distancen ikke er længere.
- I forbindelse med modelleringen af bortskaffelsesfasen har det ikke været muligt at bestemme hvorvidt plastikkomponenterne indeholder bromeret flammehæmmer (BFR). BFR er stærkt reguleret og plastikkomponenter der indeholder BFR går igennem en mere udførlig behandlingsproces når det kommer til bortskaffelsen. Ud af de 2,6 millioner ton plastik som hvert år bliver håndteret iht. WEEE standarderne i Europa estimeres det at op mod 9% indeholder BFR (The International Bromine Council, 2020). Dette betyder også at langt størstedelen (91%) ikke indeholder BFR og derfor er det, i denne modellering, antaget at plastikkomponenterne ikke indeholder BFR, og på den baggrund er de modelleret som sådan.

## Produkt: Jabra Solemate Mini

### Formål og afgrænsning

Denne LCA skal danne grundlag for én af de 10 produktkategorier der undersøges i miljøberegner projektet for RCDK, nemlig en trådløs højttaler eller mere specifikt, en Jabra Solemate mini.

Formålet er at bruge resultaterne fra denne LCA til at fastsætte en gennemsnitlig CO<sub>2</sub>e udledning for en trådløs højttaler, baseret på dens vægt. Denne udledning vil herefter kunne blive ekstrapoleret, på baggrund af vægten, hvorved resultatet kan bruges til at give en indikation for udledningen af andre, men tilsvarende, trådløse højttalere.

Denne ekstrapolation, og derved resultaterne fra denne LCA, skal bruges til at udvikle en digital miljøberegner der kan hjælpe RCDKs brugere med at få en indikation for hvor meget CO<sub>2</sub>e de sparer miljøet for, hvis de får deres produkter repareret.



Figur 8: Illustration af det modellerede produkt

### Beskrivelse af produktet

Produktet der undersøges i denne LCA er en trådløs højttaler. Mere specifikt er det en Jabra Solemate mini. Højttaleren måler L 125 x W 53 x H 61 og er en transportabel samt trådløs højttaler med 8 timers afspilningstid og en maksimal rækkevidde på 10 meter. Højttaleren har en forventet levetid på 2-3 år eller 300-500 opladningscyklusser (Tektronix, n.d.). Enheden er produceret i Kina og transporteret til og anvendt i Danmark.

### Funktionel enhed og reference flow

#### Funktionel enhed:

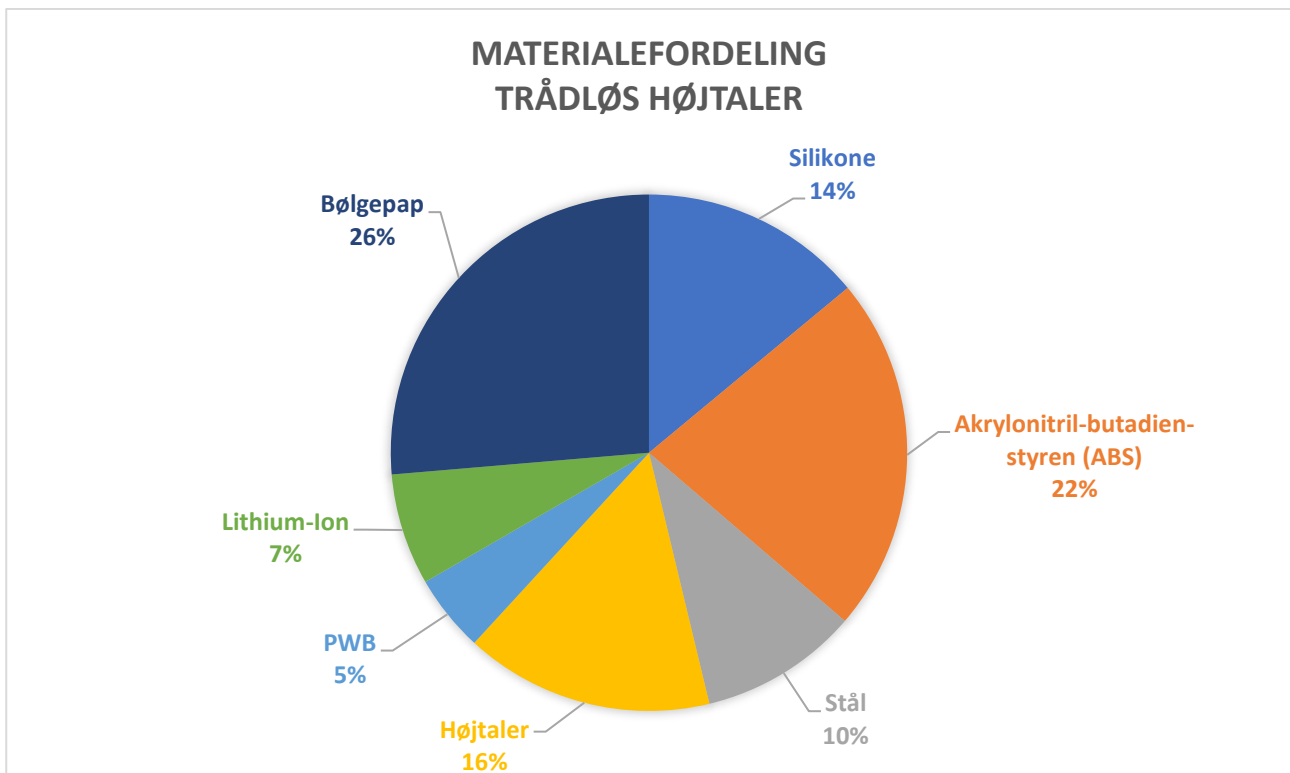
Den funktionelle enhed er defineret som 2400 timers brug (400 opladningscyklusser af 8 timer) af en trådløs bluetooth højttaler med 10 meters rækkevidde.

#### Referenceflow:

Referenceflowet for den ovenstående funktionelle enhed er 1 stk. *Jabra Solemate Mini*.

Bill of materials (BOM)

Komponent	Materiale	Vægt i gram	Fremstilling
Blød skal	Silikone	41	Sprøjtstøbt
Hård skal	Akrylonitril-butadienstyren (ABS)	83	Sprøjtstøbt
Højtalgitter	Stål	37	Udstansning
Højtaler enhed x2	Div.	58	Div.
PWB	Div.	18	Div.
Batteri	Lithium-Ion	26	Div.
Ekspansionsmembran	Silikone	11	Sprøjtstøbt
Emballage	Bølgepap	98	Div.
<b>Total:</b>		<b>372</b>	



## Kortlægning

Det følgende afsnit præsenterer kortlægningen for det undersøgte produkts livscyklus. Denne kortlægning er hvad der danner fundamentet for modelleringen.

Som nævnt i den overordnede metode for de udarbejdede livscyklusanalyser, er brugsfasen ekskluderet i denne modellering, da denne fase vil forblive uændret da en erstatning af det oprindelige produkt med et nyt ikke vil få en indflydelse på brugen af produktet. En detaljeret gennemgang af de resterende livscyklusfaser for det modellerede produkt kan derfor findes herunder.

## *Råmaterialer og produktion*

Livscyklussen for en Jabra solemate starter med produktion af Akrylonitril-butadien-styren (ABS) granulat og Polysiloxan (silikone). Højtaleren består primært af disse to materialer, som begge sprøjtestøbes på fabrikken. For ABS bliver plastgranulaterne hældt i et varmekar hvorefter de bliver sprøjtet ind i en stålform ved højt tryk. Da silikonen, efter endt produktion, allerede er i flydende form, bliver denne sprøjtestøbt direkte. Stålfornene som bruges i sprøjtestøbeprocessen består af 2 dele og oftest vil der blive produceret mange af den samme komponent i hver sprøjtestøbning. Når den flydende plastik er hærdet, trækkes hver side af stålfornen fra hinanden, og de enkelte komponenter bliver skubbet ud af formen af automatiseret udskubberer (små metal cylindere). Hele denne proces gør det også let at identificere sprøjtestøbte komponenter, da processen efterlader mange spor på komponenterne som fx indløbsmarkeringer. Udover de sprøjtestøbte komponenter er der også komponenter på højtaleren som er udstanset, nemlig højtalergitrene som sidder på begge sider af højtaleren. Disse gitre produceres ved at rulle en tynd sektion af stål ind i en udstanser som er en presse der trykker en stor form, ved højt tryk, ned over en stationær form hvorved stålet bliver formet og tilpasset formen. Parallelt med konstruktionen af skallen der skal huse højtalerenhederne og elektronikken, bliver både højtalerenheder, printplader, samt batterierne produceret. Når alle de nødvendige organer er produceret, bliver den endelige højtaler samlet manuelt, og forberedt til distribution.

## *Transport*

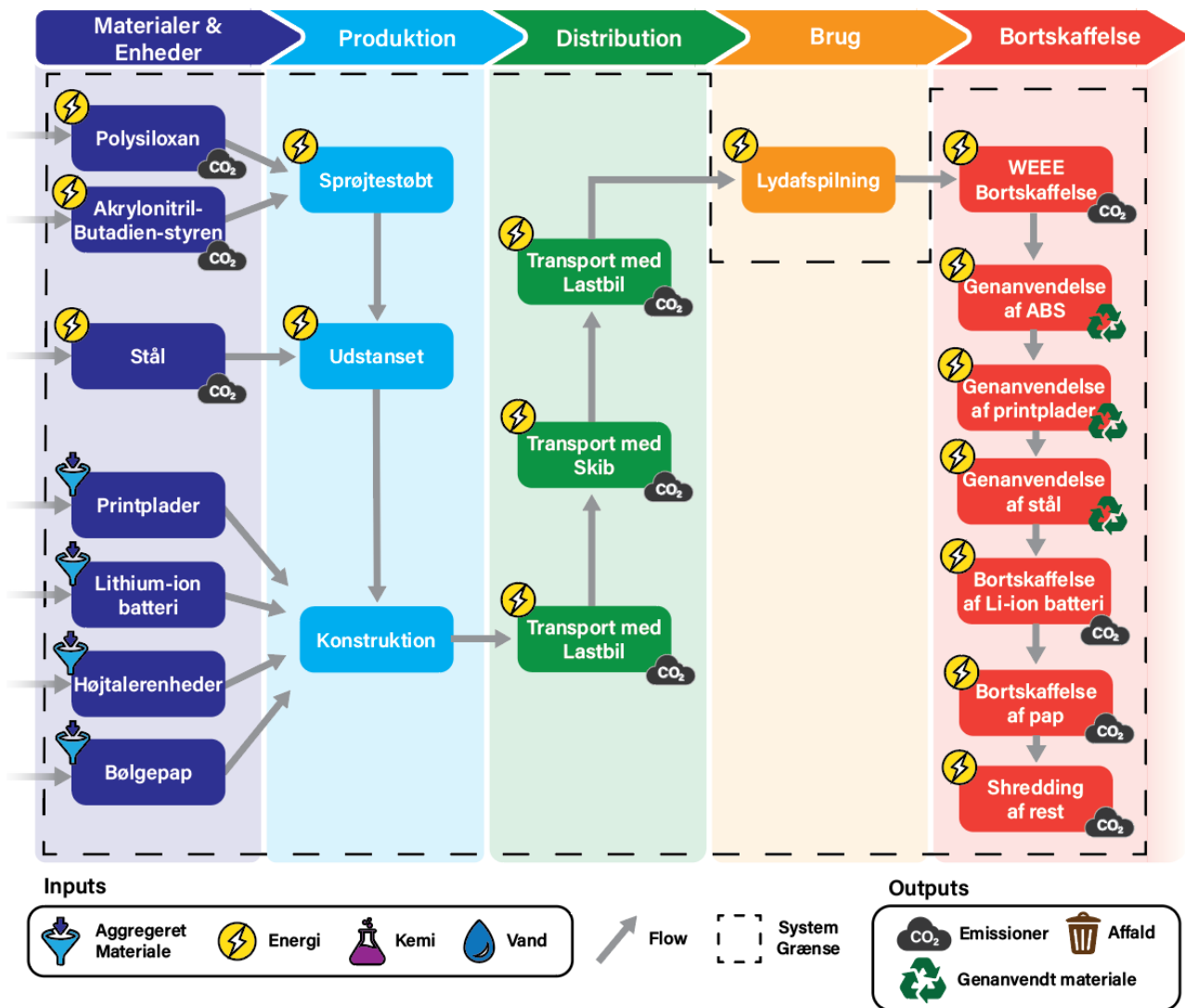
Som det fremgår af produktbeskrivelsen bliver højtaleren produceret i Kina, og anvendt i Danmark. Transport scenariet er derfor bygget op omkring dette, hvilket vil sige at der antages en transport på 500 km i Kina med en EURO 5 certificeret lastbil, herefter sejles bukserne via containerskib til Rotterdam en samlet rejse på 12000 nm eller 22222 km (*Ports.com*, n.d.), hvorefter det lastes over i en EURO 6 certificeret lastbil som transporterer bukserne til Odense. Odense er valgt da bukserne kan blive anvendt alle steder i Danmark, og Odense er en centralt beliggende storby i Danmark.

## Bortskaffelse

Når højttaleren har udtjent sin levetid, vil den blive bortskaffet. I Danmark sker dette som udgangspunkt ved at den afleveres på en genbrugsstation som sørger for at elektriske og elektroniske produkter bliver overleveret til Elretur. Elretur sørger, i Danmark, for at producentansvaret overholdes, hvilket betyder at de varetager ansvaret for at de indleveret produkter bliver dekonstrueret efter de, til hver en tid gældende, "Waste Electrical and Electronic Equipment" (WEEE) standarder (WEEE-direktivet - affald.dk, n.d.).

## Systemgrænse

Nedenstående visualisering af systemgrænsen for denne modellering, er udarbejdet iht. fremgangsmåden beskrevet i Greenhouse Gas Protocol (2011).

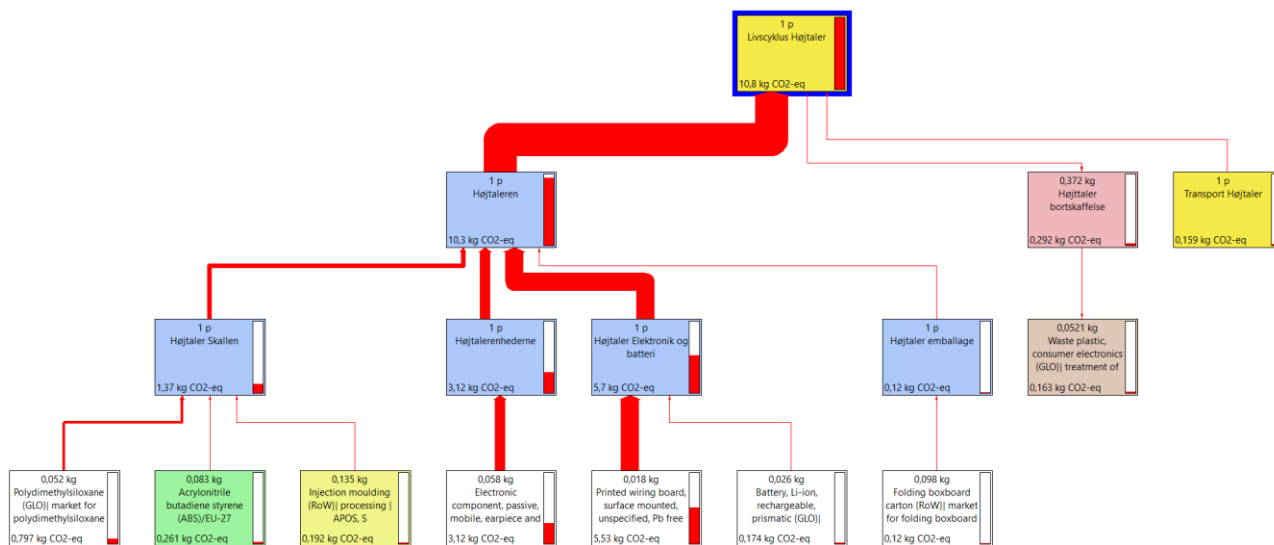




## Vurdering af miljøpåvirkningerne

I det følgende afsnit vil resultaterne fra LCA-modelleringen blive præsenteret, samt en tolkning af disse.

### Resultater



Figur 9: Figur af netværket for det modellerede produkt, vist ved 1% afskæring.

### Fortolkning

LCA-modelleringen (Figur 9) viser at en Jabra Solemate Mini bluetooth-højttaler, over sin produktion, distribution, og bortskaffelse vil have potentialet til at udlede 10,8 kg CO<sub>2</sub>e. Resultatet er, fordelt på råstof udvinding, produktion, distribution samt bortskaffelse.

Som det fremgår af Figur 2 er det højttalerens elektronik, der står for den primære udledning af CO<sub>2</sub>e. Denne post udgør sammenlagt 85% af udledningen fra produktet.

Samtidig fremgår det også at det ikke er muligt at tilbagefører noget af den samlede CO<sub>2</sub>e udledning fra produktet ved det modellerede bortskaffelsesscenarie, hvilket skyldes transporten samt de lave genanvendelsesprocenter ved de anvendte materialer.

### Data oversigt:

Produkt	Vægt	Emissioner	Emissioner/g
Jabra Solemate Mini	372 g	1080 g CO <sub>2</sub> e	2,90 g CO <sub>2</sub> e/g

## Sensitivitet:

- Transporten i Europa er antaget til at forgå med en EURO 6 certificeret lastbil, denne er valgt, da EURO 6 standarden har været i brug siden september 2015 (The AA, n.d.). På baggrund af dette er det antaget at størstedelen af de funktionelle lastbiler der køre i Europa overholder denne standard. Skulle en lastbil med en lavere emission standard blive brugt til transport, ville dette få minimal indflydelse på resultatet, da emissionsstandarderne er trinvis, og distancen ikke er længere.
- Transporten i Kina er antaget til at være 500 km da dette dækker størstedelen af den industrielle del af Kina ift. afstand til en af de store havne. Som det fremgår af modelleringen ville en substantiel ændring på transportparametrene ikke give det store udsving da produktet ikke er større.
- Transportformen i Kina er modelleret efter en lastbil der overholder "EURO 5" standarden da denne standard er svarende til emissionsstandarden "China V" (Gang et al., 2019) som blev implementeret i 2016, og er den mest udbredte standard i Kina, hvis man kigger på andelen af registreret "heavy-duty trucks" som overholder denne standard (*Transport Policy*, n.d.)
- Højtalereenhederne blev ikke adskilt da disse består af mange meget små komponenter og er derfor vejret og kortlagt som komplette enheder. I SimaPro er de derfor også modelleret efter processen "electronic component, passive, mobile, earpiece and speaker" som er en aggregeret proces for bl.a. små højtalere. Da denne proces udgør den største andel af udledningerne for højtaleren er modelleringen derfor også sensitiv overfor ændringer i denne proces.
- Printpladen er ikke kortlagt ift. materialer, men er derimod modelleret som "Printed wiring board, surface mounted" da dette er typen af printplade som er benyttet i højtaleren. Da denne proces er stærkt udledende ift. vægt, er modelleringen sensitiv overfor ændringer i denne proces.
- I forbindelse med modelleringen af bortskaffelsesfasen har det ikke været muligt at bestemme hvorvidt plastikkomponenterne indeholder bromeret flammehæmmer (BFR). BFR er stærkt reguleret og plastikkomponenter der indeholder BFR går igennem en mere udførlig behandlingsproces når det kommer til bortskaffelsen. Ud af de 2,6 millioner ton plastik som hvert år bliver håndteret iht. WEEE standarderne i Europa estimeres det at op mod 9% indeholder BFR (The International Bromine Council, 2020). Dette betyder også at langt størstedelen (91%) ikke indeholder BFR og derfor er det, i denne modellering, antaget at plastikkomponenterne ikke indeholder BFR, og på den baggrund er de modelleret som sådan.

## Produkt: LUCEPLAN Constanza D13

### Formål og afgrænsning

Denne LCA skal danne grundlag for én af de 10 produktkategorier der undersøges i miljøberegner projektet for RCDK, nemlig en lampe eller mere specifikt, en LUCEPLAN Constanza D13.

Formålet er at bruge resultaterne fra denne LCA til at fastsætte en gennemsnitlig CO<sub>2</sub>e udledning for en lampe, baseret på dens vægt. Denne udledning vil herefter kunne blive ekstrapoleret, på baggrund af vægten, hvorved resultatet kan bruges til at give en indikation for udledningen af andre, men tilsvarende, lamper.



Figur 10: Illustration af det modellerede produkt

Denne ekstrapolation, og derved resultaterne fra denne LCA, skal bruges til at udvikle en digital miljøberegner der kan hjælpe RCDKs brugere med at få en indikation for hvor meget CO<sub>2</sub>e de sparer miljøet for, hvis de får deres produkter repareret.

### Beskrivelse af produktet

Produktet der undersøges i denne LCA er en gulvlampe. Mere specifikt er det en LUCEPLAN Constanza D13. Lampen er en neutral gulvlampe i aluminium, med en lampeskærm af polycarbonat. Den kan justeres i højden fra 120 cm op til 160 cm. Lampefatningen passer en E27 pære og kan max yde 150W. Lampen har en forventet minimumslevetid på 24 måneder (2 år) jf. garantibestemmelserne for produktet (LUCEPLAN, n.d). Enheden er produceret i Milano, Italien og transporteret til samt anvendt i Danmark.

### Funktionel enhed og reference flow

#### Funktionel enhed:

Den funktionelle enhed er defineret ved 17250 timers (svarende til 24 måneders) brug af en fritstående, stationær lyskilde til indendørsbrug i en dansk bopæl.

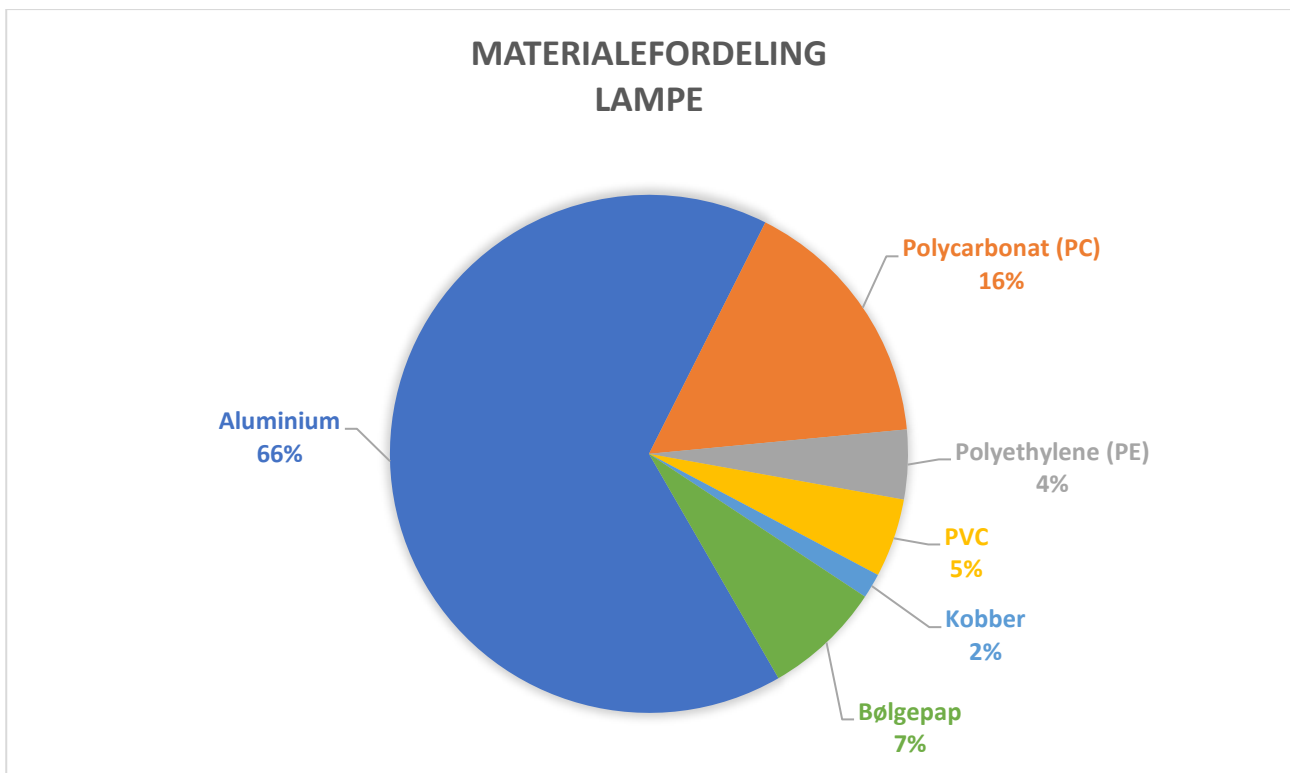
#### Referenceflow:

Referenceflowet for den ovenstående funktionelle enhed er 1 stk. LUCEPLAN Constanza D13 gulvlampe.

## Bill of materials (BOM)

Den nedenstående BOM er udarbejdet ved at foretage en komplet dekonstruktion af det undersøgte produkt. Under dekonstruktionen er alle komponenter blevet separeret og vejet hvorefter materialerne er blevet bestemt. Det sidste led i denne proces var at bestemme produktionsformen, hvilket er blevet gjort på baggrund af de spor som forskellige produktionsformer efterlader på komponenterne og i de respektive materialer.

