

**POSUZOVÁNÍ DOPADŮ SPOLKU REMOBIL NA ŽIVOTNÍ
PROSTŘEDÍ**

METODA LCA

PRAHA 2021

Zadání práce

Objednatel: Remobil, z.s.
Neklanova 152/44
128 00 Praha 2 - Vyšehrad

Zhotovitel: RNDr. Miloš Polák, Ph.D.

Spoluautor: prof. Ing. Vladimír Kočí, Ph.D. MBA

Obsah

1	ÚVOD.....	4
1.1	Jak funguje projekt REMOBIL?.....	4
1.1.1	Sběr.....	4
1.1.2	Třídění.....	4
1.1.3	Demontáž.....	5
1.1.4	Recyklace.....	5
1.2	Metoda LCA.....	5
2	CÍL PRÁCE.....	5
3	METODIKA PRÁCE.....	6
4	STANOVENÍ CÍLE A ROZSAHU.....	6
4.1	Cíl studie.....	6
4.2	Rozsah.....	6
4.2.1	Funkce systému.....	6
4.2.2	Funkční jednotka.....	6
4.2.3	Hranice systému.....	6
4.2.4	Požadavky na údaje.....	6
4.2.5	Metody alokace.....	6
4.2.6	Kategorie dopadu.....	6
4.2.7	Omezení a předpoklady.....	7
5	INVENTARIZAČNÍ ANALÝZA.....	8
5.1	Vývojový diagram.....	8
5.2	Sběr údajů.....	9
6	POSUZOVÁNÍ DOPADU.....	11
6.1	Výpočet výsledků inventarizační analýzy.....	11
6.2	Výsledky posuzování dopadů.....	12
7	INTERPRETACE.....	14
7.1	Procesy spojené s environmentálním benefitem (úsporou) spolku REMOBIL.....	14
7.1.1	Procesy spojené s dopady na životní prostředí spolku REMOBIL.....	19
7.2	Identifikace závažných zjištění.....	24
7.3	Závěry, omezení a doporučení.....	25
8	SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ A GRAFŮ.....	26
8.1	Seznam tabulek.....	26
8.2	Seznam grafů.....	26
8.3	Seznam obrázků.....	27
9	LITERATURA.....	27
10	PŘÍLOHA.....	28

1 ÚVOD

Problematika vzrůstajícího množství elektroodpadu je fenoménem moderní doby, přičemž mobilní telefon je nejčastěji kupované i obměňované elektrozařízení a jeho vybavenost v domácnostech v ČR je nejvyšší ze všech elektrospotřebičů. Počet mobilních telefonů (do kterých počítáme i smartphony) tedy exponenciálně roste. Vlivem technologického pokroku a změny moderních trendů se mobilní telefony stávají velmi rychle zastaralými a nmoderními. Dochází tak k jejich rychlé obměně, ačkoliv jsou telefony stále funkční. Průměrná doba užití telefonu je v ČR dle odhadů 3, 63 let (Polák & Drápalová, 2012), ve světě se odhaduje délka životnosti telefonu kratší, okolo dvou až tří let. V České republice vzniklo dle odhadů v letech 2010 - 2020 na 26 miliónů kusů nepotřebných mobilních telefonů (Polák & Drápalová, 2012).

Avšak pouze malé procento telefonů je odevzdáno k recyklaci. V ČR je k recyklaci odneseno pouze okolo 3 - 6 % telefonů, ve světě pak méně než 10 %. Mobilní telefony, stejně jako je tomu u baterií, končí „v šuplíku“ pro případ potřeby, kdyby se třeba nový telefon poškodil či hodil někomu z rodiny, aj. Důvodem k uchování telefonu je také jeho malá velikost (tedy dobrá skladovatelnost) a osobní vztah uživatele k samotnému zařízení, neboť telefon je multifunkčním nástrojem, který uživatelé využívají nejen k telefonování, k psaní emailu a poslechu hudby, prostřednictvím různých aplikací si telefon personifikují a vytváří si k němu vztah. V České republice se počet nepoužívaných telefonů odhaduje na 12 miliónů.

Přitom v mobilním telefonu se nachází celá řada cenných materiálů – z environmentálního a ekonomického hlediska jsou nejzajímavější právě kovy. Poměrově zastávají v telefonu přibližně 1/3 jeho váhy. V telefonu se nachází např. měď, nikl, olovo, antimon, ale také drahé kovy – zlato, stříbro, palladium a toxické kovy – olovo, chrom, rtuť a také tzv. kritické materiály, jakým je např. neodym.

1.1 Jak funguje projekt REMOBIL?

Na sběr nepotřebných mobilních telefonů se zaměřil neziskový projekt REMOBIL. JAK PROJEKT FUNGUJE?

1.1.1 Sběr

Ve firmě nebo instituci se umístí sběrný box, kam mají možnost zaměstnanci po dobu trvání akce odevzdat nepotřebný mobilní telefon. Po skončení sběrné akce zajistí REMOBIL odvoz boxu a mobilních telefonů včetně příslušenství k recyklaci. Odevzdávají se i další drobné spotřebiče, jako např. nabíječky, kabely, baterie, kalkulačky, atd.

1.1.2 Třídění

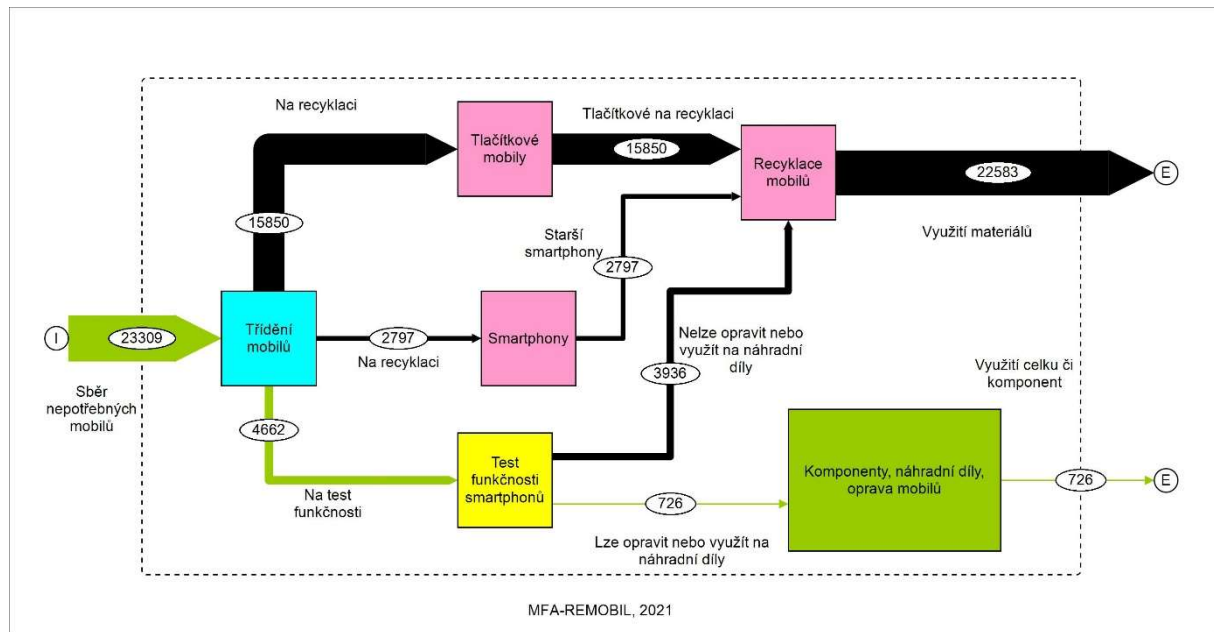
REMOBIL třídí sebrané mobily na 4 kategorie, přičemž první kategorie je mobil, který je funkční a může se přeprodat. Takových mobilů se sebere průměrně pár procent. Druhou kategorií jsou mobily k opětovnému použití, ovšem je nutné je opravit a oprava se musí ekonomicky vyplatit. Třetí kategorií jsou mobily určené na opětovné použití náhradních dílů a poslední kategorií jsou mobily určené k recyklaci. Aby mohl být mobil opětovně použit, musí být pečlivě otestován. U každého mobilu se sledují parametry jako nabíjení, volání, audiotest, wi-fi, síla signálu, LCD svítivost, stav baterie, stav krytu, funkčnost tlačítek atd. Každý mobil s operačním systémem určený k opětovnému použití prochází procesem mazání dat, kdy se použije speciální software, který 2x přemaže záznamové zařízení a tím dojde k úplnému a jednoznačnému smazání.

1.1.3 Demontáž

Manuální demontáž mobilních telefonů a příslušenství na jednotlivé frakce je zajišťována odbornými firmami, které zaměstnávají hendikepované a na pracovním trhu znevýhodněné pracovníky.

1.1.4 Recyklace

Výsledkem demontáže jsou hodnotné materiály, jako jsou desky plošných spojů, baterie, plasty, kovy či sklo, které jsou předány k finálnímu zpracování. Využitelné suroviny jsou recyklovány (kovy – měď, nikl, hliník, kobalt, zlato, stříbro, aj., plasty či sklo) a nebezpečné látky jsou bezpečně odstraněny.



Obrázek 1 – Toky nepotřebných mobilů (v kusech) v neziskovém projektu REMOBIL (za celý rok 2021)

1.2 Metoda LCA

Pro posouzení dopadů projektu na životní prostředí byla použita metoda LCA (analýza životního cyklu). Metoda LCA je standardizovaná analytická metoda hodnotící dopady výroby, služeb či lidských činností na životní prostředí. Hodnotí dopad tzv. od kolébky do hrobu, přičemž zahrnuje celý životní cyklus produktu, od získání primární suroviny, přes fázi výroby, užití až po finální odstranění či znovuvyužití produktu. Dopady jsou hodnoceny pomocí tzv. kategorií dopadu, což je specifický problém životního prostředí, na kterém se lidská činnost podílí. Mezi kategorie patří např. globální oteplování, acidifikace, eutrofizace, úbytek materiálůvých surovin.

Pro zhodnocení a potenciální snížení environmentálních dopadů celého sběru, bylo potřeba vyhodnotit jednotlivé fáze sběru telefonů.

2 CÍL PRÁCE

Popsat objektivním, transparentním a mezinárodně uznávaným postupem, respektujícím náležitosti relevantních norem, environmentální dopady spojené se zpětným odběrem, přepravou a zpracováním nepotřebných mobilních telefonů, a to do fáze inverze náhrady primární suroviny, **včetně opětovného použití celých mobilů a jednotlivých komponent.**

3 METODIKA PRÁCE

Metodika práce vychází z definovaného cíle a z norem ČSN EN ISO 14040/14044, za využití LCA software a databází.

