

# LCA s využitím softvéru SimaPro

## 1.1. Štruktúra programu SimaPro

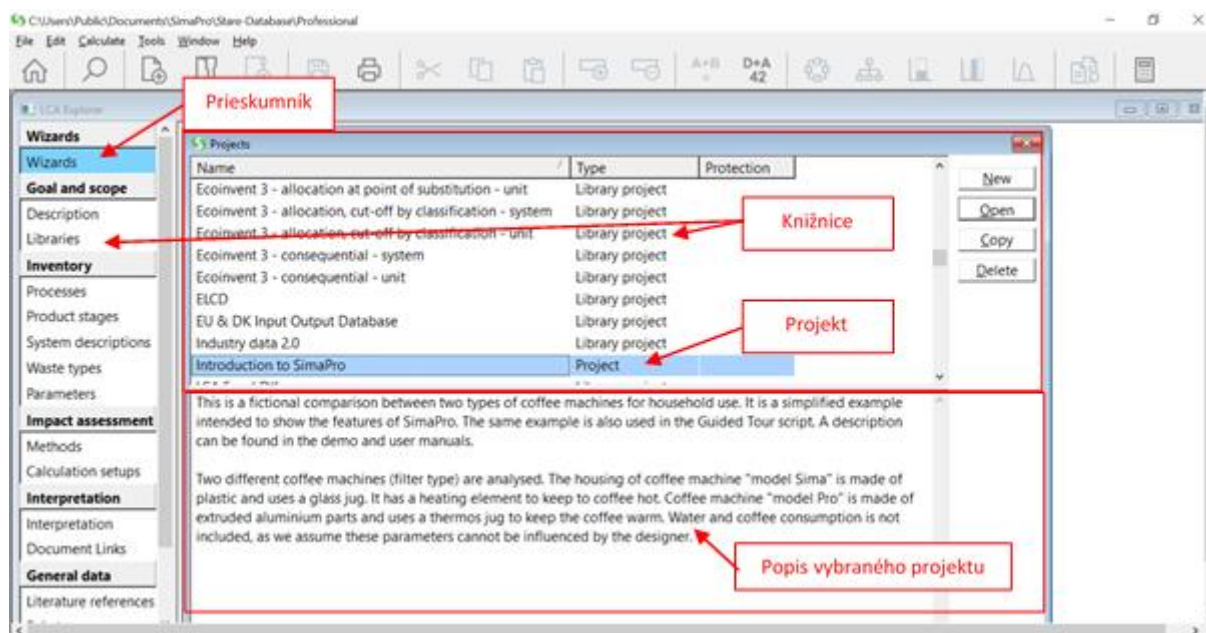
Databáza SimaPro je rozdelená do troch hlavných častí. (Tab. 1)

Tabuľka 1 štruktúra údajov v programe SimaPro

|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>Projekty</b>        | Obsahujú údaje vytvárané užívateľom.   |
| <b>Knižnice</b>        | Sú špeciálnym typom projektov. Predstavujú jadro celého programu. Obsahujú preddefinované údaje slúžiace ako zdroj pre novovytvorené projekty. Štruktúra údajov knižnice je podobná štruktúre projektových údajov. Knižnica aj projekt môžu obsahovať relevantné údaje pre konkrétnu štúdiu LCA. |
| <b>Všeobecné údaje</b> | Tu sa ukladajú spoločné podporné údaje pre všetky knižnice a projekty, ako sú napríklad faktory prevodu jednotiek a centrálny zoznam názvov látok.   |

V knižniciach aj projektoch je možné uložiť nasledujúce údaje:

- Definícia cieľa a rozsahu
- Profil kvality údajov
- Procesné dáta
- Údaje o fáze produktu
- Metódy posudzovania vplyvu
- Údaje o interpretácii výsledkov
- Skripty
- Ostatné typy údajov



Obrázok 1 Úvodná obrazovka SimaPro

Po spustení programu SimaPro je možné vytvoriť nový projekt alebo otvoriť existujúci projektu, prípadne knižnicu. Projekt „Úvod do SimaPro“ obsahuje Sprievodcu, ktorý poskytne užívateľovi náhľad na prácu s programom. (Obr. 1)

## 1.2. Zadávanie a úprava údajov

Štruktúra dát v SimaPro obsahuje dva rôzne stavebné bloky – procesy a fázy produktu.

### 1.2.1. Procesy

Procesy obsahujú environmentálne údaje, ako aj údaje o ekonomických vstupoch a výstupoch. (Tab. 2) Sú identifikované podľa ich výstupu. Môžu opisovať jednotkové procesy (Unit) alebo sú navzájom prepojené a vytvárajú tak systémové procesy (System).

