



Diplomová práce

Life Cycle Assessment vybraného produktu

Studijní program:

N0413A050007 Podniková ekonomika

Studijní obor:

Management podnikových procesů

Autor práce:

Bc. Jan Nedorost

Vedoucí práce:

Ing. Pavla Švermová, Ph.D.

Katedra podnikové ekonomiky a managementu

Liberec 2023



Zadání diplomové práce

Life Cycle Assessment vybraného produktu

<i>Jméno a příjmení:</i>	Bc. Jan Nedorost
<i>Osobní číslo:</i>	E21000340
<i>Studijní program:</i>	N0413A050007 Podniková ekonomika
<i>Specializace:</i>	Management podnikových procesů
<i>Zadávací katedra:</i>	Katedra podnikové ekonomiky a managementu
<i>Akademický rok:</i>	2022/2023

Zásady pro vypracování:

1. Stanovení cílů a formulace výzkumných otázek.
2. Teoretická východiska – udržitelnost v podnikání, LCA.
3. Deskripce vybraného produktu.
4. Life Cycle Assessment vybraného produktu.
5. Vlastní zhodnocení a závěr.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy: min 65 normostran
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: Čeština

Seznam odborné literatury:

- HAUSCHILD, Michael Z., Ralph K. ROSENBAUM and Stig Irving OLSEN, eds., 2017. *Life Cycle Assessment. Theory and Practice*. Springer-Verlag GmbH, Switzerland. ISBN 3319564749.
- JOLLIET Olivier, Myriam SAADE-SBEIH, Shanna SHAKED, Alexandre JOLLIET and Pierre CRETTEZ, 2015. *Environmental Life Cycle Assessment*. 1st ed. Taylor & Francis Inc. CRC Press. ISBN 9781439887660.
- KLÖPFER, Walter and Birgit GRAHL, 2014. *Life Cycle Assessment (LCA)*. Wiley-VCH Verlag GmbH, Germany. ISBN 3527329862.
- KOČÍ, Vladimír, 2013. *Environmentální dopady: posuzování životního cyklu*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 978-80-7080-858-0.
- PROQUEST, 2022. *Databáze článků ProQuest* [online]. Ann Arbor, MI, USA: ProQuest. [Cit. 2022-09-30]. Dostupné z: <http://knihovna.tul.cz/>.
- VRABCOVÁ, Pavla, 2021. *Udržitelné podnikání v praxi*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-3303-1.

Konzultant: Ing. Blanka Havlíčková, vedoucí oddělení podnikového plánování

Vedoucí práce: Ing. Pavla Švermová, Ph.D.
Katedra podnikové ekonomiky a managementu

Datum zadání práce: 1. listopadu 2022
Předpokládaný termín odevzdání: 31. srpna 2024

L.S.

doc. Ing. Aleš Kocourek, Ph.D.
děkan

Ing. Eva Štichhauerová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Life Cycle Assessment vybraného produktu

Anotace

Předmětem diplomové práce s názvem „Life Cycle Assessment vybraného produktu“ je posouzení environmentální zátěže výroby jedné ze součástí klimatizační soustavy osobního automobilu – kondenzátoru. V první části jsou v této souvislosti podrobněji vysvětleny základní teoretické pojmy. Praktická část vychází ze získaných teoretických znalostí a zabývá se výrobou produktu vybrané společnosti. Společnost je v rámci dohody v průběhu práce anonymizována. Zpočátku je stručně charakterizován analyzovaný produkt a postup výroby. Následuje definování cíle analýzy, funkce a funkční jednotky, produktového systému a jeho hranic. Autor dále popisuje postup inventarizační analýzy, fázi posuzování dopadů a interpretuje významná zjištění. Závěr praktické části je věnován celkovému zhodnocení provedené analýzy.

Klíčová slova

CSR, environmentální dopady, LCA, Life Cycle Assessment, posuzování životního cyklu, společenská odpovědnost, udržitelnost podnikání, udržitelný rozvoj, životní prostředí

Life Cycle Assessment of the selected product

Annotation

The subject of master's thesis entitled „Life Cycle Assessment of the selected product“ is the assessment of the environmental impacts made during the production of one of the components of the personal vehicle air conditioning system – the condenser. In this context the first part explains fundamental theoretical terms. The practical part is based on the acquired theoretical knowledge and deals with the condenser production of the selected company, which is anonymised in the course of the thesis. At the beginning, the analysed product and the production process are briefly characterized. This is followed by the definition of the objective of the study, the function and functional unit, the product system and its boundaries. The author further describes the inventory analysis process, the impact assessment phase and interprets the significant findings. The practical part concludes with an overall assessment of the analysis.

Key Words

Corporate Social Responsibility, Environment, Environmental Impact, LCA, Life Cycle Assessment, Sustainability in Business, Sustainable Development

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí mé diplomové práce Ing. Pavle Švermové, Ph.D. za podnětné rady, připomínky a odborné vedení. Současně děkuji mé konzultantce a veškerým pracovníkům zkoumané společnosti za ochotu při získávání potřebných dat. Mé díky patří v neposlední řadě rodině za podporu a trpělivost během celého studia.

Obsah

Seznam zkratk	13
Seznam tabulek	15
Seznam obrázků	16
Úvod	17
1 Udržitelný rozvoj, udržitelné podnikání a společenská odpovědnost firem ..	18
1.1 Udržitelný rozvoj	18
1.1.1 Definice udržitelného rozvoje.....	18
1.1.2 Vývoj konceptu udržitelného rozvoje	19
1.1.3 Principy udržitelného rozvoje	21
1.1.4 Pilíře udržitelného rozvoje	22
1.1.5 Cíle udržitelného rozvoje (SDG)	24
1.2 Udržitelnost podnikání	26
1.3 Společenská odpovědnost firem	27
1.3.1 Principy CSR.....	28
1.3.2 Oblasti CSR	28
1.4 Výrobky a životní prostředí	30
1.4.1 Greenwashing	30
1.4.2 Ekoznačení	31
1.5 Zatěžování životního prostředí	32
1.5.1 Znečišťování a ochrana vod	32
1.5.2 Znečišťování a ochrana ovzduší.....	33
1.5.3 Znečišťování a ochrana půdy	35
2 Life Cycle Assessment	36
2.1 Přínosy a další využití LCA analýzy	36
2.2 Životní cyklus produktu a rozsah analýzy LCA	37
2.3 Fáze analýzy LCA	38
2.3.1 Cíl a rozsah LCA.....	39
2.3.2 Inventarizační analýza (LCI)	42
2.3.3 Posuzování dopadu (LCIA)	47
2.3.4 Interpretace.....	51
2.4 Limitace LCA analýzy	53
3 Deskripce vybrané společnosti a produktu	54

3.1	Představení společnosti XY s.r.o.	54
3.2	Deskripce produktu	54
3.2.1	Výrobní procesy	57
4	Life Cycle Assessment vybraného produktu	59
4.1	Stanovení cíle a rozsahu	59
4.1.1	Stanovení cíle	59
4.1.2	Funkce a funkční jednotka	60
4.1.3	Produktový systém	60
4.1.4	Hranice systému	60
4.2	Inventarizační analýza	61
4.2.1	Plánování a sběr dat	62
4.2.2	Energetické toky	63
4.2.3	Vstupní materiál, díly a plynné složky	67
4.2.4	Doprava	71
4.2.5	Emise, výstupy	74
4.3	Posuzování dopadu	76
4.3.1	Klasifikace a charakterizace (midpointové ukazatele)	76
4.3.2	Hodnocení environmentálních dopadů	78
4.3.3	Limitace	85
4.4	Interpretování zjištění	86
4.5	Zhodnocení	87
4.5.1	Přechod na výrobu z recyklovaného hliníku	88
4.5.2	Ostatní zhodnocení	91
5	Závěr	92
6	Seznam použité literatury	94

Seznam zkratek

BOM	Bill of Material
CRM	Cause Related Marketing
EIA	Environmental Impact Assessment
EMA	Environmental Management Accounting
EMS	Environmental Management Systém
EPD	Environmental Product Declaration
FU	Functional Unit
GHG	Greenhouse Gas
HDI	Human Development Index
HDP	Hrubý domácí produkt
LCI	Life Cycle Inventory Analysis
LCIA	Life Cycle Impact Assessment
LCM	Life Cycle Management
MDG	Millenium Development Goals
MFA	Material Flow Analysis
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
OSN	Organizace spojených národů
SDG	Sustainable Development Goals
SFA	Substance Flow Analysis
SP	Sociální pojištění
SRI	Socially Resnponsible Investment
TUL	Technická univerzita v Liberci
UNDP	United Nations Development Program
WCED	World Commision on Environment and Development
ZP	Zdravotní pojištění

ZPF Zemědělský půdní fond

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled skleníkových plynů a jejich stěžejní zdroje	34
Tabulka 2: Šablona pro naplánování sběru dat.....	43
Tabulka 3: Inventarizační tabulka.....	46
Tabulka 4: Příklady kategorizace dopadů včetně měrných jednotek.....	48
Tabulka 5: Plán sběru dat.....	63
Tabulka 6: Spotřeba elektrické energie a zemního plynu.....	65
Tabulka 7: Přepočet MJ elektrické energie dle soustavy výroby elektřiny v ČR.....	66
Tabulka 8: Materiálové, substanční vstupy dle procesů.....	68
Tabulka 9: Doprava kondenzátoru k odběrateli.....	72
Tabulka 10: Doprava veškerých dodávaných materiálů a dílů	73
Tabulka 11: Výstupy z výroby (emise, odpady)	74
Tabulka 12: Midpoint kategorie ReCiPe 2016 metodiky.....	77
Tabulka 13: Výsledný charakterizační profil (midpoint)	78
Tabulka 14: Agregace midpointových kategorií dle ReCiPe 2016.....	84