LCA studie zpětně byla zpracovaná v rozsahu 4 fází:

- 1) Stanovení cíle a rozsahu
- 2) Inventarizační analýza
- 3) Posuzování dopadu
- 4) Interpretace

4 STANOVENÍ CÍLE A ROZSAHU

4.1 Cíl studie

Studie LCA bude sloužit pro posouzení dopadu spolku REMOBIL na životní prostředí. Výsledky budou použity pro případnou optimalizaci sběru nepotřebných mobilů a zejména ke komunikaci environmentálních úspor směrem k veřejnosti a v rámci vzdělávacích lekcí, které REMOBIL poskytuje.

4.2 Rozsah

4.2.1 Funkce systému

Funkcí systému je využití nepotřebných mobilních telefonů v rámci projektu REMOBIL včetně oprav, využití komponent na náhradní díly a materiálové recyklace.

4.2.2 Funkční jednotka

Nakládání s celkovým počtem sebraných nepotřebných mobilních telefonů v roce 2021, ve kterém bylo sebráno 23 309 ks nepotřebných mobilů.

4.2.3 Hranice systému

Hranice systému byly stanoveny tak, aby zahrnovaly vyzvednutí nepotřebných mobilů ze sběrných míst (sběrná místa ve firmách, institucích a školách, jejich svoz, třídění, opětovné použití a zpracování výstupů až do fáze, kdy plně nahradí primární surovinu). Hranice systémů zahrnují i inverzní procesy tavenin kovů od těžby primární suroviny až po fázi, kdy je primární surovina nahrazena druhotnou surovinou a také inverzní procesy úspory energií (elektrické nebo termální).

4.2.4 Požadavky na údaje

- časový rozsah: rok 2021
- geografický rozsah: působnost společnosti REMOBIL, z.s. na celém území ČR. Hutní zpracování (materiálová recyklace) nepotřebných mobilů probíhá ve společnosti UMICORE v Belgii.
- technologický rozsah: technické vybavení sběrných míst, přepravní prostředky, technologické vybavení pro materiálové využití, vybavení společnosti REMOBIL

4.2.5 Metody alokace

V případě alokace vstupů a výstupů byly použity metody podle hmotnosti.

4.2.6 Kategorie dopadu

Pro účely studie LCA využití nepotřebných mobilních telefonů byly zvoleny kategorie dopadu viz Tabulka 1 a Tabulka 2.

Tabulka 1 – Kategorie dopadu a ekvivalenty kategorie dopadu zvolené pro LCA spolku REMOBIL (anglicky)

Primary energy demand from ren. and non ren. resources (net cal. value) [MJ]
ReCiPe 2016 v1.1 Midpoint (H) - Climate change, default, excl biogenic carbon [kg CO ₂ eq.]
ReCiPe 2016 v1.1 Midpoint (H) - Fine Particulate Matter Formation [kg PM2.5 eq.]
ReCiPe 2016 v1.1 Midpoint (H) - Fossil depletion [kg oil eq.]
ReCiPe 2016 v1.1 Midpoint (H) - Freshwater Consumption [m ³]
ReCiPe 2016 v1.1 Midpoint (H) - Human toxicity, cancer [kg 1,4-DB eq.]
ReCiPe 2016 v1.1 Midpoint (H) - Human toxicity, non-cancer [kg 1,4-DB eq.]
ReCiPe 2016 v1.1 Midpoint (H) - Photochemical Ozone Formation, Human Health [kg NO _x eq.]
ReCiPe 2016 v1.1 Midpoint (H) - Terrestrial Acidification [kg SO ₂ eq.]

Tabulka 2 – Kategorie dopadu a ekvivalenty kategorie dopadu zvolené pro LCA spolku REMOBIL (česky)

Celková spotřeba energie [MJ]
Klimatická změna [kg CO ₂ eq.]
Vznik prachových částic [kg PM2.5 eq.]
Spotřeba fosilních paliv [kg ropy eq.]
Spotřeba vody [m ³]
Vznik rakovinotvorných látek (pro člověka) [kg 1,4-DB eq.]
Vznik toxických látek (pro člověka) [kg 1,4-DB eq.]
Vznik fotochemického smogu [kg NO _x eq.]
Okyselování půd [kg SO ₂ eq.]

4.2.7 Omezení a předpoklady

Nepotřebný mobil je považován za zdroj surovin, které by v případě nevyužití (např. uložení nepotřebného mobilu na skládku) musely být nahrazeny primární surovinou. Zátěž druhotných surovin vstupy a výstupy předchozích životních cyklů nebyla proto zvažována. Pro lepší představu, dle literatury se emise skleníkových plynů na celý životní cyklus jednoho smartphonu pohybují od 16 kg do 110 kg (životní cyklus asi 3,5 roku), přičemž výroba je zodpovědná za 45-85 % dopadů, doprava 5 až 14 %, používání 10-49 % a „end of life“ (tedy recyklace, skládkování, atd.) asi 1 %. (Manhart et al., 2016)

Takto jsme uvažovali v rámci vytríděných mobilních telefonů pro opětovného použití:

- 65 % mobilů se opraví – v roce 2021 to bylo $3\,600 \cdot 0,65 = 2\,340$ mobilů
- 35 % mobilů jde na náhradní díly – 1 260 ks

Jde o to, jakou úsporu těmto mobilům přiřadíme. Pokud by například mobily zůstaly „napořád“ v šuplíku spotřebitele, pak nemají žádnou kompenzaci. V případě opětovného použití (oprava, prodej), jim lze přiřadit kompenzaci rovnající se „dopadům výroby mobilního telefonu na životní prostředí“ mínus „dopady opravy a prodeje“. V tom případě ještě musíme provést odborný odhad, že oprava mobilů bude představovat max. 10 % z celkových dopadů (literatura mluví o 1 %, viz (Skerlos et al., 2003)). Pak by to tedy znamenalo úsporu rovnající se $3\,600 \cdot 0,65 \cdot 0,9 = 2\,106$ mobilů. Tyto mobily tedy nemusely být vyrobeny a lze tuto skutečnost namodelovat jako tzv. inverzní proces. **Nicméně tuto úsporu jsme nepočítali a nijak v LCA nezohlednili, jelikož není jisté, že tyto mobily nahradí výrobu nových mobilů.**

Co se týká náhradních dílů, pak:

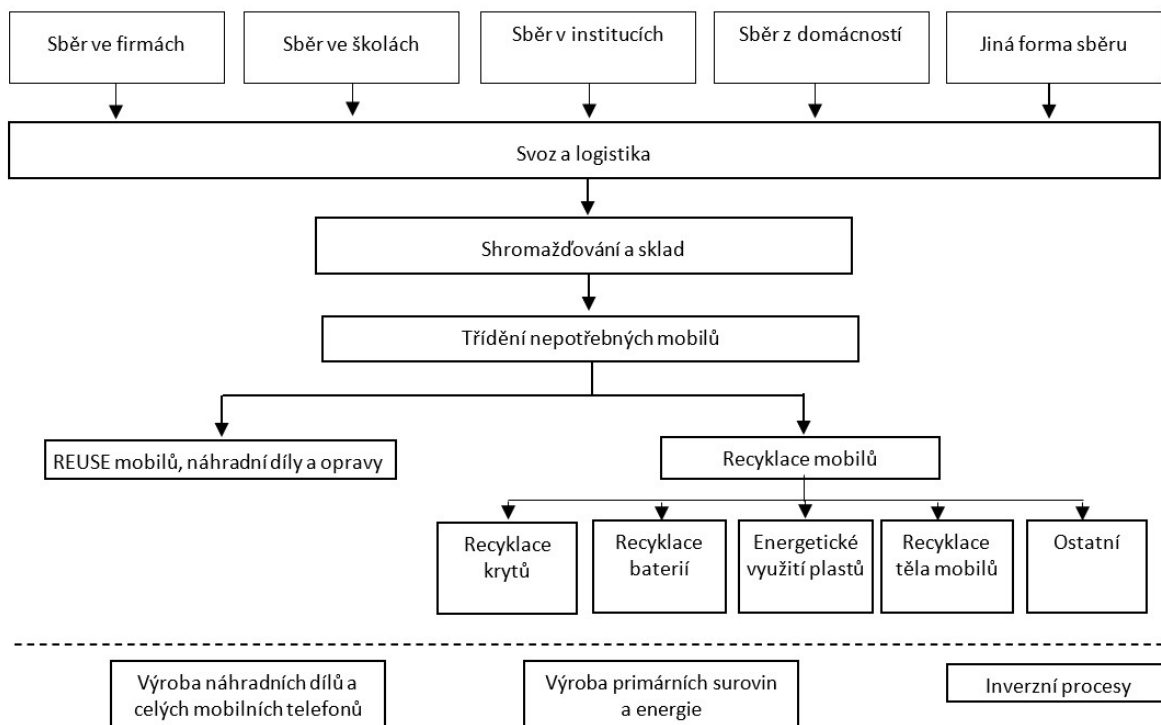
- 60 % mobilů se použije jako celá deska plošného spoje (literatura mluví o 70 až 90 % alokovaných dopadů při výrobě desky plošného spoje, kde největší dopady má výroba IC komponent (Manhart et al., 2016)). V našem případě bychom použily 75 %.
- 30 % LCD opravy
- 10 % mobilů se použije na další náhradní díly, jako jsou flex kabely, kamerky, atd. Tady bychom jim přiřadili kompenzaci 5 % z celkových dopadů výroby mobilu.

Jelikož se ovšem často, zejména v případě oprav LCD displejů, používají nové náhradní díly, případně speciální technologie výměny skla, je velmi složité odhadnout tyto kompenzace. Celkem bylo v roce 2021 použito jako náhradní díl 968 ks desek plošných spojů. Jedna deska se rovná 75 % dopadů výroby mobilu na životní prostředí. **Tedy předpokládáme, že nemuselo být vyrobeno $968 * 0,75 = 726$ mobilů nemuselo být vyrobeno.**

5 INVENTARIZAČNÍ ANALÝZA

Inventarizační analýza zahrnuje shromažďování a kvantifikaci vstupů a výstupů procesů od vyzvednutí nepotřebných mobilů z míst k tomu určených, přes jejich svoz, následné třídění nepotřebných mobilů na mobily určené k recyklaci a nepotřebné mobily určené k dalšímu testování. Dále pak zpracování vytříděných mobilů v příslušných závodech až do fáze náhrady primární suroviny či REUSE (použití mobilu na náhradní díly nebo oprava mobilu). V rámci inventarizační analýzy byl sestaven vývojový diagram toků nepotřebných mobilů, viz Obrázek 2. Dále byl proveden sběr údajů a následně výpočet výsledků inventarizační analýzy pomocí software Gabi a databáze Ecoinvent.