Tabuľka 2 Štruktúra procesov v programe SimaPro

|   |
|---|
| <b>Environmentálne a sociálne toky</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Emisie do vzduchu, vody a pôdy</li><li>• Tuhé odpady</li><li>• Nemateriálne emisie (žiarenie, hluk)</li><li>• Spotreba surovín</li><li>• Sociálne dopady</li></ul> |
| <b>Ekonomické toky</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Vstupy z iných procesov</li><li>• Výstupy produktov</li><li>• Výstupy odpadov na ďalšie spracovanie</li><li>• Vynechané procesy</li><li>• Ekonomické dopady</li></ul>              |
| <b>Dokumentácia</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Identifikácia procesu (meno, autor, dátum, atď.)</li><li>• Popis skúmaného systému</li></ul>  |
| <b>Parametre</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Konštantné parametre</li><li>• Výrazy</li></ul>  |

Väčšina procesov je dostupná v knižnici. Ak je potrebné upraviť údaje v knižnici, odporúča sa tieto údaje skopírovať do vlastného projektu, aby sa predišlo neúmyselnej zmene zdrojových údajov. Po výbere fázy procesu alebo produktu je možné vytvoriť grafický prehľad, tzv. Procesný strom. Každý proces je v systéme zastúpený iba raz. Percentá v každom ráme predstavujú relatívny príspevok environmentálnej záťaže.

### 1.2.2. Fázy produktu

Fázy produktu opisujú produkt a jeho životný cyklus. Na rozdiel od procesov neobsahujú informácie o životnom prostredí. Každá fáza produktu má svoju špecifickú štruktúru (Tab. 3) a je prepojená s určitým

procesom. Napríklad, ak určíme, že výrobok obsahuje 1 kg ocele automaticky sa vytvorí odkaz do procesu výroby ocele so vstupným množstvom 1 kg.

Existuje päť rôznych fáz produktu:

1. Zostavu možno chápať ako definíciu výrobku. Predstavuje skúmaný systém rozobraný na časti. Pre zložité výrobky môžu byť zostavy prepojené s inými podzostavami.
2. Životné cykly sa môžu spájať aj s inými životnými cyklami, čo umožňuje vytváranie modelov, v ktorých výrobky používajú iné výrobky, ako sú batérie, filtre, pneumatiky a obaly.
3. Scenáre spracovania odpadov:
  - a. – zhodnocovania – opisujú cestu ukončenia životnosti všetkých výrobkov, ktoré sa môžu opätovne použiť alebo rozobrať,
  - b. – zneškodňovania – opisujú toky odpadov z materiálového hľadiska (nie výrobky ako celky). Napr. vyhodenie sklenenej fľaše do odpadkového koša by bolo uvedené ako zneškodňovanie odpadu, naproti tomu opätovné použitie fliaš by bolo opísané pomocou zhodnocovania odpadu recykláciou.
4. Demontáže opisujú rozloženie komponentov. Tieto komponenty musia byť definované ako súčiastky, resp. podzostavy.
5. Opätovné použitie popisuje spôsob opätovného použitia produktov.

Tabuľka 3 Štruktúra jednotlivých fáz produktov v programe SimaPro

|  |
|--|
| <b>Zostavy</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Zoznam materiálov a súčiastok</li><li>• Zoznam výrobných, prepravných alebo energetických procesov</li></ul>  |
| <b>Životné cykly</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Zostava (môže pozostávať zo súčiastok)</li><li>• Procesy spotreby (napr. spotreba energie)</li><li>• Osud a spracovanie odpadu</li><li>• Ďalšie životné cykly</li></ul>           |
| <b>Scenáre spracovanie odpadov</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Procesy predstavujúce environmentálnu záťaž</li><li>• Prepojenia na procesy alebo zostavy špecifikujúce smerovanie produktu</li></ul>                               |
| <b>Demontáže</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Demontované zostavy</li><li>• Procesy predstavujúce environmentálnu záťaž</li><li>• Účinnosť demontáže a osud súčiastok</li><li>• Zhodnotenie a zneškodnenie zvyšných častí</li></ul> |
| <b>Opätovné použitie</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Procesy predstavujúce environmentálnu záťaž</li><li>• Zostavy alebo demontáže</li></ul>   |

### 1.3. Modelovanie scenárov spracovania odpadu

Určítym spôsobom je modelovanie zložitejšie ako modelovanie výrobnjej fázy. Spracovateľ LCA musí dokonale poznať procesy spracovania odpadu aby mohol takýto proces modelovať. Fáza ukončenia životnosti je špecifikovaná procesmi zneškodňovania a zhodnocovania odpadov:

- Procesy zneškodňovania (Waste scenarios) sa týkajú materiálových tokov, a teda nezohľadňujú vlastnosti produktu.
- Procesy zhodnocovania (Disposal scenarios) sú zamerané na produkt. Zhodnocovanie umožňuje demontovať systém a modelovať jeho opätovné použitie.