Seznam obrázků

Obrázek 1: Pilíře udržitelného rozvoje znázorněné Vennovým diagramem.....	22
Obrázek 2: 17 Cílů udržitelného rozvoje (SDGs).....	25
Obrázek 3: Emise CO ₂ mezi lezy 1970 až 2021 dle států	34
Obrázek 4: Oblasti LCA + koncepce.....	38
Obrázek 5: Schéma fází Life Cycle Assessmentu	39
Obrázek 6: Vazby mezi produktovým systémem, ekonomikou a environmentem	41
Obrázek 7: Zjednodušené znázornění produktového systému PVC oken.....	42
Obrázek 8: Jednotkové procesy se zanesenými kvantifikujícími údaji	45
Obrázek 9: Pozice midpointů a endpointů v dopadovém řetězci	49
Obrázek 10: Schéma kroků LCIA s midpointovými indikátory kategorií dopadu.....	50
Obrázek 11: Kroky interpretace a jejich vazby k dalším fázím LCA	51
Obrázek 12: Výměna tepla v klimatizace automobilu.....	55
Obrázek 13: Ilustrace kondenzátoru	55
Obrázek 14: Produktový systém vybraného produktu	61
Obrázek 15: Zjednodušený Flow Chart výroby kondenzátoru.....	62
Obrázek 16: Vytvořená operace - Výroba 1 MJ elektrické energie v ČR 2022	66
Obrázek 17: Vytvořená operace - Zemní plyn	67
Obrázek 18: Vytvořená operace - Produkce hliníkového odlitku (1 kg)	70
Obrázek 19: Vytvořená operace – Produkce PE-HD (1 kg).....	71
Obrázek 20: Midpointové kategorie podle výrobních procesů.....	79
Obrázek 21: GHG emise dle výrobních procesů	80
Obrázek 22: GHG emise - produkce hliníku.....	81
Obrázek 23: Přirovnání vyprodukovaných kg CO ₂ -ekv. k běžným produktům	81
Obrázek 24: Midpointové kategorie dopadů dle fáze cyklu (celkově).....	82
Obrázek 25: Midpointové kategorie dopadů dle fáze cyklu (upstream)	82
Obrázek 26: Midpointové kategorie dopadů dle fáze cyklu (core)	83
Obrázek 27: Endpointové kategorie	85
Obrázek 28: Porovnání GWP při výrobě 1 kg hliníku, recyklovaného hliníku a mědi .	88
Obrázek 29: GHG emise při výrobě kondenzátoru - porovnání.....	89

Úvod

Stále většímu prostoru se v posledních letech dostává tématu udržitelného rozvoje a obecných dopadů aktivit lidstva na environmentální prostředí. Značné dopady jsou vytvářeny v důsledku podnikatelské a výrobní činnosti. Pro zachování možností vývoje pro budoucí generace je třeba zabývat se otázkou udržitelného podnikání a vývoje. Společnosti se snaží snižovat vytvářené vlivy a hledají alternativní šetrnější způsoby jak zajistit nabídku svých podnikatelských výstupů. Velká váha je přikládána především emisím skleníkových plynů a obnovitelnosti zdrojů.

Při analýze vlastních dopadů společnosti může být zaměření mnohdy omezeno na interní procesy. Zahrnuty by však měly být veškeré podpůrné činnosti a aktivity dodavatelů společnosti, včetně přepravy vstupních látek a energií. Podnik by taktéž měl převzít zodpovědnost za environmentální dopady vytvářené v samotné fázi užívání produktu a snažit se o jeho dlouhodobou životnost a možnost šetrné likvidace. Takováto environmentální analýza vyžaduje komplexní přístup. Jedním z analytických řešení, jímž se zabývá tato diplomová práce, je metoda Life Cycle Assessment (posuzování životního cyklu) vycházející z mezinárodní normy ISO 14040.

Cílem závěrečné práce je analýza environmentálních dopadů zvoleného produktu při využití této metodologie. Pro dosažení nadefinovaného cíle je potřeba získat od společnosti primární data, která budou následně strukturována a zpracována dle standardizovaného postupu. Metodika umožňuje zpřehlednit dopady aktivit do kategorií se stejnými impaktovými rysy.

Předmětem LCA studie je kondenzátor (tepelný výměník pro chlazení páry a její přeměnu na kapalinu) společnosti, jejíž vedení si přálo, aby jméno firmy bylo v práci anonymizováno. Společnost v práci není jmenována. Kondenzátor je využíván jako jedna z vícero součástí v klimatizačních systémech dodávaných do osobních automobilů. Produkt a jeho výroba jsou charakterizovány v praktické části – kapitola 3.2. Samotnému postupu LCA analýzy se věnuje kapitola 4. Teoretická východiska jsou popsána v kapitole 1 a 2.

1 Udržitelný rozvoj, udržitelné podnikání a společenská odpovědnost firem

První kapitola diplomové práce se věnuje vymezení pojmů „*udržitelný rozvoj*“, „*udržitelnost v podnikání*“ a „*společenská odpovědnost firem*“, které spolu úzce souvisí.

1.1 Udržitelný rozvoj

Udržitelný rozvoj vyjadřuje vztah člověka a přírody. Lidské společenství čelí různým problémům rozvoje. Jedná se o problémy jako: klesající kvalita ekosystémů, populační růst, chudoba, globální nerovnost či změna klimatu. Cílem udržitelného rozvoje je zajistit rovnováhu mezi ekonomickými zájmy, sociálními potřebami a životním prostředím. Udržitelný rozvoj je komplexní koncept, který vyžaduje koordinaci mezi různými sektory a úrovněmi společnosti. Jeho dosažení vyžaduje spolupráci mezi vládami, podniky, neziskovými organizacemi a jednotlivci (Vrabcová 2021).

1.1.1 Definice udržitelného rozvoje

Udržitelný rozvoj je napříč literaturou vysvětlován různými definicemi. Nejčastěji využívanou definicí je pojetí představené již v roce 1987 ve zprávě komise OSN (Naše společná budoucnost), která zní (MMR 2023): „*rozvoj, který zajistí potřeby současných generací, aniž by bylo ohroženo splnění potřeb generací příštích, a aniž by se to dělo na úkor ostatních národů.*“ Definice pohlíží na pojem ze dvou rozměrů, z rozměru časového – vyjádření zodpovědnosti a solidarity mezi různými generacemi a prostorového – zodpovědnost a solidarita mezi různými územními společenstvími obývající planetu Zemi (Maier 2012).

Pojem trvale udržitelný rozvoj lze dohledat i v české legislativě, konkrétně mezi základními pojmy v Zákoně o životním prostředí č. 17/1992 Sb. (Zákony pro lidi 2023): „*Trvale udržitelný rozvoj společnosti je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystému.*“

Rozšiřující odbornou formulaci, která zahrnuje i další roviny udržitelného rozvoje vymezil Ivan Rynda (Charvát 2013), spoluzakladatel Rady vlády pro udržitelný rozvoj: „Komplexní soubor strategií, které umožňují pomocí ekonomických prostředků a technologií uspokojovat lidské potřeby, materiální, kulturní i duchovní, při plném respektování environmentálních limitů; aby to bylo v globálním měřítku současného světa možné, je nutné redefinovat na lokální, regionální i globální úrovni jejich sociálně-politické instituce a procesy.“

1.1.2 Vývoj konceptu udržitelného rozvoje

Nejvýznamnější zásluhy o konceptualizaci a rozšiřování povědomí ohledně udržitelného rozvoje mohou být připisovány Organizaci spojených národů (OSN).

První mezinárodní konference o životním prostředí se konala v roce 1972 (Stockholm). Ve spojitosti s konáním konference vznikla studie *Meze růstu*, která veřejnosti představila výsledky simulace exponenciálního ekonomického a populačního růstu s limitovanými zdroji. Studie zkoumá, na kolik let by vystačily zásoby při konstantní rychlosti zvyšování spotřeby (Vrabcová 2021). Svět byl po vydání studie šokován oznámením, že nejpozději do roku 2100 Země narazí na meze růstu. Potenciálně, při zachování neomezeného průmyslového růstu, meze překročí (Mezřický 2005). Došlo také k přijetí principů *Stockholmské deklarace* (Vrabcová 2021).

V předchozí kapitole již byla zmíněna studie „*Naše společná budoucnost*“ (*Our Common Future*) často nazývané „Zpráva Brundtlandové“. Za vznikem studie stojí Světová komise OSN pro životní prostředí a rozvoj (WCED), založená roku 1984 (Vrabcová 2021). Zpráva konstatuje, že příčinami hlavních světových problémů životního prostředí je chudoba na jihu a neudržitelná spotřeba zdrojů spolu s výrobou na severu. Vyplývajícím požadavkem se stalo skloubení rozvoje, životního prostředí a sociální rovnosti. Vznikla tak první definice termínu *udržitelný rozvoj* (ARE 2023).

V roce 1992 byla uspořádána konference „Summit Země“ v Rio de Janeiro, na této konferenci došlo ke schválení seznamu principů udržitelného rozvoje a byla ustanovena Agenda 21 - dokument podrobně popisující akční plán ochrany životního prostředí na 21. století (Vrabcová 2021). Odnoží akčního plánu Agenda 21 regionálního charakteru je „Místní agenda 21“ (MA21 2018).

Na „Summitu tisíciletí“ (2000) v New Yorku byla potvrzena koncepce udržitelného rozvoje vymezená v Riu de Janeiro a byly stanoveny tzv. rozvojové cíle tisíciletí (MDGs) - 8 globálních cílů podporujících udržitelný rozvoj pro období mezi roky 2000 až 2015. *Zpráva o plnění Rozvojových cílů tisíciletí 2015* prezentovala úspěšné plnění stanovených cílů vyjma oblasti nerovností a některých dalších environmentálních faktorů (Vrabcová 2021).

Summit OSN v roce 2015 v New Yorku schválil agendu udržitelného rozvoje v dokumentu *„Přeměna našeho světa: Agenda pro udržitelný rozvoj 2030“*, v rámci něhož byly představeny i Cíle udržitelného rozvoje (viz. kapitola 1.1.5) (Vrabcová 2021).

Strategický rámec Česká republika 2030

V souvislosti vývoje konceptu udržitelného rozvoje je vhodné zmínit strategický rámec *Česká republika 2030*. Jedná se o dokument publikovaný roku 2020, který stanovuje směr rozvoj ČR na příští desetiletí. Oficiální zdroje uvádí, že *„jeho naplnění zvýší kvalitu života ve všech regionech a nasměruje Česko k rozvoji, který je udržitelný po sociální, ekonomické i environmentální stránce“* (ČR 2030 2023).

Dokument je rozdělen do 6 kapitol. Lidé a společnost: za cíl si klade zlepšování kvality života všech obyvatelů, řeší problémy stárnutí populace nebo digitalizace a robotizace. Klíčovým nástrojem jsou veřejné služby (ZP a SP). Dokument uvádí, že je třeba provést strukturální změny v některých oblastech – hospodářských institucích, inovacích, hospodaření se zdroji, infrastrukturu a soustavě veřejných financí. Těmito změnami se strategie snaží docílit vyšší ekonomické úrovně. O problémech pojednává kapitola hospodářský model. V kapitole Odolné ekosystémy jsou vyjadřovány obavy ohledně zhoršení stavu půd či vyhynutí některých druhů fauny a flory. Uchází se o lepší péči o půdu a vhodnější využití hospodářských ploch. Obce a regiony – nemělo by docházet k suburbanizaci (rozzrůstání měst do krajiny). V obcích mají být dostupné veřejné služby jako doprava, vzdělávání nebo lékařské služby. Česká republika se nebude zabírat pouze vlastním rozvojem, rozhodování provádí v souvislosti Globálního rozvoje. Strategie zmiňuje i potřebu Dobrého vládnutí – demokratické hodnoty a dlouhodobou efektivitu vládnutí.