Komponent	Materiale	Vægt i gram	Fremstilling
Fod	Aluminium	1680	Formstøbt/drejet
Stang	Aluminium	140	Ekstruderet
Fatning	Polycarbonat (PC)	80	Sprøjtstøbt
Indre lampeskærm	Polyethylene (PE)	120	Sprøjtstøbt
Ydre lampeskærm	Polycarbonat (PC)	365	Filmekstruderet
Ledning	Kobber/PVC	3,15m / 179	Trådtrukket/Ekstruderet
Emballage	Bølgepap	204	Div.
<b>Total:</b>		<b>2768</b>	



## Kortlægning

Det følgende afsnit præsenterer kortlægningen for det undersøgte produkts livscyklus. Denne kortlægning er hvad der danner fundamentet for modelleringen.

Som nævnt i den overordnede metode for de udarbejdede livscyklusanalyser, er brugsfasen ekskluderet i denne modellering, da denne fase vil forblive uændret da en erstatning af det oprindelige produkt med et nyere ikke vil få en indflydelse på brugen af produktet. En detaljeret gennemgang af de resterende livscyklusfaser for det modellerede produkt kan derfor findes herunder.

### *Råmaterialer og produktion*

Livscyklussen for en LUCEPLAN Constanza D13 gulvlampe starter med produktion af lampefoden og lampestangen som begge er aluminiumskomponenter der hhv. er støbt og ekstruderet. Lampefoden er udover at blive støbt, også drejet på en drejebænk. Denne proces medfører et tab af materiale da noget bliver skåret fra. Det tabte materiale bliver samlet sammen og genanvendt i senere produktion. Når aluminiumskomponenterne er produceret, produceres den indre- og ydre lampeskærm. Den indre lampeskærm er produceret af HDPE som er sprøjtetstøbt. Denne proces fungerer ved at HDPE plastgranulaterne hældes i et varmekar hvorefter de bliver sprøjtet ind i en stålform ved højt tryk. Stålfornene som bruges i sprøjttestøbeprocessen består af 2 dele og oftest vil der blive produceret mange af den samme komponent i hver sprøjttestøbningsproces. Når den flydende plastik er hærdet, trækkes hver side af stålfornen fra hinanden, og de enkelte komponenter bliver skubbet ud af formen af automatiseret udskubberer (små metal cylindere). Hele denne proces gør det også let at identificere sprøjttestøbte komponenter, da processen efterlader mange spor på komponenterne som fx indløbsmarkeringer. Parallelt med produktionen af den indre skærm, bliver den ydre skærm også produceret. Den ydre skærm er produceret af polycarbonat (PC) som bliver ekstruderet. Ekstruderingen resulterer i dette tilfælde i tynde plader som bliver bøjet til en lampeskærm. Det sidste centrale komponent er lampefatningen. Denne er standard for flere af LUCEPLAN's lamper, og er også produceret ved sprøjttestøbning. Når alle de nødvendige organer er produceret, bliver lampen samlet manuelt, og forberedt til distribution.

### *Transport*

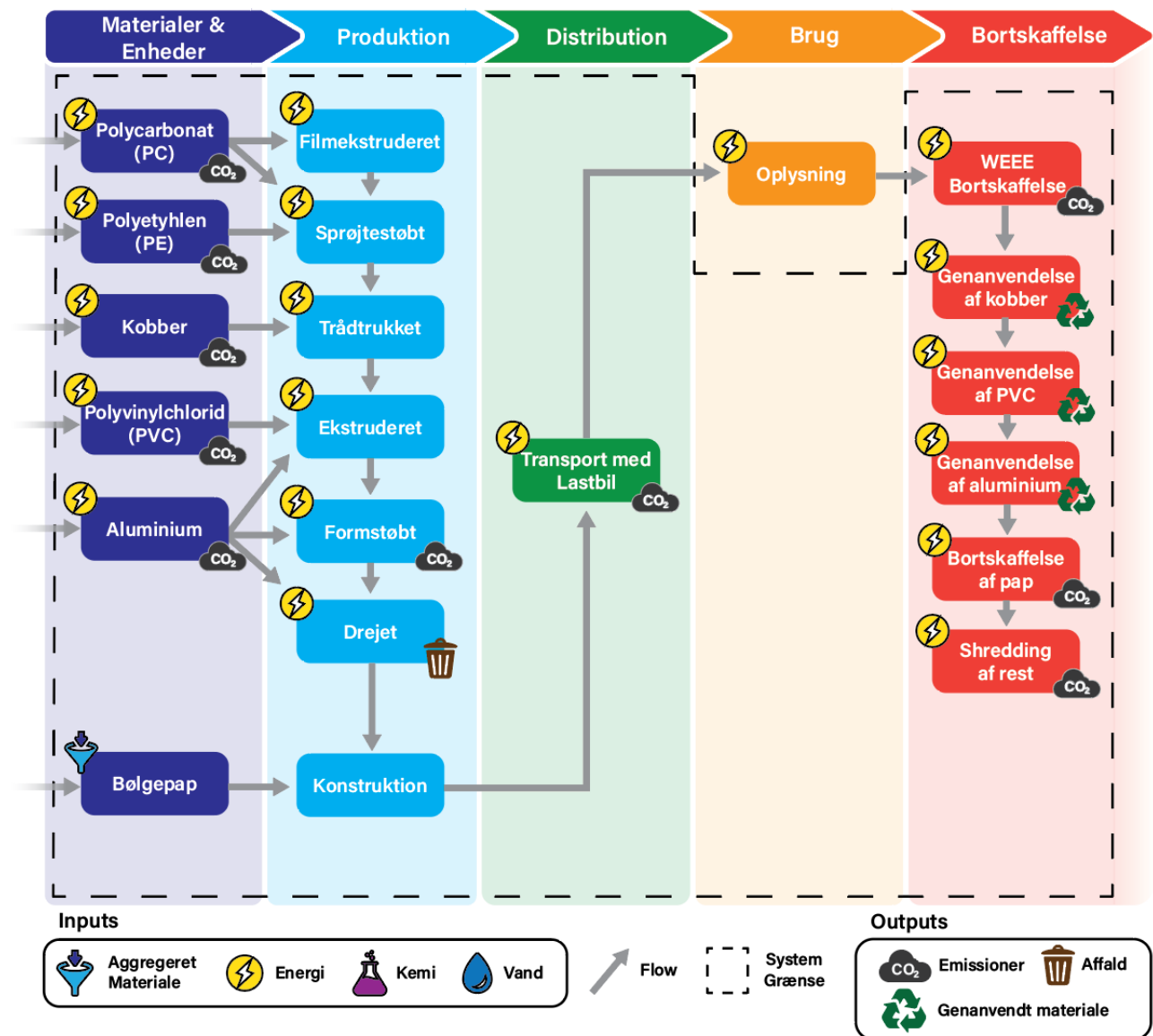
Gulvlampen fra LUCEPLAN produceres ved LUCEPLAN's fabrik, som ligger i Milanos lys-distrikt (Villa Litta) i det nordlige Italien. Det betyder at når lampen er produceret og pakket, bliver det lastet på en Euro 6 certificeret lastbil, og kørt til Danmark. Mere specifikt transporteres lampen i dette scenarie til Odense da det kan bruges alle steder i Danmark, og Odense er en stor og central by. Denne tur, fra det nordlige Italien til Odense er på 1417 km.

## Bortskaffelse

Når lampen har udtjent sin levetid, vil den blive bortskaffet. I Danmark sker dette som udgangspunkt ved at den afleveres på en genbrugsstation som sørger for at elektriske og elektroniske produkter bliver overleveret til Elretur. Elretur sørger, i Danmark, for at producentansvaret overholdes, hvilket betyder at de varetager ansvaret for at de indleveret produkter bliver dekonstrueret efter de, til hver en tid gældende, "Waste Electrical and Electronic Equipment" (WEEE) standarder (WEEE-direktivet - affald.dk, n.d.).

## Systemgrænse

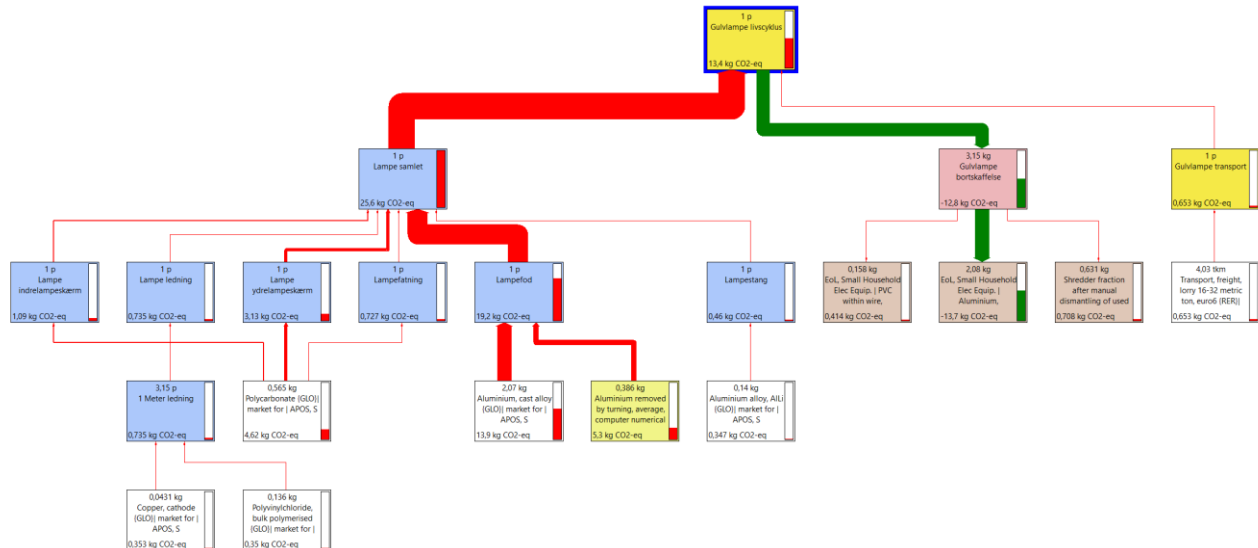
Nedenstående visualisering af systemgrænsen for denne modellering, er udarbejdet iht. fremgangsmåden beskrevet i Greenhouse Gas Protocol (2011).



## Vurdering af miljøpåvirkningerne

I det følgende afsnit vil resultaterne fra LCA-modelleringen blive præsenteret, samt en tolkning af disse.

### Resultater



Figur 11: Figur af netværket for det modellerede produkt, vist ved 1% afskæring.

### Fortolkning

LCA-modelleringen (Figur 11) viser at en LUCEPLAN Constranza D13 gulvlampe, over sin produktion, distribution, og bortskaftelse vil have potentialet til at udlede 13,4 kg CO<sub>2</sub>e. Resultatet er, fordelt på råstof udvinding, produktion, distribution samt bortskaftelse.

Som det fremgår af Figur 2 er det lampens aluminium, der står for den primære udledning af CO<sub>2</sub>e. Denne post udgør sammenlagt 75% af udledningen fra produktet.

Samtidig fremgår det også at 50% af den samlede CO<sub>2</sub>e udledning fra produktet kan tilbageføres ved korrekt bortskaftelse, hvilket primært skyldes den høje genanvendelsesprocent af aluminium.

Produkt	Vægt	Emissioner	Emissioner/g
<b>LUCEPLAN Constranza D13</b>	2768 g	13.400 g CO <sub>2</sub> e	4,84 g CO <sub>2</sub> e/g

### Sensitivitet:

- Lampefoden som er støbt i aluminium, er efterfølgende blevet drejet på en drejebænk. Ved denne proces vil der forekomme et tab af materiale, da noget af den støbte del bliver "skåret" af. Det er jf.ecoinvents anbefaling antaget at 0.23 kg materiale bliver skåret fra pr. 1kg af det endelige produkt. Da den færdige fod vejer 1680g er det derfor antaget at der er støbt 2066g og der herefter bliver skåret 386g af i drejeprocessen.
- Transporten i Europa er antaget til at forgå med en EURO 6 certificeret lastbil, denne er valgt, da EURO 6 standarden har været i brug siden september 2015 (The AA, n.d.). På baggrund af dette er det antaget at størstedelen af de funktionelle lastbiler der kører i Europa overholder denne standard. Skulle en lastbil med en lavere emission standard blive brugt til transport, ville dette få minimal indflydelse på resultatet, da emissionsstandarderne er trinvis, og distancen ikke er længere.
- Da det ikke har været muligt at dekonstruerer ledningen der er monteret på den undersøgte lampe, er lampens ledningen manuelt modelleret efter mængdedata fra miljøstyrelsen for en "ikke-grøn" 3-leder tilledning på 0,75mm<sup>2</sup> der vejer 57kg pr. km og indeholder 24% kobber (Miljøstyrelsen, 2008).
- I forbindelse med modelleringen af bortskaffelsesfasen har det ikke været muligt at bestemme hvorvidt plastikkomponenterne indeholder bromeret flammehæmmer (BFR). BFR er stærkt reguleret og plastikkomponenter der indeholder BFR går igennem en mere udførlig behandlingsproces når det kommer til bortskaffelsen. Ud af de 2,6 millioner ton plastik som hvert år bliver håndteret iht. WEEE standarderne i Europa estimeres det at op mod 9% indeholder BFR (The International Bromine Council, 2020). Dette betyder også at langt størstedelen (91%) ikke indeholder BFR og derfor er det, i denne modellering, antaget at plastikkomponenterne ikke indeholder BFR, og på den baggrund er de modelleret som sådan.



## Produkt: Electrolux Ultrasilencer

### Formål og afgrænsning

Denne LCA skal danne grundlag for én af de 10 produktkategorier der undersøges i miljøberegner projektet for RCDK, nemlig en posestøvsuger eller mere specifikt, en Electrolux Ultrasilencer.

Formålet er at bruge resultaterne fra denne LCA til at fastsætte en gennemsnitlig CO<sub>2</sub>e udledning for en posestøvsuger, baseret på dens vægt. Denne udledning vil herefter kunne blive ekstrapoleret, på baggrund af vægten, hvorved resultatet kan bruges til at give en indikation for udledningen af andre, men tilsvarende, støvsugere.

Denne ekstrapolation og derved resultaterne fra denne LCA skal bruges til at udvikle en digital miljøberegner der kan hjælpe RCDKs brugere med at få en indikation for

hvor meget CO<sub>2</sub>e de sparer miljøet for, hvis de får deres produkter repareret.



Figur 12: Illustration af det modellerede produkt

### Beskrivelse af produktet

Produktet der undersøges i denne LCA er en posestøvsuger. Mere specifikt er det en Electrolux Ultrasilencer, med en total vægt på 7,75kg. Støvsugeren er en standart posestøvsuger med en effekt på 600 watt. Den består af et mundstykke, støvsugerstang, støvsugerslange, støvsugerkrop, og indmad. Støvsugeren er primært lavet af forskellige typer af plast herunder, polypropylen (PP) og Akrylonitril-butadien-styren (ABS), samt en række metaldele, i aluminium og kobber. Støvsugerens estimeret levetid er 8 år, jf. europakommissionens implementerings direktiv (European commission, 2013)

### Funktionel enhed og reference flow

#### Funktionel enhed:

Den funktionelle enhed er defineret som 50 timers brug om året af en europæisk produceret posestøvsuger, til at støvsuge en dansk bopæl i 8 år.

#### Referenceflow:

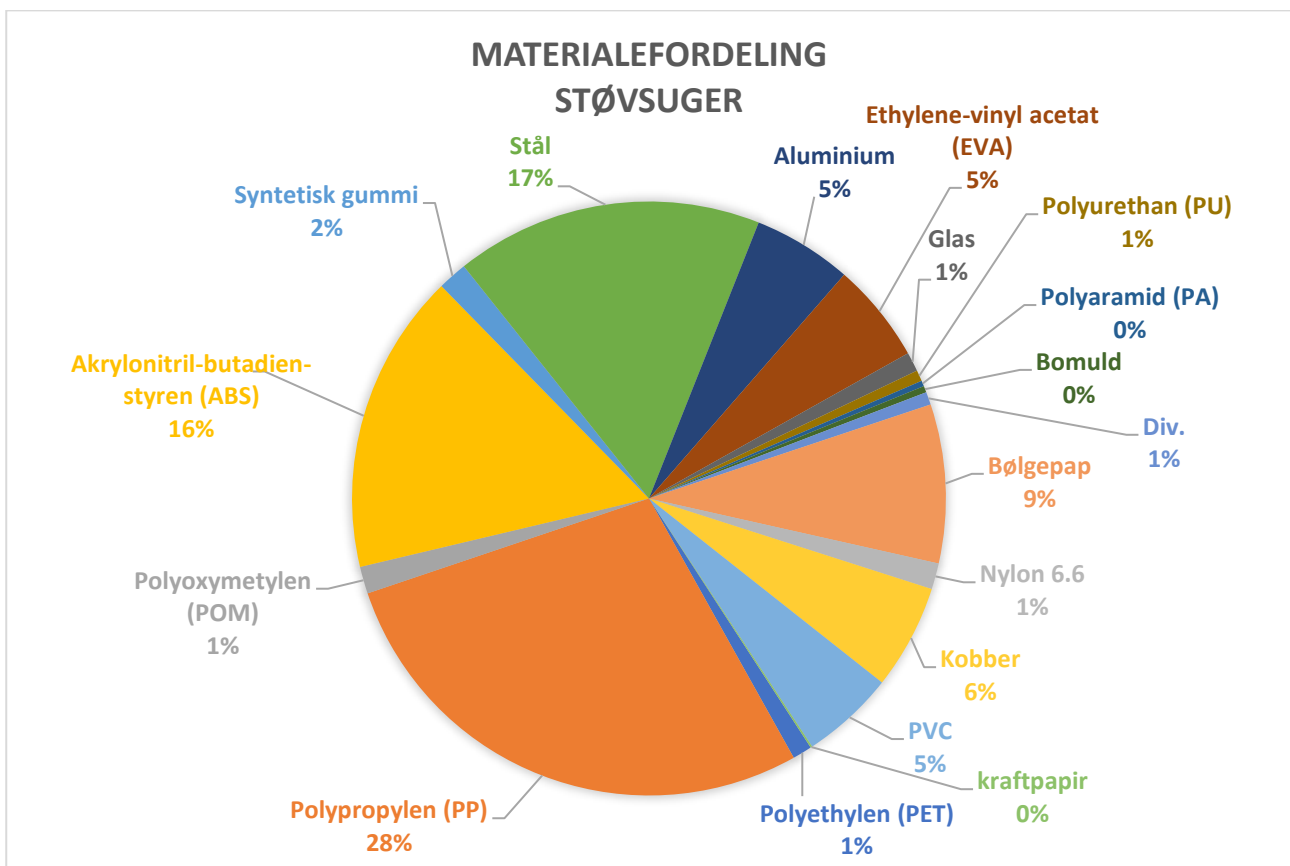
Referenceflowet for den ovenstående funktionelle enhed er 1 stk. *Electrolux Ultrasilencer*.

## Bill of materials (BOM)

Den nedenstående BOM er udarbejdet ved at foretage en komplet dekonstruktion af det undersøgte produkt. Under dekonstruktionen er alle komponenter blevet separeret og vejet hvorefter materialerne er blevet bestemt. Det sidste led i denne proces var at bestemme produktionsformen, hvilket er blevet gjort på baggrund af de spor som forskellige produktionsformer efterlader på komponenterne og i de respektive materialer.

Komponent	Materiale	Vægt i gram	Fremstilling
<b>Mundstykke</b>			
- Cover	Polypropylen (PP)	107	Sprøjttestøbt
- Børste	Polyoxymetylen (POM)	125	Sprøjttestøbt
- kontaktstykke	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	124	Sprøjttestøbt
- Hjul (dæk)	Syntetisk gummi	90	Sprøjttestøbt
- Hjul	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	134	Sprøjttestøbt
- Hjul (nav)	Stål	9	Ekstruderet
<b>Stang/rør</b>			
- Stang	Aluminium	426	Ekstruderet
- Slange	Ethylene-vinyl acetat (EVA)	463	Ekstruderet
- Håndtag	Polypropylen (PP)	284	Sprøjttestøbt
<b>Støvsuger krop</b>			
- Metalbøjle	Aluminium	32	Ekstruderet
- HEPA-filter	Glas	89	Spundet
- Skumplade	Polyurethan (PU)	11	Skummet
- Bagklap	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	88	Sprøjttestøbt
- Bagklap 2	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	102	Sprøjttestøbt
- Bagklap knap	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	9	Sprøjttestøbt
- Gummikant	Syntetisk gummi	10	Sprøjttestøbt
- Skumplade 2	Polyurethan (PU)	8	Skummet
- Bund	Polypropylen (PP)	500	Sprøjttestøbt
- Håndtag	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	149	Sprøjttestøbt
- Panel (Venstre)	Polypropylen (PP)	81	Sprøjttestøbt
- Panel (Højre)	Polypropylen (PP)	60	Sprøjttestøbt
- Hjul	Polypropylen (PP)	236	Sprøjttestøbt
- Pakning	Syntetisk gummi	12	Sprøjttestøbt
- Skruer	Stål	58	Rullet
- Ledningsholder	Polypropylen (PP)	14	Sprøjttestøbt
- Gummislanger	Syntetisk gummi	24	Ekstruderet
- Motorfilter	Polyurethan (PU)	32	Skummet
- Holder til posen	Polypropylen (PP)	85	Sprøjttestøbt
- Slangeindsats	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	35	Sprøjttestøbt
- Støvsugertop	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	290	Sprøjttestøbt
- Sølv sidepaneler	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	24	Sprøjttestøbt
- Hjul front	Polyamid (PA)	26	Sprøjttestøbt

- Støvsugerpose	Polyethylen (PE)	90	Filtet
- Vibrationsdæmper	Bomuld	30	Filtet
- Top cover	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	225	Sprøjttestøbt
- Knap tænd/sluk	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	35	Sprøjttestøbt
- Knap Ledning	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	33	Sprøjttestøbt
- Vippebeslag	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	24	Sprøjttestøbt
- Min/max knap	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	38	Sprøjttestøbt
- Motor/pose holder	Polypropylen (PP)	740	Sprøjttestøbt
- Flowguidance	Polypropylen (PP)	111	Sprøjttestøbt
- Kabeltrumle	Polypropylen (PP)	154	Sprøjttestøbt
- Ledning	PVC/Kobber	570	Ekstruderet
- Printplader	Div.	46	Div.
<b>Motor</b>	Kobber/stål/polymer	1921	Div.
<b>Emballage</b>	Bølgepap	734	Div.
<b>Total:</b>		<b>8484</b>	



## Kortlægning

Det følgende afsnit præsenterer kortlægningen for det undersøgte produkts livscyklus. Denne kortlægning er hvad der danner fundamentet for modelleringen.

Som nævnt i den overordnede metode for de udarbejdede livscyklusanalyser, er brugsfasen ekskluderet i denne modellering, da denne fase vil forblive uændret da en erstatning af det oprindelige produkt med et nyere ikke vil få en indflydelse på brugen af produktet. En detaljeret gennemgang af de resterende livscyklusfaser for det modellerede produkt kan derfor findes herunder.

### *Råmaterialer og produktion*

Livscyklussen for en støvsuger starter med produktion af diverse plastik granulater. Støvsugeren består primært af Akrylonitril-butadien-styren (ABS) og Polypropylen (PP). På fabrikken sorteres disse granulater og forberedes til sprøjttestøbning. Plastgranulaterne bliver hældt i et varmekar hvorefter de bliver sprøjtet ind i en stålform ved højt tryk. Stålformen består af 2 dele og oftest vil der blive produceret mange af den samme del i hver sprøjttestøbningsproces. Når den flydende plastik er hærdet, trækkes hver side af stålformen fra hinanden, og de enkelte plastkomponenter bliver skubbet ud af formen af automatiseret udskubberer (små metal cylindere). Hele denne proces gør det også let at identificere sprøjttestøbte komponenter, da processen efterlader mange spor på komponenterne som fx indløbsmarkeringer. Udover de mange sprøjttestøbte komponenter er der også en række komponenter som er ekstruderet og trådtrukket. Fælles for disse to produktionsmetoder er at materialet der bruges presses igennem en stationær form, som giver en kontinuerligt formet sektion af materialet, ved ekstrudering er det muligt at lave komplekse tværsnit, hvor ved trådtrækning vil der oftest være tale om et cirkulært tværsnit.

Når komponenterne er produceret bliver de alle samlet ved deres respektive del af samlebåndet. En støvsuger bliver bygget fra bunden af og op, og starter derfor ved at hjulene monteres på bunden af støvsugerskallen hvorefter de næste skridt består af at montere motor og diverse filtre samt slanger og beholdere. Herefter samles elektronikken og kabeltromlen, som monteres som noget af det sidste inden den øvre skal bliver sat på. Parallelt med dette, samles tilbehøret til den respektive støvsuger. Dette er støvsugerslangen og støvsugerstangen samt de forskellige mundstykker. Når det hele er samlet, forberedes støvsugeren til distribution.