### 1.3.1. Procesy zneškodňovania

Pri modelovaní procesov zneškodnenia sú odpady odosielané na ďalšie spracovanie, výsledkom ktorého sú emisie a iné negatívne dopady, vznikajúce pri skládkovaní, spaľovaní, recyklácii, kompostovaní, a pod. Odpadové toky môžu byť rozdelené podľa druhu odpadu, čo umožní vytvoriť ich charakteristické spracovanie. Taktiež je možné definovať vlastné druhy odpadov a priradiť k nim konkrétne materiály.

Pri spracovaní odpadu sú niekedy generované užitočné výstupy (teplo, sekundárne materiály). SimaPro ich umožňuje špecifikovať v uzavretých cykloch. V celkovom hodnotení sa vtedy odpadu priradí záporné skóre (napr. pri generovaní elektrickej energie zo spaľovania odpadu).

### 1.3.2. Procesy zhodnocovania

Procesy zhodnocovania môžeme modelovať tromi spôsobmi, a to pre:

- Výrobky, ktoré sú rozobraté v „demontáži“.
- Výrobky, ktoré sa opakovane používajú.
- Výrobky, ktoré sa spracovávajú zneškodňovaním.

Uvedme si ako príklad spätný odber faxov. Predpokladáme, že:

- 50% faxov nebude vyzbieraných. Túto časť definujeme pomocou procesov zneškodňovania.
- 10% faxov je možné priamo opätovne použiť. V SimaPro môžeme definovať procesy potrebné na to, aby bolo toto opätovné použitie skutočne možné. Vytvoríme teda model s uzavretou slučkou.
- 40% faxov sa demontuje v špecializovanom demontážnom zariadení. V demontáži určíme časti výrobku, ktoré budú odobraté z vrátených strojov a ich následné spracovanie (ďalšia demontáž, prípadne ďalšie spracovanie).

Pozn.: Demontáže fungujú správne iba ak je produkt definovaný pomocou súčiastok, resp. podzostáv.

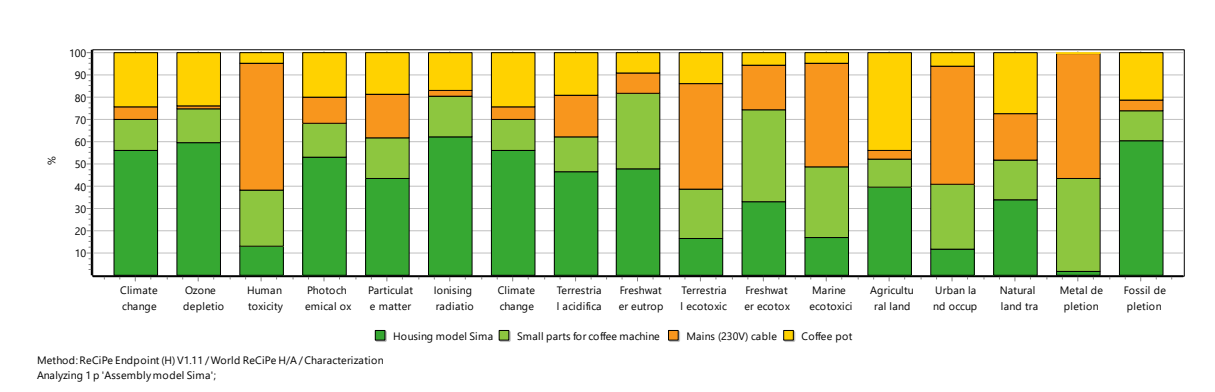
## 2. Analýza výrobku pomocou softvéru SimaPro

### 2.1. Analýza kávovaru Model Sima (cradle to gate)

Ako príklad budeme analyzovať kávovar s pracovným názvom „Model Sima“. Materiálové zloženie jednotlivých častí kávovaru je nasledovné:

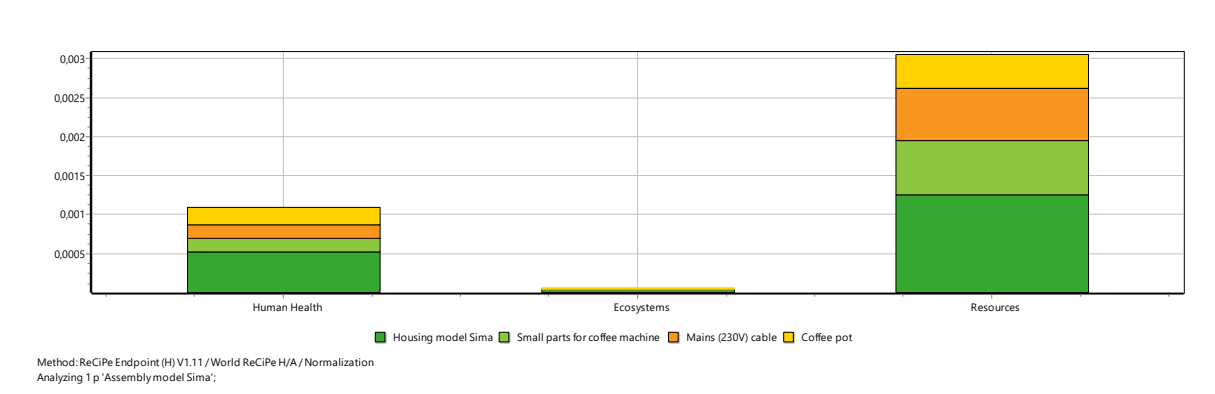
- kryt je vyrobený z polypropylénu (PP),
- približne 15 menších častí je prevažne vyrobených z ocele (varná doska), plastov alebo medi (drôty),
- sieťový kábel obsahuje meď a PVC,
- sklenená nádoba na kávu s rukoväťou z polypropylénu (PP).