Strategický dokument mimo jiné definuje principy udržitelného rozvoje pro ČR, obsahuje SWOT analýzu rozvoje ČR dle jednotlivých kapitol a konkrétní cíle (ČR 2030 2023).

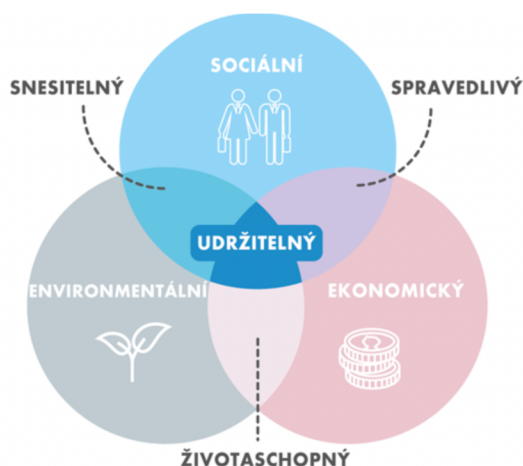
1.1.3 Principy udržitelného rozvoje

Při uskutečňování udržitelného rozvoje je třeba se řídit základními principy, které byly v roce 1992 charakterizovány v dokumentu Agenda 21. Celkově bylo sepsáno 27 principů, mezi ně patří například:

1. Propojení základních oblastí života – je třeba řešit oblasti ekonomické, sociální a životního prostředí v návaznosti na ostatní; pokud je brána v potaz pouze jedna oblast, není řešení dlouhodobě efektivní.
2. Dlouhodobá perspektiva – potřeba dlouhodobého strategického pohledu a plánování.
3. Kapacita životního prostředí je omezená – omezené zdroje suroviny, látek umožňujících život, prostorů pro skladování odpadů apod.
4. Předběžná opatrnost – předvídaní důsledků činností lidstva.
5. Prevence – předcházení možných negativních dopadů, které by vyžadovaly více zdrojů (čas, finance, lidské zdroje) než-li prevence.
6. Kvalita života – právo na kvalitní život v rozměrech charakteru materiálního, společenského, etického, duchovní, kulturního a jiných.
7. Sociální spravedlnost – zlepšování sociálních podmínek v rámci ekologické únosnosti Země.
8. Zohlednění vztahu „lokální – globální“ – provázanost činností a problémů na místní a globální úrovni, navzájem se ovlivňují.
9. Vnitro generační a mezigenerační odpovědnost – národností, rasové i jiné rovnosti, respektování práv všech generací na zdravé životní prostředí a sociální spravedlnost.
10. Demokratické procesy – zapojení veřejnosti do plánování (MA21 2018).

1.1.4 Pilíře udržitelného rozvoje

Pod pojmem udržitelný rozvoj je možné si představit rozvoj společnosti při souběžném úsilí o ekonomickou prosperitu (economic), kvalitu environmentálního prostředí (environment) a společenskou rovnost (social). Všechny pilíře jsou pro udržitelný rozvoj nepostradatelné a dosahuje se jej při jejich vzájemném propojení a rovnováze (Obrázek 1).



Obrázek 1: Pilíře udržitelného rozvoje znázorněné Vennovým diagramem
Zdroj: Valinová 2018

Ekonomický pilíř

Ekonomické bohatství je tvořeno kapitálem. Kapitálem finančním - na bankovních účtech a v hotovosti, produkcí, nehmotným kapitálem a kapitálem přírodním. Většina makroekonomických ukazatelů např. ukazatel hrubého domácího či národního produktu, pomocí nichž je měřen hospodářský růst a ekonomická prosperita, do kalkulace nezohledňuje úbytek přírodních zdrojů. Rozvoj je z pohledu ukazatele HDP ztotožňován se zvyšováním vyrobeného množství produkce a její akumulací.

Podstata ekonomicky udržitelného rozvoje spočívá v takovém principu, kdy se množství vyprodukovaného kapitálu rovná množství kapitálu spotřebovaného. Ekonomického růstu lze dle hledisek udržitelného rozvoje dosahovat intenzifikací, technologickou či organizační inovací, efektivnější lidskou prací – nikoliv zužitkováním dalších přírodních zdrojů. Vyžívají se technologie šetrnější k životnímu prostředí, které nevyžadují tak vysokých energetických a materiálových vstupů. Je třeba implementovat ochranu životního prostředí do procesu ekonomického rozvoje (Ústav

územního rozvoje 2010). Cílem udržitelného rozvoje je taková ekonomika, která nejen vytváří zisk, zároveň vytváří jakýsi koloběh přírodních zdrojů - z důvodu zachování přírodních zdrojů a zajištění zisků i pro nadcházející generace (Týden udržitelnosti 2022).

Sociální pilíř

Zpráva „Naše společná budoucnost“ vztahuje definici udržitelného rozvoje na lidské potřeby nynější generace a generací nastávajících. Maslowova pyramida potřeb pokládá jako hlavní stavební kámen základní fyziologické potřeby. Následují potřeby vycházející z faktu, že je člověk společenskou bytostí - potřeba bezpečí, jistoty, lásky, spolupatříčnosti, uznání, úcty a potřeba seberealizace. Pohled sociálního pilíře se naplnění těchto potřeb snaží implementovat do udržitelného rozvoje, zaměřuje se především na sociální soudržnost. Je zapotřebí spolupráce a koordinace na úrovni lokální, národní i globální (Maier 2012).

Rozvojový program OSN (UNDP) dlouhodobě měří například tzv. index lidského rozvoje, který sleduje indikátory jako délku života, index vzdělávání či index ekonomický (založen na HDP per capita) dle územích celků (Ústav územního rozvoje 2010).

Sociální pilíř udržitelného rozvoje je postaven na principech:

- boje proti sociálnímu vyloučení a diskriminace,
- podpory solidarity (spolupráce místních a mezinárodních sdružení za účelem snižování sociálních nerovností),
- přispívání k blahobytu zúčastněných stran (Delubac 2022).

Environmentální pilíř

Cílem lidstva by mělo být zachování bohatého, pestrého a vyváženého přírodního prostředí. Přírodní zdroje nefigurují pouze jako vstupy do výrobních procesů; přírodní zdroje jako jsou vzduch, voda a půda zajišťují organismům možnost života. Člověk by měl tomuto pilíři přikládat velkou váhu a usilovat o jeho udržitelnost předcházením jeho poškození při překračování mezí únosnosti ekosystémů a hledět na vyčerpatelnost přírodních zdrojů (Maier 2012).

Při využívání obnovitelných a neobnovitelných materiálových a energetických zdrojů by lidstvo mělo postupovat dle základních zásad. Obnovitelné zdroje by měly být využívány při takové rychlosti a v takovém množství, kdy není přesahována rychlost jejich regenerace a zdroje neobnovitelné za takových podmínek, aby jejich využívání nepřekračovalo rychlost, jíž jsou vytvářeny její alternativy (Ústav územního rozvoje 2010).

Základními úkoly organizací z pohledu environmentálního pilíře jsou:

- úspora a ochrana přírodních energetických nebo zemědělských zdrojů,
- sledování své uhlíkové stopy a snižování celkových emisí,
- předcházení nedostatku vody a snižování celkového plýtvání (Delubac 2022).

1.1.5 Cíle udržitelného rozvoje (SDG)

V roce 2015 summit OSN v New Yorku schválil agendu udržitelného rozvoje v dokumentu *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Součástí dokumentu je vyhrazení 17 Cílů udržitelného rozvoje (SDGs) – program pro období mezi roky 2015-2030, na jehož sestavení se v průběhu tříletého procesu vyjednávání podílely všechny členské státy (OSN ČR 2023).

Hlavní oblasti, kterých se agenda týká a stanovuje je jako své závazky jsou lidé (chudoba, hlad), planeta (degradace planety, udržitelná spotřeba a výroba, změny klimatu), prosperita (sociální a technologický pokrok v souladu s přírodou), mír (spravedlivé společnosti, bez žádné z forem násilí a vyvolávání strachu) a partnerství (globální solidarita, pomoc chudým zemím) (SDG SERVICES 2020).



Obrázek 2: 17 Cílů udržitelného rozvoje (SDGs)

Zdroj: OSN ČR 2023

Výčet cílů udržitelného rozvoje zřehledňuje Obrázek 2. Konkrétnější specifikace, čeho se jednotlivé cíle snaží dosáhnout jsou stručně charakterizovány v následujícím číslovaném seznamu.

1. Konec chudoby: vymýtit chudobu ve všech jejích formách na světě.
2. Konec hladu: vymýtit hlad, dosáhnout potravinové bezpečnosti a zlepšení výživy, prosazovat udržitelné zemědělství.
3. Zdraví a kvalitní život: zajistit život a zvyšovat jeho kvalitu pro všechny v jakémkoli věku.
4. Kvalitní vzdělání: zajistit rovný přístup ke kvalitnímu vzdělání a podporovat celoživotní vzdělávání pro všechny.
5. Rovnost mužů a žen: dosáhnout rovnosti pohlaví a posílit postavení všech žen a dívek.
6. Pitná voda, kanalizace: zajistit všem dostupnost vody a sanitačních zařízení, udržitelné hospodaření s nimi.
7. Dostupné a čisté energie: zajistit přístup k cenově dostupným, spolehlivým, udržitelným a moderním zdrojům energie pro všechny.
8. Důstojná práce a ekonomický růst: podporovat trvalý, inkluzivní a udržitelný hospodářský růst, plnou a produktivní zaměstnanost a důstojnou práci pro všechny.

9. Průmysl, inovace a infrastruktura: vybudovat odolnou infrastrukturu, podporovat udržitelnou industrializaci a inovace.
10. Méně nerovností: snížit nerovnost uvnitř zemí i mezi nimi.
11. Udržitelná města a obce: vytvořit inkluzivní bezpečná, odolná a udržitelná města a obce.
12. Odpovědná výroba a spotřeba: zajistit udržitelnou spotřebu a výrobu.
13. Klimatická opatření: přijmout bezodkladná opatření na boj se změnou klimatu a zvládnutí jejích dopadů.
14. Život ve vodě: chránit a udržitelně vyžívat oceány, moře a mořské zdroje pro zajištění udržitelného rozvoje.
15. Život na souši: chránit, obnovovat a podporovat udržitelné využívání suchozemských ekosystémů, udržitelně hospodařit s lesy, potírat rozšiřování pouští, zastavit a následně zvrátit degradaci půdy a zastavit úbytek biodiverzity.
16. Mír, spravedlnost a silné instituce: podporovat mírové a inkluzivní společnosti pro udržitelný rozvoj, zajistit všem přístup ke spravedlnosti a vytvořit efektivní, odpovědné a inkluzivní instituce na všech úrovních.
17. Partnerství ke splnění cílů: oživit globální partnerství pro udržitelný rozvoj a posílit prostředky pro jeho uplatňování (OSN ČR 2023).