### *Transport*

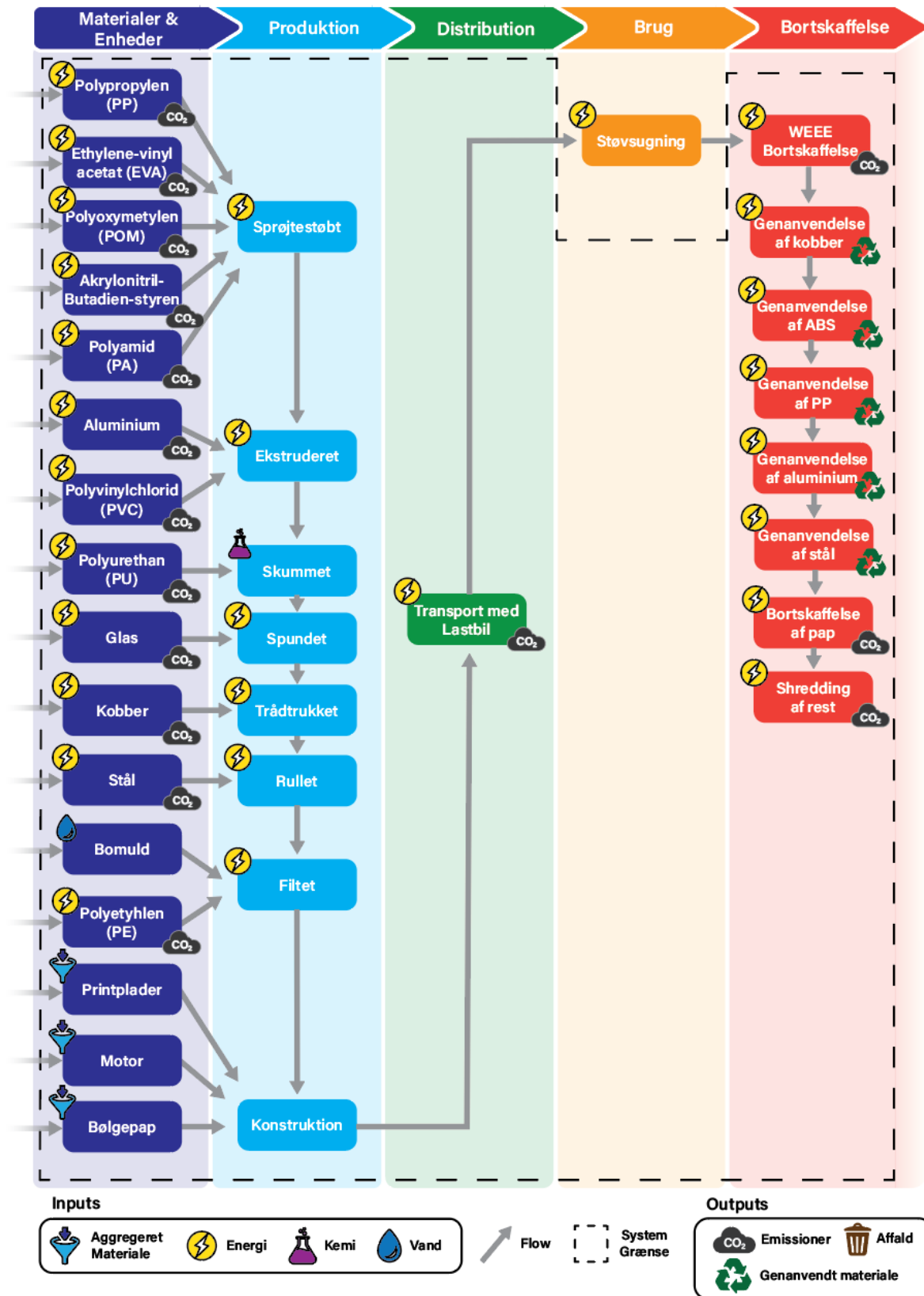
Støvsugeren fra Electrolux produceres ved Electrolux's fabrik i det østlige Ungarn. Det betyder at når støvsugeren er produceret og pakket, bliver den læsset på en EURO 6 certificeret lastbil, og kørt til Danmark. Mere specifikt transporteres støvsugeren i dette scenarie til Odense da den kan bruges alle steder i Danmark, og Odense er en stor og central by. Denne tur, fra det østlige Ungarn til Odense er på 1727 km.

### *Bortskaffelse*

Når støvsugeren har udtjent sin levetid, vil den blive bortskaffet. I Danmark sker dette som udgangspunkt ved at den afleveres på en genbrugsstation som sørger for at elektriske og elektroniske produkter bliver overleveret til Elretur. Elretur sørger, i Danmark, for at producentansvaret overholdes, hvilket betyder at de varetager ansvaret for at de indleveret produkter bliver dekonstrueret efter de, til hver en tid gældende, "Waste Electrical and Electronic Equipment" (WEEE) standarder (*WEEE-direktivet - affald.dk*, n.d.).

## Systemgrænse

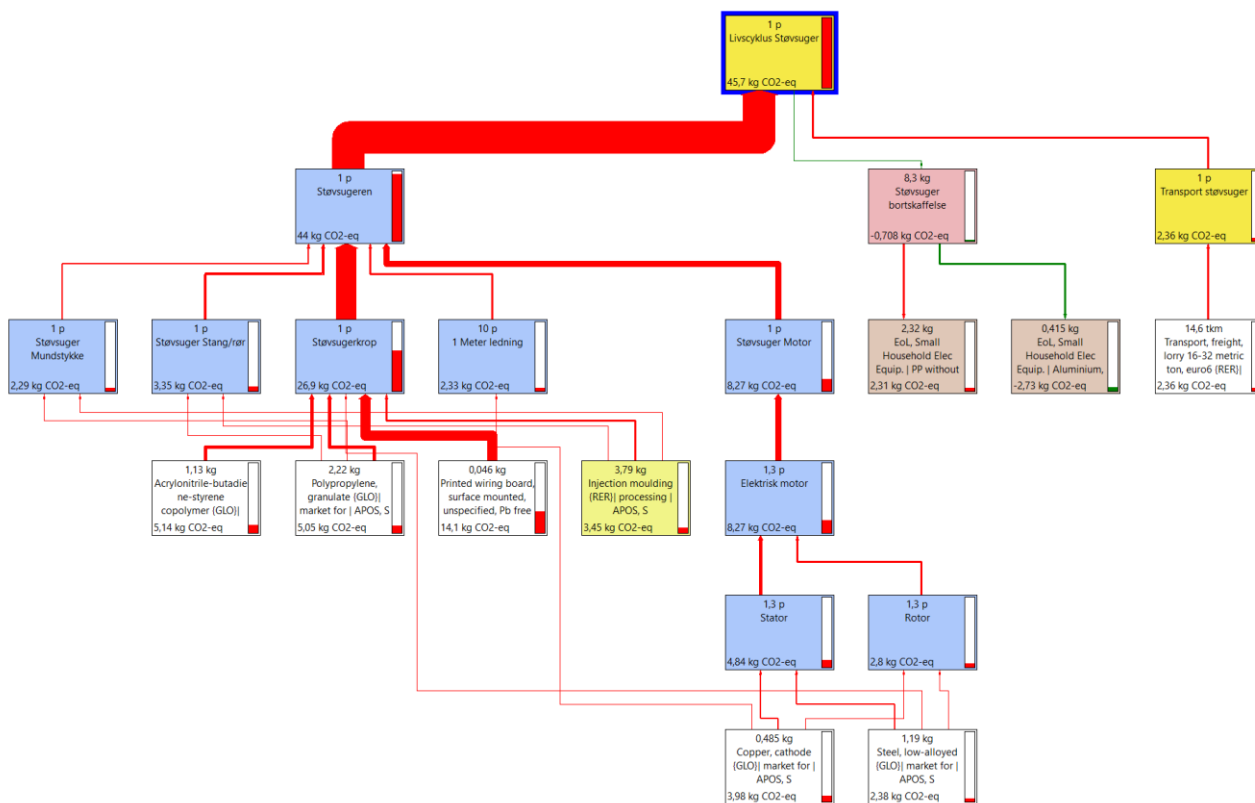
Nedenstående visualisering af systemgrænsen for denne modellering, er udarbejdet iht. fremgangsmåden beskrevet i Greenhouse Gas Protocol (2011).



## Vurdering af miljøpåvirkningerne

I det følgende afsnit vil resultaterne fra LCA-modelleringen blive præsenteret, samt en tolkning af disse.

### Resultater



Figur 13: Figur af netværket for det modellerede produkt, vist ved 4% afskæring.

### Fortolkning

LCA-modelleringen (Figur 13) viser at en Electrolux Ultrasilencer posestøvsuger, over sin produktion, distribution, og bortskaffelse vil have potentialet til at udlede 45,7 kg CO<sub>2</sub>e. Resultatet er, fordelt på råstof udvinding, produktion, distribution samt bortskaffelse.

Som det fremgår af Figur 2 er det støvsugerens elektronik, herunder motoren, og plast komponenterne der står for den primære udledning af CO<sub>2</sub>e. Disse poster udgør tilsammen 85% af udledningen fra produktet.

Samtidig fremgår det også at 1,6% af den samlede CO<sub>2</sub>e udledning fra produktet kan tilbageføres ved korrekt bortskaffelse, hvilket primært skyldes genanvendelsen af aluminium.

Produkt	Vægt	Emissioner	Emissioner/g
<b>Electrolux Ultrasilencer</b>		8484 g	45.700 g CO <sub>2</sub> e
			5,38 g CO <sub>2</sub> e/g

## Sensitivitet:

- Da dekonstruktion af motorenheden ikke var muligt er den totale vægt for motoren noteret, og modelleringen i SimaPro er derfor baseret på den motorenhed som blev kortlagt ifm. dekonstruktionen af røremaskinen som er et af de andre produkter, der er blevet undersøgt i dette projekt. Værdierne er her ganget med en faktor 1,3 for at matche vægten af motorenheden fundet i støvsugeren.
- Motoren som er brugt til modelleringen er en børstet DC-motor. Det betyder at motoren har 2 børster som sidder mellem statoren og rotoren. Børsternes funktion er at overfører strømmen til rotoren som skaber rotation i akslen. Børsterne er altså essentielle for at motoren fungerer. Børsterne er lavet af grafit, hvilket er et materiale som ikke findes i Ecoinvent databasen. Grafit er en krystallinsk form af kulstof med en næsten perfekt struktur (King, n.d.). I denne modellering er processen "activated carbon, granular" valgt, da aktivt kulstof ofte omtales som "beskidt" grafit, da aktivt kulstofs materielle komposition er næsten identisk til grafit, men den krystallinske struktur er mere tilfældig og uperfekt (Chemviron, n.d.).
- De printplader som støvsugeren indeholder er ikke blevet kortlagt ift. materialer, men er derimod modelleret som "Printed wiring board, hole mounted" da dette er typen af printplade som er benyttet i støvsugeren. Da denne proces er stærkt udledende ift. vægt, er modelleringen sensitiv overfor ændringer i denne proces.
- Da det ikke har været muligt at dekonstruerer den 10 meter lange ledning der er monteret på den undersøgte støvsuger, er støvsugerens ledningen manuelt modelleret efter mængdedata fra miljøstyrelsen for en "ikke-grøn" 3-leder tilledning på 0,75mm<sup>2</sup> der vejer 57kg pr. km og indeholder 24% kobber (Miljøstyrelsen, 2008).
- Transporten i Europa er antaget til at forgå med en EURO 6 certificeret lastbil, denne er valgt, da EURO 6 standarden har været i brug siden september 2015 (The AA, n.d.). På baggrund af dette er det antaget at størstedelen af de funktionelle lastbiler der køre i Europa overholder denne standard. Skulle en lastbil med en lavere emission standard blive brugt til transport, ville dette få minimal indflydelse på resultatet, da emissionsstandarderne er trinvis, og distancen ikke er længere.
- I forbindelse med modelleringen af bortskaffelsesfasen har det ikke været muligt at bestemme hvorvidt plastikkomponenterne indeholder bromeret flammehæmmer (BFR). BFR er stærkt reguleret og plastikkomponenter der indeholder BFR går igennem en mere udførlig behandlingsproces når det kommer til bortskaffelsen. Ud af de 2,6 millioner ton plastik som hvert år bliver håndteret iht. WEEE standarderne i Europa estimeres det at op mod 9% indeholder BFR (The International Bromine Council, 2020). Dette betyder også at langt størstedelen (91%) ikke indeholder BFR og derfor er det, i denne modellering, antaget at plastikkomponenterne ikke indeholder BFR, og på den baggrund er de modelleret som sådan.



## Produkt: Kenwood KM300 Chef

### Formål og afgrænsning

Denne LCA skal danne grundlag for én af de 10 produktkategorier der undersøges i miljøberegner projektet for RCDK, nemlig en køkkenmaskine eller mere specifikt, en Kenwood KM300 Chef.

Formålet er at bruge resultaterne fra denne LCA til at fastsætte en gennemsnitlig CO<sub>2</sub>e udledning for en køkkenmaskine, baseret på dens vægt. Denne udledning vil herefter kunne blive ekstrapoleret, på baggrund af vægten, hvorved resultatet kan bruges

til at give en indikation for udledningen af andre, men tilsvarende, køkkenmaskiner.

Denne ekstrapolation, og derved resultaterne fra denne LCA, skal bruges til at udvikle en digital miljøberegner der kan hjælpe RCDKs brugere med at få en indikation for hvor meget CO<sub>2</sub>e de sparer miljøet for, hvis de får deres produkter repareret.

### Beskrivelse af produktet

Produktet der undersøges i denne LCA er en køkkenmaskine. Mere specifikt er det en Kenwood KM300 Chef. Køkkenmaskinen er en typisk C-formet køkkenmaskine, med en kapacitet på 4,4 liter og en total effekt på 700w. Køkkenmaskinen består primært af aluminium, stål og akrylonitril-butadien-styren (ABS) og har en forventet levetid på 15 år (Palermo, 2022). Enheden er produceret i Kina og transporteret til og anvendt i Danmark.

### Funktionel enhed og reference flow

#### Funktionel enhed:

Den funktionelle enhed er defineret som 256,5 timers brug af en køkkenmaskine, til madlavning. De 256,5 timer svarer til 85 minutters brug om måneden i 15 år hvilket er det gennemsnitlige brugsscenarie ifølge "Association of Home Appliance Manufacturers" (Henderson, 2019).

#### Referenceflow:

Referenceflowet for den ovenstående funktionelle enhed er 1 stk. Kenwood KM300 Chef.



Figur 14: Illustration af det modellerede produkt

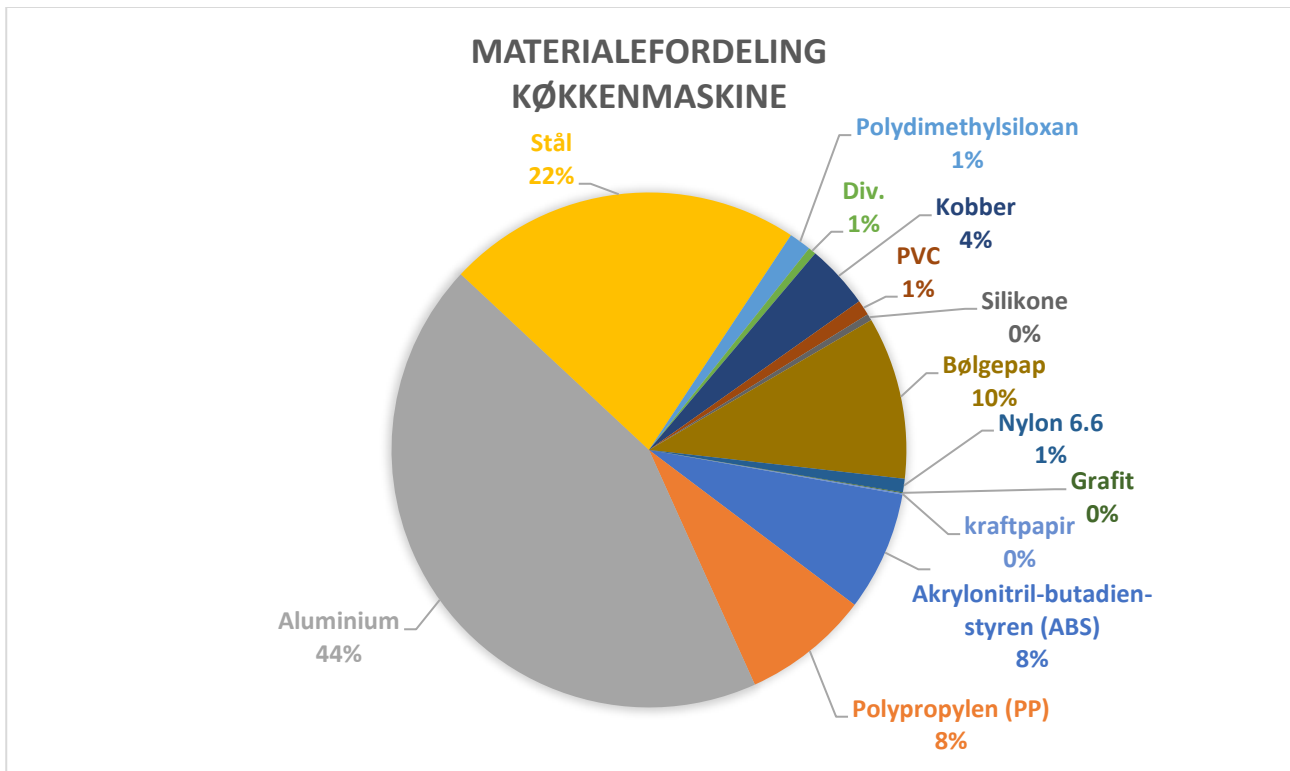
## Bill of materials (BOM)

Den nedenstående BOM er udarbejdet ved at foretage en komplet dekonstruktion af det undersøgte produkt. Under dekonstruktionen er alle komponenter blevet separeret og vejet hvorefter materialerne er blevet bestemt. Det sidste led i denne proces var at bestemme produktionsformen, hvilket er blevet gjort på baggrund af de spor som forskellige produktionsformer efterlader på komponenterne og i de respektive materialer.

Komponent	Materiale	Vægt i gram	Fremstilling
<b>Kroppen (plastik)</b>			
- Plast top	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	456	Sprøjttestøbt
- Plast bund	Polypropylen (PP)	83	Sprøjttestøbt
- Betjening	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	20	Sprøjttestøbt
<b>Kroppen (metal)</b>			
- Metalkrop	Aluminium	1530	Formstøbt
- Fjeder	Stål	41	Trådtrukket
- Rotationsaksler	Stål	59	Ekstruderet
- Rotationsstop	Stål	26	Udstanset
<b>Gearkasse</b>			
- Silikonefedt	Polydimethylsiloxan	100	Div.
- Kassen	Aluminium	807	Formstøbt
- Metaltandhjul	Aluminium	399	Formstøbt
- Balancehjul	Stål	215	Udstanset
- Brødgitter	Stål	63	Trådtrukket
- Glideguide	Stål	25	Ekstruderet
- Betjeningsmodul	Stål	28	Udstanset
<b>Elektronik</b>			
- Holder	Polypropylen (PP)	66	Sprøjttestøbt
- Printplade	Div.	25	Div.
- Ledning	Kobber/PVC	1,6M/91	Trådtrukket/ekstruderet
<b>Tilbehør</b>			
- Dejkrog	Aluminium	113	Formstøbt
- Mixer	Aluminium	120	Formstøbt
- Piskeris	Aluminium/stål	174	Formstøbt/Trådtrukket
- Silikonemåtte	Silikone	30	Sprøjttestøbt
- Skål	Polypropylen (PP)	425	Sprøjttestøbt
<b>Skruer</b>	Stål	116	Rullet
<b>Emballage</b>	Bølgepap	734	Div.
<b>Total:</b>		<b>5721</b>	

Motor:

Komponent	Materiale	Vægt i gram	Fremstilling
<b>Housing</b>			
- Skal	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	51	Sprøjtetøbt
- Ende	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	12	Sprøjtetøbt
- Top	Nylon 6.6	11	Sprøjtetøbt
<b>Stator</b>			
- Kobberspøler	Kobber	161	Trådtrukket
- Stålkerner	Stål	592	Udstanset
- Ender	Nylon 6.6	32	Sprøjtetøbt
- Ledninger	div.	10	div.
- Akselholdere	Stål	167	Formstøbt
<b>Rotor</b>			
- Aksel	Stål	66	Ekstruderet
- Stålkerner	Stål	209	Udstanset
- Kobberspøler	Kobber	97	Trådtrukket
- Commutator	Kobber/nylon	28	Formstøbt
- Børster	Grafit	4	-
- Blæser/tandhjul	Nylon 6.6	29	Sprøjtetøbt
- Isolering	kraftpapir	6	Film ekstruderet
<b>Total:</b>		<b>1475</b>	



## Kortlægning

Det følgende afsnit præsenterer kortlægningen for det undersøgte produkts livscyklus. Denne kortlægning er hvad der danner fundamentet for modelleringen.

Som nævnt i den overordnede metode for de udarbejdede livscyklusanalyser, er brugsfasen ekskluderet i denne modellering, da denne fase vil forblive uændret da en erstatning af det oprindelige produkt med et nyere ikke vil få en indflydelse på brugen af produktet. En detaljeret gennemgang af de resterende livscyklusfaser for det modellerede produkt kan derfor findes herunder.

### *Råmaterialer og produktion*

Livscyklussen for en Kenwood KM 300 Chef starter med produktion af de støbte aluminiumskomponenter fx de primære dele af kroppen samt nogle dele af gearkassen. Parallelt med dette bliver diverse plastikkomponenter sprøjtstøbt. Her bliver plastgranulaterne hældes i et varmekar hvorefter de bliver sprøjtet ind i en stålform ved højt tryk. Stålformene som bruges i sprøjtstøbeprocessen består af 2 dele og oftest vil der blive produceret mange af den samme komponent i hver sprøjtstøbning. Når den flydende plastik er hærdet, trækkes hver side af stålformen fra hinanden, og de enkelte komponenter bliver skubbet ud af formen af automatiseret udskubberer (små metal cylindere). Hele denne proces gør det også let at identificere sprøjtstøbte komponenter, da processen efterlader mange spor på komponenterne som fx indløbsmarkeringer. Udover de sprøjtstøbte komponenter er der også komponenter i røremaskinen som er udstanset, fx betjeningsmodulet på gearkassen. Disse komponenter produceres ved at rulle en tynd sektion af stål ind i en udstanser som er en presse der trykker en stor form, ved højt tryk, ned over en stationær form hvorved stålet bliver formet og tilpasset formen. Den sidste af de primære produktionsformer der bruges til at producere en røremaskine, er ekstrudering og herunder trådtrækning.

Fælles for disse to produktionsmetoder er at materialet der bruges presses igennem en stationær form, som giver en kontinuerligt formet sektion af materialet, ved ekstrudering er det muligt at lave komplekse tværsnit, hvor ved trådtrækning vil der oftest være tale om et cirkulært tværsnit.

Parallelt med konstruktionen af kroppen og de mekaniske komponenter, bliver de elektriske komponenter produceret, som fx printpladen samt motoren, hvor der i højere grad gøres brug af kostbare metaller. Når alle de nødvendige organer er produceret, bliver den endelige røremaskine samlet. Dette sker hovedsageligt manuelt ved en produktionslinje, hvorefter køkkenmaskinen pakkes og forberedes til distribution.

### *Transport*

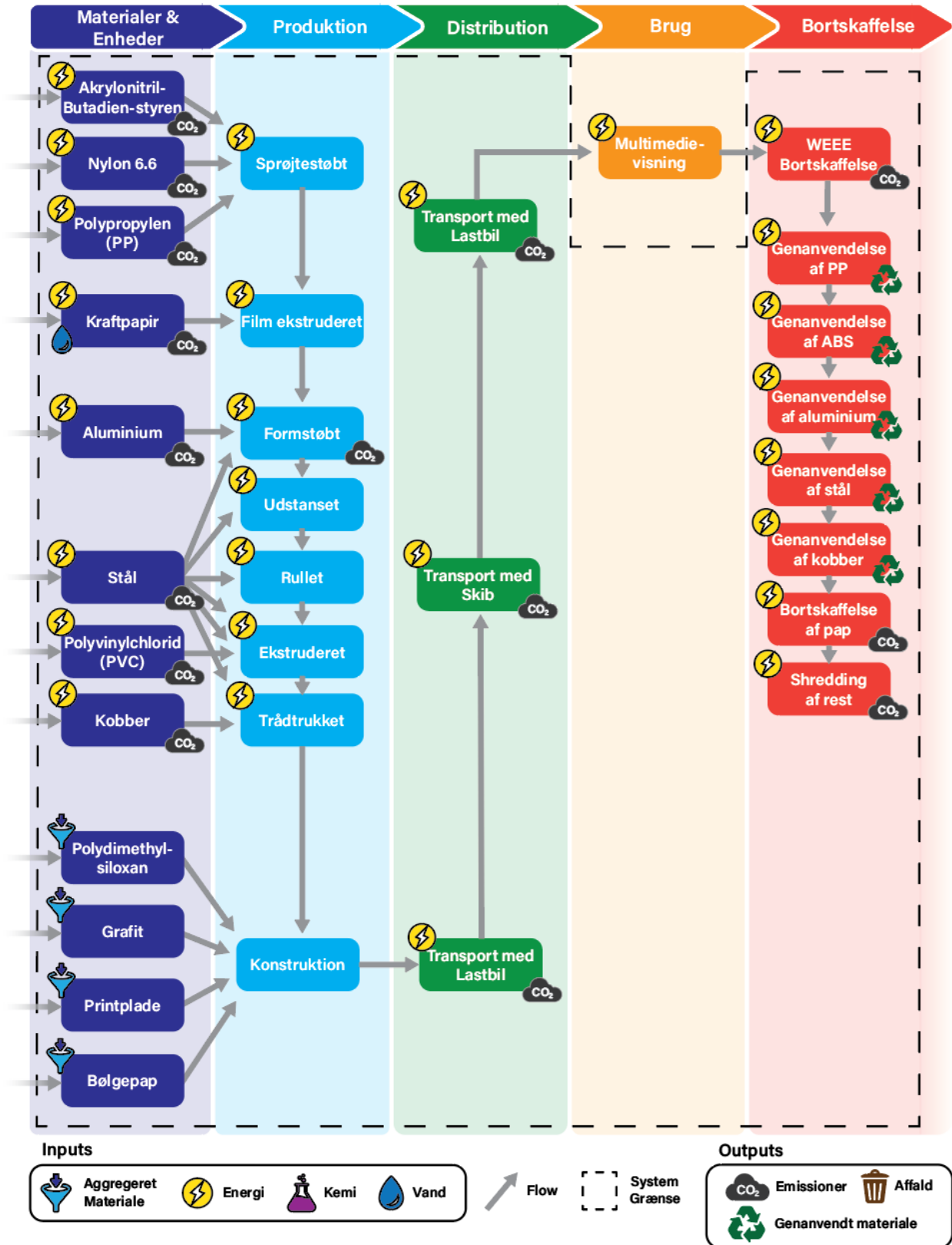
Som det fremgår af produktbeskrivelsen bliver køkkenmaskinen produceret i Kina, og anvendt i Danmark. Transport scenariet er derfor bygget op omkring dette, hvilket vil sige at der antages en transport på 500 km i Kina med en EURO 5 certificeret lastbil, herefter sejles brødristeren via containerskib til Rotterdam, en samlet rejse på 12000 nm eller 22222 km (*Ports.com*, n.d.), hvorefter den lastes over i en EURO 6 certificeret lastbil som transporterer brødristeren de resterende 831 km til Odense. Odense er valgt da brødristeren kan blive anvendt alle steder i Danmark, og Odense er en centralt beliggende storby i Danmark.