Výrobky sú definované v tzv. „Zostave“. Zostava obsahuje zoznam materiálov, výrobných procesov a prepravných procesov. Zostavy samé o sebe neobsahujú environmentálne údaje, avšak odkazujú na procesy, ktoré tieto údaje obsahujú. Niektoré súčasti zostavy môžu byť definované v samostatných podzostavách (napr. sieťový kábel). Po definovaní zostavy produktu môže SimaPro okamžite vypočítať výsledky inventarizácie (LCI). SimaPro umožňuje špecifikovať výsledky buď v podobe tabuľky alebo grafu. Zvoľme si metódu „ReCiPe Endpoint (H)“ za základ nášho hodnotenia. Na obrázku 2 vidíme výsledky charakterizácie pre jednotlivé časti kávovaru pre každú kategóriu dopadu.



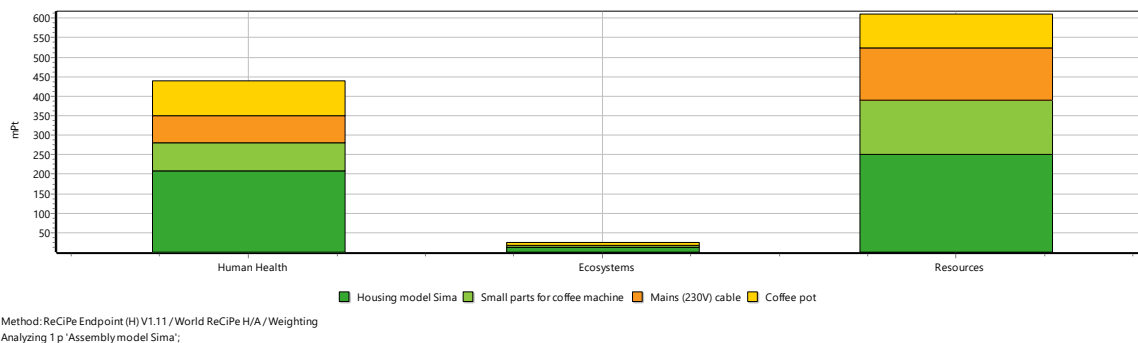
Obrázok 2 Výsledky charakterizácie produktu

Stĺpce predstavujú kategórie dopadu. Dopady sú v rámci charakterizácie vyobrazené ako 100 % pre každú kategóriu dopadu. Vzhľadom k tomu, že každá kategória môže mať inú jednotku, nie je zrejmé, ktoré časti zostavy majú najvyšší celkový vplyv na životné prostredie. Graf je teda potrebné normalizovať. Normalizácia sa dá opísať ako druh porovnávania. Na obrázku 3 vidíme vplyvy na životné prostredie, ktoré spôsobí jeden priemerný európsky človek za jeden rok.



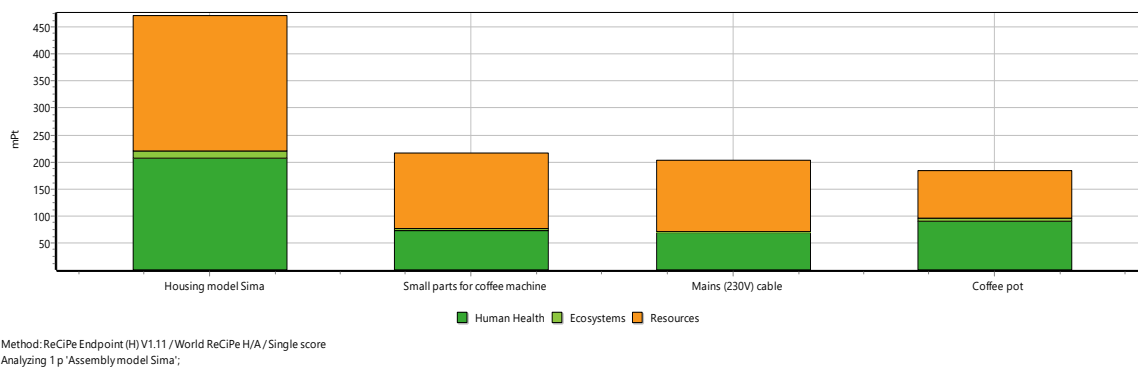
Obrázok 3 Výsledky normalizácie produktu