5.1 Vývojový diagram



Obrázek 2 – Vývojový diagram toku nepotřebných mobilů v rámci spolku REMOBIL

5.2 Sběr údajů

V tomto kroku inventarizační analýzy byly shromážděny specifické údaje v rámci ročních činností spolku REMOBIL. Údaje byly členěny podle celkem 34 procesů, které byly posléze seskupeny do jednotlivých skupin, viz Tabulka 3.

Tabulka 3 – Uvažované procesy v rámci LCA spolku REMOBIL

Procesy v rámci LCA REMOBIL	
1	Energetické využití odpadní strečové fólie
2	Výroba strečové fólie
3	Využití přebytečného tepla z plastů obsažených v těle mobilů
4	Sekundární huť
5	Hydroxid vápenatý - výroba
6	Vápenec - výroba
7	Kyselina sírová - výroba
8	Uhlíčitan sodný - výroba
9	Doprava
10	Doprava
11	Doprava
12	Doprava
13	Doprava
14	Doprava
15	Doprava
16	Doprava
17	Doprava
18	REUSE
19	Energetické využití plastových krytů
20	Elektrická energie vyrobená v rámci spalování plastů (fólie a kryty)
21	Teplo vyrobené v rámci spalování plastů (fólie a kryty)
22	Náhrada hliníku (recyklace krytů)
23	Náhrada železa (recyklace krytů)
24	Výroba kartónových krabic
25	Spotřeba elektrické energie v rámci skladů a demontáže baterie
26	Náhrada antimonu
27	Náhrada mědi
28	Náhrada zlata
29	Náhrada olova
30	Náhrada niklu
31	Náhrada palladia
32	Náhrada stříbra
33	Náhrada cínu
34	Recyklace Li-Ion baterií

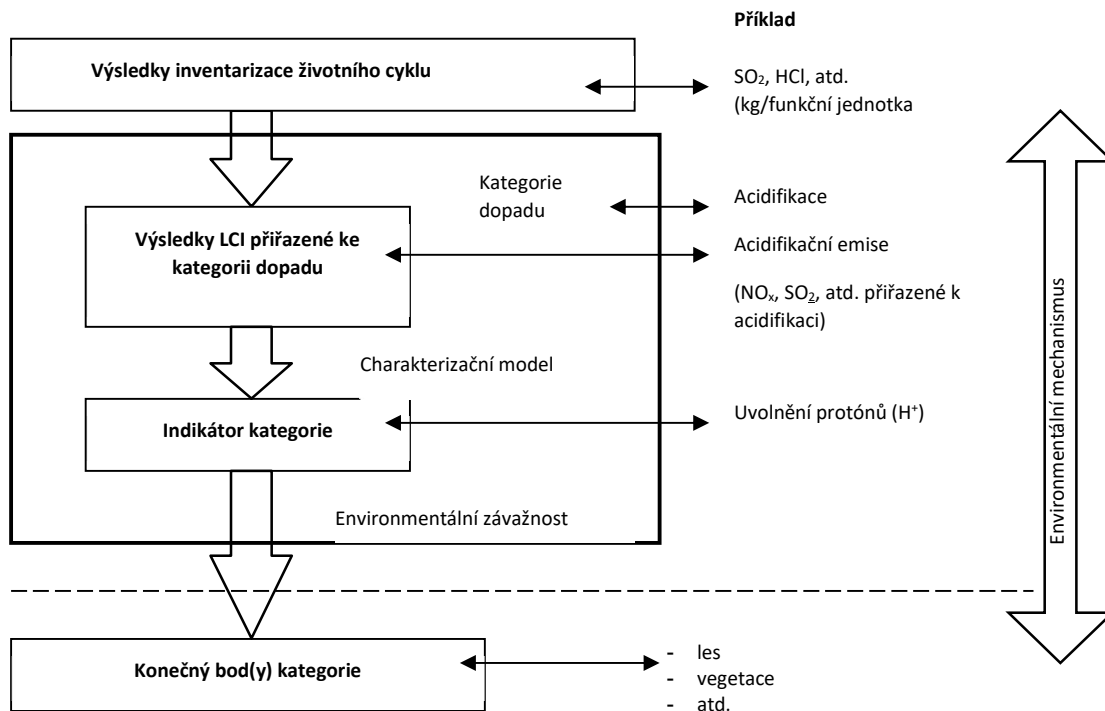
Následující údaje poskytl spolek REMOBIL, které se vztahují k roku 2021.

- ✓ Spotřeba energie v rámci kanceláří, třídění, opětovného použití alokovaná dle metrů čtverečných využívaného prostoru – 432, 34 kWh
- ✓ Bylo celkem sesbíráno 23 309 ks nepotřebných mobilů
- ✓ % tlačítkových mobilů - 65
- ✓ % dotykových mobilů – 35
- ✓ Průměrná hmotnost tlačítkového s baterií – 150 g
- ✓ Průměrná hmotnost dotykového s baterií – 100 g
- ✓ Průměrná hmotnost tlačítkového bez baterie – 120 g
- ✓ Průměrná hmotnost dotykového bez baterie – 80 g
- ✓ Průměrná hmotnost mobilu vč. baterie – 117,5 g
- ✓ Bylo uskutečněno celkem 481 balíkových svozů
- ✓ Bylo použito 181 ks kartónových sběrných boxů
- ✓ Bylo použito 300 ks odpadních kartónových krabic jako náhrada sběrných boxů
- ✓ Spotřeba strečové fólie na zabalení sběrných boxů byla 18,71 g na jeden sběrný box, celkem 9 kg
- ✓ Průměrná hmotnost jednoho balíku byla 5,69 kg
- ✓ Sklad se nevytápí a nemá žádnou spotřebu
- ✓ Doprava mobilů na recyklaci v ČR (shromažďovací místo pro recyklaci v Jinočanech u Prahy) celkem 80 km, typ auta dodávka
- ✓ Doprava těla mobilů na materiálovou recyklaci do sekundární hutě do firmy UMICORE ve městě Hoboken (Belgie), celkem 891 km
- ✓ 95,5 % krytů je plastových, celkem 23 309-3600 = 19 709*0,02kg, celkem 376,44 kg
- ✓ Plastové kryty se energeticky využijí v ČR, doprava 30 km
- ✓ 1 % krytů je Al, recyklace v ČR, celkem 3,9 kg
- ✓ 3,5 % krytů je nerez, recyklace v ČR, celkem 13,8 kg
- ✓ výtěžek kovů z 1 tuny mobilních telefonů: 0,347 kg zlata, 0,15 kg palladia, 3,63 kg stříbra, 128 kg mědi, 15 kg niklu, 6 kg olova, 1 kg antimonu a 10 kg cínu (Valero Navazo et al., 2013)
- ✓ další spotřeba v rámci hutě na jednu tunu těla mobilů: CaCO₃ 0,7 kg, CaO 0,15 kg, Na₂CO₃ 0,4 kg, voda 25 kg, H₂SO₄ 4,6 kg (Valero Navazo et al., 2013)
- ✓ 7 568 MJ se použije na tavení mobilů, 3 221 MJ se může využít na jiné procesy (Valero Navazo et al., 2013)
- ✓ Emise do ovzduší a do vody v rámci sekundární hutě viz (Valero Navazo et al., 2013)
- ✓ Opětovné použití mobilů – předpoklad, že díky využití mobilů v rámci opravárenství nemuselo být vyrobeno celkem 726 kusů mobilů.

6 POSUZOVÁNÍ DOPADU

6.1 Výpočet výsledků inventarizační analýzy

Fáze posuzování dopadů životního cyklu je z metodologického hlediska třetí fází LCA. Tato fáze směřuje k pochopení a vyhodnocení velikosti a významu potenciálních dopadů produktového systému na životní prostředí během životního cyklu produktu. V této fázi dochází k převodu výsledků inventarizační analýzy na společné jednotky a k seskupení převedených výsledků uvnitř kategorie dopadu, viz Obrázek 3. Při tomto převodu jsou použity charakterizační faktory. Výstupem výpočtu je pak číselný výsledek indikátoru kategorie dopadu.



Obrázek 3 - Koncept indikátorů kategorie (podle ČSN EN ISO 14044), převzato z (Tichá & Černík, 2011)

Výpočet výsledků indikátorů kategorií klimatická změna, vznik prachových částic, spotřeba fosilních paliv, spotřeba vody, vznik rakovinotvorných látek (pro člověka), vznik toxických látek (pro člověka), vznik fotochemického smogu a celková spotřeba energie byly provedeny na základě mezinárodně uznávaných charakterizačních faktorů.

Fáze LCA posuzování dopadů (LCIA) se zaměřuje na vyhodnocování potenciálních environmentálních dopadů výsledků inventarizační analýzy. Tento proces propojuje inventarizační údaje s konkrétními kategoriemi dopadu, za pomoci indikátorů kategorií.

Pro výpočet výsledků indikátorů kategorií dopadu klimatická změna [kg CO₂ eq.], vznik prachových částic [kg PM_{2.5} eq.], spotřeba fosilních paliv [kg ropy eq.], spotřeba vody [m³], vznik rakovinotvorných látek (pro člověka) [kg 1,4-DB eq.], vznik toxických látek (pro člověka) [kg 1,4-DB eq.], vznik fotochemického smogu [kg NO_x eq.] a okyselování půd [kg SO₂ eq.] byla použita metodika ReCiPe 2016 v1.1 (H). Jedná se o metodiku posuzování dopadů životního cyklu v rámci středního bodu kategorie dopadu (midpoint). Pro výpočet výsledků indikátoru kategorie dopadu celková spotřeba energie [MJ] byla zvolena metodika „Primary energy“ v rámci LCA softwaru.

6.2 Výsledky posuzování dopadů

Níže Tabulka 4 uvádí celkové výsledky posuzování dopadů spolku REMOBIL na životní prostředí.