### *Bortskaffelse*

Når køkkenmaskinen har udtjent sin levetid, vil den blive bortskaffet. I Danmark sker dette som udgangspunkt ved at den afleveres på en genbrugsstation som sørger for at elektriske og elektroniske produkter bliver overleveret til Elretur. Elretur sørger, i Danmark, for at producentansvaret overholdes, hvilket betyder at de varetager ansvaret for at de indleveret produkter bliver dekonstrueret efter de, til hver en tid gældende, "Waste Electrical and Electronic Equipment" (WEEE) standarder (*WEEE-direktivet - affald.dk*, n.d.).

## Systemgrænse

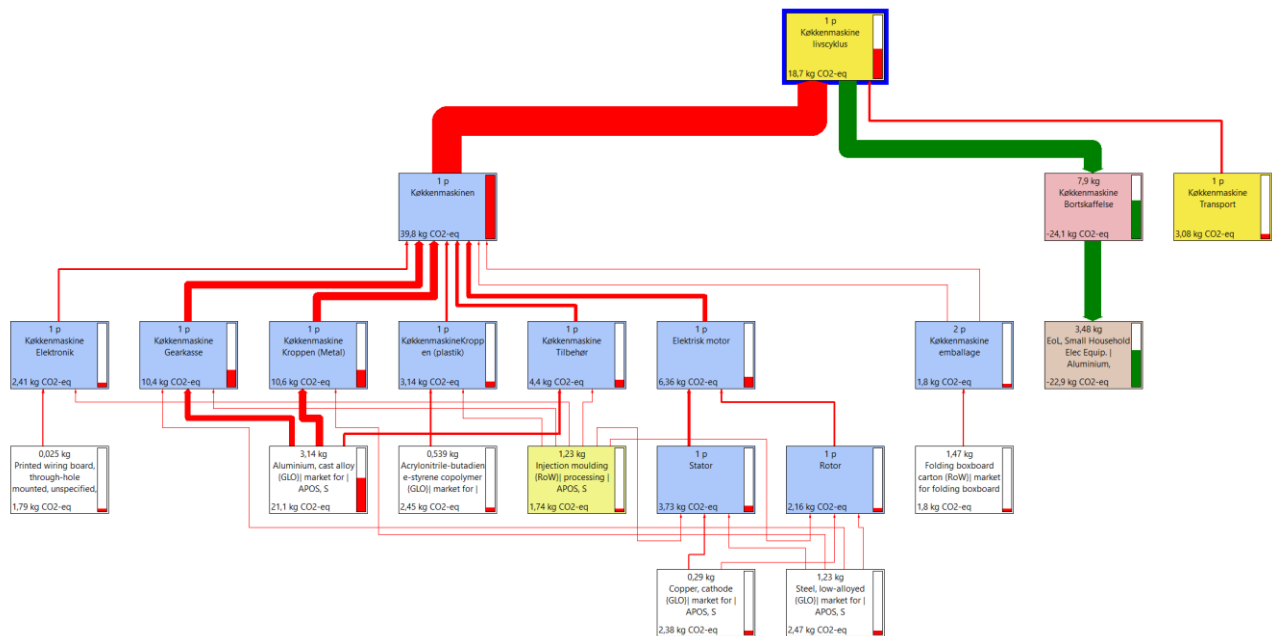
Nedenstående visualisering af systemgrænsen for denne modellering, er udarbejdet iht. fremgangsmåden beskrevet i Greenhouse Gas Protocol (2011).



## Vurdering af miljøpåvirkningerne

I det følgende afsnit vil resultaterne fra LCA-modelleringen blive præsenteret, samt en tolkning af disse.

### Resultater



Figur 15: Figur af netværket for det modellerede produkt, vist ved 4% afskæring.

### Fortolkning

LCA-modelleringen (Figur 15) viser at en Kenwood KM 300 Chef røremaskine, over sin produktion, distribution, og bortskaffelse vil have potentialet til at udlede 18,7 kg CO<sub>2</sub>e. Resultatet er, fordelt på råstof udvinding, produktion, distribution samt bortskaffelse.

Som det fremgår af Figur 2 er det køkkenmaskinens aluminium samt motor, der står for den primære udledning af CO<sub>2</sub>e. Disse to poster udgør tilsammen 69% af udledningen fra produktet.

Samtidig fremgår det også at 60% af den samlede CO<sub>2</sub>e udledning fra produktet kan tilbageføres ved korrekt bortskaffelse, hvilket primært skyldes den høje genanvendelsesprocent af aluminium.

### Data oversigt:

Produkt	Vægt	Emissioner	Emissioner/g
Kenwood KM300 Chef	7196 g	18.700 g CO <sub>2</sub> e	2,59 g CO <sub>2</sub> e/g

### Sensitivitet:

- Transporten i Europa er antaget til at forgå med en EURO 6 certificeret lastbil, denne er valgt, da EURO 6 standarden har været i brug siden september 2015 (The AA, n.d.).

På baggrund af dette er det antaget at størstedelen af de funktionelle lastbiler der køre i Europa overholder denne standard. Skulle en lastbil med en lavere emission standard blive brugt til transport, ville dette få minimal indflydelse på resultatet, da emissionsstandarderne er trinvis, og distancen ikke er længere.

- Transporten i Kina er antaget til at være 500 km da dette dækker størstedelen af den industrielle del af Kina ift. afstand til en af de store havne. Som det fremgår af modelleringen ville en substantiel ændring på transportparametrene ikke give det store udsving da produktet ikke er større.
- Transportformen i Kina er modelleret efter en lastbil der overholder "EURO 5" standarden da denne standard er svarende til emissionsstandarden "China V" (Gang et al., 2019) som blev implementeret i 2016, og er den mest udbredte standard i Kina, hvis man kigger på andelen af registreret "heavy-duty trucks" som overholder denne standard (*Transport Policy*, n.d.)
- Printpladen som køkkenmaskinen gør brug af er ikke kortlagt ift. materialer, men er derimod modelleret som "Printed wiring board, hole mounted" da dette er typen af printplade som er benyttet i køkkenmaskinen. Da denne proces er stærkt udledende ift. vægt, er modelleringen sensitiv overfor ændringer i denne proces.
- Motoren i denne modellering er en børstet DC-motor. Det betyder at motoren har 2 børster som sidder mellem statoren og rotoren. Børsternes funktion er at overfører strømmen til rotoren som skaber rotation i akslen. Børsterne er altså essentielle for at motoren fungerer. Børsterne er lavet af grafit, hvilket er et materiale som ikke findes i Ecoinvent databasen. Grafit er en krystallinsk form af kulstof med en næsten perfekt struktur (King, n.d.). I denne modellering er processen "activated carbon, granular" valgt, da aktivt kulstof ofte omtales som "beskidt" grafit, da aktivt kulstofs materielle komposition er næsten identisk til grafit, men den krystallinske struktur er mere tilfældig og uperfekt (Chemviron, n.d.).
- Da det ikke har været muligt at dekonstruerer ledningen der er monteret på den undersøgte køkkenmaskine, er køkkenmaskines ledningen manuelt modelleret efter mængdedata fra miljøstyrelsen for en "ikke-grøn" 3-leder tilledning på 0,75mm<sup>2</sup> der vejer 57kg pr. km og indeholder 24% kobber (Miljøstyrelsen, 2008).
- I forbindelse med modelleringen af bortskaffelsesfasen har det ikke været muligt at bestemme hvorvidt plastikkomponenterne indeholder bromeret flammehæmmer (BFR). BFR er stærkt reguleret og plastikkomponenter der indeholder BFR går igennem en mere udførlig behandlingsproces når det kommer til bortskaffelsen.
- Ud af de 2,6 millioner ton plastik som hvert år bliver håndteret iht. WEEE standarderne i Europa estimeres det at op mod 9% indeholder BFR (The International Bromine Council, 2020). Dette betyder også at langt størstedelen (91%) ikke indeholder BFR og derfor er det, i denne modellering, antaget at plastikkomponenterne ikke indeholder BFR, og på den baggrund er de modelleret som sådan.



## Produkt: Yamaha RX396RDS

### Formål og afgrænsning

Denne LCA skal danne grundlag for én af de 10 produktkategorier der undersøges i miljøberegner projektet for RCDK, nemlig en stereoforstærker eller mere specifikt, en Yamaha RX396RDS.



Figur 16: Illustration af det modellerede produkt

Formålet er at bruge resultaterne fra denne LCA til at fastsætte en gennemsnitlig CO<sub>2</sub>e

udledning for en stereoforstærker, baseret på dens vægt. Denne udledning vil herefter kunne blive ekstrapoleret, på baggrund af vægten, hvorved resultatet kan bruges til at give en indikation for udledningen af andre, men tilsvarende, stereoforstærkere.

Denne ekstrapolation, og derved resultaterne fra denne LCA, skal bruges til at udvikle en digital miljøberegner der kan hjælpe RCDKs brugere med at få en indikation for hvor meget CO<sub>2</sub>e de sparer miljøet for, hvis de får deres produkter repareret.

### Beskrivelse af produktet

Produktet der undersøges i denne LCA er en stereoforstærker. Mere specifikt er det en Yamaha RX396RDS med en samlet vægt på 6,1kg og en effekt på 120 Watt. Den består primært af stål, aluminium og printplader, samt nogle enkelte plast komponenter. Levetiden for stereoforstærkere varierer meget afhængigt af kvaliteten af de elektroniske komponenter, men det estimeres at en stereoforstærker af god kvalitet vil kunne holde i op mod 30-40 år, hvilket dog sjældent er realiteten da de bliver skiftet ud pga. teknologisk udvikling fremfor udtjent levetid (Home Theater Academy, 2021).

### Funktionel enhed og reference flow

#### Funktionel enhed:

Den funktionelle enhed er defineret som 35 års brug af en stereoforstærker, der både modtager og forstærker lydsignaler.

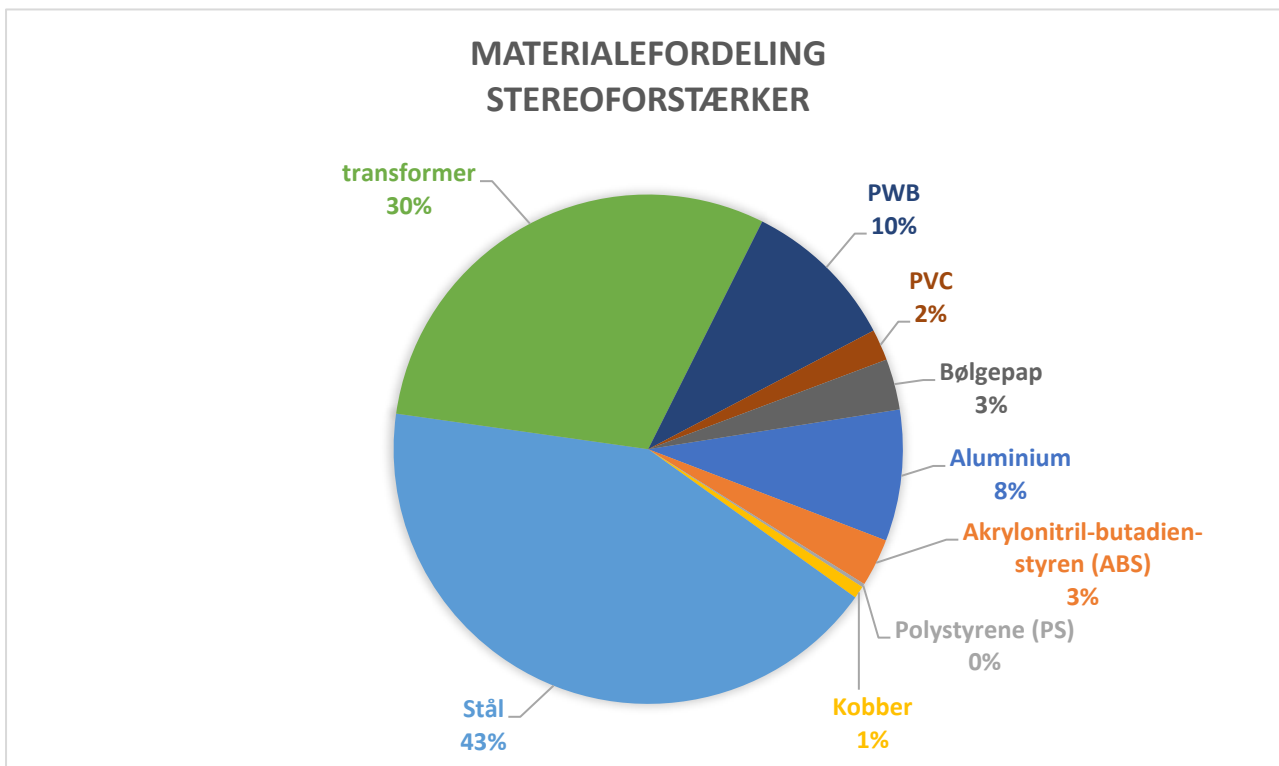
#### Reference flow:

Referenceflowet for den ovenstående funktionelle enhed er 1 Yamaha RX396RDS.

### Bill of Materials (BOM)

Den nedenstående BOM er udarbejdet ved at foretage en komplet dekonstruktion af det undersøgte produkt. Under dekonstruktionen er alle komponenter blevet separeret og vejet hvorefter materialerne er blevet bestemt. Det sidste led i denne proces var at bestemme produktionsformen, hvilket er blevet gjort på baggrund af de spor som forskellige produktionsformer efterlader på komponenterne og i de respektive materialer.

Komponent	Materiale	Vægt i gram	Fremstilling
Skallen	Stål	2648	Udstansning
Frontpanel	Aluminium	287	Ekstruderet
Betjeningspanel	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	114	Sprøjttestøbt
Knapper	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	25	Sprøjttestøbt
Fødder	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	54	Sprøjttestøbt
Holder (betjeningspanel)	Polystyrene (PS)	14	Sprøjttestøbt
Kobberskruer	Kobber	10	Rullet
Stålskruer	Stål	34	Rullet
Køler (passiv)	Aluminium	241	Ekstruderet
<b>Elektronik</b>			
- Transformer	Div.	1910	Div.
- Printplader	Div.	627	Div.
- Ledninger (interne)	PVC / Kobber	52	Trådtrukket/Ekstruderet
- Ledning (ekstern)	PVC / Kobber	2 M / 114	Trådtrukket/Ekstruderet
Emballage	Bølgepap	204	Div.
<b>Total:</b>		<b>6334</b>	



## Kortlægning

Det følgende afsnit præsenterer kortlægningen for det undersøgte produkts livscyklus. Denne kortlægning er hvad der danner fundamentet for modelleringen.

Som nævnt i den overordnede metode for de udarbejdede livscyklusanalyser, er brugsfasen ekskluderet i denne modellering, da denne fase vil forblive uændret da en erstatning af det oprindelige produkt med et nyere ikke vil få en indflydelse på brugen af produktet. En detaljeret gennemgang af de resterende livscyklusfaser for det modellerede produkt kan derfor findes herunder.

### *Råmaterialer og produktion*

Livscyklussen for en stereoforstærker starter med produktion af den yderste skal. Skallen består af hhv. udstanset stål-elementer, samt et større betjeningspanel af akrylonitril-butadien-styren (ABS). Betjeningspanelet, samt de resterende plastikkomponenter er fremstillet ved sprøjttestøbning, hvilket forgår ved at de respektive plastgranulater bliver hældt i et varmekar hvorefter de bliver sprøjtet ind i en stålform ved højt tryk. Stålformen består af 2 dele og oftest vil der blive produceret mange af den samme del i hver sprøjttestøbningsproces. Når den flydende plastik er hærdet, trækkes hver side af stålformen fra hinanden, og de enkelte plastikkomponenter bliver skubbet ud af formen af automatiseret udskubberer (små metal cylindere). Hele denne proces gør det også let at identificere sprøjttestøbte komponenter, da processen efterlader mange spor på komponenterne som fx indløbsmarkeringer. Udover de sprøjttestøbte komponenter er der også en række stålkomponenter som er udstanset. Disse komponenter produceres ved at rulle en tynd sektion af stål ind i en udstanser som er en presse der trykker en form, ved højt tryk, ned over en stationær form hvorved stålet bliver formet og tilpasset formen. Den sidste andel af centrale komponenter er elektronikken disse er hhv. transformeren der vejer lige under 2 kilo, samt printpladerne der har en samlet vægt på lige under 700g. Når alle komponenterne er produceret, bliver forstærkeren samlet. Dette sker manuelt, på et samlebånd i Frankrig, og starter med at bunden samt siderne af den ydre skal, sættes sammen, og danner herefter chassiset for alt elektronikken som monteres her i. Inden den øvre skal bliver sat på, monteres betjeningspanelet samt diverse knapper når stereoforstærkeren er samlet, bliver den klargjort til transport.

### *Transport*

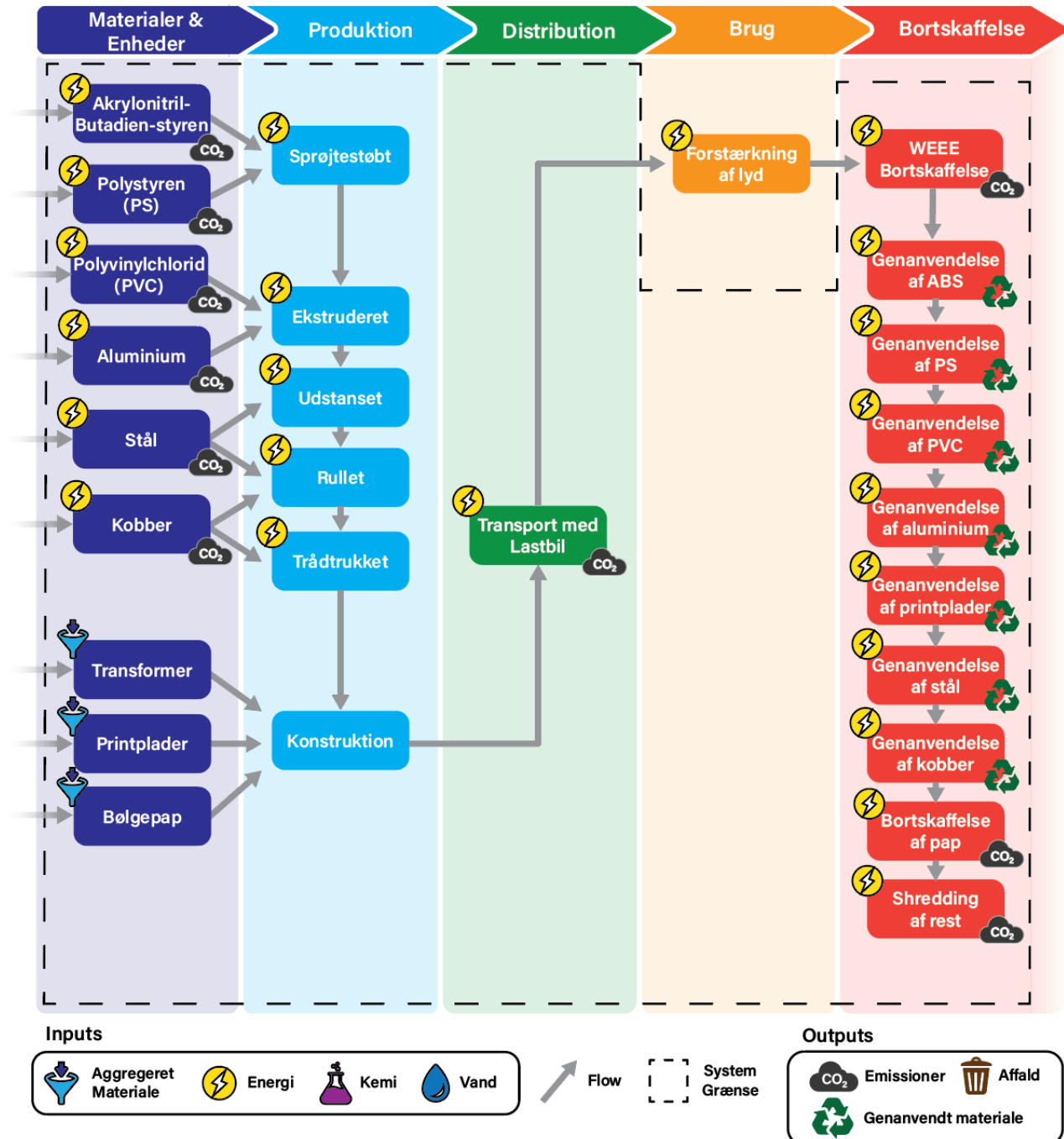
Stereoforstærkeren fra Yamaha produceres ved Yamahas fabrik i Croissy-Beaubourg, Frankrig. Det betyder at når stereoforstærkeren er produceret og pakket, bliver den læsset på en EURO 6 certificeret lastbil, og kørt til Danmark. Mere specifikt transporteres støvsugeren i dette scenarie til Odense da den kan bruges alle steder i Danmark, og Odense er en stor og central by. Denne tur, fra Croissy-Beaubourg til Odense er på 1201 km.

### *Bortskaffelse*

Når stereoforstærkeren har udtjent sin levetid, vil den blive bortskaffet. I Danmark sker dette som udgangspunkt ved at den afleveres på en genbrugsstation som sørger for at elektriske og elektroniske produkter bliver overleveret til Elretur. Elretur sørger, i Danmark, for at producentansvaret overholdes, hvilket betyder at de varetager ansvaret for at de indleveret produkter bliver dekonstrueret efter de, til hver en tid gældende, "Waste Electrical and Electronic Equipment" (WEEE) standarder (*WEEE-direktivet - affald.dk*, n.d.).

## Systemgrænse

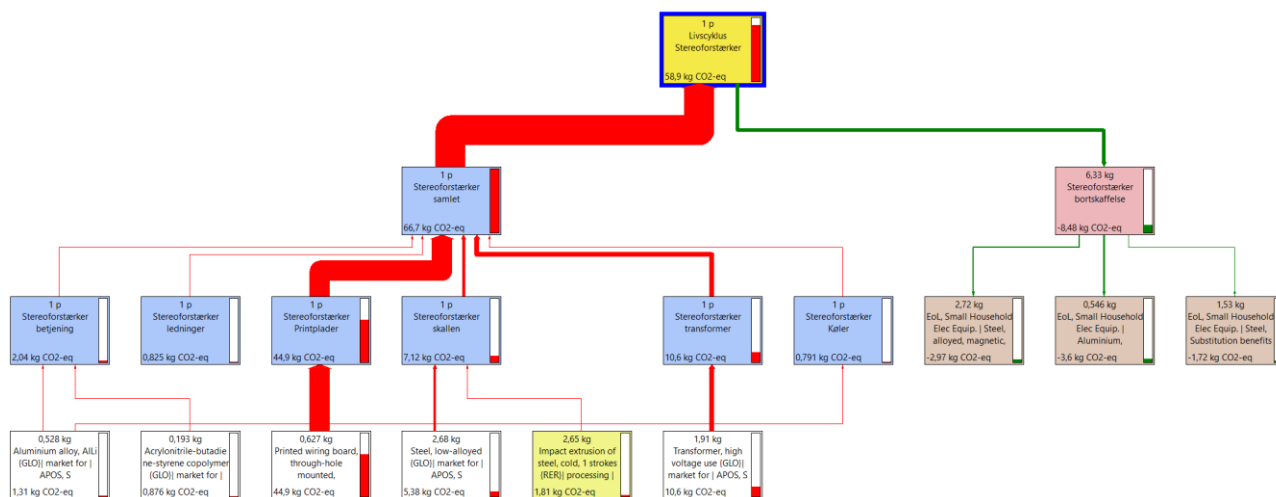
Nedenstående visualisering af systemgrænsen for denne modellering, er udarbejdet iht. fremgangsmåden beskrevet i Greenhouse Gas Protocol (2011).