Normalizácia však neurčuje relatívnu významnosť environmentálnych dopadov. Na porovnanie jednotlivých kategórií dopadov je potrebné použiť váhový faktor. (Obr. 4)



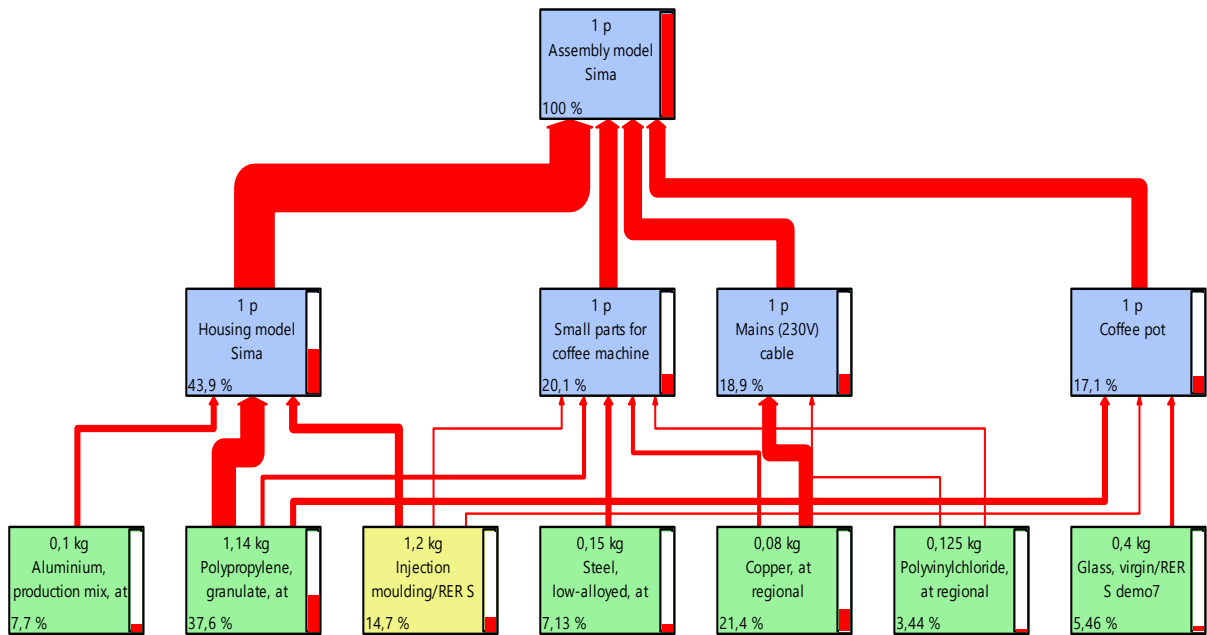
Obrázok 4 Výsledky váženého produktu

Ďalším spôsobom váženého je tzv. „Single score“, pri ktorom sa vymenia kategórie dopadu a jednotlivé podzostavy nami skúmaného systému. (Obr. 5) Jednotkou váženého je Pt, ktorá zodpovedá jednej tisícine ročnej environmentálnej záťaži pripadajúcej na jedného priemerného Európskeho obyvateľa.



Obrázok 5 Výsledky váženého produktu - Single score

„Procesný strom“ umožňuje zobraziť štruktúru analyzovaného systému pomocou jednotlivých priecnikov. (Obr. 6) Priecniky predstavujú procesy, materiály, životný cyklus, a pod. Sú farebne rozlíšené (Tab. 4) a navyše obsahujú aj informácie o príspevku každého procesu k celkovému skóre (červený teplomer na pravom boku priecniku a rôzna hrúbka spojovacích červených čiar).



Obrázok 6 Procesný strom analyzovaného systému (Model Sima)

Tabuľka 4 Farebné rozdelenie priečinkov

|                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| Assembly          | Zostava            |
| Life cycle        | Životný cyklus     |
| Disposal scenario | Zhodnocovanie      |
| Disassembly       | Rozloženie zostavy |
| Reuse             | Znovu použitie     |
| Material          | Materiál           |
| Energy            | Energia            |
| Transport         | Doprava            |
| Processing        | Spracovanie        |
| Use               | Použitie           |
| Waste scenario    | Zneškodňovanie     |
| Waste treatment   | Spracovanie odpadu |

Zobrazenie celého procesného stromu, a teda každej aktivity týkajúcej sa či už priamo alebo nepriamo nami skúmaného procesu, by bolo neprehľadné. V SimaPro je možné prispôbiť zobrazenie procesného stromu tzv. „odrezaním“ zanedbateľných položiek. Takto môžeme odrezať napríklad všetky procesy, ktorých percentuálny dopad na životné prostredie je nižší ako 3 %.