1.2 Udržitelnost podnikání

Udržitelné podnikání vychází z předpokladů a poznatků, které byly vymezeny v kapitole 1.1 Udržitelný rozvoj. Poznatky jsou převzaty a promítnuty do podnikatelského prostředí a aktivit organizací.

Udržitelným podnikáním je tak možné nazvat takové podnikání, které se neorientuje pouze na krátkodobý zisk, ale v potaz bere i principy dlouhodobé udržitelnosti. Podnik musí mít přehled o tom, jaké mají jeho aktivity dopady především na environmentální prostředí a musí další potenciální dopady předjímat a snažit se jim zabránit či volbou jiných výrobních postupů a technologií dopady snižovat (Vrabcová 2021).

Vrabcová (2021, str. 176) uvádí následnou definici udržitelné podnikání: „objevování, vytváření a využívání příležitostí k vytváření produktů, které udržují přírodní prostředí a poskytují rozvojové možnosti i ostatním zainteresovaným stranám.“

Podniky, které chtějí ctít zásady udržitelného podnikání využívají udržitelné materiály ve výrobním procesu, optimalizují dodavatelské řetězce pro snížení emisí skleníkových plynů, upřednostňují obnovitelné energetické zdroje či sponzorují vzdělávací fondy pro mládež (Spiliakos 2018).

1.3 Společenská odpovědnost firem

Jedním z nástrojů využívaných pro dosahování udržitelnosti v podnikání je Společenská odpovědnost firem neboli CSR (Corporate Social Responsibility). Světová obchodní rada pro udržitelný rozvoj (Pavlík a kol. 2010, str. 19) komplexně definuje CSR jako: *„kontinuální závazek podniků chovat se eticky, přispívat k ekonomickému růstu a zároveň se zasazovat o zlepšování kvality života zaměstnanců a jejich rodin, stejně jako lokální komunity a společnosti jako celku.“* Společnosti se snaží o maximální efektivitu svého hospodaření a minimalizaci dopadu na životní prostředí a společnost.

Zavádění takovýchto zásad ve společnosti je dobrovolné, mnohé studie však prokázaly, že je odpovědné chování od společností očekávané a v některých případech může znamenat konkurenční výhodu. Je ve vlastním zájmu společnosti napomáhat stavu světa, neboť jsou všechny společnosti závislé na globálním vývoji (Pavlík a kol. 2010). Společnosti dobrovolným implementováním benefitují například snížením rizik, zvýšením zisku, formalizací informačních systémů, vylepšením komunikačních kanálů, vylepšením image, zajištěním vyšší loajality zákazníků či eliminací konfliktních odpovědností a vztahů (Vrabcová 2021).

Ekonomové se shodují v názoru, že program společensky odpovědného podnikání je a bude velkým tématem a trendem 21. století. Mezi další přístupy, které se řídí principy společensky odpovědného podnikání, patří: Fair Trade (solidarita k rozvojovým zemím, jejich zvýhodnění v mezinárodním obchodě), Společensky odpovědné investování SRI (promítnutí principů sociální odpovědnosti do investičního rozhodování, zohledňují se i jiná než finanční hlediska), Cause Related Marketing CRM (spolupráce ziskových organizací s organizacemi neziskovými), Corporate Filantropy (dárcovství a podpora veřejně prospěšných činností) či Corporate Volunteering (dobrovolnictví zaměstnanců podniku) (Šmajš a kol. 2012).

1.3.1 Principy CSR

Principy společenské odpovědnosti jsou základními pravidly, kterými by se společnosti měly řídit při svém podnikání. Tyto principy se liší v závislosti na organizaci, nicméně některé z nejběžnějších jsou:

- Dobrovolnost – aktuálně na podniky není legislativně vyvíjen nátlak, aby CSR implementovaly do podnikových aktivit, podniky mohou CSR konceptu využívat nad rámec svých povinností.
- Vedení podnikových činností s ohledem na koncept 3P.
- Systematičnost a dlouhodobý časový horizont – strategická dlouhodobá implementace na všech úrovních podniku.
- Odpovědnost k sociálnímu kolektivu – princip závazku přispívání podniku kvalitě života okolní společnosti, ať už místní komunitě či v globálním měřítku.
- Aktivní komunikace se stakeholdery.
- Aktivní spolupráce se stakeholdery (Kašparová a Kunz 2013).

1.3.2 Oblasti CSR

Oblastí, kterých se CSR týká, nebývalo vždy tolik. Zpočátku byla hlavní oblastí environmentální složka. V dnešním pojetí se však hovoří o tzv. troj pilířové struktuře, známé také pod pojmem „triple bottom line“ či „3P koncept“, jež vychází z následujících oblastí:

- planet – environmentální pilíř,
- people – sociální pilíř,
- profit – ekonomický pilíř (Pícha 2012).

Ekonomický pilíř společenské odpovědnosti se zaměřuje na to, jak společnosti hospodaří a jakým způsobem generují své zisky. Cílem je, aby společnosti vykonávaly svou činnost s ohledem na potřeby a zájmy svých zainteresovaných stran – stakeholderů. Stakeholdery představují jednotlivci a skupiny, které mohou ovlivňovat dosahování cílů podniku či jsou jeho aktivitami ovlivňovány, tzn. zákazníci, akcionáři, zaměstnanci, obchodní partneři, dodavatelé, média, odbory a řada dalších. S těmito

skupinami by společnost měla uchovávat kladný vztah. Mezi další aktivity a přístupy, které souvisí s ekonomickou oblastí, může být zařazen: způsob správy a řízení firmy, transparentnost a věrohodnost organizace, vyhýbání se korupci, prosazování etického chování (Kunz 2012). Nabídka kvalitních a bezpečných produktů, inovace a zajištění udržitelnosti produktů. Hlavním přínosem ekonomické odpovědnosti je zisk (Tetřevová a kol. 2017).

Sociální pilíř společenské odpovědnosti se zaměřuje na to, jak společnosti ovlivňují sociální a lidské aspekty svého okolí. Cílem je, aby společnosti pracovaly pro dobro svých zaměstnanců, komunit a dalších zainteresovaných stran a aby se snažily minimalizovat negativní sociální dopady své činnosti. Motivovaný a spokojený zaměstnanec je jedním z klíčových faktorů pro úspěch organizace. Aktivity sociálního pilíře zahrnují například vytváření takových zaměstnaneckých podmínek, při kterých je umožněno skloubení pracovního a osobního života, rozvoj vzdělání, kvalifikací a znalostí, nabídku zaměstnaneckých výhod (Cafetéria systém), rovný přístup k rozdílným pohlavím, rasám, národnostem či k zdravotně postiženým jedincům (Kunz 2012). Zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví v pracovním prostředí, zákaz nucené práce, nevyužívání dětské pracovní síly, podpora komunitního rozvoje, zajištění dostupnosti pracoviště či boj proti sexuálnímu obtěžování do tohoto pilíře náleží také (Tetřevová a kol. 2017).

Environmentální pilíř společenské odpovědnosti se zaměřuje na to, jak společnosti ovlivňují životní prostředí a jak se snaží minimalizovat negativní dopady své činnosti na přírodu. Cílem je, aby společnosti pracovaly pro ochranu životního prostředí a udržitelnost, zlepšovaly svou ekologickou stopu a přispívaly k udržitelnému rozvoji. Environmentální pilíř se zaměřuje na ekologicky šetrnou výrobu, monitorování vlivu aktivity podniku na životní prostředí, ochranu přírodních zdrojů a šetrnost při jejich získávání a využívání, odpadové hospodaření (recyklace odpadů a užívání recyklovaných materiálů) (Kunz 2012), bezpečnou manipulaci se škodlivými a nebezpečnými látkami či podporu čistých energií. Aktivity musí splňovat pravidla environmentální legislativy (Tetřevová a kol. 2017).

1.4 Výrobky a životní prostředí

Organizace, které se zabývají enviromentálními dopady svého působení z menší či větší míry chtějí využít vloženého úsilí pro propagaci a podporu prodeje svých produktů skupinám zákazníků, kteří slyší na pozitivní přístup k životnímu prostředí a udržitelný rozvoj nejen ve vazbě k podnikání. Poptávka po ekologických produktech je vysoká (Kočí a kol. 2012). Z celosvětového průzkumu společnosti Nielsen vyplývá, že až 66 % zákazníků je ochotno si za ekologický produkt připlatit (Společně udržitelně 2022).

1.4.1 Greenwashing

Mnohé firmy využívají pro propagaci svých produktů zavádějících či neúplných informací - dezinformací, které mají vzbuzovat image ekologické značky. Ve skutečnosti však produkty nejsou tak „zelené“, jak se být zdají. Této taktice se říká Greenwashing. Mezi formy Greenwashingu lze zařadit například:

- tzv. skrytý kompromis, kdy společnosti zveličují relativně nepodstatnou činnost, pozitivně působící na přírodní prostředí, čímž dochází k odvedení pozornosti od ostatních aktivit, které za ekologické označit rozhodně nelze,
- firma není schopna svá tvrzení o ekologičnosti potvrdit důkazem či třetí stranou,
- využívání přívlastků jako „zelený“, „ekologický“ či „šetrný k životnímu prostředí“, tyto pojmy jsou velice obecné a nevypovídající,
- firma využívá značení, která vypadají jako certifikace třetích stran – dané značení je však účelně vymyšlené danou společností,
- některé organizace jsou dokonce schopny neprávem prohlašovat, že jejich produkty jsou ověřené skutečnými certifikacemi (Kočí a kol. 2012).

Dle průzkumu společnosti TerraChoice Environmental Marketing až 98 % marketingových kampaní využívá některé z forem Greenwashingu (Společně udržitelně 2022).

1.4.2 Ekoznačení

Certifikací je myšleno ověření nezávislou organizací, většinou ve formě tzv. ekoznačení. Ekoznačení slouží jako nezávislé hodnocení tvrzení o ekologičnosti daného produktu. Při využití ekoznačení produkt nabývá konkurenční výhody a vzhledem k dobrovolnosti nedochází k vytváření překážek na trhu. V praxi je využíváno 3 typů ekoznačení – ekoznačka, vlastní environmentální tvrzení a EPD (Environmental Product Declaration). Specifikace jednotlivých ekoznaček vyplývají z norem ISO.