## Vurdering af miljøpåvirkningerne

I det følgende afsnit vil resultaterne fra LCA-modelleringen blive præsenteret, samt en tolkning af disse.

### Resultater



Figur 17: Figur af netværket for det modellerede produkt, vist ved 1% afskæring.

### Fortolkning

LCA-modelleringen (Figur 17) viser at en Yamaha RX396RDS stereoforstærker, over sin produktion, distribution, og bortskaftelse vil have potentialet til at udlede 58,9 kg CO<sub>2</sub>e. Resultatet er, fordelt på råstof udvinding, produktion, distribution samt bortskaftelse.

Som det fremgår af Figur 2 er det stereoforstærkerens elektronik, der står for den primære udledning af CO<sub>2</sub>e. Denne poster udgør sammenlagt 67% af udledningen fra produktet.

Samtidig fremgår det også at 13% af den samlede CO<sub>2</sub>e udledning fra produktet kan tilbageføres ved korrekt bortskaftelse, hvilket primært skyldes de høje genanvendelsesprocenter på stål og aluminium.

### Data oversigt:

Produkt	Vægt	Emissioner	Emissioner/g
Yamaha RX396RDS	6334 g	58.900 g CO <sub>2</sub> e	9,29 g CO <sub>2</sub> e/g

#### Sensitivitet:

- Transporten i Europa er antaget til at forgå med en EURO 6 certificeret lastbil, denne er valgt, da EURO 6 standarden har været i brug siden september 2015 (The AA, n.d.). På baggrund af dette er det antaget at størstedelen af de funktionelle lastbiler der kører i Europa overholder denne standard. Skulle en lastbil med en lavere emission standard blive brugt til transport, ville dette få minimal indflydelse på resultatet, da emissionsstandarderne er trinvis, og distancen ikke er længere.
- De printplader som stereoforstærkeren indeholder er ikke blevet kortlagt ift. materialer, men er derimod modelleret som "Printed wiring board, hole mounted" da dette er typen af printplade som er benyttet i stereoforstærkeren. Da denne proces er stærkt udledende ift. vægt, er modelleringen sensitiv overfor ændringer i denne proces.
- Da det ikke har været muligt at dekonstruerer ledningen der er monteret på den undersøgte stereoforstærker, er stereoforstærkerens ledningen manuelt modelleret efter mængdedata fra miljøstyrelsen for en "ikke-grøn" 3-leder tilledning på 0,75mm<sup>2</sup> der vejer 57kg pr. km og indeholder 24% kobber (Miljøstyrelsen, 2008).
- I forbindelse med modelleringen af bortskaffelsesfasen har det ikke været muligt at bestemme hvorvidt plastikkomponenterne indeholder bromeret flammehæmmer (BFR). BFR er stærkt reguleret og plastikkomponenter der indeholder BFR går igennem en mere udførlig behandlingsproces når det kommer til bortskaffelsen. Ud af de 2,6 millioner ton plastik som hvert år bliver håndteret iht. WEEE standarderne i Europa estimeres det at op mod 9% indeholder BFR (The International Bromine Council, 2020). Dette betyder også at langt størstedelen (91%) ikke indeholder BFR og derfor er det, i denne modellering, antaget at plastikkomponenterne ikke indeholder BFR, og på den baggrund er de modelleret som sådan.

Produkt: Epiq 9001020326

#### Formål og afgrænsning

Denne LCA skal danne grundlag for én af de 10 produktkategorier der undersøges i miljøberegner projektet for RCDK, nemlig en brødrister eller mere specifikt, en Epiq 9001020326.

Formålet er at bruge resultaterne fra denne LCA til at fastsætte en gennemsnitlig CO<sub>2</sub>e udledning for en brødrister, baseret på dens vægt. Denne udledning vil herefter kunne blive ekstrapoleret, på baggrund af vægten, hvorved resultatet kan bruges til at give en indikation for udledningen af andre, men tilsvarende, brødrister.



Figur 18: Illustration af en gennemsnitlig brødrister, repræsentativ for det undersøgte produkt

Denne ekstrapolation, og derved resultaterne fra denne LCA, skal bruges til at udvikle en digital miljøberegner der kan hjælpe RCDKs brugere med at få en indikation for hvor meget CO<sub>2</sub>e de sparer miljøet for, hvis de får deres produkter repareret.

#### Beskrivelse af produktet

Produktet der undersøges i denne LCA er en brødrister. Mere specifikt er det en Epiq 9001020326. Brødristeren er en American-style brødrister med plads til 2 skiver brød. Den består primært af plast og metal og har en maksimal effekt på 800 watt. Brødristeren har en forventet levetid på 5-8 år (AHS, n.d.). Enheden er produceret i Kina og transporteret til og anvendt i Danmark.

#### Funktionel enhed og reference flow

##### **Funktionel enhed:**

Den funktionelle enhed er defineret som 2190 brødristninger i Danmark med en kinesisk produceret brødrister, svarende til dagligt brug i 6 år.

##### **Referenceflow:**

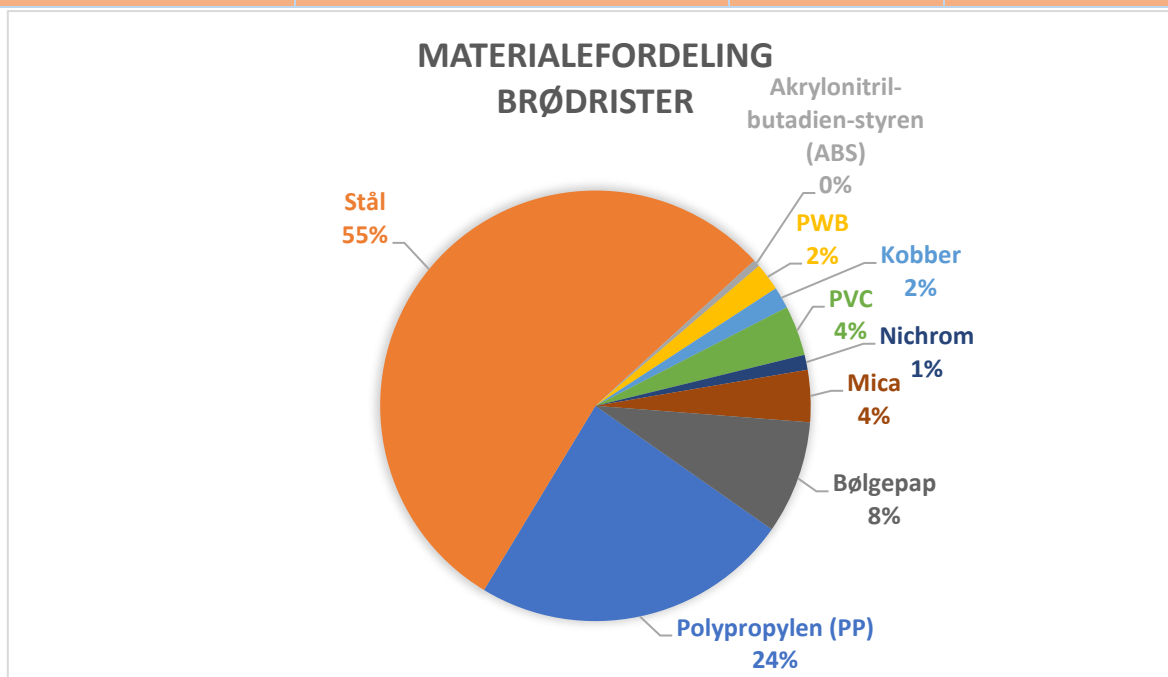
Referenceflowet for den ovenstående funktionelle enhed er 1 stk. Epiq 9001020326 brødrister.



### Bill of materials (BOM)

Den nedenstående BOM er udarbejdet ved at foretage en komplet dekonstruktion af det undersøgte produkt. Under dekonstruktionen er alle komponenter blevet separeret og vejet hvorefter materialerne er blevet bestemt. Det sidste led i denne proces var at bestemme produktionsformen, hvilket er blevet gjort på baggrund af de spor som forskellige produktionsformer efterlader på komponenterne og i de respektive materialer.

Komponent	Materiale	Vægt i gram	Fremstilling
<b>Ydre skal</b>			
- Plast ender	Polypropylen (PP)	276	Sprøjtestøbt
- Sider	Stål	165	Udstanset
- Toppen	Stål	44	Udstanset
- Knapper	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	6	Sprøjtestøbt
<b>Elektronik</b>			
- Printplader	Div.	24	Div.
- Spole	Kobber	5	Trådtrukket
- Jernkerne	Stål	15	Udstanset
- Varmelegmer	Nichrom	13	Trådtrukket
- Isolering	Mica	45	Udstanset
- Ledning	Kobber/PVC	1 m / 57	Trådtrukket/ ekstruderet
<b>Skelettet</b>			
- Rammen	Stål	289	Udstanset
- Brødgitter	Stål	63	Trådtrukket
- Glideguide	Stål	25	Ekstruderet
- Betjeningsmodul	Stål	28	Udstanset
<b>Emballage</b>	Bølgepap	98	Div.
<b>Total:</b>		<b>1153</b>	



## Kortlægning

Det følgende afsnit præsenterer kortlægningen for det undersøgte produkts livscyklus. Denne kortlægning er hvad der danner fundamentet for modelleringen.

Som nævnt i den overordnede metode for de udarbejdede livscyklusanalyser, er brugsfasen ekskluderet i denne modellering, da denne fase vil forblive uændret da en erstatning af det oprindelige produkt med et nyere ikke vil få en indflydelse på brugen af produktet. En detaljeret gennemgang af de resterende livscyklusfaser for det modellerede produkt kan derfor findes herunder.

## Råmaterialer og produktion

Livscyklussen for en Epiq brødrister starter med produktion af Polypropylen (PP) granulat, og rullet stål. Brødristeren består primært af disse to materialer. For Polypropylenen gælder at plastgranulaterne hældes i et varmekar hvorefter de bliver sprøjtet ind i en stålform ved højt tryk. Stålfornene som bruges i sprøjttestøbeprocessen består af 2 dele og oftest vil der blive produceret mange af den samme komponent i hver sprøjttestøbningsproces. Når den flydende plastik er hærdet, trækkes hver side af stålfornen fra hinanden, og de enkelte komponenter bliver skubbet ud af formen af automatiseret udskubberer (små metal cylindere). Hele denne proces gør det også let at identificere sprøjttestøbte komponenter, da processen efterlader mange spor på komponenterne som fx indløbsmarkeringer. Udover de sprøjttestøbte komponenter er der også komponenter i brødristeren som er udstanset, nemlig siderne og toppen af den ydre skal, samt det meste af det indre skelet. Disse komponenter produceres ved at rulle en tynd sektion af stål ind i en udstanser som er en presse der trykker en stor form, ved højt tryk, ned over en stationær form hvorved stålet bliver formet og tilpasset formen.

Parallelt med konstruktionen af skallen, samt skelettet, bliver både varmelegemer og printplader produceret. Når alle de nødvendige organer er produceret, bliver den endelige brødrister samlet manuelt, og forberedt til distribution.

## Transport

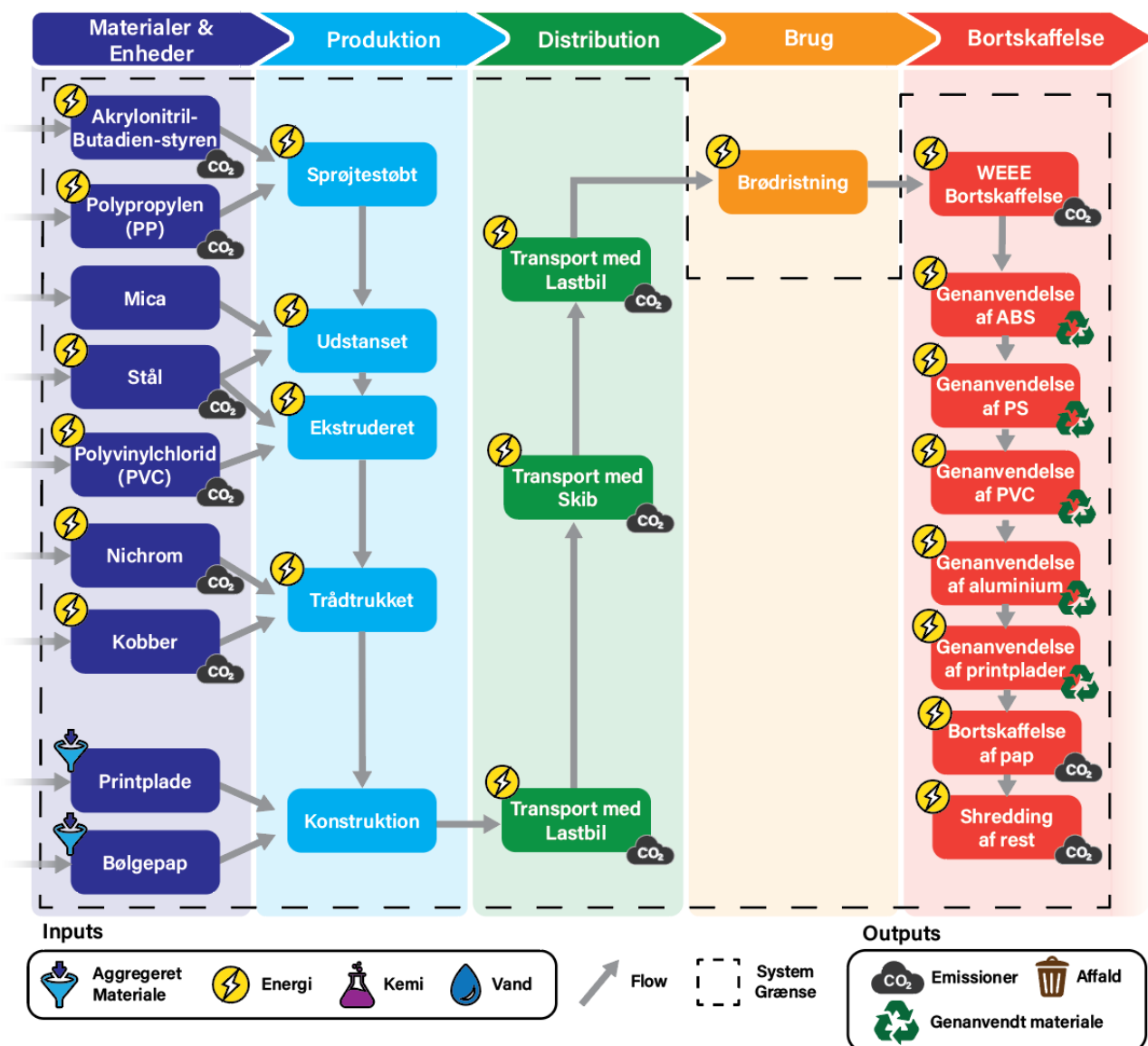
Som det fremgår af produktbeskrivelsen bliver brødristeren produceret i Kina, og anvendt i Danmark. Transport scenariet er derfor bygget op omkring dette, hvilket vil sige at der antages en transport på 500 km i Kina med en EURO 5 certificeret lastbil, herefter sejles brødristeren via containerskib til Rotterdam, en samlet rejse på 12000 nm eller 22222 km (*Ports.com, n.d.*), hvorefter den lastes over i en Euro 6 certificeret lastbil som transporterer brødristeren til Odense. Odense er valgt da brødristeren kan blive anvendt alle steder i Danmark, og Odense er en centralt beliggende storby i Danmark.

## Bortskaffelse

Når brødristeren har udtjent sin levetid, vil den blive bortskaffet. I Danmark sker dette som udgangspunkt ved at den afleveres på en genbrugsstation som sørger for at elektriske og elektroniske produkter bliver overleveret til Elretur. Elretur sørger, i Danmark, for at producentansvaret overholdes, hvilket betyder at de varetager ansvaret for at de indleveret produkter bliver dekonstrueret efter de, til hver en tid gældende, "Waste Electrical and Electronic Equipment" (WEEE) standarder (WEEE-direktivet - [affald.dk](http://affald.dk), n.d.).

## Systemgrænse

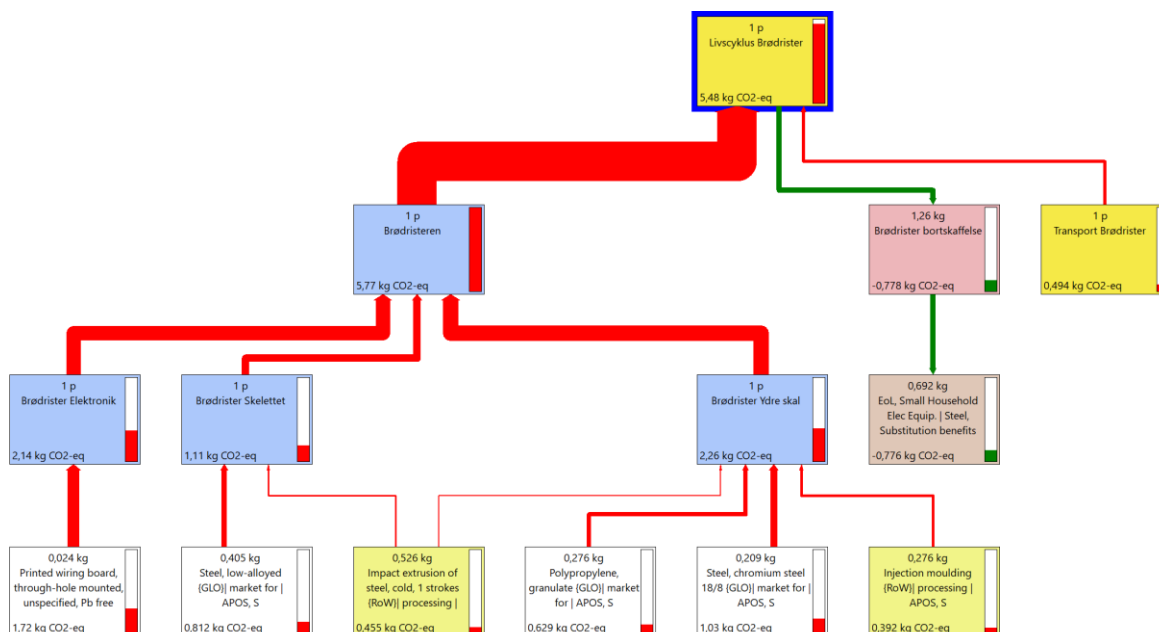
Nedenstående visualisering af systemgrænsen for denne modellering, er udarbejdet iht. fremgangsmåden beskrevet i Greenhouse Gas Protocol (2011).



## Vurdering af miljøpåvirkningerne

I det følgende afsnit vil resultaterne fra LCA-modelleringen blive præsenteret, samt en tolkning af disse.

### Resultater



Figur 19: Figur af netværket for det modellerede produkt, vist ved 5% afskæring.

### Fortolkning

LCA-modelleringen (Figur 19) viser at en Epiq 9001020326 brødrister, over sin produktion, distribution, og bortskaffelse vil have potentialet til at udlede 5,48 kg CO<sub>2</sub>e. Resultatet er, fordelt på råstof udvinding, produktion, distribution samt bortskaffelse.

Som det fremgår af Figur 2 er det køkkenmaskinens elektronik samt stål, der står for den primære udledning af CO<sub>2</sub>e. Disse to poster udgør tilsammen 69% af udledningen fra produktet.

Samtidig fremgår det også at 13% af den samlede CO<sub>2</sub>e udledning fra produktet kan tilbageføres ved korrekt bortskaffelse, hvilket primært skyldes den høje genanvendelsesprocent af stål.

### Data oversigt:

Produkt	Vægt	Emissioner	Emissioner/g
Epiq 9001020326	1153 g	5480 g CO <sub>2</sub> e	4,75 g CO <sub>2</sub> e/g

### Sensitivitet:

- Transporten i Europa er antaget til at forgå med en EURO 6 certificeret lastbil, denne er valgt, da EURO 6 standarden har været i brug siden september 2015 (The AA, n.d.). På baggrund af dette er det antaget at størstedelen af de funktionelle lastbiler der kører i Europa overholder denne standard.

Skulle en lastbil med en lavere emission standard blive brugt til transport, ville dette få minimal indflydelse på resultatet, da emissionsstandarderne er trinvis, og distancen ikke er længere.

- Transporten i Kina er antaget til at være 500 km da dette dækker størstedelen af den industrielle del af Kina ift. afstand til en af de store havne. Som det fremgår af modelleringen ville en substantiel ændring på transportparametrene ikke give det store udsving da produktet ikke er større.
- Transportformen i Kina er modelleret efter en lastbil der overholder "EURO 5" standarden da denne standard er svarende til emissionsstandarden "China V" (Gang et al., 2019) som blev implementeret i 2016, og er den mest udbredte standard i Kina, hvis man kigger på andelen af registreret "heavy-duty trucks" som overholder denne standard (*Transport Policy*, n.d.)
- Printpladen er ikke kortlagt ift. materialer, men er derimod modelleret som "Printed wiring board, hole mounted" da dette er typen af printplade som er benyttet i brødristeren. Da denne proces er stærkt udledende ift. vægt, er modelleringen sensitiv overfor ændringer i denne proces.
- I forbindelse med modelleringen af bortskaffelsesfasen har det ikke været muligt at bestemme hvorvidt plastikkomponenterne indeholder bromeret flammehæmmer (BFR). BFR er stærkt reguleret og plastikkomponenter der indeholder BFR går igennem en mere udførlig behandlingsproces når det kommer til bortskaffelsen. Ud af de 2,6 millioner ton plastik som hvert år bliver håndteret iht. WEEE standarderne i Europa estimeres det at op mod 9% indeholder BFR (The International Bromine Council, 2020). Dette betyder også at langt størstedelen (91%) ikke indeholder BFR og derfor er det, i denne modellering, antaget at plastikkomponenterne ikke indeholder BFR, og på den baggrund er de modelleret som sådan.
- Da det ikke har været muligt at dekonstruerer ledningen der er monteret på den undersøgte køkkenmaskine, er køkkenmaskines ledningen manuelt modelleret efter mængdedata fra miljøstyrelsen for en "ikke-grøn" 3-leder tilledning på 0,75mm<sup>2</sup> der vejer 57kg pr. km og indeholder 24% kobber (Miljøstyrelsen, 2008).
- Brødristeren indeholder en række isolerende elementer, disse består af materialet mica, hvilket er betegnelsen for en specifik gruppe af silikatminerale. Dette er ikke et materiale der findes i Ecoinvent databasen som er blevet brugt til denne modellering. I denne modellering er disse isolationselementer derfor modelleret som sand og knust grus da disse materialer hovedsageligt består af silikat men også specifikt mica (Swiss Center for Life Cycle Inventories, 2007). Isolationselementernes bidrag til den samlede udledning er <1% og derfor vil en ændring i denne proces ikke få den store indflydelse.

## Produkt: DeLonghi Nespresso Essenza EN95S

### Formål og afgrænsning

Denne LCA skal danne grundlag for én af de 10 produktkategorier der undersøges i miljøberegner projektet for RCDK, nemlig en kapsel kaffemaskine eller mere specifikt, en DeLonghi Nespresso Essenza EN95S.

Formålet er at bruge resultaterne fra denne LCA til at fastsætte en gennemsnitlig CO<sub>2</sub>e udledning for en kapsel kaffemaskine, baseret på dens vægt. Denne udledning vil herefter kunne blive ekstrapoleret, på baggrund af vægten, hvorved resultatet kan bruges til at give en indikation for udledningen af andre, men tilsvarende, kapsel kaffemaskiner.



Figur 20: Illustration af det modellerede produkt

Denne ekstrapolation, og derved resultaterne fra denne LCA, skal bruges til at udvikle en digital miljøberegner der kan hjælpe RCDKs brugere med at få en indikation for hvor meget CO<sub>2</sub>e de sparer miljøet for, hvis de får deres produkter repareret.

### Beskrivelse af produktet

Produktet der undersøges i denne LCA er en kapsel kaffemaskine. Mere specifikt er det en DeLonghi Nespresso Essenza EN95S. Kaffemaskinen har et klassisk Nespresso design, med kapselholder på toppen, og vandtank på bagsiden. Vandtanken har en kapacitet på 1 liter og kaffemaskinen har en maksimal effekt på 1260w. kaffemaskinen består primært af Akrylonitril-butadien-styren (ABS) og aluminium og har en forventet levetid på 6 år ved brygning af 2 kopper espresso af 40 ml om dagen (Quantis, 2011). Enheden er produceret ved DeLonghi's fabrik i byen Cluj-Napoca, Rumænien, hvorefter den bliver transporteret til, og anvendt, i Danmark.

### Funktionel enhed og reference flow

#### Funktionel enhed:

Den funktionelle enhed er defineret som brygning af 4380 kopper espresso af 40 ml pr. kop svarende til 2 brygninger dagligt i 6 år, i en dansk bopæl.