Tabulka 4 – Výsledky posuzování dopadů spolku REMOBIL na životní prostředí – celkové srovnání

Kategorie dopadu	Úspory	Dopady	Celkový benefit	Celkový benefit na jeden mobil
Celková spotřeba energie [MJ]	- 1 118 528,35	12 075,16	- 1 106 453,20	-47,47
Klimatická změna [kg CO ₂ eq.]	- 63 007,50	1 604,67	- 61 402,83	-2,63
Vznik prachových částic [kg PM _{2.5} eq.]	- 276,50	0,28	- 276,22	-0,0119
Spotřeba fosilních paliv [kg ropy eq.]	- 23 306,44	224,94	- 23 081,50	-0,99
Spotřeba vody [m ³]	- 863,60	5,26	- 858,35	-0,0368
Vznik rakovinotvorných látek (pro člověka) [kg 1,4-DB eq.]	- 6 701,46	0,24	- 6 701,23	-0,287
Vznik toxických látek (pro člověka) [kg 1,4-DB eq.]	- 1 092 173,24	37,10	- 1 092 136,14	-46,85
Vznik fotochemického smogu [kg NO _x eq.]	- 277,46	0,90	- 276,56	-0,012
Okyselení půd [kg SO ₂ eq.]	- 740,50	0,95	- 739,55	-0,03

Tabulka 5 – Výsledky: procesy spojené s environmentálními dopady spolku REMOBIL

Kategorie dopadu	Sběrné boxy	Strečová fólie	Doprava	Recyklace	Plastové kryty	REUSE	CELKEM
Celková spotřeba energie [MJ]	2 843,00	761,44	3 230,00	102,22	323,50	4 815,00	12 075,16
Klimatická změna [kg CO ₂ eq.]	63,40	50,39	227,64	2,95	993,00	267,30	1 604,67
Vznik prachových částic [kg PM _{2.5} eq.]	0,02	0,03	0,05	0,01	0,04	0,13	0,28
Spotřeba fosilních paliv [kg ropy eq.]	20,66	17,21	71,58	2,28	6,72	106,50	224,94
Spotřeba vody [m ³]	0,95	0,41	0,20	0,04	2,39	1,27	5,26
Vznik rakovinotvorných látek (pro člověka) [kg 1,4-DB eq.]	0,01	0,00	0,06	0,12	0,01	0,03	0,24
Vznik toxických látek (pro člověka) [kg 1,4-DB eq.]	3,84	0,06	21,35	5,46	2,14	4,25	37,10
Vznik fotochemického smogu [kg NO _x eq.]	0,09	0,05	0,27	0,01	0,22	0,25	0,90
Okyselení půd [kg SO ₂ eq.]	0,06	0,09	0,17	0,04	0,17	0,41	0,95

Tabulka 6 – Výsledky: procesy spojené s environmentálním benefitem (úsporou) spolku REMOBIL

Kategorie dopadu	Energetické využití plastů	Recyklace kovových krytů	Recyklace baterií	REUSE	Recyklace Sb	Recyklace Cu	Recyklace Au	Recyklace Pb	Recyklace Ni	Recyklace Pd	Recyklace Ag	Recyklace Sn	CELKEM
Celková spotřeba energie [MJ]	- 13 913,00	- 1 089,92	- 11 516,95	- 473 128,17	- 228,50	- 40 650,00	- 465 100,00	- 194,30	- 13 680,00	- 52 960,00	- 43 370,00	- 2 697,51	- 1 118 528,35
Klimatická změna [kg CO2 eq.]	- 809,10	- 65,04	- 726,58	- 27 420,00	- 13,58	- 904,70	- 27 090,00	- 13,20	- 439,00	- 2 713,00	- 2 648,00	- 165,30	- 63 007,50
Vznik prachových částic [kg PM2.5 eq.]	- 0,13	- 0,06	- 1,77	- 58,32	- 0,17	- 2,40	- 72,56	- 0,08	- 10,83	- 120,30	- 7,95	- 1,92	- 276,50
Spotřeba fosilních paliv [kg ropy eq.]	- 331,15	- 19,30	- 224,14	- 9 977,78	- 4,64	- 500,87	- 9 883,19	- 4,09	- 192,93	- 1 185,68	- 925,52	- 57,16	- 23 306,44
Spotřeba vody [m3]	- 0,64	- 1,91	- 9,68	- 346,35	- 0,29	- 152,98	- 262,48	- 0,29	- 41,44	- 19,51	- 24,31	- 3,71	- 863,60
Vznik rakovinotvorných látek (pro člověka) [kg 1,4-DB eq.]	- 0,14	- 0,03	- 53,22	- 2 044,01	- 22,77	- 237,72	- 3 451,00	- 5,61	- 70,12	- 400,99	- 373,92	- 41,94	- 6 701,46
Vznik toxických látek (pro člověka) [kg 1,4-DB eq.]	- 3,72	- 3,55	- 1 160,92	- 53 901,18	- 5 444,58	- 17 153,01	- 864 394,13	- 624,01	- 4 025,15	- 53 972,70	- 83 610,94	- 7 879,36	- 1 092 173,24
Vznik fotochemického smogu [kg NOx eq.]	- 0,59	- 0,10	- 1,71	- 61,91	- 0,18	- 3,42	- 148,73	- 0,05	- 2,32	- 34,92	- 22,36	- 1,17	- 277,46
Okyselení půd [kg SO2 eq.]	- 0,40	- 0,19	- 3,46	- 103,20	- 0,21	- 6,64	- 156,59	- 0,23	- 36,49	- 414,54	- 17,26	- 1,29	- 740,50

7 INTERPRETACE

Interpretace životního cyklu je poslední fází procesu LCA, ve které jsou výsledky LCI a LCIA shrnuty a diskutovány jako základ pro závěry, doporučení a rozhodování v souladu s definicí cíle a rozsahu.

7.1 Procesy spojené s environmentálním benefitem (úsporou) spolku REMOBIL

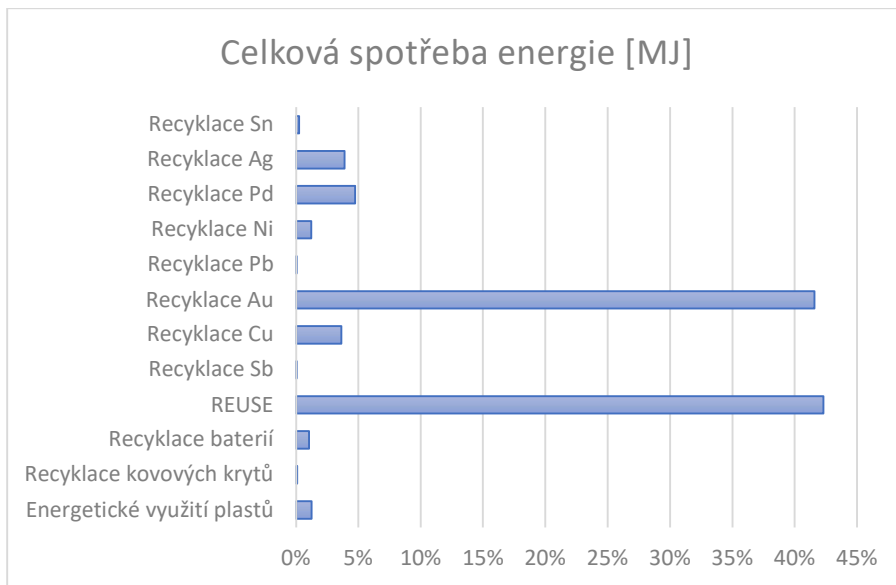
Procesy spojené s environmentálním benefitem jsou v LCA procesy tzv. inverzní. V rámci této studie se jedná o tyto procesy:

- Recyklace Sn, Ag, Pd, Ni, Pb, Au, Cu, Sb: jedná se o procesy výroby těchto kovů z primárních, tedy přírodních zdrojů. Pokud totiž získáme kov recyklací nepotřebného mobilu, pak tento kov nemusíme vytěžit z přírody a ušetříme veškeré dopady na životní prostředí spojené s těmito dopady.
- REUSE: jedná se o opětovné použití mobilů, opravy a použití komponent jako náhradní díly. Pokud použijeme komponentu z nepotřebného mobilu jako náhradní díl, ušetříme dopady na životní prostředí spojené s výrobou takové komponenty.
- Recyklace baterií: jedná se o proces recyklace Li-Ion baterií, které se recyklují zvlášť.
- Recyklace kovových krytů: 1 % krytů je hliníkových, 3, 5 % krytů je nerez. Pokud totiž získáme kov recyklací nepotřebného mobilu, pak tento kov nemusíme vytěžit z přírody a ušetříme veškeré dopady na životní prostředí spojené s těmito dopady
- Energetické využití plastů: jedná se o elektrickou energii vyrobenou z tepla, kterou jsme získali spalováním plastových krytů a strečové fólie. Část energie se využije jako teplo (např. vyhřívání, ...).

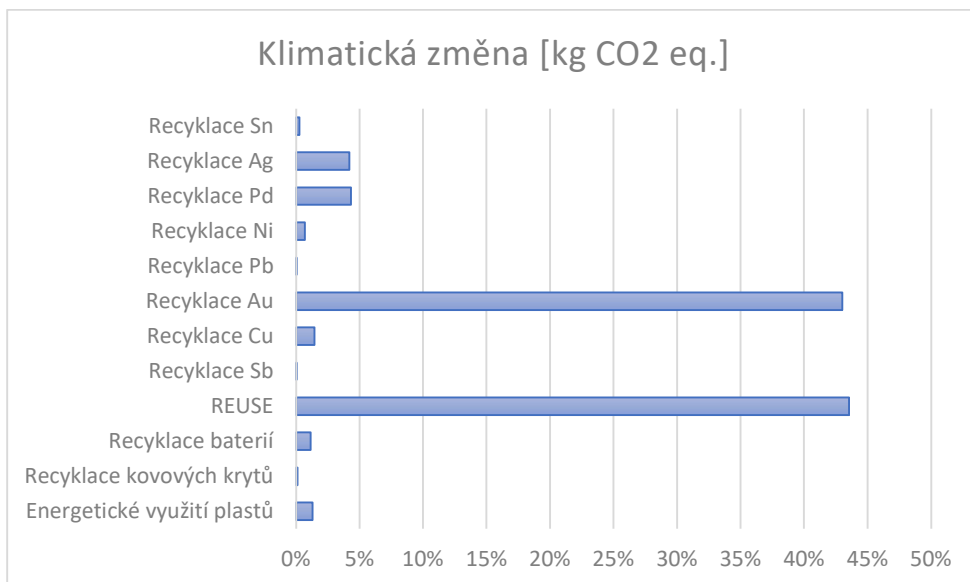
Jak vyplývá z níže uvedených grafů, procesy úspory lze rozdělit zhruba na 3 skupiny:

- Největší úsporu jednoznačně přináší REUSE (opravy mobilů za využití komponent ze sebraných mobilů) a recyklace zlata, dále potom recyklace palladia a ostatních kovů (zejména stříbra a mědi)
- Další úspory přináší tyto procesy: recyklace baterií, recyklace cínu, olova, antimonu, recyklace kovových krytů a energetické využití plastů