Environmentální značení typu I – ekoznačka (ČSN ISO 14024) je označení, které předává informaci o splnění určitých environmentálních kritérií předepsaných Technickými směrnici vydávanými Ministerstvem životního prostředí ČR. Směrnice rozlišují vícero skupin výrobků, kritéria se liší. Příkladem ekoznaček mohou být: Ecolabel EU, FCS, Blaue Engel (modrý anděl) nebo česká ekoznačka „Ekologicky šetrný výrobek“. Ekoznaček na trhu působí ale daleko více, v čemž spočívá i nevýhoda. Ekoznačky se liší svou robustností a pro spotřebitele je obtížné se v široké škále orientovat.

Environmentální značení typu II – vlastní environmentální tvrzení (ČSN ISO 14021) je způsob poukázání na určitý environmentální aspekt produktu pomocí vlastního prohlášení výrobce. Prohlášení musí být podloženo veřejně dostupnou vědeckou analýzou. Toto tvrzení však nepodléhá kontrole třetí strany a není plně důvěryhodné.

Environmentální prohlášení typu III – EPD (ČSN ISO 14025) je komplexnější formou environmentální proklamace. V praxi se jedná o několikastránkový dokument, v němž jsou rozebírány environmentální aspekty a dopady produktu v závislosti na jednotlivých fázích životního cyklu. Základem pro prohlášení tohoto typu musí být studie Life Cycle Assessment. EPD certifikace nemusí mít za účel prezentování produktu jako ekologičtějšího v porovnání s konkurencí, poskytuje pravdivé a ověřené informace o environmentálních dopadech (Kočí a kol. 2012).

1.5 Zatěžování životního prostředí

Zatěžování životního prostředí je jev, kdy dochází ke znečištění a narušení přírodního prostředí způsobeného činností člověka. To může zahrnovat vypouštění škodlivých látek do ovzduší, vody a půdy, nadměrnou těžbu surovin, devastaci lesů a další činnosti, které mohou mít negativní dopad na přírodu a zdraví lidí. Snižování zatěžování životního prostředí vyžaduje úsilí jednotlivců, firem i vlád (Mezřický 2005).

1.5.1 Znečišťování a ochrana vod

Ochrana vodních systémů v České republice je zajišťována systémem povolení a kontroly, který reguluje vodohospodářské činnosti (čerpání vody, odpadních vod a vypouštění škodlivých látek). Tyto aktivity jsou regulovány zákonem O vodách č. 254/2001 Sb., který stanovuje povinnosti jednotlivců a firem v oblasti ochrany vod (Fildán 2015). Existuje několik organizací, jako je Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, která se zabývá monitorováním a regulací vodního prostředí a zajišťuje jeho ochranu (AOPK ČR 2023).

Látky, které znečišťují vodní zdroje, mohou být chemické nebo biologické. Tyto látky mohou vést k degradaci kvality vody a narušit ekosystémy vodních zdrojů. Původcem znečištění mohou být průmyslové odpady, znečištění zemědělské půdy, odpadní vody z domácností či znečištění z potenciálně nebezpečných látek vypouštěných do vod. Při znečišťování vodstva dochází ke snížení biologické diverzity a kontaminace potravinových řetězců (Mezřický 2005).

Znečišťující látky se dělí na 2 skupiny: látky nebezpečné a zvláště nebezpečné. Zvláště nebezpečné látky jsou vymezeny v nařízení vlády č. 61/2003 Sb., jedná se o:

- organohalogenové,
- organofosforové
- a organocínové sloučeniny,
- rtuť,
- kadmium a jejich sloučeniny,
- persistentní minerální oleje,
- persistentní uhlovodíky ropného původu

- persistentní syntetické látky
- a látky s prokazatelnými karcinogenními nebo mutagenními vlastnostmi (Fildán 2015).

Zbylé znečišťující látky se označují jako látky nebezpečné, do této skupiny jsou zařazovány:

- metaloidy, kovy a jejich sloučeniny (zinek, měď, nikl, chrom, olovo, selen, arzen, antimon, molybden, titan, cín, baryum, beryllium, bor, uran, vanad, kobalt, thalium, telur, stříbro),
- biocidy a jejich deriváty,
- toxické nebo persistentní organické sloučeniny křemíku,
- fosfor a jeho sloučeniny,
- nepersistentní minerální oleje a nepersistentní uhlovodíky ropného původu,
- fluoridy,
- kyanidy,
- sedimentovatelné tuhé látky mající negativní účinek na stav vodních zdrojů (Fildán 2015).

1.5.2 Znečišťování a ochrana ovzduší

Ochrana ovzduší v České republice je regulována zákonem O ovzduší č. 201/2012 Sb. Hlavní cíl zákona spočívá v znatelném zlepšení kvality ovzduší a především efektivnější ochraně obyvatel před populanty vyskytujícími se v ovzduší. Zákon upravuje přípustné úrovně znečištění ovzduší, určuje způsob posuzování a vyhodnocení jeho znečištění; dále určuje kompenzační opatření (Fildán 2015).

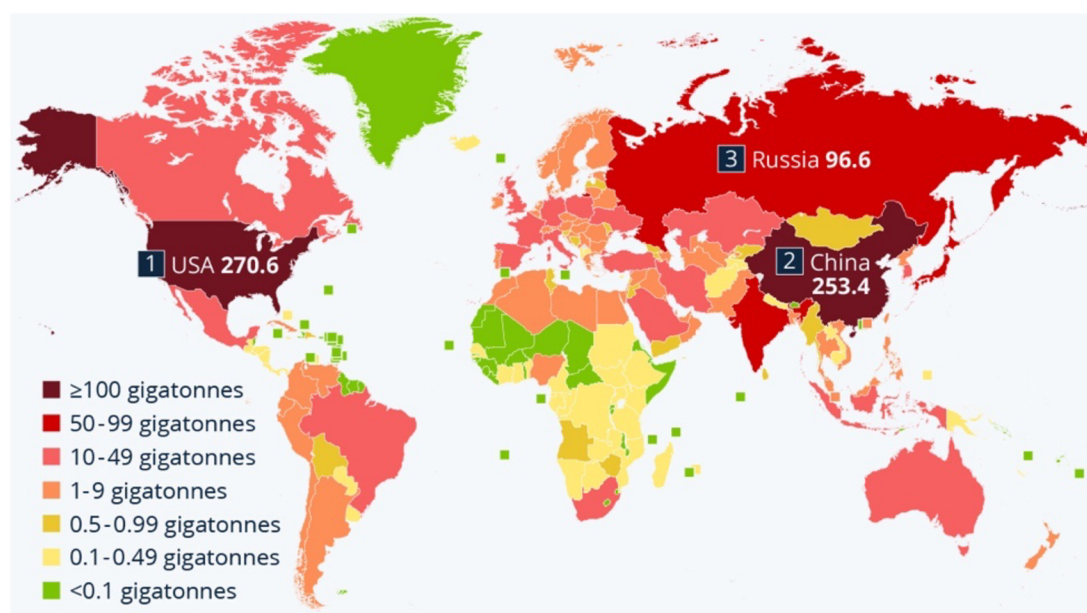
Na snížení kvality ovzduší nemají samozřejmě vliv pouze lidské aktivity, studie však prokazují, že lidské aktivity jsou tím hlavním důvodem. Hlavními zdroji znečištění jsou rozličné výrobní procesy (metalurgie, chemická syntéza), zemědělský průmysl a také různé druhy přepravy. Škodlivé látky mohou být do ovzduší uvolňovány jak z přirozených zdrojů tak ze zdrojů antropogenních, příklady jsou ve spojitosti s významnými skleníkovými plyny uvedeny v Tabulce č. 1 (Mezřický 2005).

Tabulka 1: Přehled skleníkových plynů a jejich stěžejní zdroje

Skleníkový plyn (GHG)	Chemická značka	Přírodní a antropogenní zdroje – příklady
Oxid uhličitý	CO ₂	Spalování fosilních paliv, biomasy Odlesňování a lesní požáry Rozklad organických látek Vulkanická činnost Eroze
Metan	CH ₄	Mokřady, močály Anaerobní rozklad organických látek Spalování biomasy a skládky odpadů Chov dobytka Pěstování rýže Zpracování zemního plynu a ropy
Oxid dusný	N ₂ O	Zemědělská činnost – hnojiva, zpracování půdy Výroba kyseliny dusičné a adipové Spalovací procesy, raketová a letecká technika
Fluorované uhlovodíky	HFC	Průmyslové procesy Náhrada freonů v lednicích a klimatizacích Hnací plyny – hasicí přístroje, čisticí látky, pěnidla
Perfluoruhlovodíky	PFC	Průmyslové procesy Chladicí zařízení Výroba hliníku, polovodičů, léčiv, kosmetiky
Fluorid sírový	SF ₆	Elektrotechnický průmysl Tavení hořčíku a hliníku
Fluorid dusitý	NF ₃	Výroba plazmových obrazovek Produkce solárních panelů, displejů z kapalných krystalů Selektivní činidlo při leptání oxidu křemičitého

Zdroj: vlastní zpracování podle Vrabcové 2021

Dle databáze emisí pro globální výzkum atmosféry Evropské komise (Obrázek 3) je znečišťování ovzduší polutantem CO₂ nerovnoměrné dle regionů, mezi největší producenty CO₂ patří Spojené státy americké, Čína a Rusko (Richter 2022).



Obrázek 3: Emise CO₂ mezi lety 1970 až 2021 dle států

Zdroj: Richter 2022 (Statista)

1.5.3 Znečišťování a ochrana půdy

Půda je důležitým prostředkem pro získávání zemědělských plodin a umožňuje stavbu obytných či výrobních budov a dopravní infrastruktury (Ministerstvo zemědělství 2023a). Znečištění půdy, čili zvyšování obsahu nepříznivých látek v půdě, se říká kontaminace půdy. Nepříznivé látky se do půdy dostávají především v důsledku antropogenního působení, jsou jimi například radioaktivní prvky, kyanidy, perzistentní organické polutanty a jiné chemikálie. Důvodů, proč ke znečištění může dojít je několik. Antropogenními příčinami může být vypouštění odpadních vod, nekontrolovaná skládka odpadů, užívání agrochemikálií a odpadních látek v zemědělství, spad z průmyslové činnosti, spalovací procesy a doprava. Za přirozenou kontaminaci lze považovat například znečištění při přírodních požárech či vulkanické činnosti (Ministerstvo zemědělství 2023b).