#### Referenceflow:

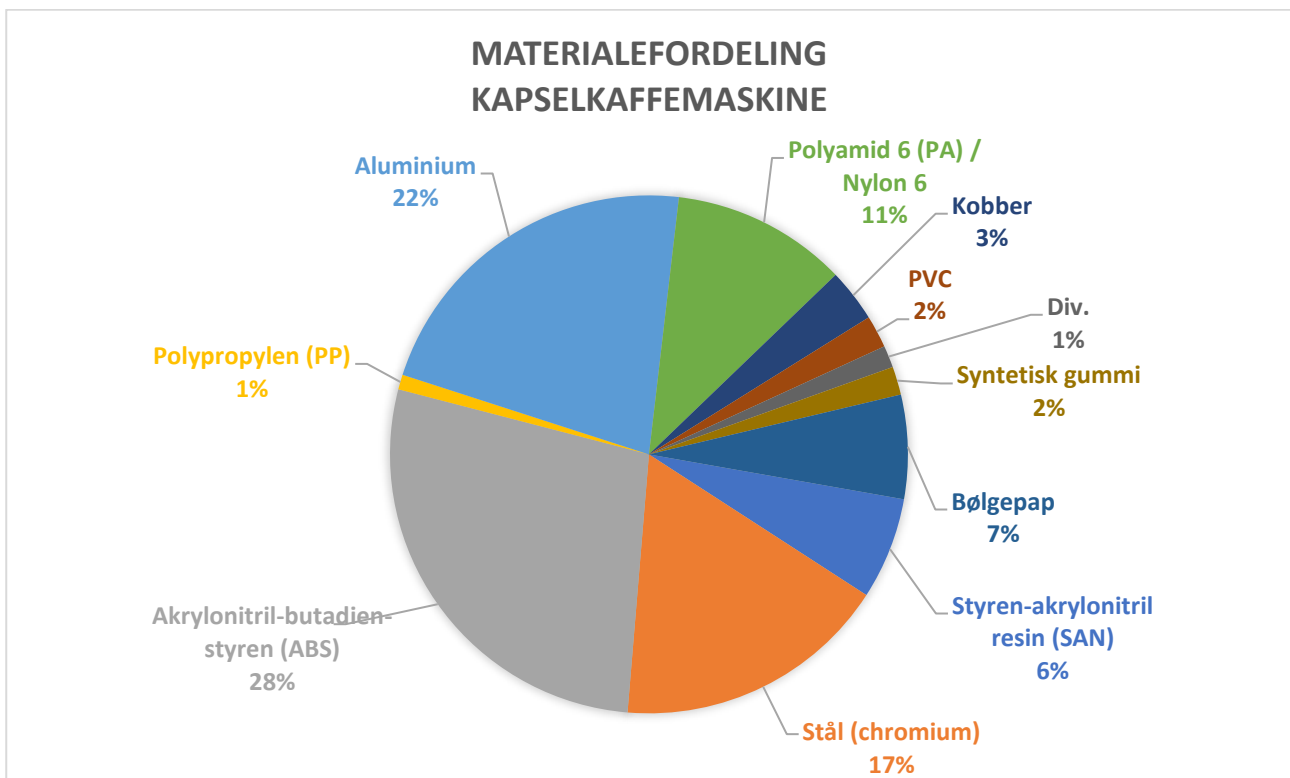
Referenceflowet for den ovenstående funktionelle enhed er 1 stk. DeLonghi Nespresso Essenza EN95S.

## Bill of materials (BOM)

Den nedenstående BOM er baseret på en undersøgelse som European Commission (DG ENER) og BIO Intelligence Service (2011) har lavet. En af de undersøgte kaffemaskiner i deres undersøgelse er nemlig en DeLonghi Nespresso Essenza EN95S kapselkaffemaskine.

Komponent	Materiale	Vægt i gram	Fremstilling
<b>Skallen</b>			
- Vandtank	Styren-akrylonitril resin (SAN)	200	Sprøjttestøbt
- Dryp-rist	Stål (chromium)	45,8	Udstanset
- Drypbakke og kapselopfanger	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	127,1	Sprøjttestøbt
- Kapselholder	Polypropylen (PP)	29,2	Sprøjttestøbt
- Plastsider	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	126,9	Sprøjttestøbt
- Bunden	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	137	Sprøjttestøbt
- Perkulator bund	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	101,5	Sprøjttestøbt
- Kroppen	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	298,5	Sprøjttestøbt
<b>Perkulator og kapselsystem</b>			
- Lukke-håndtag	Aluminium	193	Formstøbt
- Tuden	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	26	Sprøjttestøbt
- Låsering	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	8	Sprøjttestøbt
- Skal til kapselsystem	Polyamid 6 (PA) / Nylon 6	125,1	Sprøjttestøbt
- Rotationsaksel	Stål (chromium)	46,7	Ekstruderet
- Aksel-justering	Stål (chromium)	4,1	Udstanset
- Kapselklemme	Stål (chromium)	62	Dybtrukket
- Rotations-stykke	Polyamid 6 (PA) / Nylon 6	17,1	Sprøjttestøbt
- Kapselholder	Polyamid 6 (PA) / Nylon 6	32,4	Sprøjttestøbt
<b>Elektronik</b>			
- Ledning	Kobber	63,6	Trådtrukket
- Ledning	PVC	63,6	Ekstruderet
- Printplade	Div.	31,8	Div.
- Køleplade	Aluminium	36	Formstøbt
- Elektronikboks	Polyamid 6 (PA) / Nylon 6	37,4	Sprøjttestøbt
- Interne ledninger	Kobber/PVC	27,2	Div.
- Betjening	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	6,5	Sprøjttestøbt
- Betjening	Polyamid 6 (PA) / Nylon 6	7	Sprøjttestøbt
- Ledningsholder	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	11,7	Sprøjttestøbt
- Ledningsholder	Polyamid 6 (PA) / Nylon 6	6,5	Sprøjttestøbt
- Betjeningsprintplade	Div.	11,3	Div.
<b>Varme system</b>			
- Plast holder	Polyamid 6 (PA) / Nylon 6	39,3	Sprøjttestøbt
- Rør	Syntetisk gummi	16,1	Sprøjttestøbt
- Albuerør	Polyamid 6 (PA) / Nylon 6	3	Sprøjttestøbt
- Varmeplade	Aluminium	458,7	Formstøbt
<b>Pumpesystem</b>			

- <b>Tud til vandtank</b>	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	4,7	Sprøjttestøbt
- <b>Tæller</b>	Polyamid 6 (PA) / Nylon 6	17,1	Sprøjttestøbt
- <b>Tæller blad</b>	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	1,7	Sprøjttestøbt
- <b>Rør</b>	Syntetisk gummi	13,2	Sprøjttestøbt
- <b>Albuerør</b>	Polyamid 6 (PA) / Nylon 6	5,4	Sprøjttestøbt
- <b>Pumpeholder</b>	Syntetisk gummi	23,8	Sprøjttestøbt
- <b>Bånd til pumpe</b>	Syntetisk gummi	2,4	Sprøjttestøbt
- <b>Pumpebalance</b>	Stål (chromium)	123,1	Ekstruderet
<b>Pumpe</b>			
- <b>Hovedenhed</b>	Nylon/Kobber/stål	226	Div.
- <b>Pumpeaksel</b>	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	22	Sprøjttestøbt
- <b>Akselguides</b>	Stål (chromium)	47	Ekstruderet
- <b>Pumpe forbinder</b>	Stål (chromium)	20,7	Ekstruderet
<b>Skruer</b>	Stål (chromium)	32,5	Rullet
<b>Emballage</b>	Bølgepap	204	Div.
<b>Total:</b>		<b>3143,7</b>	





## Kortlægning

Det følgende afsnit præsenterer kortlægningen for det undersøgte produkts livscyklus. Denne kortlægning er hvad der danner fundamentet for modelleringen.

Som nævnt i den overordnede metode for de udarbejdede livscyklusanalyser, er brugsfasen ekskluderet i denne modellering, da denne fase vil forblive uændret da en erstatning af det oprindelige produkt med et nyere ikke vil få en indflydelse på brugen af produktet. En detaljeret gennemgang af de resterende livscyklusfaser for det modellerede produkt kan derfor findes herunder.

### *Råmaterialer og produktion*

Livscyklussen for en DeLonghi Nespresso Essenza EN95S starter med produktion af diverse plastikkomponenter. Langt størstedelen af plastikkomponenterne i den undersøgte kapselkaffemaskine bliver produceret ved sprøjttestøbning. Her bliver plastgranulaterne hældt i et varmekar hvorefter de bliver sprøjtet ind i en stålform ved højt tryk. Stålformene som bruges i sprøjttestøbeprocessen består af 2 dele og oftest vil der blive produceret mange af den samme komponent i hver sprøjttestøbningssproces. Når den flydende plastik er hærdet, trækkes hver side af stålformen fra hinanden, og de enkelte komponenter bliver skubbet ud af formen af automatiseret udskubberer (små metal cylindere). Hele denne proces gør det også let at identificere sprøjttestøbte komponenter, da processen efterlader mange spor på komponenterne som fx indløbsmarkeringer. Udover de sprøjttestøbte komponenter er der også komponenter i kaffemaskinen som er formstøbt aluminium, fx varmemodulet til at opvarme vandet. Disse komponenter produceres ved en proces der minder meget om den ovenstående sprøjttestøbningssproces, her er det blot flydende (smeltet) aluminium, som hældes i en form, der så former den flydende aluminium mens denne hærdes. Den sidste af de primære produktionsformer der bruges til at producere en kaffemaskine, er ekstrudering og herunder trådtrækning.

Fælles for disse to produktionsmetoder er at materialet der bruges presses igennem en stationær form, som giver en kontinuerligt formet sektion af materialet, ved ekstrudering er det muligt at lave komplekse tværsnit, hvor ved trådtrækning vil der oftest være tale om et cirkulært tværsnit.

Parallelt med konstruktionen af kroppen og de mekaniske komponenter, bliver de elektriske komponenter produceret, til styring samt varme, hvor der i højere grad gøres brug af kostbare metaller. Når alle de nødvendige organer er produceret, bliver den endelige kaffemaskine samlet. Dette sker hovedsageligt manuelt ved en produktionslinje, hvorefter kaffemaskinen pakkes og forberedes til distribution.

### *Transport*

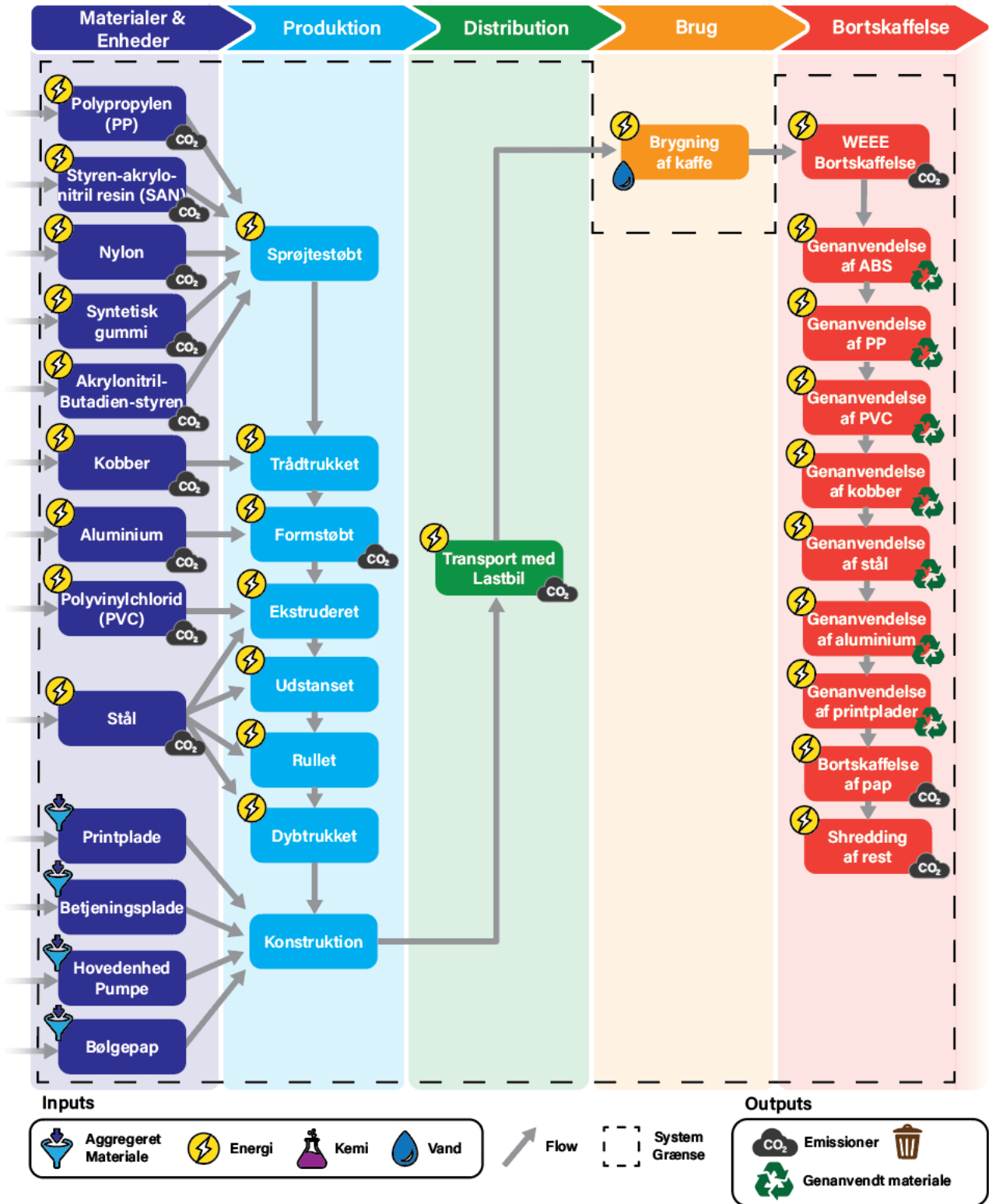
Kapselkaffemaskinen fra DeLonghi produceres ved DeLonghi's fabrik i det centrale Rumænien, nærmere bestemt byen Cluj-Napoca. Det betyder at når kaffemaskinen er produceret og pakket, bliver den læsset på en EURO 6 certificeret lastbil, og kørt til Danmark. Mere specifikt transporteres kaffemaskinen i dette scenarie til Odense da den kan bruges alle steder i Danmark, og Odense er en stor og central by. Denne tur, fra det centrale Rumænien til Odense er på 1892 km.

### *Bortskaffelse*

Når kaffemaskinen har udtjent sin levetid, vil den blive bortskaffet. I Danmark sker dette som udgangspunkt ved at den afleveres på en genbrugsstation som sørger for at elektriske og elektroniske produkter bliver overleveret til Elretur. Elretur sørger, i Danmark, for at producentansvaret overholdes, hvilket betyder at de varetager ansvaret for at de indleveret produkter bliver dekonstrueret efter de, til hver en tid gældende, "Waste Electrical and Electronic Equipment" (WEEE) standarder (*WEEE-direktivet - affald.dk*, n.d.).

## Systemgrænse

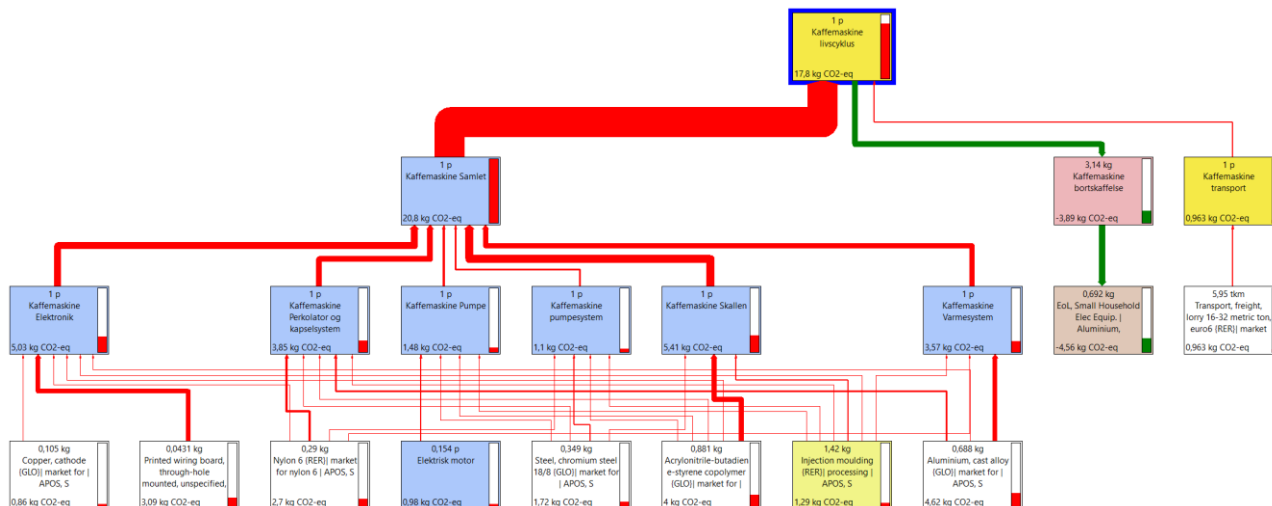
Nedenstående visualisering af systemgrænsen for denne modellering, er udarbejdet iht. fremgangsmåden beskrevet i Greenhouse Gas Protocol (2011).



## Vurdering af miljøpåvirkningerne

I det følgende afsnit vil resultaterne fra LCA-modelleringen blive præsenteret, samt en tolkning af disse.

### Resultater



Figur 21: Figur af netværket for det modellerede produkt, vist ved 4% afskæring.

### Fortolkning

LCA-modelleringen (Figur 21) viser at en Delonghi Nespresso Essenza EN95S kapselkaffemaskine, over sin produktion, distribution, og bortskaftelse vil have potentialet til at udlede 17,8 kg CO<sub>2</sub>e. Resultatet er, fordelt på råstof udvinding, produktion, distribution samt bortskaftelse.

Som det fremgår af Figur 2 er det kaffemaskinens elektronik, ABS og aluminium, der står for den primære udledning af CO<sub>2</sub>e. Disse tre poster udgør tilsammen 66% af udledningen fra produktet.

Samtidig fremgår det også at 19% af den samlede CO<sub>2</sub>e udledning fra produktet kan tilbageføres ved korrekt bortskaftelse, hvilket primært skyldes den høje genanvendelsesprocent af stål.

### Data oversigt:

Produkt	Vægt	Emissioner	Emissioner/g
<b>Delonghi Nespresso Essenza EN95S</b>	3143,7 g	17.800 g CO <sub>2</sub> e	5,66 g CO <sub>2</sub> e/g

## Sensitivitet:

- Da pumpen ikke har været mulig at kortlægge i dette projekt er pumpen blevet modelleret efter en elektrisk motor. Grunden til at pumpen er modelleret efter en elektrisk motor, er at den type pumpe der bruges i den modelleret kapselkaffemaskine er en vibrationspumpe. En vibrationspumpe bruger, et elektromagnetisk felt til at føre et stempel frem og tilbage inde i enheden, som derved skaber et vandtryk der bliver presset gennem en ventil. Den elektriske motor fungerer på samme præmis, dog skabes der i motoren en rotation frem for en lineær bevægelse af et stempel. Denne type af pumpe bruger derfor også hovedsageligt nylon, Kobber, og stål i opbygningen, og er derfor antaget til at være overførbart med de elektriske motorer som tidligere er blevet modelleret i forbindelse med dette projekt.
- Fabrikken hvor kaffemaskinen er produceret, er antaget til at være DeLonghi's største produktions facilitet, som ligger i Cluj-Napoca, Rumænien (Romania Insider, 2019). Skulle maskinen være produceret andet sted, fx i Kina vil dette naturligvis have indflydelse på det endelige resultat. Den samlede udledning fra transporten udgør dog ikke mere end 4,6 procent, jf. den nuværende modellering.
- Transporten i Europa er antaget til at forgå med en EURO 6 certificeret lastbil, denne er valgt, da EURO 6 standarden har været i brug siden september 2015 (The AA, n.d.). På baggrund af dette er det antaget at størstedelen af de funktionelle lastbiler der køre i Europa overholder denne standard. Skulle en lastbil med en lavere emission standard blive brugt til transport, ville dette få minimal indflydelse på resultatet, da emissionsstandarderne er trinvis, og distancen ikke er længere.
- Den printplade som kaffemaskinen indeholder er ikke blevet kortlagt ift. materialer, men er derimod modelleret som "Printed wiring board, hole mounted" da dette er typen af printplade som er benyttet i kaffemaskinen. Da denne proces er stærkt udledende ift. vægt, er modelleringen sensitiv overfor ændringer i denne proces.
- I forbindelse med modelleringen af bortskaffelsesfasen har det ikke været muligt at bestemme hvorvidt plastikkomponenterne indeholder bromeret flammehæmmer (BFR). BFR er stærkt reguleret og plastikkomponenter der indeholder BFR går igennem en mere udførlig behandlingsproces når det kommer til bortskaffelsen. Ud af de 2,6 millioner ton plastik som hvert år bliver håndteret iht. WEEE standarderne i Europa estimeres det at op mod 9% indeholder BFR (The International Bromine Council, 2020). Dette betyder også at langt størstedelen (91%) ikke indeholder BFR og derfor er det, i denne modellering, antaget at plastikkomponenterne ikke indeholder BFR, og på den baggrund er de modelleret som sådan.

## Produkt: No-Name Denim Jeans

### Formål og afgrænsning

Denne LCA skal danne grundlag for én af de 10 produktkategorier der undersøges i miljøberegner projektet for RCDK, nemlig et par bukser eller mere specifikt, et par denim-jeans.

Formålet er at bruge resultaterne fra denne LCA til at fastsætte en gennemsnitlig CO<sub>2</sub>e udledning for et par bukser, baseret på deres vægt. Denne udledning vil herefter kunne blive ekstrapoleret, på baggrund af vægten, hvorved resultatet kan bruges til at give en indikation for udledningen af andre, men tilsvarende, bukser.

Denne ekstrapolation, og derved resultaterne fra denne LCA, skal bruges til at udvikle en digital miljøberegner der kan hjælpe RCDKs brugere med at få en indikation for hvor meget CO<sub>2</sub>e de sparer miljøet for, hvis de får deres produkter repareret.



*Figur 22: Illustration af et par gennemsnitlige denim jeans, repræsentative for det undersøgte par bukser*

### Beskrivelse af produktet

Produktet der undersøges i denne LCA er et par denim jeans. Mere specifikt er det et par bomuldsbukser, hovedsageligt lavet af vævet bomuldsfibre der er farvet blå. Størrelsen på bukserne er MEDIUM (32/32), og har en gennemsnitlig levetid på 2 år (*International Fair Claims Guide For Consumer Textile Products, 2015*)

### Funktionel enhed og reference flow

#### **Funktionel enhed:**

Den funktionelle enhed er et par kinesisk produceret medium (32/32) størrelse benklæder til at dække en dansk persons ben i Danmark i 2 år.

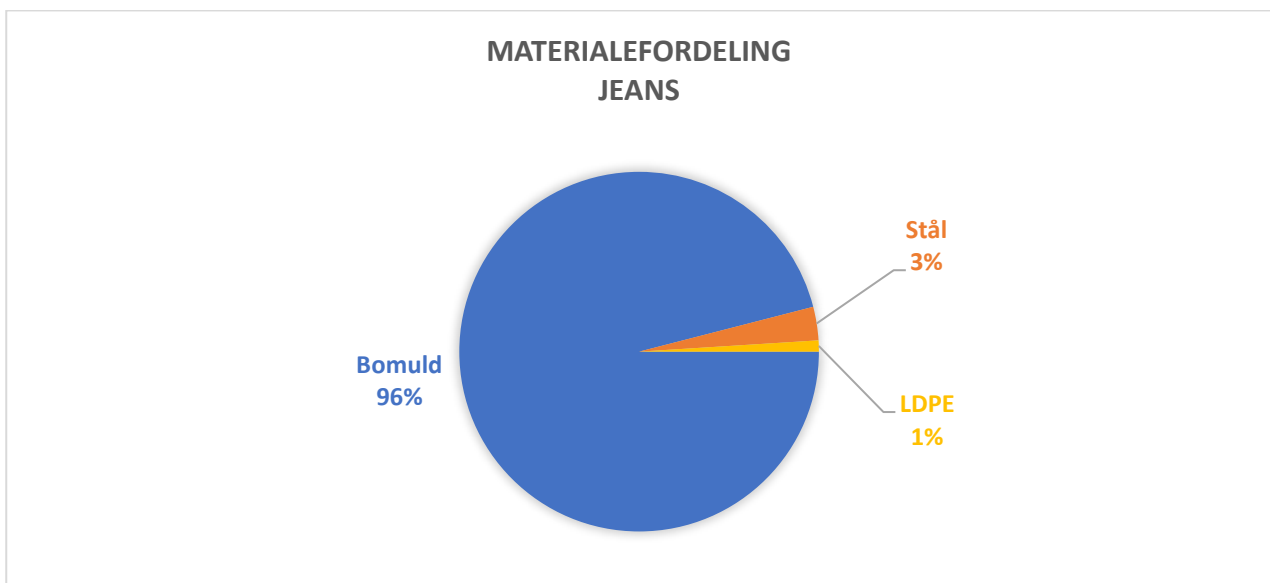
#### **Referenceflow:**

Referenceflowet for den ovenstående funktionelle enhed er *1 par no-name (32/32) denim bukser.*

### Bill of materials (BOM)

Den nedenstående BOM er udarbejdet ved at foretage en komplet dekonstruktion af det undersøgte produkt. Under dekonstruktionen er alle komponenter blevet separeret og vejet hvorefter materialerne er blevet bestemt. Det sidste led i denne proces var at bestemme produktionsformen, hvilket er blevet gjort på baggrund af de spor som forskellige produktionsformer efterlader på komponenterne og i de respektive materialer.