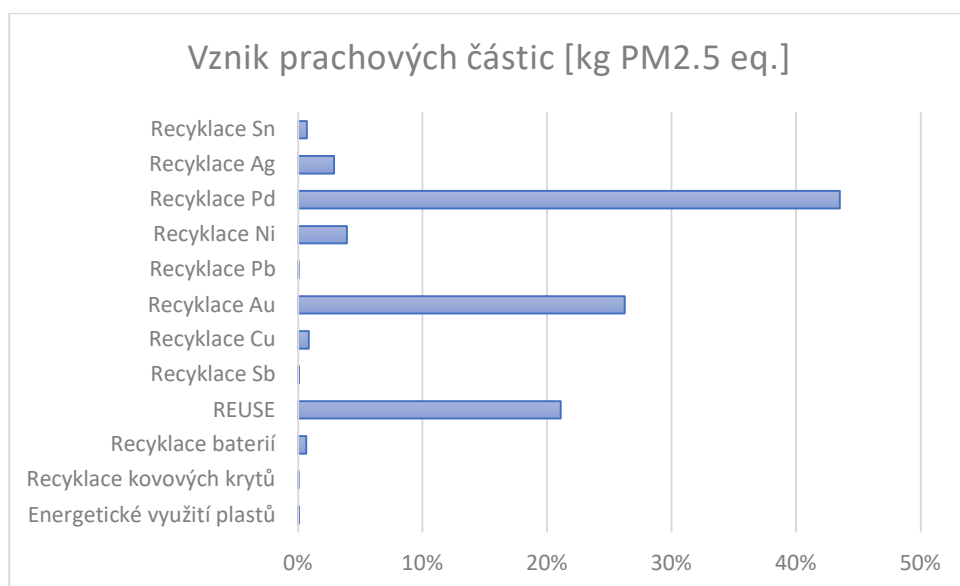
Graf 1 – Celková spotřeba energie: Procesy šetřící životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů



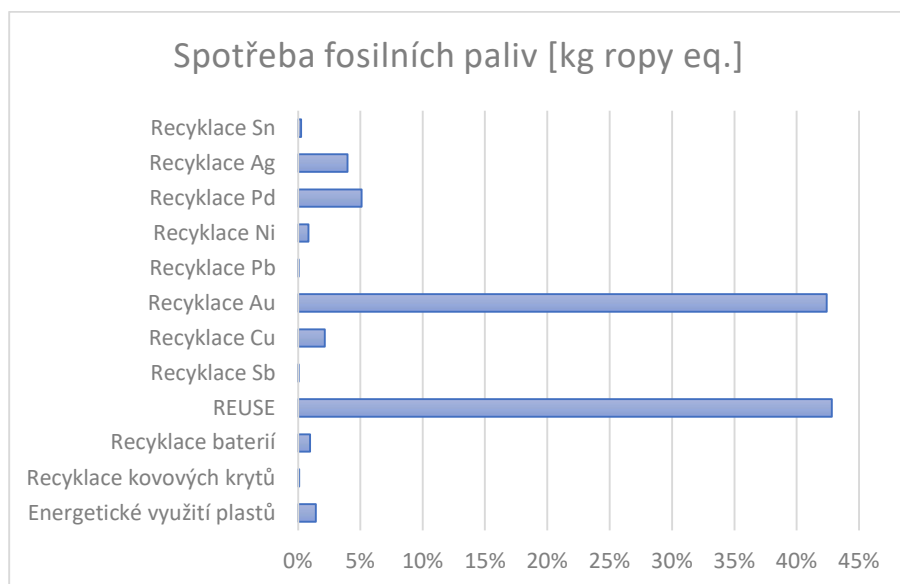
Graf 2 – Klimatická změna: Procesy šetřící životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů



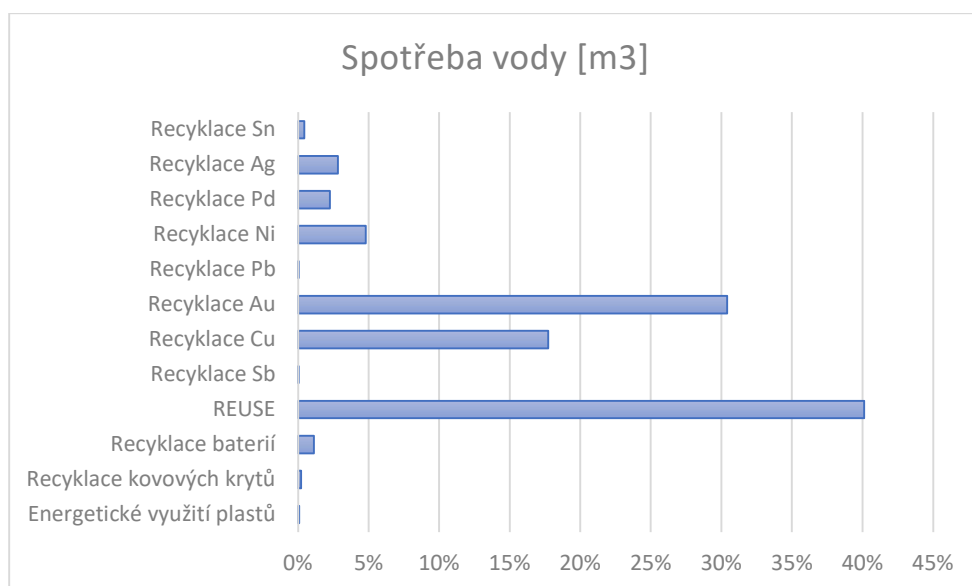
Graf 3 – Vznik prachových částic: Procesy šetřící životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů



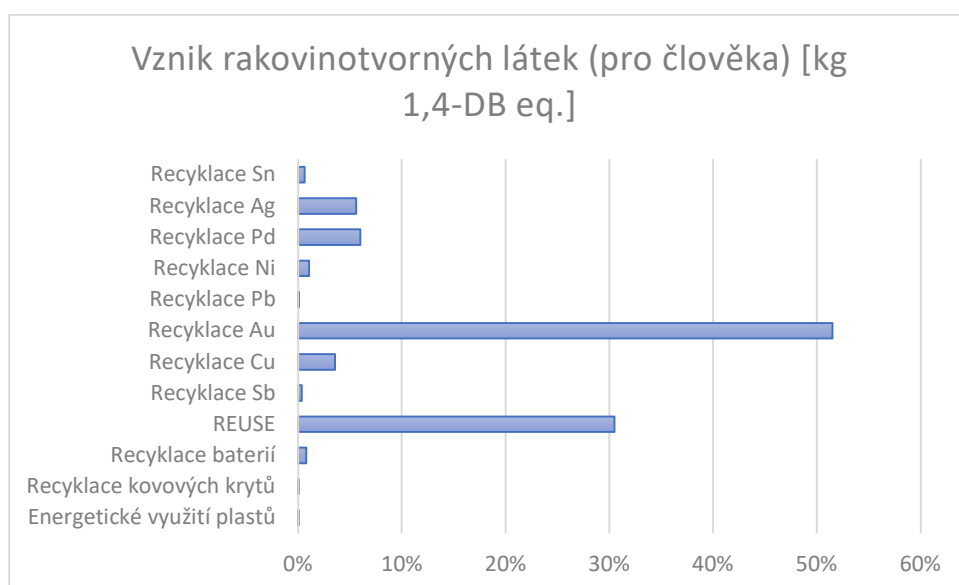
Graf 4 – Spotřeba fosilních paliv: Procesy šetřící životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů



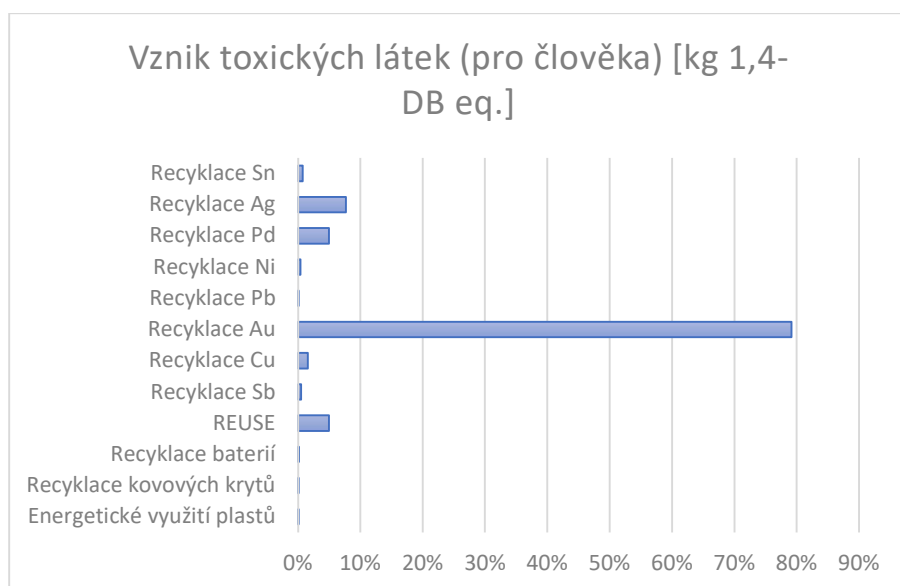
Graf 5 – Spotřeba vody: Procesy šetřící životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů



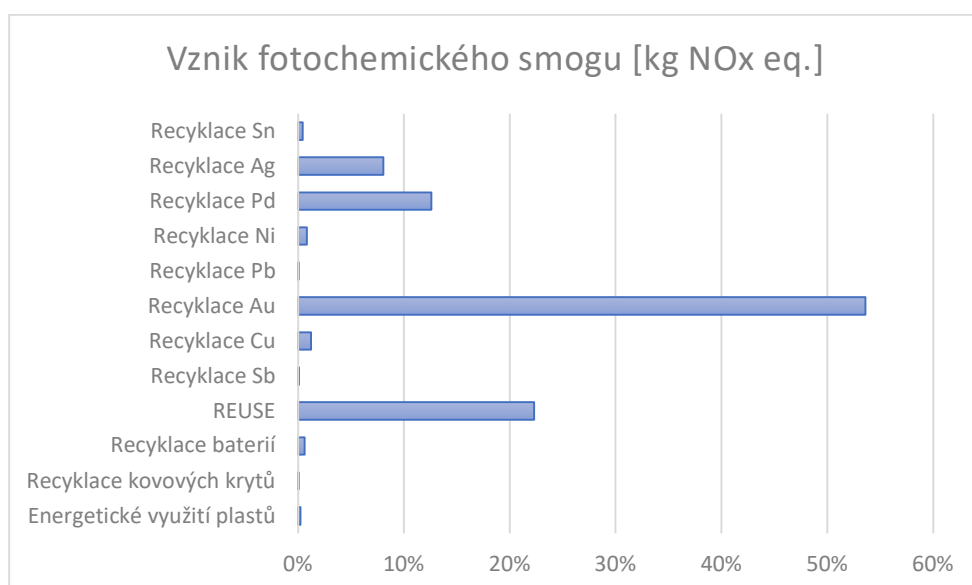
Graf 6 – Vznik rakovinotvorných látek: Procesy šetřící životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů



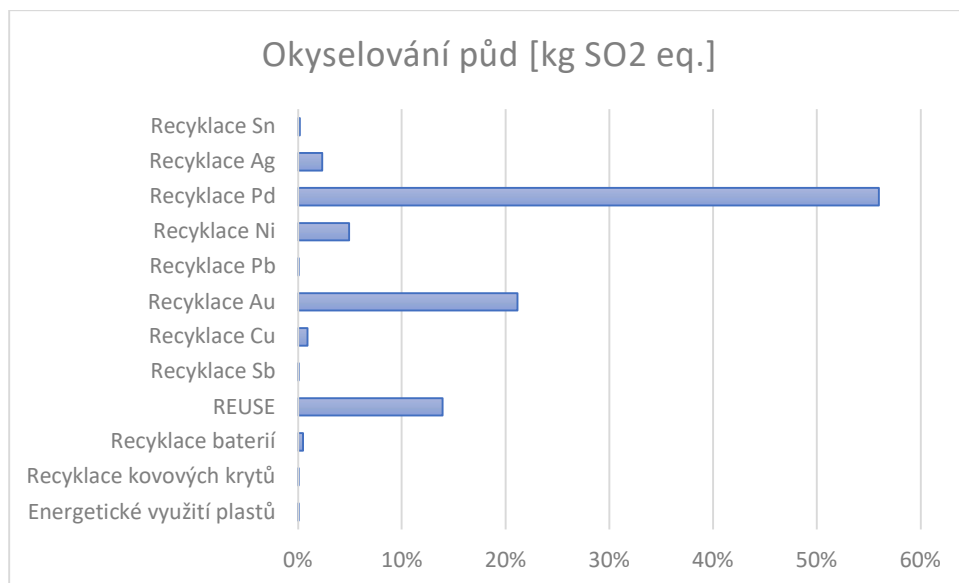
Graf 7 – Vznik toxických látek: Procesy šetřící životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů



Graf 8 – Vznik fotochemického smogu: Procesy šetřící životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů



Graf 9 – Okyselování půd: Procesy šetřící životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů



7.1.1 Procesy spojené s dopady na životní prostředí spolku REMOBIL

Níže uvedené procesy jsou spojené s dopady spolku REMOBIL, které zatěžují životní prostředí. Jsou to tyto procesy:

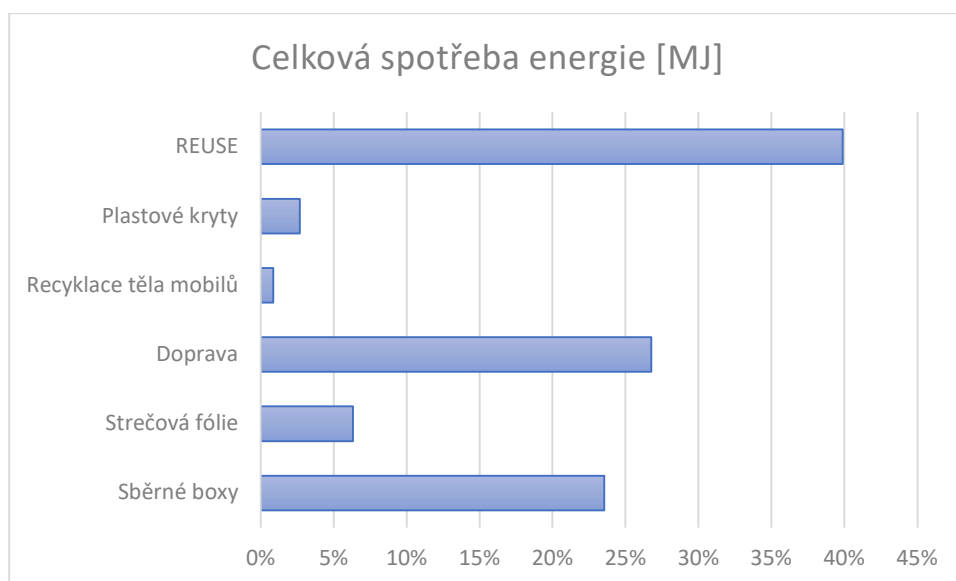
- REUSE – dopady spotřeby elektrické energie, která je potřeba na administrativu, testování, třídění mobilů
- Energetické využití plastových krytů – dopady spalovny
- Recyklace těla mobilů – dopady sekundární hutě
- Doprava – dopady dopravy a logistiky
- Strečová fólie – dopady obalů pro sběrné boxy
- Sběrné boxy – dopady výroby kartónových sběrných boxů

Jak vyplývá z grafů níže, zásadní procesy z hlediska dopadů na životní prostředí jsou:

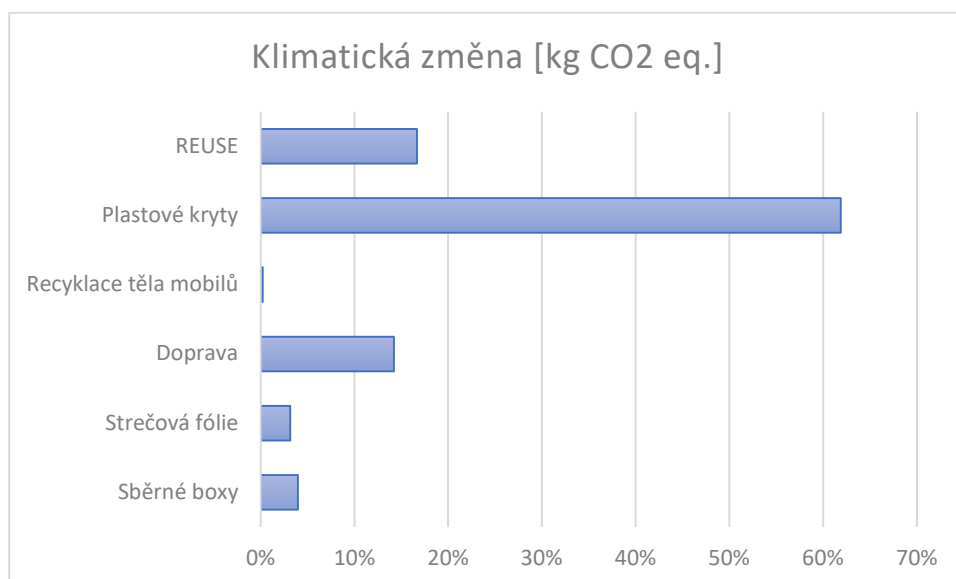
- Spotřeba elektrické energie v rámci REUSE
- Doprava
- Dopady spalovny, kde se energeticky využívají plastové kryty

Nicméně je dobré poznamenat, že v absolutních dopadech jsou tyto zatěžující procesy zcela marginální oproti úsporám, které spolek REMOBIL přináší. Jak uvádí Tabulka 7, tyto úspory se pohybují v řádech desítek, stovek až desetitisíců (zhruba 30 – 30 000).

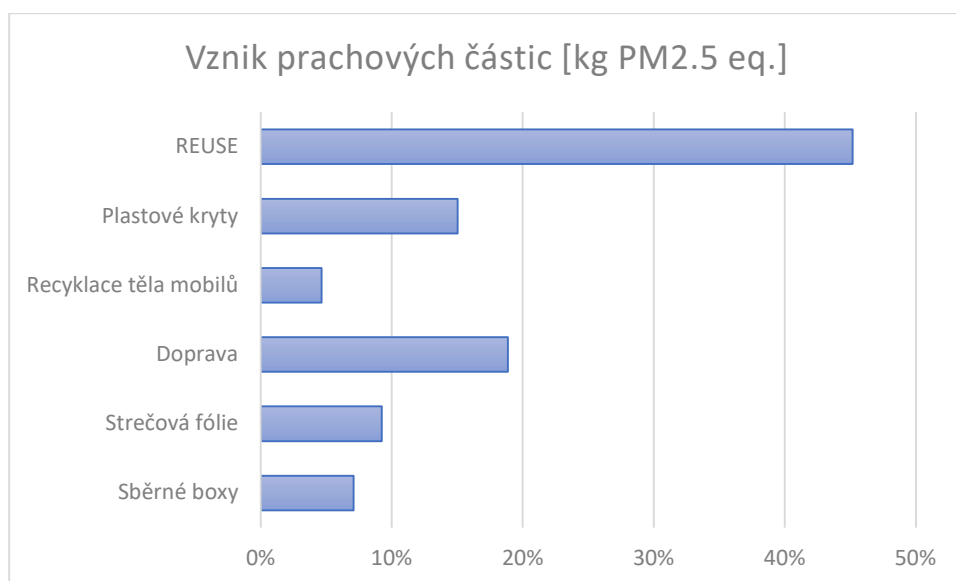
Graf 10 – Celková spotřeba energie: Procesy zatěžující životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů



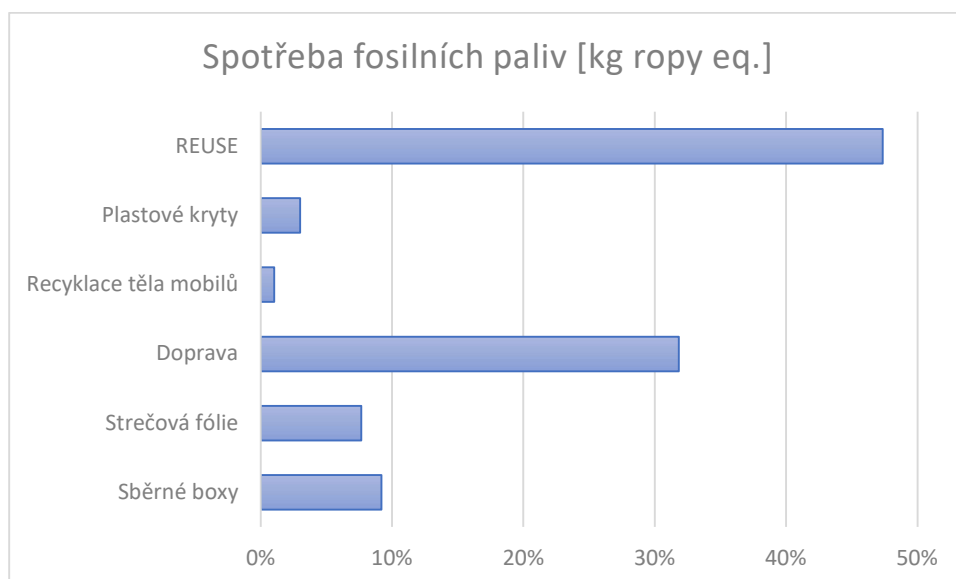
Graf 11 – Klimatická změna: Procesy zatěžující životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů



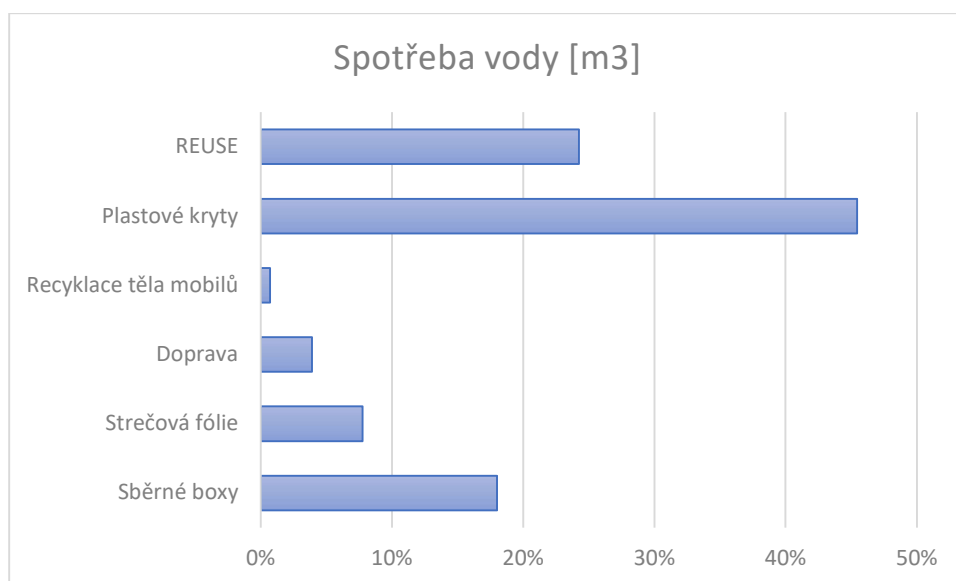
Graf 12 – Vznik prachových částic: Procesy zatěžující životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů



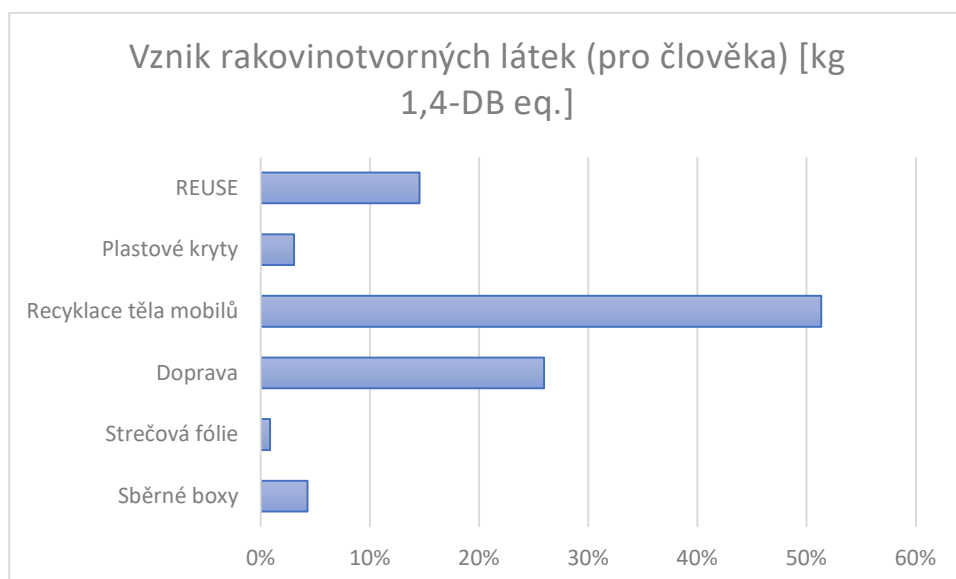
Graf 13 – Spotřeba fosilních paliv: Procesy zatěžující životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů



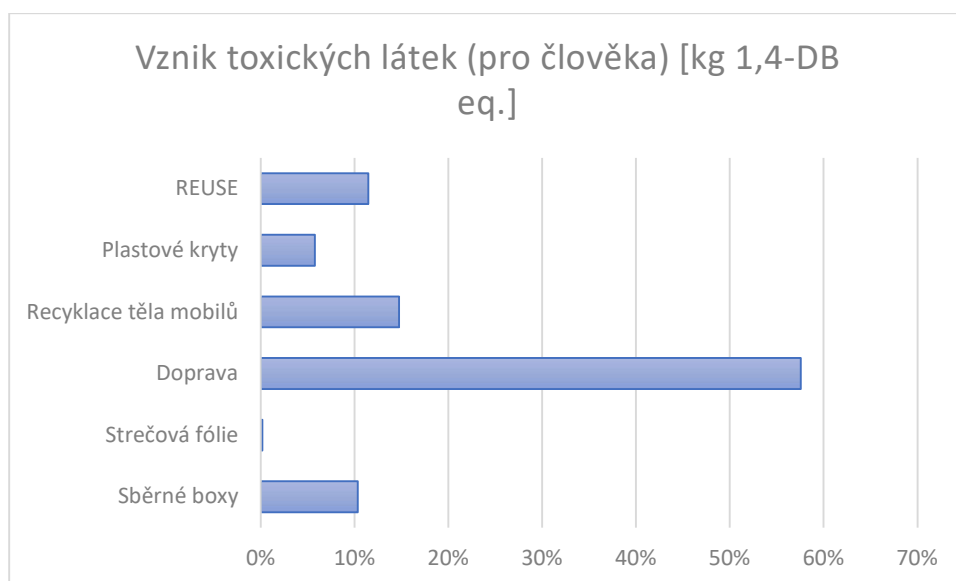
Graf 14 – Spotřeba vody: Procesy zatěžující životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů



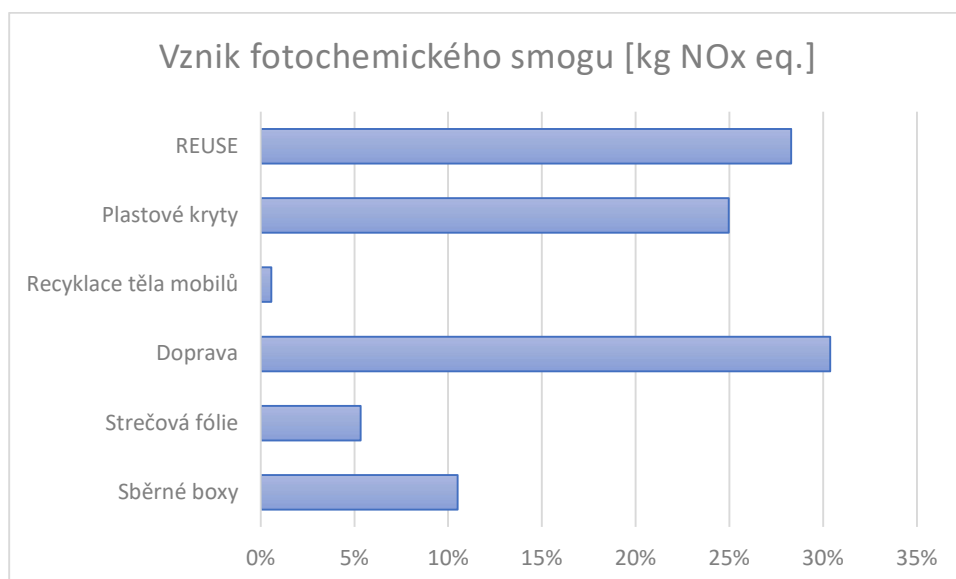
Graf 15 -Vznik rakovinotvorných látek: Procesy zatěžující životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů



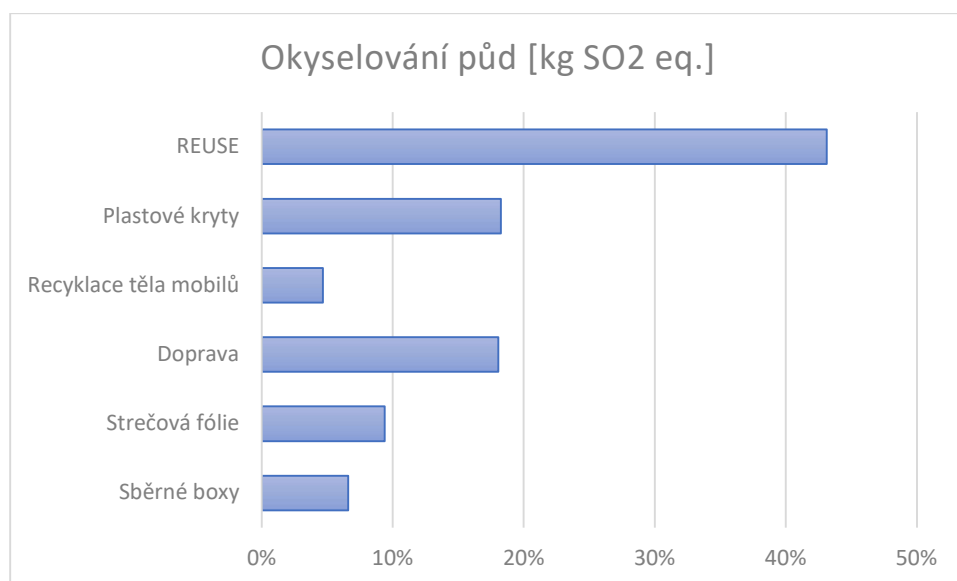
Graf 16 – Vznik toxických látek (pro člověka) [kg 1,4-DB eq.]



Graf 17 – Vznik fotochemického smogu [kg NOx eq.]



Graf 18 – Okyselování půd: Procesy zatěžující životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů



7.2 Identifikace závažných zjištění

Jedním z hlavních zjištění je fakt, že projekt REMOBIL významně šetří životní prostředí. Například můžeme vzít v úvahu kategorii dopadu klimatická změna. Veškeré procesy, které způsobují zátěž životního prostředí, v tomto případě emise skleníkových plynů, znamenají v součtu 1 605 kg CO₂ ekvivalentu. Nicméně procesy, které přinášejí environmentální úsporu, znamenají v součtu 63 007 kg CO₂ ekvivalentu. Jinými slovy, v tomto nastavení by projekt REMOBIL měl environmentální smysl i v případě, kdyby sebral a využil v daném poměru (recyklace:využití mobilů na náhradní díly) pouhých 609 mobilů. Nicméně v roce 2021 se podařilo sebrat a využít více než 23 tisíc nepotřebných mobilů, což přineslo výrazné environmentální benefity v různých kategoriích dopadu. Zcela zásadní roli pak hraje opětovné použití komponent na opravy a recyklace zlata, která přináší největší environmentální benefity.