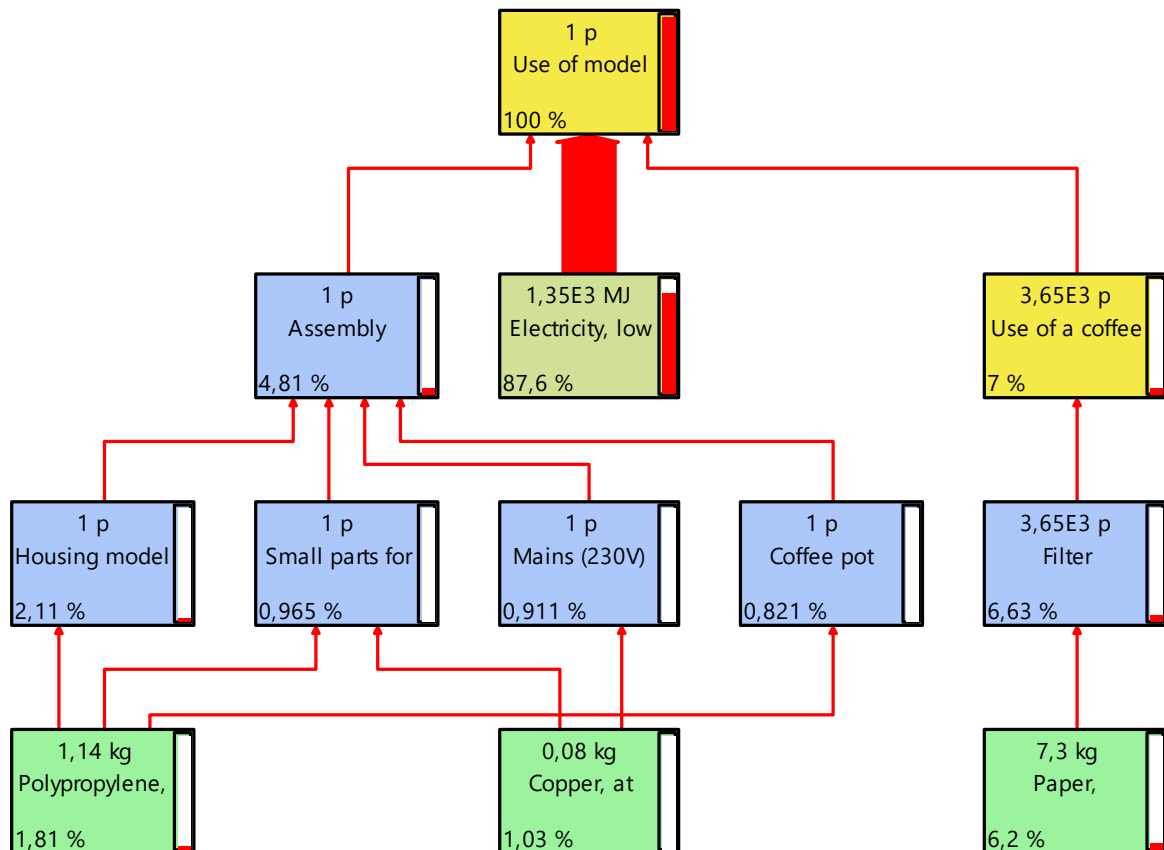
## 2.2. Analýza celého životného cyklu (cradle to grave)

Pokračovať budeme vytvorením životného cyklu pre Model Sima. Potrebujeme zadať nasledovné údaje:

1. Odkaz na zostavu s popisom výroby.
2. Spotrebu elektrickej energie, filtrov a obalov.
3. Spracovanie odpadu (zneškodnenie, prípadne zhodnotenie).

Z hľadiska životného cyklu môžu mať pomocné výrobky (kávové filtre, obaly) odlišné výrobné metódy a spracovanie odpadu. Možnosť pridať životný cyklus k iným životným cyklom je veľmi užitočná vlastnosť pri modelovaní týchto výrobkov.

Predpokladajme, že sa kávovar používa dvakrát denne a pri každom použití sa pripraví 5 šálok kávy. Životnosť kávovaru stanovíme na 5 rokov. To znamená, že stroj potrebuje  $365 * 5 * 2 = 3650$  filtrov. Počas tohto obdobia bude potrebovať 350 kWh elektrickej energie. Použitie vody a kávy vylúčime. Spracovanie odpadu taktiež zanedbáme. Pre prehľadnosť je potrebné všetky tieto predpoklady zadefinovať do poznámok. Prepojenie materiálových a energetických tokov je zobrazené na obrázku 7 (už s využitím funkcie odrezania aktivít s nízkym environmentálnym vplyvom).