Komponent	Materiale	Vægt	Fremstilling
Buks	Bomuld	670	Vævet / Farvet
Knap	Stål	12	Formstøbt
Tråd	Bomuld	Medtaget i bomuld for "buds"	-
Lynlås	Stål	9	Formstøbt
Emballage	LDPE	7	Filmtrukket
<b>Total:</b>		<b>698</b>	



## Kortlægning

Det følgende afsnit præsenterer kortlægningen for det undersøgte produkts livscyklus. Denne kortlægning er hvad der danner fundamentet for modelleringen.

Som nævnt i den overordnede metode for de udarbejdede livscyklusanalyser, er brugsfasen ekskluderet i denne modellering, da denne fase vil forblive uændret da en erstatning af det oprindelige produkt med et nyere ikke vil få en indflydelse på brugen af produktet. En detaljeret gennemgang af de resterende livscyklusfaser for det modellerede produkt kan derfor findes herunder.

### *Råmaterialer og produktion*

Livscyklussen for et par denim jeans starter med at høste bomuld fra bomuldsmarker. For et par gennemsnitsbukser er det antaget at de er produceret i Kina, da over 50% af verdens produktion af denim ligger i Asien, med hovedparten i Kina (*World Denim Market*, 2012). Den høstede bomuld bliver herefter spundet til fibre som danner basen for at kunne producere denimstoffet som denimbukser primært består af. Inden fibrene bliver spundet til stof, bliver de farvet, ved en kemisk proces, så de bliver blå. Herefter bliver fibrene vævet sammen med en lille del af farveløse fibre, som tilsammen giver den velkendte "jeans farve". Det vævede og farvede stof bliver herefter skåret ud i et forudbestemt mønster (afhængig af design og størrelse) som er fundamentet for at kunne sy bukserne sammen. De udskårne stykker stof bliver herefter samlet ved syning, hvor tråden igen består af samlede bomuldsfibre som enten kan være farvet eller farveløs. Sideløbende med dette, bliver hhv. knapper og lynlåse produceret ved en støbeprocess, og består som regel af rustfrit stål (*History of Jeans*, n.d.). På en produktionslinje bliver bukserne syet sammen ved en række af specifikke samlestationer, hvorefter bukserne er klar til at blive pakket og sendt ud i verden.

### *Distribution*

Som det fremgår af den funktionelle enhed er det antaget at bukserne bliver produceret i Kina, og anvendt i Danmark. Transportscenariet er derfor bygget op omkring dette, hvilket vil sige at der antages en transport på 500 km i Kina med en EURO 5 certificeret lastbil, herefter sejles bukserne via containerskib til Rotterdam en samlet rejse på 12000 nm eller 22222 km (*Ports.com*, n.d.), hvorefter det lastes over i en EURO 6 certificeret lastbil som transporterer bukserne til Odense. Odense er valgt da bukserne kan blive anvendt alle steder i Danmark, og Odense er en centralt beliggende storby i Danmark.

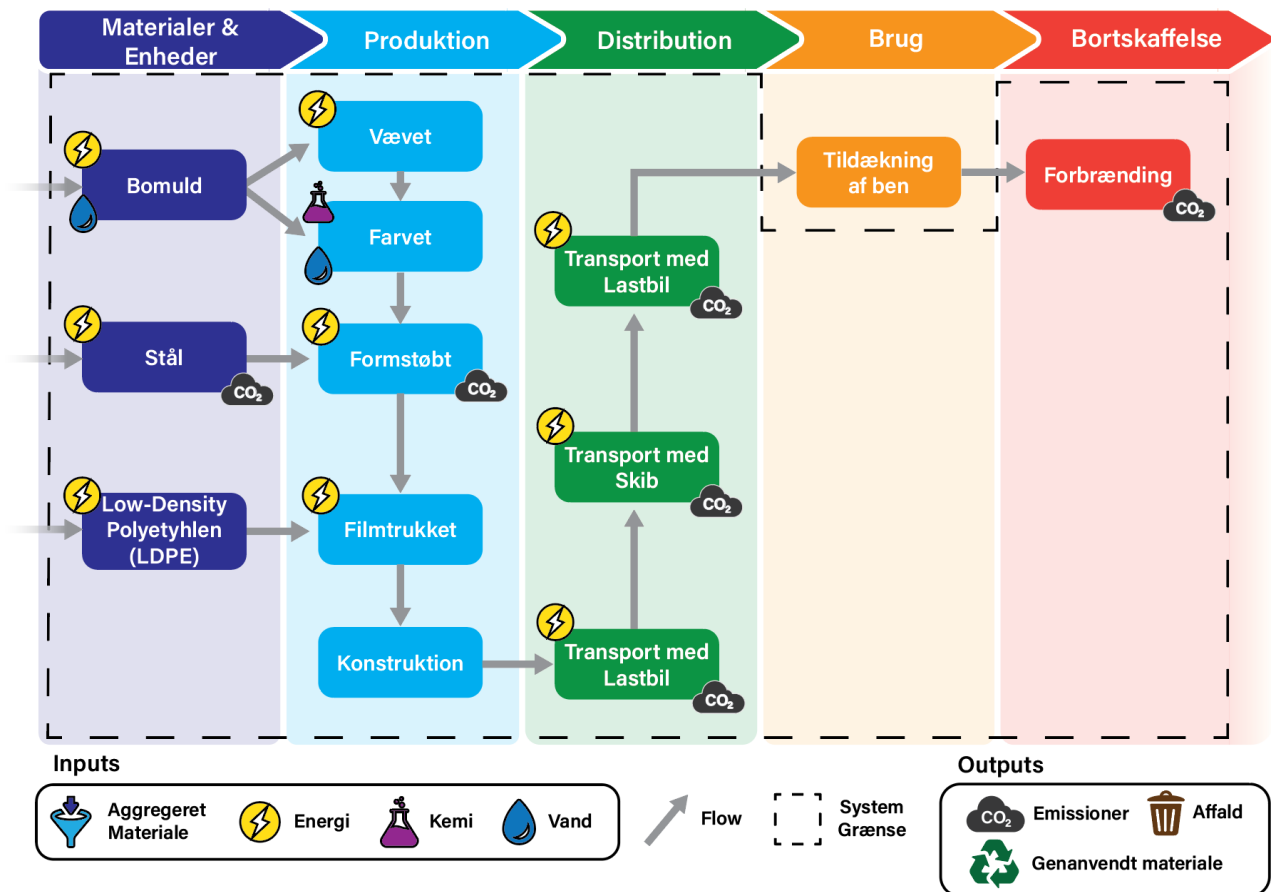


## Bortskaffelse

Når bukserne har udtjent sin levetid, vil de blive bortskaffet. Dette sker enten som normal kommunal renovation hvilket i Danmark er forbrænding, eller ved genanvendelse. Et udbredt genanvendelsesscenarie for mange tekstiler, er at de bliver brugt til at lave isoleringselementer ud af. For denne modellering, er forbrændingsscenariet valgt, da op mod 54% af tekstiler der bortskaffes fra danske husstande bliver brændt (Miljøstyrelsen, 2018).

## Systemgrænse

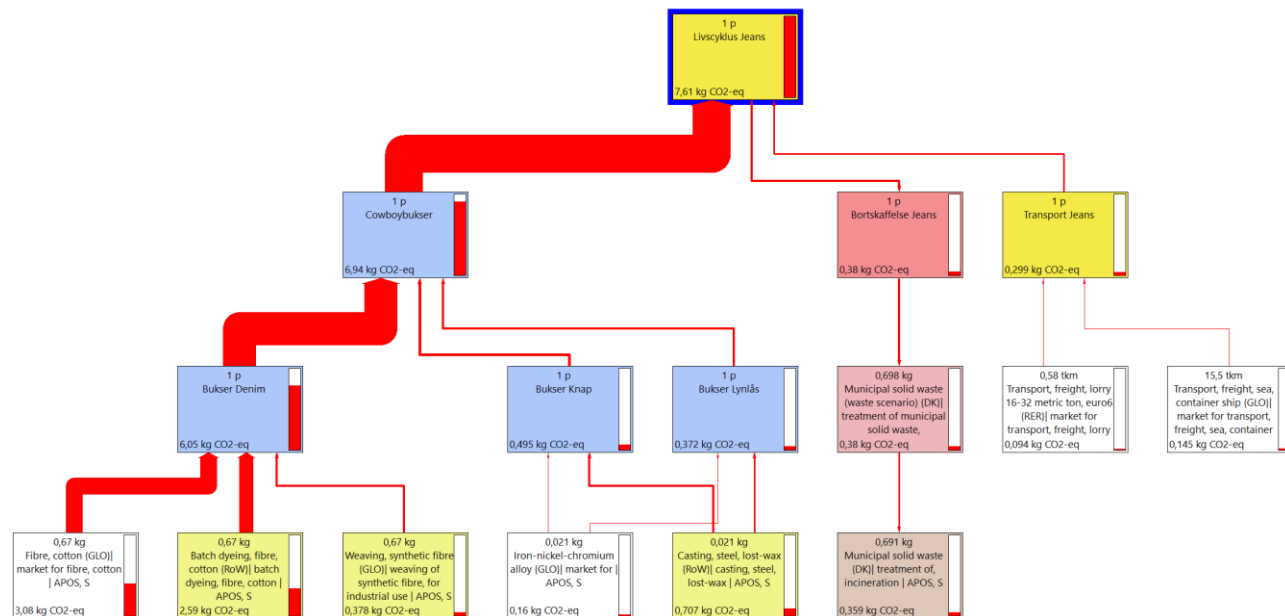
Nedenstående visualisering af systemgrænsen for denne modellering, er udarbejdet iht. fremgangsmåden beskrevet i Greenhouse Gas Protocol (2011).



## Vurdering af miljøpåvirkningerne

I det følgende afsnit vil resultaterne fra LCA-modelleringen blive præsenteret, samt en tolkning af disse.

### Resultater



Figur 23: Figur af netværket for det modellerede produkt, vist ved 1% afskæring.

### Fortolkning

LCA-modelleringen (Figur 23) viser at et par medium (32/32) denim jeans, over deres produktion, distribution, og bortskaffelse vil have potentialet til at udlede 7,61 kg CO<sub>2</sub>e. Resultatet er, fordelt på råstof udvinding, produktion, distribution samt bortskaffelse.

Som det fremgår af Figur 2 er det buksernes bomuld samt farvning, der står for den primære udledning af CO<sub>2</sub>e. Disse to poster udgør tilsammen 82% af udledningen fra produktet.

Samtidig fremgår det også at det ikke er muligt at tilbageføre noget af den samlede CO<sub>2</sub>e udledning fra produktet ved det modellerede bortskaffelsesscenario, hvilket skyldes transporten samt udledning ved forbrænding.

### Data oversigt:

Produkt	Vægt	Emissioner	Emissioner/g
No-name Denim jeans	698g	7610 g CO <sub>2</sub> e	10,90 g CO <sub>2</sub> e/g

#### Sensitivitet:

- Transporten i Kina er antaget til at være 500 km da dette dækker størstedelen af den industrielle del af Kina ift. afstand til en af de store havne. Som det fremgår af modelleringen ville en substantiel ændring på transportparametrene ikke give det store udsving da produktet ikke er større.
- Transportformen i Kina er modelleret efter en lastbil der overholder "EURO 5" standarden da denne standard er svarende til emissionsstandarten "China V" (Gang et al., 2019) som blev implementeret i 2016, og er den mest udbredte standard i Kina, hvis man kigger på andelen af registreret "heavy-duty trucks" som overholder denne standard (*Transport Policy*, n.d.)
- Emballagen ved transport er ikke taget med i modelleringen, dette er valg da emballagens samlede massefylde er meget lille, samt kun tilstedeværende for en begrænset periode i buksernes livscyklus.
- Processerne som er brugt i modelleringen er baseret på de "standard" processer som er tilgængelige i Ecoinvent databasen. Dette vil naturligvis give nogle udsving ift. den reelle produktion. Dog er det for et gennemsnitsprodukt stadigvæk et godt udgangspunkt, som ikke vil resultere i de store udsving ift. resultatet. Den eneste proces som kan være mere sensitiv er farveprocessen af bomulden, da denne ofte er hemmeligholdt, og differentierer sig meget på hvilke kemikalier der bruges.
- Nitterne som bruges til at forstærke bl.a. lommer på denim jeans, er ikke taget med da materiale mængden er så lille at den er svær at måle, og som det fremgår af modelleringen, har metallerne brugt på bukserne et meget lille bidrag til den samlede udledning.

## Produkt: Fisher-Price Formula 1 Junior

### Formål og afgrænsning

Denne LCA skal danne grundlag for én af de 10 produktkategorier der undersøges i miljøberegner projektet for RCDK, nemlig en fjernstyret bil eller mere specifikt, en Fisher-Price Formula 1 Junior.

Formålet er at bruge resultaterne fra denne LCA til at fastsætte en gennemsnitlig CO<sub>2</sub>e udledning for en fjernstyret bil, baseret på dens vægt. Denne udledning vil herefter kunne blive ekstrapoleret, på baggrund af vægten, hvorved resultatet kan bruges til at give en indikation for udledningen af andre, men tilsvarende, fjernstyret biler.

Denne ekstrapolation, og derved resultaterne fra denne LCA, skal bruges til at udvikle en digital miljøberegner der kan hjælpe RCDKs brugere med at få en indikation for hvor meget CO<sub>2</sub>e de sparer miljøet for, hvis de får deres produkter repareret.



Figur 24: Illustration af det modellerede produkt

### Beskrivelse af produktet

Produktet der undersøges i denne LCA er en fjernstyret bil. Mere specifikt er det en Fisher-Price Formula 1 Junior. Sættet som henvender sig til børn i alderen 3+, indeholder både bil og fjernkontrol, som begge drives af alkaline batterier (medfølger ikke). Både bil og fjernkontrol er hovedsageligt produceret i Akrylonitril-butadien-styren (ABS). For at give beskyttelse er der, på bilen, monteret gummilister hele vejen rundt om. Bilen måler 19,5 x 35 x 22 cm og vejer 736g. Enheden er produceret i Kina og transporteret til og anvendt i Danmark.

### Deklareret enhed og reference flow

#### Deklareret enhed:

Den deklareret enhed er defineret som en eldrevet fjernstyret bil til børn i 3-10 års alderen, samt fjernkontrol til styring af bilen.

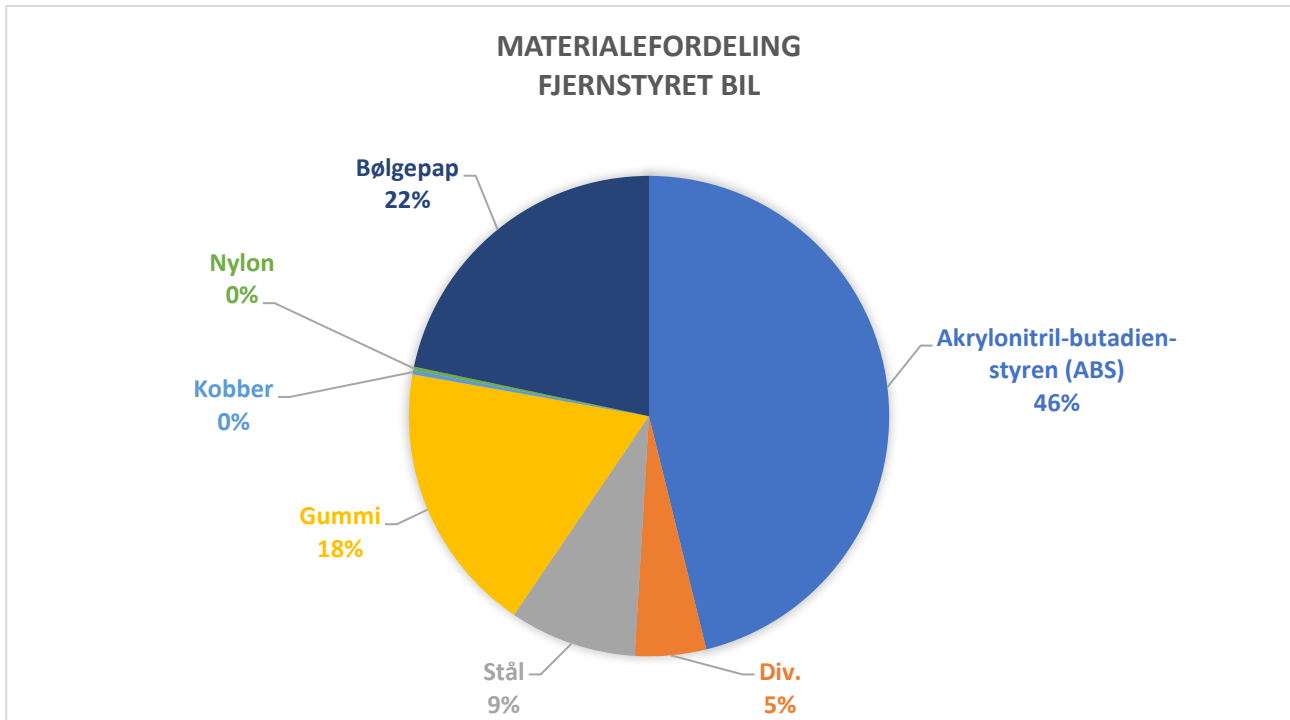
#### Referenceflow:

Referenceflowet for den ovenstående funktionelle enhed er 1 stk. Fisher-Price Formula 1 Junior.

## Bill of materials (BOM)

Den nedenstående BOM er udarbejdet ved at foretage en komplet dekonstruktion af det undersøgte produkt. Under dekonstruktionen er alle komponenter blevet separeret og vejet hvorefter materialerne er blevet bestemt. Det sidste led i denne proces var at bestemme produktionsformen, hvilket er blevet gjort på baggrund af de spor som forskellige produktionsformer efterlader på komponenterne og i de respektive materialer.

Komponent	Materiale	Vægt i gram	Fremstilling
<b>Fjernkontrol</b>			
- skallen	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	71	Sprøjtstøbt
- Knapper	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	37	Sprøjtstøbt
- Printplade	Div.	20	Div.
- Antenne	Stål	17	Trådtrukket
<b>Bilen</b>			
- Skallen	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	145	Sprøjtstøbt
- Spoiler	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	40	Sprøjtstøbt
- Beskyttere	Gummi	48	Sprøjtstøbt
- Dæk	Gummi	124	Sprøjtstøbt
- Fælge	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	51	Sprøjtstøbt
- Pynt	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	18	Sprøjtstøbt
- Gear og holder	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	39	Sprøjtstøbt
- Aksler	Stål	20	Ekstruderet
- Printplade	Div.	25	Div.
- Interne- ledninger	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	7	Ekstruderet
- Drejemekanisme	Akrylonitril-butadien-styren (ABS)	26	Sprøjtstøbt
- Skruer	Stål	21	Rullet
<b>Motorer</b>			
- Spoler	Kobber	2,73	Trådtrukket
- Stålkerner	Stål	6,6	Udstanset
- Kappe	Stål	5,77	Dybtrukket
- Bund	Nylon	2,11	Sprøjtstøbt
- Magnet	Stål	10	Udstanset
<b>Emballage</b>	Bølgepap	204	Div.
<b>I ALT</b>		<b>940,21</b>	



### Kortlægning

Det følgende afsnit præsenterer kortlægningen for det undersøgte produkts livscyklus. Denne kortlægning er hvad der danner fundamentet for modelleringen.

Som nævnt i den overordnede metode for de udarbejdede livscyklusanalyser, er brugsfasen ekskluderet i denne modellering, da denne fase vil forblive uændret da en erstatning af det oprindelige produkt med et nyere ikke vil få en indflydelse på brugen af produktet. En detaljeret gennemgang af de resterende livscyklusfaser for det modellerede produkt kan derfor findes herunder.

### Råmaterialer og produktion

Livscyklussen for en Fisher-Price Formula 1 Junior starter med produktion af Akrylonitril-butadienstyren (ABS) granulat. Bilen samt fjernkontrollen består nemlig primært af sprøjtet ABS. Processen forgår ved Fisher-price's fabrik i byen Dongguan i Kina (MATTEL, 2020). Her bliver ABS plastgranulaterne hældt i et varmekar hvorefter de bliver sprøjtet ind i en stålform ved højt tryk. Stålfornene som bruges i sprøjtetøbeprocessen består af 2 dele og oftest vil der blive produceret mange af den samme komponent i hver sprøjtetøbningsproces. Når den flydende plastik er hærdet, trækkes hver side af stålfornen fra hinanden, og de enkelte komponenter bliver skubbet ud af formen af automatiseret udskubberer (små metal cylindere). Hele denne proces gør det også let at identificere sprøjtetøbte komponenter, da processen efterlader mange spor på komponenterne som fx indløbsmarkeringer. Parallelt med konstruktionen af plastik

og gummikomponenterne bliver elektronikken produceret, dette omfatter både printplader, samt motorer. Både printplader og motorer indeholder kostbare metaller, og er mere komplekse i sammensætning samt produktion sammenlignet med selve skallen af bilen. Når komponenterne er produceret, bliver bilen samt fjernkontrollen samlet manuelt, og forberedt til distribution.

### *Transport*

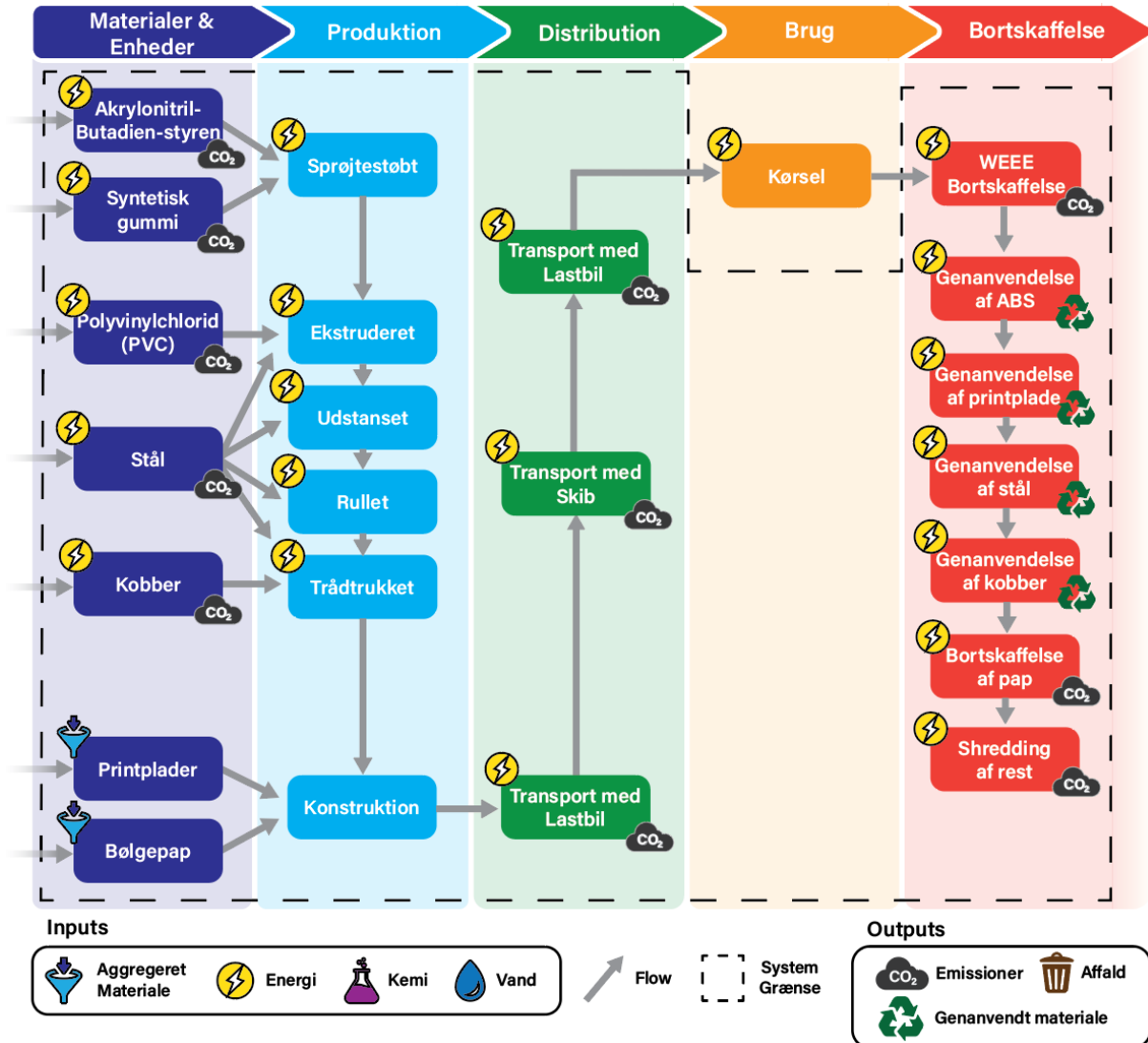
Som det fremgår af produktbeskrivelsen bliver den fjernstyret bil og fjernkontrollen produceret i Kina, mere specifikt i Dongguan, og anvendt i Danmark. Transport scenariet er derfor bygget op omkring dette, hvilket vil sige at der er en transport på 50 km i Kina med en EURO 5 certificeret lastbil, herefter sejles bilen via containerskib til Rotterdam en samlet rejse på 11158 nm eller 20664 km (*Ports.com*, n.d.), hvorefter det lastes over i en EURO 6 certificeret lastbil som transporterer bilen til Odense. Odense er valgt da den fjernstyret bil kan anvendes alle steder i Danmark, og Odense er en centralt beliggende storby i Danmark.