Tabulka 7 – Identifikace řádu úspor jednotlivých procesů (desítky, stovky a desetitisíce)

Kategorie dopadu	Úspory x-krát	Řád úspor
Klimatická změna	-39	řád desítek
Celková spotřeba energie	-93	řád desítek
Spotřeba fosilních paliv	-104	řád desítek
Spotřeba vody	-164	řád desítek
Vznik fotochemického smogu	-308	řád stovek
Okyselování půd	-784	řád stovek
Vznik prachových částic	-995	řád stovek
Vznik rakovinotvorných látek (pro člověka)	-28 299	řád desetitisíců
Vznik toxických látek (pro člověka)	-29 440	řád desetitisíců

Tabulka 8 – Porovnání jednotlivých procesů, které se podílejí na environmentálních úsporách (červeně označené úspory větší než 15 % z celku v dané kategorii dopadu)

Kategorie dopadu	Energetické využití plastů	Recyklace kovových krytů	Recyklace baterií	REUSE	Recyklace Sb	Recyklace Cu
Celková spotřeba energie [MJ]	1%	0%	1%	42%	0%	4%
Klimatická změna [kg CO2 eq.]	1%	0%	1%	44%	0%	1%
Vznik prachových částic [kg PM2.5 eq.]	0%	0%	1%	21%	0%	1%
Spotřeba fosilních paliv [kg ropy eq.]	1%	0%	1%	43%	0%	2%
Spotřeba vody [m3]	0%	0%	1%	40%	0%	18%
Vznik rakovinotvorných látek (pro člověka) [kg 1,4-DB eq.]	0%	0%	1%	31%	0%	4%
Vznik toxických látek (pro člověka) [kg 1,4-DB eq.]	0%	0%	0%	5%	0%	2%
Vznik fotochemického smogu [kg NOx eq.]	0%	0%	1%	22%	0%	1%
Okyselování půd [kg SO2 eq.]	0%	0%	0%	14%	0%	1%
Kategorie dopadu	Recyklace Au	Recyklace Pb	Recyklace Ni	Recyklace Pd	Recyklace Ag	Recyklace Sn
Celková spotřeba energie [MJ]	42%	0%	1%	5%	4%	0%
Klimatická změna [kg CO2 eq.]	43%	0%	1%	4%	4%	0%
Vznik prachových částic [kg PM2.5 eq.]	26%	0%	4%	44%	3%	1%
Spotřeba fosilních paliv [kg ropy eq.]	42%	0%	1%	5%	4%	0%
Spotřeba vody [m3]	30%	0%	5%	2%	3%	0%
Vznik rakovinotvorných látek (pro člověka) [kg 1,4-DB eq.]	51%	0%	1%	6%	6%	1%
Vznik toxických látek (pro člověka) [kg 1,4-DB eq.]	79%	0%	0%	5%	8%	1%
Vznik fotochemického smogu [kg NOx eq.]	54%	0%	1%	13%	8%	0%
Okyselování půd [kg SO2 eq.]	21%	0%	5%	56%	2%	0%

Tabulka 9 – Porovnání jednotlivých procesů, které zatěžují životní prostředí (červeně označené dopady větší než 15 % z celku v dané kategorii dopadu)

Kategorie dopadu	Sběrné boxy	Strečová fólie	Doprava	Plastové kryty	REUSE
Celková spotřeba energie [MJ]	24%	6%	27%	1%	40%
Klimatická změna [kg CO2 eq.]	4%	3%	14%	0%	17%
Vznik prachových částic [kg PM2.5 eq.]	7%	9%	19%	5%	45%
Spotřeba fosilních paliv [kg ropy eq.]	9%	8%	32%	1%	47%
Spotřeba vody [m3]	18%	8%	4%	1%	24%
Vznik rakovinotvorných látek (pro člověka) [kg 1,4-DB eq.]	4%	1%	26%	51%	15%
Vznik toxických látek (pro člověka) [kg 1,4-DB eq.]	10%	0%	58%	15%	11%
Vznik fotochemického smogu [kg NOx eq.]	10%	5%	30%	1%	28%
Okyselování půd [kg SO2 eq.]	7%	9%	18%	5%	43%

7.3 Závěry, omezení a doporučení

Projekt REMOBIL přináší výrazné environmentální úspory, které jsou dány zejména recyklací drahých kovů, jako je zlato, palladium, měď a další. V současné době REMOBIL komunikuje své environmentální úspory na základě zprůměrování různých studií, které se zabývaly environmentálními dopady sběru a recyklace nepotřebných mobilů.

Kolik se tedy celkem ušetří přírody přepočítané průměrně na jeden sebraný a využitý nepotřebný mobil v rámci REMOBILU?

Současné odhadované úspory, které REMOBIL prezentuje na svých stránkách, jsou například úspora 29,97 l vody nebo 1,59 kg CO₂ ekv. **Tato studie identifikovala úspory 36,8 l vody nebo 2,63 CO₂ ekv. emisí skleníkových plynů. Vedle těchto úspor lze nově komunikovat například úsporu v rámci produkce prachových částic (12 g/mobil), úsporu ropy (1 kg/mobil), toxických látek způsobujících rakovinu (287 g ekvivalentu 1,4-dichlorbenzenu/mobil), úsporu obecně toxických látek pro člověka (47 kg ekvivalentu 1,4-dichlorbenzenu/mobil), úsporu látek způsobujících fotochemický smog vyjádřených ekvivalentem produkce oxidů dusíku (12 g/mobil) a úsporu látek okyselující půdy (32 g ekvivalentu oxidu siřičitého)**

Omezení spočívá zejména ve vyjádření úspor opětovného použití nepotřebných mobilů (REUSE, opravy, náhradní díly), kdy je velmi složité toto metodicky správně postihnout.

Doporučuji každý rok aktualizovat tuto studii dle výsledků projektu REMOBIL a dostupných dat v rámci LCI procesů.

8 SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ A GRAFŮ

8.1 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Kategorie dopadu a ekvivalenty kategorie dopadu zvolené pro LCA spolku REMOBIL (anglicky)	7
Tabulka 2 – Kategorie dopadu a ekvivalenty kategorie dopadu zvolené pro LCA spolku REMOBIL (česky).....	7
Tabulka 3 – Uvažované procesy v rámci LCA spolku REMOBIL	9
Tabulka 4 – Výsledky posuzování dopadů spolku REMOBIL na životní prostředí – celkové srovnání ..	12
Tabulka 5 – Výsledky: procesy spojené s environmentálními dopady spolku REMOBIL	12
Tabulka 6 – Výsledky: procesy spojené s environmentálním benefitem (úsporou) spolku REMOBIL..	13
Tabulka 7 – Identifikace řádu úspor jednotlivých procesů (desítky, stovky a desetitisíce)	24
Tabulka 8 – Porovnání jednotlivých procesů, které se podílejí na environmentálních úsporách (červeně označené úspory větší než 15 % z celku v dané kategorii dopadu).....	25
Tabulka 9 – Porovnání jednotlivých procesů, které zatěžují životní prostředí (červeně označené dopady větší než 15 % z celku v dané kategorii dopadu)	25

8.2 Seznam grafů

Graf 1 – Celková spotřeba energie: Procesy šetřící životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů	15
Graf 2 – Klimatická změna: Procesy šetřící životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů.....	15
Graf 3 – Vznik prachových částic: Procesy šetřící životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů	16
Graf 4 – Spotřeba fosilních paliv: Procesy šetřící životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů	16
Graf 5 – Spotřeba vody: Procesy šetřící životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů.....	17
Graf 6 – Vznik rakovinotvorných látek: Procesy šetřící životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů	17
Graf 7 – Vznik toxických látek: Procesy šetřící životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů	18
Graf 8 – Vznik fotochemického smogu: Procesy šetřící životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů	18
Graf 9 – Okyselování půd: Procesy šetřící životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů.....	19
Graf 10 – Celková spotřeba energie: Procesy zatěžující životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů	20
Graf 11 – Klimatická změna: Procesy zatěžující životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů	20
Graf 12 – Vznik prachových částic: Procesy zatěžující životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů	21

Graf 13 – Spotřeba fosilních paliv: Procesy zatěžující životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů.....	21
Graf 14 – Spotřeba vody: Procesy zatěžující životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů.....	22
Graf 15 -Vznik rakovinotvorných látek: Procesy zatěžující životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů.....	22
Graf 16 – Vznik toxických látek: Procesy zatěžující životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů.....	23
Graf 17 – Vznik fotochemického smogu: Procesy zatěžující životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů.....	23
Graf 18 – Okyselování půd: Procesy zatěžující životní prostředí v rámci sběru a recyklace nepotřebných mobilů.....	24

8.3 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Toky nepotřebných mobilů (v kusech) v neziskovém projektu REMOBIL (za celý rok 2021)	5
Obrázek 2 – Vývojový diagram toku nepotřebných mobilů v rámci spolku REMOBIL.....	8
Obrázek 3 - Koncept indikátorů kategorie (podle ČSN EN ISO 14044), převzato z (Tichá & Černík, 2011).....	11

9 LITERATURA

- Manhart, A., Blepp, M., Fischer, C., Graulich, K., Prakash, S., Priess, R., Schleicher, T., & Tür, M. (2016). Resource efficiency in the ICT sector. 1–86. www.greenpeace.de
- Ordoñez Duran, J. F., Chimenos, J. M., Segarra, M., de Antonio Boada, P. A., & Ferreira, J. C. E. (2020). Analysis of embodied energy and product lifespan: the potential embodied power sustainability indicator. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 22(5), 1055–1068. <https://doi.org/10.1007/s10098-020-01848-5>
- Polák, M., & Drápalová, L. (2012). Estimation of end of life mobile phones generation: The case study of the Czech Republic. *Waste Management*, 32(8), 1583–1591. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X12001390>
- Skerlos, S. J., Morrow, W. R., Chan, K. Y., Zhao, F., Hula, A., Seliger, G., Basdere, B., & Prasitnarit, A. (2003). Economic and environmental characteristics of global cellular telephone remanufacturing. *IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, 99–104. <https://doi.org/10.1109/isee.2003.1208055>
- Smil, V. (2016). EMBODIED ENERGY : Mobile Devices And Cars. *IEEE Spectrum*, 53, 26.
- Tichá, M., & Černík, B. (2011). STANOVENÍ ENVIRONMENTÁLNÍCH EFEKTŮ ČINNOSTI SPOLEČNOSTI ASEKOL NA DROBNÝCH ELEKTROZAŘÍZENÍCH METODOU LCA. STUDIE LCA ZPĚTNĚ ODEBRANÝCH A VYUŽITÝCH ELEKTROZAŘÍZENÍ SKUPINY 3 A 4.
- Valero Navazo, J. M., Villaba Méndez, G., & Talens Peiró, L. (2013). Material flow analysis and energy requirements of mobile phone material recovery processes. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19(2014), 567–579. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-013-0653-6>

10 PŘÍLOHA

Schéma jednotlivých procesů a jejich propojení namodelovaných v LCA softwaru