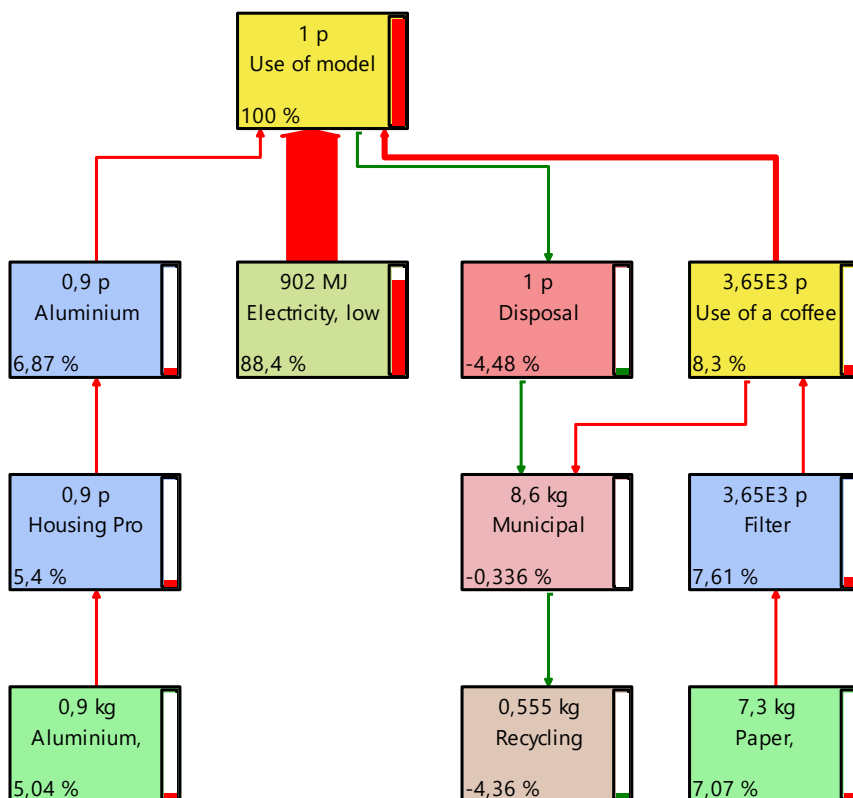
Obrázok 7 Procesný strom životného cyklu Modelu Sima

### 2.3. Porovnanie produktov

Pomerne často sa LCA sa využívajú na porovnávanie produktov. Porovnáme si teda dva kávovary – Model Sima a Model Pro. Na rozdiel od prvého kávovaru je Model Pro vybavený termoskou s hliníkovým krytom.

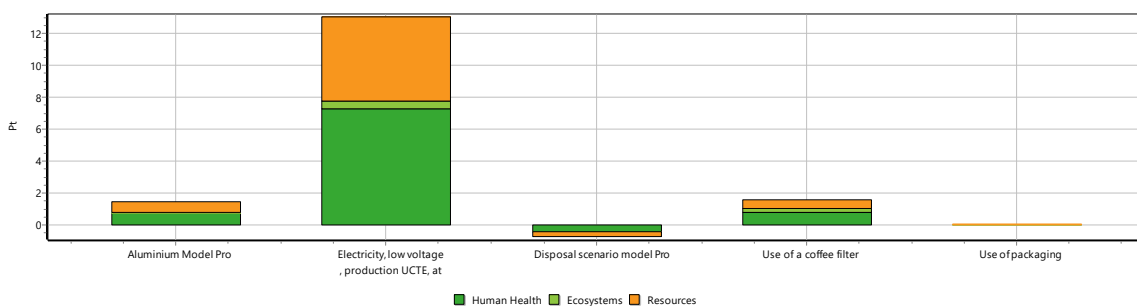
Najprv sa pozrieme na procesný strom pre životný cyklus Modelu Pro. (Obr. 8) V tomto prípade sa vychádza z toho, že 50% kávovarov sa odoberie po ich použití. Malé percento z nich sa opätovne používa, zatiaľ čo pre ostatné sa hliníkový kryt recykluje. V procesnom strome sa nám preto zobrazili zelené šípky, indikujúce negatívne environmentálne dopady.