### *Bortskaffelse*

Når bilen har udtjent sin levetid, vil den blive bortskaffet. I Danmark sker dette som udgangspunkt ved at den afleveres på en genbrugsstation som sørger for at elektriske og elektroniske produkter bliver overleveret til Elretur. Elretur sørger, i Danmark, for at producentansvaret overholdes, hvilket betyder at de varetager ansvaret for at de indleveret produkter bliver dekonstrueret efter de, til hver en tid gældende, "Waste Electrical and Electronic Equipment" (WEEE) standarder (*WEEE-direktivet - affald.dk*, n.d.).

## Systemgrænse

Nedenstående visualisering af systemgrænsen for denne modellering, er udarbejdet iht. fremgangsmåden beskrevet i Greenhouse Gas Protocol (2011).

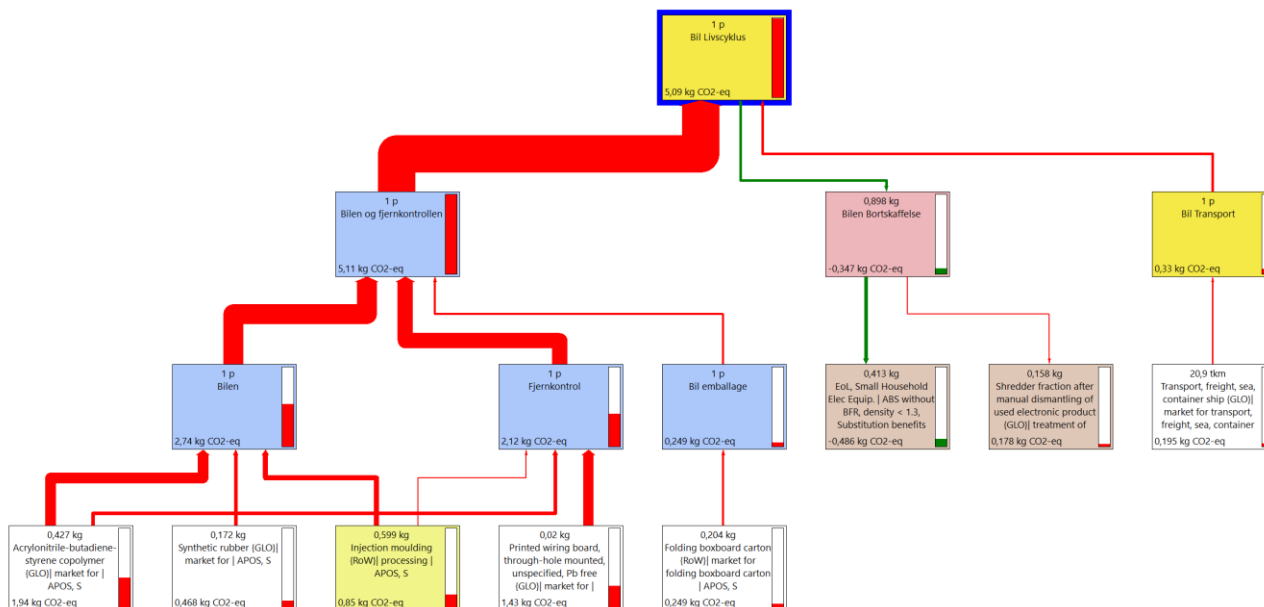




## Vurdering af miljøpåvirkningerne

I det følgende afsnit vil resultaterne fra LCA-modelleringen blive præsenteret, samt en tolkning af disse.

### Resultater



Figur 25: Figur af netværket for det modellerede produkt, vist ved 4% afskæring.

### Fortolkning

LCA-modelleringen (Figur 25) viser at en Fisher-Price Formula 1 Junior fjernstyret bil, over sin produktion, distribution, og bortskaffelse vil have potentialet til at udlede 5,09 kg CO<sub>2</sub>e. Resultatet er, fordelt på råstof udvinding, produktion, distribution samt bortskaffelse.

Som det fremgår af Figur 2 er det bilens elektronik og ABS, der står for den primære udledning af CO<sub>2</sub>e. Disse to poster udgør tilsammen 66% af udledningen fra produktet.

Samtidig fremgår det også at 7% af den samlede CO<sub>2</sub>e udledning fra produktet kan tilbageføres ved korrekt bortskaffelse, hvilket primært skyldes genanvendelsen af ABS.

### Data oversigt:

Produkt	Vægt	Emissioner	Emissioner/g
Fisher-Price Formula 1 Junior	940,21 g	5090 g CO <sub>2</sub> e	5,41 g CO <sub>2</sub> e/g

#### Sensitivitet:

- Transportformen i Kina er modelleret efter en lastbil der overholder "EURO 5" standarden da denne standard er svarende til emissionsstandarten "China V" (Gang et al., 2019) som blev implementeret i 2016, og er den mest udbredte standard i Kina, hvis man kigger på andelen af registreret "heavy-duty trucks" som overholder denne standard (*Transport Policy*, n.d.)
- Transporten i Europa er antaget til at forgå med en EURO 6 certificeret lastbil, denne er valgt, da EURO 6 standarden har været i brug siden september 2015 (The AA, n.d.). På baggrund af dette er det antaget at størstedelen af de funktionelle lastbiler der kører i Europa overholder denne standard. Skulle en lastbil med en lavere emission standard blive brugt til transport, ville dette få minimal indflydelse på resultatet, da emissionsstandarderne er trinvis, og distancen ikke er længere.
- De printplade som den fjernstyret bil indeholder er ikke blevet kortlagt ift. materialer, men er derimod modelleret som "Printed wiring board, hole mounted" da dette er typen af printplade som er benyttet i bilen samt fjernkontrollen. Da denne proces er stærkt udledende ift. vægt, er modelleringen sensitiv overfor ændringer i denne proces.
- I forbindelse med modelleringen af bortskaffelsesfasen har det ikke været muligt at bestemme hvorvidt plastikkomponenterne indeholder bromeret flammehæmmer (BFR). BFR er stærkt reguleret og plastikkomponenter der indeholder BFR går igennem en mere udførlig behandlingsproces når det kommer til bortskaffelsen. Ud af de 2,6 millioner ton plastik som hvert år bliver håndteret iht. WEEE standarderne i Europa estimeres det at op mod 9% indeholder BFR (The International Bromine Council, 2020). Dette betyder også at langt størstedelen (91%) ikke indeholder BFR og derfor er det, i denne modellering, antaget at plastikkomponenterne ikke indeholder BFR, og på den baggrund er de modelleret som sådan.

## Fortrængte emissioner

De fortrængte emissioner er præsenteret i de individuelle livscyklusanalyser, men kan derudover også findes samlet i nedenstående oversigt.

Produktkategori	Produkt	Vægt	Emissioner	Emissioner/g
Fladskærms-fjernsyn	Samsung LE26B450C4W	9104 g	331.000 g CO <sub>2</sub> e	36,35 g CO <sub>2</sub> e/g
Trådløs højttaler	Jabra Solemate Mini	372 g	1080 g CO <sub>2</sub> e	2,90 g CO <sub>2</sub> e/g
Lampe	LUCEPLAN Constranza D13	2768 g	13.400 g CO <sub>2</sub> e	4,84 g CO <sub>2</sub> e/g
Støvsuger	Electrolux Ultrasilencer	8484 g	45.700 g CO <sub>2</sub> e	5,38 g CO <sub>2</sub> e/g
Køkkenmaskine	Kenwood KM300 Chef	7196 g	18.700 g CO <sub>2</sub> e	2,59 g CO <sub>2</sub> e/g
Stereoforstærker	Yamaha RX396RDS	6334 g	58.900 g CO <sub>2</sub> e	9,29 g CO <sub>2</sub> e/g
Brødrister	Epiq 9001020326	1153 g	5480 g CO <sub>2</sub> e	4,75 g CO <sub>2</sub> e/g
Kapselkaffemaskine	Delonghi Nespresso Essenza EN95S	3143,7 g	17.800 g CO <sub>2</sub> e	5,66 g CO <sub>2</sub> e/g
Bukser	No-name Denim jeans	698 g	7610 g CO <sub>2</sub> e	10,90 g CO <sub>2</sub> e/g
Fjernstyret bil	Fisher-Price Formula 1 Junior	940,21 g	5090 g CO <sub>2</sub> e	5,41 g CO <sub>2</sub> e/g

Fortrængte emissioner angivet i alternative enheder

For at give brugerne af miljøberegneren et referencepunkt ift. de udledninger som de bliver præsenteret for, er det blevet besluttet at konverterer resultaterne, for de individuelle modelleringer, til kendte enheder. Resultaterne der gives i de ovenstående livscyklusanalyser er angivet i en aggregeret enhed, nemlig CO<sub>2</sub>e. Denne enhed er en samling af alle potentielle udledninger af drivhusgasser, konverteret til den mest udbredte, nemlig CO<sub>2</sub>. Herunder vil de tre valgte alternative enheder blive præsenteret, samt konverteringen for hver af de modellerede produkter.

### Emissioner angivet i kørte kilometer

Den første alternative enhed som udledningerne er konverteret til, er "kørte kilometer". Udgangspunktet for denne enhed, er udledningen for nye biler der er indregistreret i Europa fra 2021 og frem. Målet for denne udledning er sat til 95 g CO<sub>2</sub>/km (*CO<sub>2</sub> Performance of New Passenger Cars in Europe, 2021*).



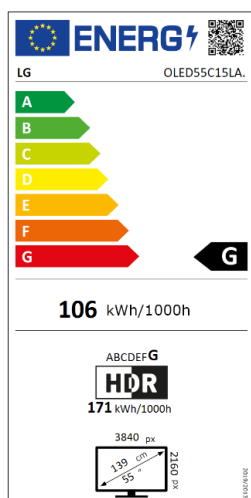
Produktkategori	Produkt	Kilometer for produktet	Kilometer pr. gram produkt
Fladskærms-fjernsyn	Samsung LE26B450C4W	3484,21 km	0,38 km/g
Trådløs højttaler	Jabra Solemate Mini	11,36 km	0,030 km/g
Lampe	LUCEPLAN Constranza D13	141,05 km	0,050 km/g
Støvsuger	Electrolux Ultrasilencer	481,05 km	0,056 km/g
Køkkenmaskine	Kenwood KM300 Chef	196,84 km	0,027 km/g
Stereoforstærker	Yamaha RX396RDS	620 km	0,098 km/g
Brødrister	Epiq 9001020326	57,68 km	0,050 km/g
Kapselkaffemaskine	Delonghi Nespresso Essenza EN95S	187,36 km	0,059 km/g
Bukser	No-name Denim jeans	80,10 km	0,115 km/g
Fjernstyret bil	Fisher-Price Formula 1 Junior	53,57 km	0,057 km/g

### Emissioner angivet i timer foran fjernsynet (55 tommer)

Den anden alternative enhed som udledningerne er blevet konverteret til er, "Timer foran fjernsynet".

Det mest solgte fjernsyn hos power i 2022 er et LG 55" 4K OLED (OLED55C16LA)

Det bruger 106 kWh/1000h (LG 55" 4K OLED TV OLED55C16LA - Power.dk, n.d.).



I Danmark udleder den gennemsnitlige kWh 211 g CO<sub>2</sub>e (tal for 2020) (Energistyrelsen, 2022).

Én time hvor fjernsynet er tændt udleder dermed 22,366 g CO<sub>2</sub>e.

Produktkategori	Produkt	Timer for produktet	Timer pr. gram produkt
Fladskærms-fjernsyn	Samsung LE26B450C4W	14803,22 timer	1,625 timer/g
Trådløs højttaler	Jabra Solemate Mini	48,30 timer	0,129 timer/g
Lampe	LUCEPLAN Constranza D13	599,28 timer	0,216 timer/g
Støvsuger	Electrolux Ultrasilencer	2043,82 timer	0,241 timer/g
Køkkenmaskine	Kenwood KM300 Chef	836,31 timer	0,116 timer/g
Stereoforstærker	Yamaha RX396RDS	2634,16 timer	0,415 timer/g
Brødrister	Epiq 9001020326	245,08 timer	0,212 timer/g
Kapselkaffemaskine	Delonghi Nespresso Essenza EN95S	796,06 timer	0,253 timer/g
Bukser	No-name Denim jeans	340,33 timer	0,487 timer/g
Fjernstyret bil	Fisher-Price Formula 1 Junior	227,63 timer	0,241 timer/g

### Emissioner angivet i kg hakket oksekød

Den sidste alternative enhed som udledningerne er blevet konverteret til, er "hakket oksekød". Til denne konvertering, er Concitos klimadatabase "den store KILMADATABASE" blevet brugt (Concito, 2021). Databasen fungerer som et opslagsværk, hvori forskellige fødevarer er angivet ift. deres udledning i CO<sub>2</sub>e. Ifølge databasen udleder 1 kg hakket oksekød, med en fedtprocent på mellem 5-10%, 34,19 kg CO<sub>2</sub>e.



Produktkategori	Produkt	Kg kød for produktet	Kg kød pr. gram produkt
Fladskærms-fjernsyn	Samsung LE26B450C4W	9,68 kg	0,001063 kg/g
Trådløs højttaler	Jabra Solemate Mini	0,03 kg	0,000085 kg/g
Lampe	LUCEPLAN Constranza D13	0,39 kg	0,000142 kg/g
Støvsuger	Electrolux Ultrasilencer	1,34 kg	0,000157 kg/g
Køkkenmaskine	Kenwood KM300 Chef	0,55 kg	0,000076 kg/g
Stereoforstærker	Yamaha RX396RDS	1,72 kg	0,000272 kg/g
Brødrister	Epiq 9001020326	0,16 kg	0,000139 kg/g
Kapselkaffemaskine	Delonghi Nespresso Essenza EN95S	0,52 kg	0,000166 kg/g
Bukser	No-name Denim jeans	0,22 kg	0,000319 kg/g
Fjernstyret bil	Fisher-Price Formula 1 Junior	0,15 kg	0,000158 kg/g

## Konklusion

Udgangspunktet for denne rapport var, at kvantificerer det miljømæssige potentiale som opstår når produkter reparerer, i en af Repair Cafe Danmarks reparationscafeer fremfor at blive bortskaffet, mhp. at udvikle en miljøberegner til internt såvel som eksternt brug. På baggrund af Repair Cafe Danmarks arbejde med at reparerer produkter i deres reparationscafeer, samt deres flerårige dataindsamling, blev 10 af de hyppigst repareret produkter og deres dertilhørende produktkategorier identificeret. Disse produktkategorier blev brugt til at udvælge repræsentative gennemsnitsprodukter, mhp. at analysere disse ved miljøvurdering. De udvalgte produkter blev dekonstrueret og BOM blev udarbejdet som forudsætning for at kunne udarbejde livscyklusanalyser for de individuelle produkter. Herefter blev hvert produkt modelleret i LCA programmet *SimaPro* og resultaterne præsenteret samt fortolket. Afslutningsvis blev resultaterne omregnet til alternative enheder som skal bruges i den eksterne kommunikation af miljøeffekterne ved at reparerer produkter frem for at bortskaffe dem, og købe nye produkter som erstatning.

Litteratur:

- Agarwal, S. (2012, September 29). *World Denim Market – A Report on Capacities, Market Size, Forecasts etc. Denim and jeans | Global Trends, News and Reports | Worldwide*. <http://www.denimsandjeans.com/latest-denim-reports/denim-data-figures/world-denim-market-a-report-on-capacities-market-size-forecasts-etc>
- Al-Hydary, Manocha, & George. (2012). PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF PMMA-ABS BLENDS. *The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering*.
- Berwald, Clemm, Prewitz, Fraunhofer, & PROMPT. (2020, April). *Environmental evaluation of current and future design rules*. [https://prompt-project.eu/wp-content/uploads/2020/07/PROMPT\\_20200429\\_Environmental-Evaluation-of-Current-and-Future-Design-Rules.pdf](https://prompt-project.eu/wp-content/uploads/2020/07/PROMPT_20200429_Environmental-Evaluation-of-Current-and-Future-Design-Rules.pdf)
- Chemviron. (n.d.). *Activated Carbon*. Retrieved June 5, 2022, from <https://www.chemviron.eu/products/activated-carbon/>
- China: Heavy-duty: Emissions | Transport Policy*. (n.d.). Transport Policy. Retrieved March 25, 2022, from <https://www.transportpolicy.net/standard/china-heavy-duty-emissions/>
- CO2 performance of new passenger cars in Europe*. (2021, November 18). European Environment Agency. Retrieved June 28, 2022, from <https://www.eea.europa.eu/ims/co2-performance-of-new-passenger>
- Concito. (2021, February 1). *den store KLIMADATABASE*. Denstoreklimadatabase.Dk. Retrieved June 28, 2022, from <https://denstoreklimadatabase.dk/>
- Danmarks statistik. (2021, December). *Dansk forbrug sætter i høj grad sit klimaaftryk i udlandet*. <https://www.dst.dk/Site/Dst/Udgivelser/nyt/GetAnalyse.aspx?cid=47752>
- European commission. (2013, July). *implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for vacuum cleaners*.
- European Commission (DG ENER) & BIO Intelligence Service. (2011, July). *Preparatory Study for Eco-design Requirements of EuPs Lot 25: Non-tertiary coffee machines* (Task 4: Technical analysis of existing products – Final version). <https://www.eceee.org/static/media/uploads/site-2/ecodesign/products/lot25-non-tertiary-coffee-machines/final-report-task4.pdf>
- Eurostat. (n.d.). *Glossary: Global-warming potential (GWP) - Statistics Explained*. Ec.Eurostat.Eu. Retrieved June 6, 2022, from [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Global-warming\\_potential\\_\(GWP\)](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Global-warming_potential_(GWP))
- Gang, L., Ying, Y., Minghui, Z., Xin, Z., & Liang, J. (2019). Key Technical Contents of the China VI Emission Standards for Diesel Fuelled Heavy-Duty Vehicles. *Johnson Matthey Technology Review*, 63(1), 21–31. <https://doi.org/10.1595/205651319x15415120642052>
- G. Finnveden, J. Potting, Life Cycle Assessment, Editor(s): Philip Wexler, Encyclopedia of Toxicology (Third Edition), Academic Press, 2014, Pages 74-77, ISBN 9780123864550, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.00627-8>.



Greenhouse Gas Protocol. (2011, October). *Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard*. [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Product-Life-Cycle-Accounting-Reporting-Standard\\_041613.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Product-Life-Cycle-Accounting-Reporting-Standard_041613.pdf)

Henderson, S. (2019, May 7). *All Mixed Up: 6 Facts about Stand Mixers*. AHAM Consumer Blog. Retrieved May 30, 2022, from <https://blog.aham.org/all-mixed-up-6-facts-about-stand-mixers/>

*How air purifier is made - material, manufacture, making, history, used, parts, components, industry, History*. (n.d.). Wwww.Madehow.Com. Retrieved March 7, 2022, from <http://www.madehow.com/Volume-7/Air-Purifier.html>

*How toaster is made - manufacture, making, history, used, parts, components, machine, History, Raw Materials*. (n.d.). How Products Are Made. Retrieved March 23, 2022, from <http://www.madehow.com/Volume-7/Toaster.html>

*How vacuum cleaner is made - manufacture, making, history, used, parts, machine, History, Raw Materials, Design*. (n.d.). Wwww.Madehow.Com. Retrieved March 7, 2022, from <http://www.madehow.com/Volume-6/Vacuum-Cleaner.html>

*How Zippers are Made? - Zipper Making Process*. (n.d.). History of Jeans. Retrieved February 24, 2022, from <http://www.historyofjeans.com/jeans-making/how-zippers-are-made/>

*International Fair Claims Guide For Consumer Textile Products*. (2015). Drycleaning Institute of Australia. Retrieved February 24, 2022, from <https://irp-cdn.multiscreensite.com/670b4da8678441db9ca09d24ced7de7c/files/uploaded/Fair%20Claims%20Guide.pdf>

J. (2021a, March 7). *How Long Do Home Receivers Last?* Home Theater Academy. Retrieved April 11, 2022, from <https://hometheateracademy.com/how-long-home-receivers-last/>

King, H. M. (n.d.). *Graphite: A mineral with extreme properties and many uses*. Geology.Com. Retrieved June 5, 2022, from <https://geology.com/minerals/graphite.shtml>

LUCEPLAN. (2022). *Luceplan - Vilkår og betingelser for garanti*. <https://manualzz.com/doc/da/9936706/standard-warranty-%E2%80%93-luceplan>

MATTEL. (2020, May). *Mattel Owned and Operated Facilities*. [https://www2.mattel.com/content/dam/corp-site/responsible-supply-chain/Mattel\\_List\\_of\\_Owned\\_Facilities\\_May%202020Final.pdf](https://www2.mattel.com/content/dam/corp-site/responsible-supply-chain/Mattel_List_of_Owned_Facilities_May%202020Final.pdf)

Miljøstyrelsen. (2008, January). *Miljømæssige og økonomiske konsekvenser af øgede offentlige grønne indkøb - Bilag 9 Kabler og ledninger*. Wwww.Mst.Dk. Retrieved March 8, 2022, from <https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2008/978-87-7052-688-3/html/kap14.htm>

Miljøstyrelsen. (2018, June). *Kortlægning af tekstilflows i Danmark*. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/06/978-87-93710-32-0.pdf>

Palermo, A. (2022, May 9). *The Ultimate KitchenAid Mixer Review: Is It Worth the High Price?* Prudent Reviews. Retrieved May 30, 2022, from <https://prudentreviews.com/kitchenaid-mixer-review/>

*Port of Shanghai, China to Port of Rotterdam, Netherlands sea route and distance*. (n.d.). Ports.Com. Retrieved February 24, 2022, from <http://ports.com/sea-route/port-of-shanghai,china/port-of->

[rotterdam,netherlands/#/?a=0&b=0&c=Port%20of%20Shanghai,%20China&d=Port%20of%20Rotterdam,%20Netherlands](#)

Quantis. (2011). *Comparative full life cycle assessment of B2C cup of espresso made using a packaging and distribution system from Nespresso Espresso and three generic products*. [https://cloud.cross-systems.ch/w/nespresso/corporate\\_assets/Quantis%20-%20Comparative%20LCA%20on%20Four%20Capsules%20Systems%202011.pdf](https://cloud.cross-systems.ch/w/nespresso/corporate_assets/Quantis%20-%20Comparative%20LCA%20on%20Four%20Capsules%20Systems%202011.pdf)

Repair Cafe Danmark. (2022, May 12). *Om Repair Cafe Danmark*. Retrieved June 29, 2022, from <https://repaircatedanmark.dk/om/>

Romania Insider. (2019, May 22). *De'Longhi Romania becomes group's largest production centre, needs more workforce*. Retrieved June 2, 2022, from <https://www.romania-insider.com/delonghi-romania-big-production>

S. (2021b, May 1). *UltraSilencer Støvsuger med pose 64 dB, Chili Red - EUSC66-CR | Electrolux*. [www.electrolux.dk](http://www.electrolux.dk). Retrieved March 7, 2022, from <https://www.electrolux.dk/vacuums-home-comfort/vacuum-cleaners/vacuum-cleaners/vacuum-cleaner/eusc66-cr2/>

*Sea routes and distances*. (n.d.). Ports.Com. Retrieved May 30, 2022, from <http://ports.com/sea-route/#/?a=14803&b=3037&c=Port%20of%20Shenzhen,%20China&d=Port%20of%20Rotterdam,%20Netherlands>

Swiss Center for Life Cycle Inventories. (2007, December). *Life Cycle Inventories of Building Products*.ecoinvent centre. [https://db.ecoinvent.org/reports/07\\_BuildingProducts.pdf?area=463ee7e58cbf8](https://db.ecoinvent.org/reports/07_BuildingProducts.pdf?area=463ee7e58cbf8)

Tektronix. (n.d.). *Lithium-Ion Battery Maintenance ZZZ Guidelines*. [www.newark.com](http://www.newark.com). Retrieved March 16, 2022, from <https://www.newark.com/pdfs/techarticles/tektronix/LIBMG.pdf>

The AA. (n.d.). *Euro emissions standards | AA*. Retrieved June 2, 2022, from <https://www.theaa.com/driving-advice/fuels-environment/euro-emissions-standards>

The International Bromine Council. (2020, November). *Impact of Brominated Flame Retardants on the Recycling of WEEE plastics*. BSEF. <https://www.bsef.com/wp-content/uploads/2020/11/BSEF-Impact-of-Brominated-Flame-Retardants-on-the-Recycling-of-WEEE-plastics-Nov-2020-1.pdf>

*WEEE-direktivet - affald.dk*. (n.d.). [www.affald.dk](http://www.affald.dk). Retrieved March 7, 2022, from <https://www.affald.dk/da/ungdomsuddannelser/elektronik/artikler/130-weee-direktivet.html>

*What's the life expectancy for small appliances | Home Matters | AHS*. (n.d.). American Home Shield. Retrieved March 22, 2022, from <https://www.ahs.com/home-matters/repair-maintenance/small-appliances-lifespan/>