Zákon o Ochráně zemědělského půdního fondu č. 334/1992 Sb. vymezuje zemědělský půdní fond (ZPF), stanovuje procesy a nástroje, jak ZPF ochraňovat a stanovuje sankce za přestupky v rámci správy ZPF (MŽP 2022). Ochrany je dosahováno například udržováním složek organické hmoty, ochrany struktury a zachování edafonu. Důležité je optimální využívání půdy pro zemědělskou činnost (střídání plodin, zavlažování), ochrana proti větrné a vodní erozi a zabraňování kontaminace půdních zdrojů nežádoucími látkami (Ministerstvo zemědělství 2023a).

2 Life Cycle Assessment

Life Cycle Assessment či zkráceně LCA, v českém jazyce používané „Posuzování životního cyklu“ je označení pro metodologický rámec posuzující dopady výroby produktu či poskytování služby na životní prostředí. Metodologie je definována mezinárodními standardy ISO 14040 a 14044 (Klöpffer and Grahl 2014). Pomocí LCA je možné zodpovědět otázku, jaký má produkt (myšleno výrobek či služba) dopad na environmentální prostředí, přičemž je bráno v potaz mnoho faktorů (Liebsch 2019).

Mezinárodní norma ISO 14040 definuje Life Cycle Assessment následovně (ISO 2014): „*LCA studies the environmental aspects and potential impacts throughout a product's life (i.e. cradle-to-grave) from raw material acquisition through production, use and disposal. The general categories of environmental impacts needing consideration include resource use, human health, and ecological consequences.*“ V českém překladu: „*LCA zkoumá environmentální aspekty a potenciální dopady během celého životního cyklu produktu (tj. od kolébky do hrobu) od získávání surovin po výrobu, přes samotnou výrobu, používání až po likvidaci. Mezi obecné kategorie environmentálních dopadů, které je třeba zohlednit, patří využívání zdrojů, lidské zdraví a ekologické důsledky*“. Metoda je zaměřena pouze na analýzu environmentálních dopadů - v potaz jsou brány výhradně ekologické aspekty, nikoliv aspekty ekonomické a sociální. Specializace na konkrétní skupinu faktorů napomáhá získání kvalitních výsledků (Klöpffer and Grahl 2014).

2.1 Přínosy a další využití LCA analýzy

Norma ISO 14040 popisuje možné přínosy analýzy LCA. Analýza především přispívá k identifikaci příležitostí, jak snížit environmentální dopady produktu v různých fázích jeho životního cyklu. Informuje osoby činící důležitá rozhodnutí v průmyslu, vládních i nevládních organizací (z důvodu strategického plánování, nastavení priorit, návrhu produktu či procesu). Přispívá k výběru relevantních environmentálních indikátorů a také k marketingovým aktivitám (environmentální značení, tvrzení, deklarace). Může docházet k finančním úsporám v závislosti na aktualizaci přístupu k výrobním procesům, snížením objemu odpadu surovin, energie a jiných zdrojů. Úspory mohou

vznikat i v souvislosti se zavedením určitých opatření, které budou v předstihu odpovídat nadcházejícím právním předpisům (ISO 14040 2006).

Provedení LCA nemusí být pouze jednoúčelové, získané výsledky a poznatky mohou být prospěšné jako východiska pro další techniky a metody týkající se vazeb podnikání na přírodní prostředí. Mezi ty patří např. posuzování vlivů na životní prostředí (EIA), environmentální manažerské účetnictví (EMA), řízení životního cyklu výrobku (LCM), analýza nákladů životního cyklu (LCC) nebo analýza toku látek a materiálů (SFA a MFA) (ISO 14040 2006).

2.2 Životní cyklus produktu a rozsah analýzy LCA

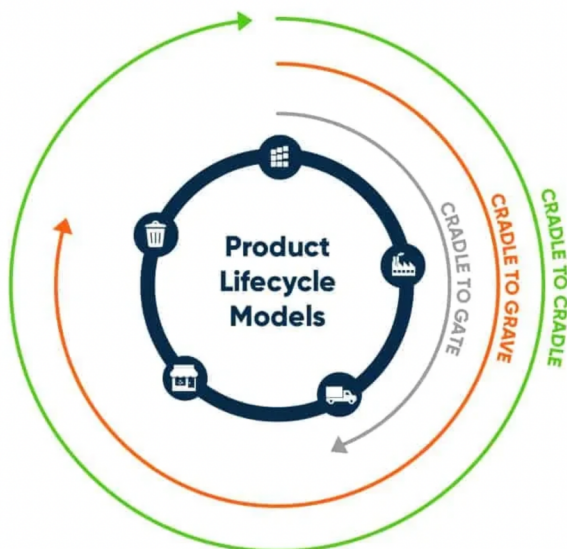
Každý produkt má určitou dobu své využitelnosti a při jeho výrobě a užívání prochází několika stádii. S každou fází životního cyklu produktu mohou být spojeny jiné materiálové a energetické toky a jiné či jinak velké environmentální dopady (díky LCA podnik mimo jiné získá přehled o tom, při kterém stádiu jsou dopady nejvyšší – na jaké stádium se zaměřit pro snížení celkových dopadů na životní prostředí) (Kočí a kol. 2012).

Životní cyklus produktu začíná již samotným získáváním surovin a energetických zdrojů z životního prostředí, ať už obnovitelných či neobnovitelných. Prostředky se získávají těžebním – těžební technikou. Jedná se například o těžbu ropy, dřeva či rud. Získané suroviny je povětšinou potřeba přepravit do místa zpracování, kde jsou suroviny přeměňovány na průmyslově využitelné vstupy (výroba materiálů, paliv, energetika). Doprava surovin bývá při hodnocení dopadů přidružována stádiu těžby surovin, obdobně tomu tak je i při přepravě dalších meziproductů mezi jednotlivými stádii. Výroba produktu bývá nejspecifičtější a z pohledu dopadů nejzajímavější fází, dochází k přeměně materiálů, kompletaci produktu a zahrnován je i proces balení. Určité energetické či materiálové toky vstupují do cyklu i ve stádiu spotřeby / užívání – provoz produktu, opravy či údržba. S konečnou fází cyklu jsou spojeny toky potřebné pro odstranění, opětovné užití či recyklaci (Kočí a kol. 2012).

Na základě životního cyklu produktu je v LCA analýze využíváno několik koncepcí, které se liší v rozsahu zkoumání. Rozsahy jednotlivých koncepcí ve vizuální podobě

zachycuje Obrázek 4. Koncept cradle-to-grave zkoumá všech 5 zmiňovaných fází životního cyklu produktu, jsou zkoumány environmentální dopady těžby surovin, zpracování surovin, výroby produktu, užívání produktu, likvidace a dopravy propojující jednotlivá stádia.

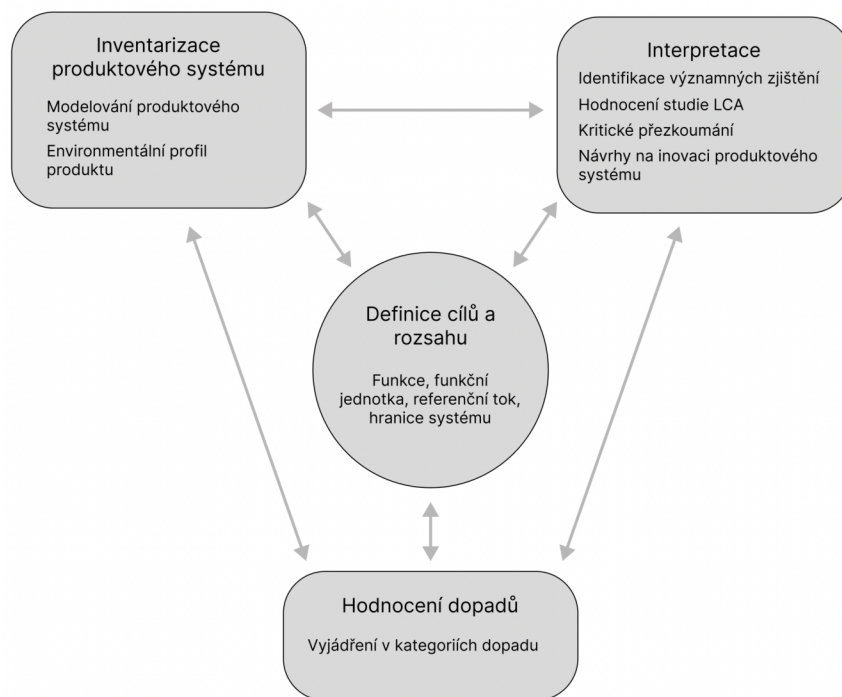
Cradle-to-grave není jediným použitelným konceptem v analýze LCA. Je možné využít i jiných rámců: v praxi běžněji používaný koncept cradle-to-gate (od kolébky k bráně) – zahrnuje procesy od získávání materiálů po opuštění výroby. Nebo koncept cradle-to-cradle – komplexnější rámec, který nahrazuje pátý krok (likvidaci produktu) recyklací produktu a využití z recyklovaného materiálu pro výrobu jiného produktu = koncepce cirkulární ekonomiky (Liebsch 2019).



Obrázek 4: Oblasti LCA + koncepce
Zdroj: Liebsch 2019

2.3 Fáze analýzy LCA

Postup a struktura analýzy LCA jsou součástí ISO 14040 a 14044. Definovány jsou 4 fáze postupu – definice cíle a zaměření, inventarizační analýza, posuzování dopadu a interpretace. Interpretovány jsou zjištění ze všech zmiňovaných fází. Poznatky z jedné fáze mohou ovlivnit východiska předešlé fáze, kterou je třeba dle nových zjištění přehodnotit. Obrázek 5 zaznamenává vzájemné vazby mezi fázemi (Kočí 2013).



Obrázek 5: Schéma fází Life Cycle Assessmentu
 Zdroj: vlastní zpracování podle Kočí 2013

2.3.1 Cíl a rozsah LCA

Analýza začíná řádným definováním cíle a rozsahu. V této fázi se charakterizuje důvod, proč je daná analýza prováděna, pro koho se provádí, na jaké otázky by měla přinést odpovědi a například také, zda je zamýšleno výsledky využít pouze pro interní účely či pro zveřejnění v komparaci s konkurenčními produkty. LCA může být prováděna za účelem vývoje ekologicky nenáročného nového produktu či pro získání dat o environmentálních dopadech již existujícího produktu.