Obrázok 8 Procesný strom životného cyklu kávovaru Model Pro

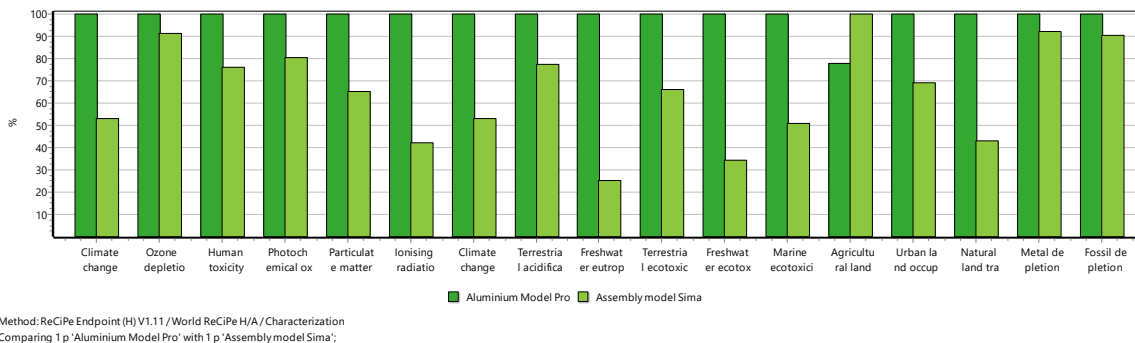
Fáza použitia kávovaru je opäť dominantná. Výrobná fáza je však významnejšia ako v prípade Modelu Sima, a to z dôvodu, že hliníkové puzdro Modelu Pro má vyššie ekologické zaťaženie. Naproti tomu, spotreba elektrickej energie je nižšia vďaka zabudovanej termoske. (Obr. 9)



Method: ReCiPe Endpoint (H) V1.11 / World ReCiPe H/A / Single score  
Analyzing 1 p 'Use of model Pro with take back';

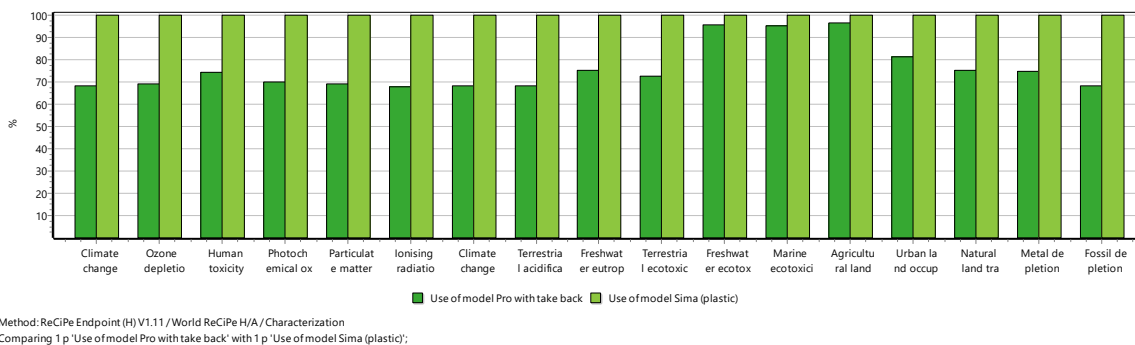
Obrázok 9 Výsledok váženého životného cyklu Modelu Pro - Single score

Teraz porovnáme Model Sima (plast) a Model Pro (hliník) vo výrobnéj fáze. (Obr. 10) Výrobná fáza Modelu Sima má nižšie environmentálne zaťaženie takmer vo všetkých kategóriách vplyvu. Je to kvôli pomerne vysokej environmentálnej záťaži pri výrobe hliníka v porovnaní s polypropylénom.



Obrázok 10 Výsledky charakterizácie výrobných fáz pre Model Pro a Model Sima

Porovnanie výrobných fáz však poskytuje iba obmedzený obraz o relatívnych environmentálnych dopadoch. Obrázok 11 porovnáva oba modely počas celého životného cyklu vrátane použitia a likvidácie. Z tohto pohľadu má Model Pro (hliník) nižšie zaťaženie, pretože obsahuje termosku, ktorá udržiava kávu v teple, a tým výrazne šetrí spotrebu elektrickej energie.



Obrázok 11 Výsledky charakterizácie životného cyklu pre Model Pro a Model Sima

Z porovnania oboch výrobkov je zrejmé, že:

1. Model Sima (plast) predstavuje nižšiu environmentálnu záťaž pre životné prostredie vo výrobných fázach, práve kvôli použitiu plastového krytu.
2. Model Pro (hliník) má nižšiu záťaž z hľadiska celého životného cyklu, nakoľko inštalovaná termoska šetrí veľa elektrickej energie.

Program SimaPro obsahuje viacero metód hodnotenia životného cyklu. Každá hodnotiacia metóda má svoje špecifiká, a preto sa môžu výsledky hodnotenia environmentálnych dopadov v rámci skúmaného systému mierne líšiť. Je preto dôležité všetky detaily, ako aj výber hodnotiacej metódy, spísať v príslušných kolónkach slúžiacich na popis systému.

Spracovala: Ing. Rozália Vaňová, 5.12.2019

### Literatúra

PRé Consultants. 2013. Introduction to LCA with SimaPro. 2013, vol. 5.1, 78 s. Dostupné na internete: <https://www.pre-sustainability.com/download/SimaPro8IntroductionToLCA.pdf>.