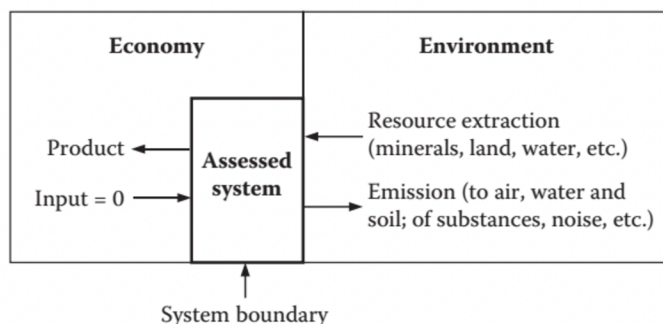
Rozsah studie musí odpovídat stanovenému cíli. Analytici dle cíle nadefinují produktový systém - tzn. funkce a funkční jednotku, referenční tok, hranice systému, předpoklady a omezení. Pro stanovení rozsahu studie se využívá 2 modelovacích přístupů – atribuční a konsekvenční. Atribuční přístup popisuje pohyb fyzických, environmentálně relevantních toků do a z životního cyklu, kdežto konsekvenční přístup je charakteristický zaměřením na popis změny environmentálně relevantních toků v závislosti na případných rozhodnutích. Každý z přístupů má své silné a slabé stránky, v reálném využití LCA se překrývají.

Stanovit funkci systému je velice důležité, neboť z její definice dále vychází i definice funkční jednotky a hranice systému. Určení jedné funkce produktu však mnohdy nebývá nejlehčím úkolem, neboť produkt mívá množství funkcí. Příkladem mohou být dveře od automobilu, jejichž primární funkčnost spočívá v umožnění přístupu do automobilu. Sekundárními funkcemi mohou být – ochrana proti krádeži automobilu, protekce pasažéra v případě havárie, uzavření vnitřního prostoru automobilu. Pokud je předmětem studie komponent nadřazeného produktového systému, většinou bývá studována funkce celkového systému (Jolliet et al. 2015).

Funkční jednotka (FU – Functional Unit) slouží pro kvantifikaci funkce na určitou jednotku výroby. Příkladem pro pochopení tohoto pojmu může být nápojový obal, jehož funkcí je především přepravitelnost a skladovatelnost nápoje. Funkční jednotka kvantifikuje potřebný počet nápojového obalu pro zajištění přepravitelnosti a skladovatelnosti například 1 000 litrů nápoje. FU může být stanovena jako 5 000 sáčků o objemu 0,2 litru; 2 000 půl-litrových skleněných lahví či 1 000 kusů 1 litrových tetra paků. Doporučovaným základem pro stanovení funkční jednotky je roční množství produktu nebo podobný realistický údaj. Užití funkční jednotky slouží pro možnost komparace výsledků s obdobnými výrobky (Klöpffer and Grahl 2014).

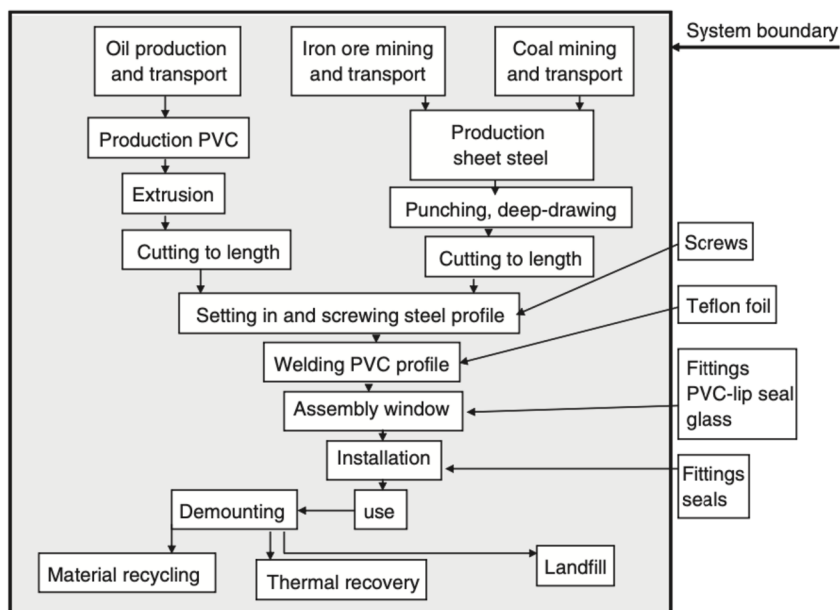
Referenčním tokem lze chápat potřebný objem zboží či služeb pro splnění funkce. To znamená, že pokud je jako funkční jednotka stanoven *1 pár suchých rukou*, mohou být uvedeny 2 scénáře, jak zajistit vysušení rukou – buď je využito papírových utěrek nebo elektrického vysoušeče rukou. V případě papírových utěrek je zapotřebí 1,5 utěrky k vysušení rukou, musí zde být však zahrnuto i opotřebení dávkovače, který ony utěrky vydává. Vychází-li se z předpokladu, že toto zařízení má životnost 10 let a denně je použito 50krát, vysuší za dobu své životnosti 182 625 rukou. Pokud si tedy 1 člověk vysuší své ruce, dochází k opotřebení 1/182 625 přístroje. V scénáři, kdy jsou ruce vysušeny za pomoci elektrického vysoušeče, se spotřebuje 15 Wh (30 sekund sušení při výkonu 1 800 W) a zařízení je opotřebeno z 1/355 250. Klíčové parametry, v těchto scénářích – počet papírových utěrek na usušení rukou + výkon vysoušeče a délka použití – propojují referenční tok s funkční jednotkou (Jolliet et al. 2015).

Pojem produktový systém označuje veškeré procesy, které jsou spojeny s výrobou, užíváním a likvidací daného produktu. Na obrázku číslo 6 je možné vidět vztah mezi produktovým systémem, ekonomikou a environmentálním prostředím.



Obrázek 6: Vazby mezi produktovým systémem, ekonomikou a environmentem
Zdroj: Jolliet et al. 2015

Před započítáním analýzy LCA je zapotřebí stanovit hranice produktového systému, tedy určit procesy vztažené ke zkoumanému produktu. Na základě tohoto vymezení dochází k vyselektování pro analytika důležitých materiálových a energetických toků. Ku příkladu pro výrobu PVC oken (podrobněji popisuje Obrázek 7) je nejprve nutné získat vstupní materiály – těžba a transport ropy, železné rudy a uhlí. Z těchto materiálů jsou skrze různé výrobní procesy, které jsou součástí hranic produktového systému, vyráběny zvláště rám a výplň okna, které jsou následně spojeny pomocí šroubků a matic, konečnými výrobními procesy jsou zkompletování a utěsnění produktu. Okno je následně nainstalováno do domu a po nějakou dobu využíváno. Ke konci životního cyklu produktu je okno vyjmuto a recyklováno. Na základě stanoveného cíle LCA analýzy je také možné vynechat části životního cyklu či procesu, pokud je jeho příspěvek na environmentální dopady velmi malý. V případě výroby PVC oken není z důvodu nevýznamnosti potřeba zahrnovat spojovací a další vedlejší materiál (šroubky, teflonová folie, těsnění) (Klöpffer and Grahl 2014).



Obrázek 7: Zjednodušené znázornění produktového systému PVC oken
Zdroj: Klöpffer and Grahl 2014

2.3.2 Inventarizační analýza (LCI)

Na základě stanovených hranic produktového systému a zaměření je nutné získat potřebná primární či sekundární data (pokud nemají některá data pro analýzu dopadů takovou váhu, je možné použít údaje z databází). Sběr dat a sestavení schématu produktového systému je prováděno v druhé fázi LCA analýzy, která se nazývá Inventarizační analýza (Hauschild et al. 2017b).

Hlavním úkolem této fáze je shromáždit environmentálně významná data o procesech, které jsou v rámci produktového systému brány v potaz. Nejprve je zapotřebí sesbírat informace o jednotkových procesech, poté o vstupech a výstupech produktového systému. Běžným rozsahem LCI v praxi bývá „od kolébky k bráně“ - tzn. od získávání surovin po ukončení výroby, další části životního cyklu nejsou do kalkulace zahrnovány (Kočí 2013). Vladimír Kočí (2013, str. 30) dále uvádí: „Inventarizace vyčísluje množství elementárních toků souvisejících s referenčním tokem produktového systému.“

Výsledky inventarizační analýzy jsou v následné fázi využity k vyčíslení environmentálních dopadů. LCI bývá velmi časově náročná, neboť je zapotřebí získat informace ohledně veškerých elementárních toků, jež se ve zkoumaném

produktovém systému nachází (Hauschild et al. 2017b). Typickými jednotkami toků jsou hmotnost v kilogramech, objem, plocha, počet kusů nebo čas pro materiálové toky a MJ společně s kWh pro toky energetické (Kočí a kol. 2012).

Fázi inventarizační analýzy lze rozdělit do 6 dílčích etap:

Identifikace procesů pro inventarizační analýzu

V kapitole 2.3.1 Cíl a rozsah LCA je definován a popsán pojem produktový systém a jeho hranice. Na základě vytyčení hranic produktového systému je dále zapotřebí určit veškeré zahrnuté procesy, vstupy a výstupy, pro které budou data sbírána (Kočí 2013). Pro lepší přehlednost bývají procesy vizualizovány v podobě stromového diagramu (Klöpffer and Grahl 2014). Ucelenost schématu produktového systému spočívá v propojení jednotkových procesů příslušnými materiálovými a energetickými toky (Kočí 2013).

Plánování a sběr dat

Před samotným sběrem dat je vhodné naplánovat, jaká data je u jednotlivých procesů určených v předchozím kroku nutno získat, jaký bude zdroj pro čerpání daných údajů či v jaké měrné jednotce budou informace udávány. Důležité je stanovit, jaká přesnost (specifičnost) je zapotřebí na 5-ti stupňové škále od „velmi vysoká“ až po „velmi nízká“. To napomáhá určit zdroj informací. Velmi vysoká specifičnost dat je přiřazena u takových procesů, které představují významnou položku v celkovém environmentálním dopadu, jsou prioritizovány a zdrojem musí být co nejpřesnější primární data. Při postupně nižších požadavcích na specifičnost je možné data sbírat z LCA databází či mohou být dokonce určena pouhým odborným odhadem (Hauschild et al. 2017b).

Tabulka 2: Šablona pro naplánování sběru dat

Proces / individuální vstup	Specifičnost					Typ údaje	Zdroj	Způsob získání
	Velmi vysoké	Vysoké	Střední	Nízké	Velmi nízké			
X	X					Koncentrace	Procesní inženýr	Dotazník
Y		X				Kg/rok	Akademická práce	Vyhledání online
Z				X		Jednotkový proces	Ecoinvent	Vyhledání v databázi

Zdroj: Hauschild et al. 2017b

Některé materiálové a energetické toky vstupují či vystupují do/z vícero produktových systémů, tyto toky je zapotřebí při modelování tzv. alokovat, tzn. rozdělit toky mezi daný počet produktů. Problém alokace se běžně týká toků jako jsou: elektrická energie, zemní plyn nebo výstupní složky – emisí CO₂. Problematika může být popsána na příkladu výroby talířů a hrnků v hrnčířské peci – v jedné peci se při využití 15 zemního plynu vyrobí 10 talířů a 20 hrnků. Otázkou je, jak bude tok zemního plynu rozpočítán. Rozpočetní základnou může být počet produktů, jejich hmotnost či prodejní cena (jež zohledňuje ekonomickou váhu využívání pece) (Kočí 2013).

Jednou z nejvýznamnějších položek, u které je potřebné spotřebu alokovat, je energie. Je třeba, dle určité základny, stanovit, kolik jednotek elektřiny je spotřebováno na jednotku zkoumaného produktu. Při výpočtech je nutné si uvědomit rozdílnost environmentálních dopadů výroby elektřiny z rozličných zdrojů. Energie podnik může zajišťovat prostřednictvím vlastních řešení (podniková teplárna či fotovoltaická elektrárna) nebo je čerpat ze sítě systémových elektráren. Pro inventarizaci dat týkajících se energií ze sítě se použijí data pro aktuální rok. Emise z výroby energií v ČR jsou stanovovány na základě bilančního modelu GEMIS (Kočí a kol. 2012).

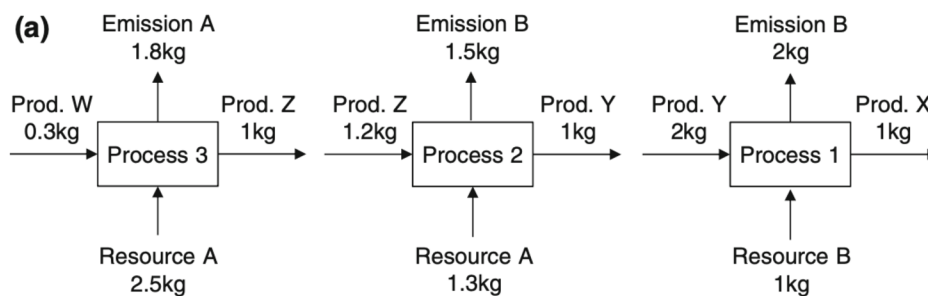
Konstrukce a kontrola kvality jednotkových procesů

Získané informace by měly být kvalitní a zahrnovat všechny procesy, kontroluje se jak kvalita, tak i například opomenutí některých vedlejších operací, které jsou v životním cyklu produktu prováděny. Dopady výroby produktu by měly zahrnovat aktivity jako jsou nahřívání, kalibrace (možný úbytek materiálu), prostoje, čištění či údržba. Data by dále měla promítnout běžnou zmetkovitost. Z těchto důvodů je doporučeno vázat sběr dat na základě delšího časového horizontu – ideálně období jednoho roku. Před konstruováním LCI modelu by data měla být v odpovídajícím formátu a zapsána v 1 jednotce referenčního toku (Hauschild et al. 2017b).

Konstrukce modelu LCI a výpočet výsledků LCI

Konstruací modelu LCI se rozumí zanesení získaných dat do zpracovaného schématu produktového systému, schéma je tak doplněno o kvantitativní vyjádření například

spotřebovaných zdrojů či vzniklých emisí – jak je možné vidět na diagramu níže pod textem (Obrázek 8) (Hauschild et al. 2017b).



Obrázek 8: Jednotkové procesy se zanesenými kvantifikujícími údaji
Zdroj: Hauschild et al. 2017b

Většina údajů je udávána v měrné jednotce *kg*. Pomocí porovnání součtu vstupní celkové hodnoty v kilogramech s hodnotou součtu výstupních látek v kilogramech je možné odhalit chybu v opomenutí některého z toků. Pojmenování jednotkových procesů by v této fázi již mělo být upraveno na základě používaných označení LCA softwarů (Hauschild et al. 2017b).

Výpočet celkové inventarizační analýzy je pak prostým součtem jednotlivých materiálových a energetických toků na funkční jednotku skrze všechny procesy. V praxi není třeba výpočet provádět manuálně, postará se o něj zvolený LCA software (Hauschild et al. 2017b).

Příprava podkladů pro řízení nejistot a analýzu citlivosti

Při kterékoliv z předchozích fází LCI může faktor či skupina více faktorů ovlivnit reálnou vypovídající schopnost dat. V analýze LCI by mělo být uvedeno, jaké postupy či například statistické rozdělení byly pro výpočet použity. Analytik taktéž zdůrazní, jaké faktory mohou mít nejvýraznější vliv na odchylky od reálných hodnot (Hauschild et al. 2017b).

Reporting výsledků

Data jsou v závěrečné fázi LCI reportována veškerým stakeholderům. Presentovány by měly být dokumentace o LCI modelu, o jednotlivých procesech, metadatech, LCI výsledcích (jaké látky a v jakém množství do systému vstupují), předpokladech pro

jednotlivé fáze životního cyklu i údajích získaných z analýzy nejistoty a citlivosti (Hauschild et al. 2017b). Data je ideální prezentovat v podobě inventarizační tabulky (ukázka Tabulka 3), na jejímž zobrazení je přehledně viditelné, kolik jednotek elementárního toku je spotřebováno při jednotlivých fázích výroby a jejich celkový součet

Tabulka 3: Inventarizační tabulka

Elementární tok	Jednotka	Výroba materiálů	Výroba produktu	Provoz	Odstraňování	Doprava	Celkem
Vstupy – spotřeba surovin							
Ropa	g	2670	90	4920	-20	290	7950
Zemní plyn	g	2040	60	3580	-1	20	5699
Uhlí	g	1860	1800	17700	20	1	21381
Hliník	g	580	0,01	0,9	-160	0,02	420,93
Chlorid sodný	g	130	0,02	2	-0,003	0,04	132,057
Upravená voda	l	-	4	-	0,3	-	5,3
Vstupy – pomocné látky nezahrnuté do čerpání surovin							
Alkan-sulfáty	g	-	-	80	-	-	80
Glykolbutylether	g	-	-	140	-	-	140
Výstupy – emise do ovzduší							
CO ₂	g	11200	5300	86600	1800	650	105550
Prachové částice	g	60	3	40	-8	0,4	95,4
Arsen	mg	0,3	0,05	8	0	0	8,35
Výstupy – emise do vody							
Chrom	mg	20	-	-	-	-	20
Uhlovodíky	g	0,6	0,001	0,1	-0,0004	0,006	0,7066
Nikl	mg	20	-	-	-	-	20
Výstupy – emise do půdy							
Kyselina nitrilotrioctová	mg	-	-	30	-	-	30
Glykolbutylether	mg	-	-	20	-	-	20
Nespecifikovaný chemický odpad	g	30	-	-	-	-	30

Zdroj: vlastní zkrácené zpracování podle (Kočí 2013)

Poznatky, které jsou v průběhu LCI nabyty, bývají použity pro úpravu definice rozsahu, například z důvodů, kdy v ranné fázi plánování LCA nebyly určité faktory předvídané. Z důvodu vysoké nákladnosti není možné shromáždit nejkvalitnější možné údaje o veškerých procesech LCI – je potřeba určit nejdůležitější části životního cyklu výrobku a těmto částem věnovat větší množství času a dostupných finančních zdrojů (Hauschild et al. 2017b).

Existuje více modelů LCI, jako jsou modely LCI založené na procesech, IO LCI model, stupňovitý hybridní LCI model a další hybridní modely. Procesně orientovaný model využívá procesní diagram, nevýhody mohou spočívat v časové a nákladové náročnosti – model se tak nehodí pro krátkodobé rozhodování. Při využití pro dlouhodobé rozhodovací procesy mohou však nastat problémy při opomenutí některých procesů. IO LCI model je rozsáhle využíván, oproti procesně orientovanému LCI bere v úvahu celý dodavatelský řetězec výrobků v ekonomice, je rychlejší a poskytuje lepší výsledky, neboť využívá data dostupná z existujících databází vstupů a výstupů, např. National Economic Accounts. Na druhé straně s sebou nese metoda své nevýhody – nezanáší informace o specifičnosti procesů jako je výběr surovin a přepracování procesu, data v databázi mohou být zastaralá, zaznamenává údaje pouze o fázích před využíváním produktu a není vypovídající, pokud jsou procesy závislé na importu. Tyto nedostatky se snaží řešit mimo jiné i model „Integrovaný hybrid“, který představuje nejsložitější přístup k LCI. Z důvodu vysokých časových nároků a výpočetní složitosti se však využívá pro sledování dlouhodobého cíle (Neves 2016).

2.3.3 Posuzování dopadu (LCIA)

V průběhu inventarizační analýzy je potřeba sesbírat velké množství dat jako jsou například: emise z výroby energií, emise z výroby produktu, emise vznikající v důsledku dopravy materiálu či hotového výrobku, vzniklé odpady či úbytek nerostného bohatství planety v podobě spotřeby surovin (Hillege 2019). Informace získané pomocí inventarizační analýzy jsou dále využity pro vyhodnocení potenciálních environmentálních dopadů, nejprve je však potřeba data pro lepší porovnatelnost rozřadit do skupin se stejnými charakteristikami (Kočí 2013). Znečišťující látky, které způsobují stejné environmentální dopady, jsou shrnuty do jedné kategorie dopadu a jsou udávány v ekvivalentu hlavní měrné jednotky kategorie dopadu – indikátor kategorie (Hillege 2019). Například kategorie dopadu „klimatická změna“ udávaná v jednotce ekvivalentu [CO₂-ekvivalent] je vyvolávána skupinou elementárních toků, které nazýváme skleníkové plyny (CH₄, CO₂, CFC, N₂O) (Kočí 2013).

Poměr ekvivalence těchto plynů je například:

- 1 kg CO₂ = 1 kg [CO₂-ekvivalent],
- 1 kg CH₄ = 25 kg [CO₂-ekvivalent]
- či 1 kg N₂O = 298 kg [CO₂-ekvivalent] (Quist 2019).

Kategorie dopadů se rozdělují na midpointové a endpointové. Obě skupiny kategorií mají vlastní indikátory kategorií neboli měřitelné ukazatele dopadu (Jolliet et al. 2015).

Midpointové kategorie shromažďují výsledky inventarizace (toky látek) do skupin dle účinků na životní prostředí. Například veškeré toky látek, které mohou mít karcinogenní účinky na člověka jsou shrnuty v kategorii „Human toxicity“ (Hauschild et al. 2017b). Proces přiřazení výsledků LCI k midpointovým kategoriím je nazýván kategorizace (Kočí 2013). Další midpointové kategorie společně s používanými měrnými jednotkami jsou uvedeny v tabulce číslo 4.

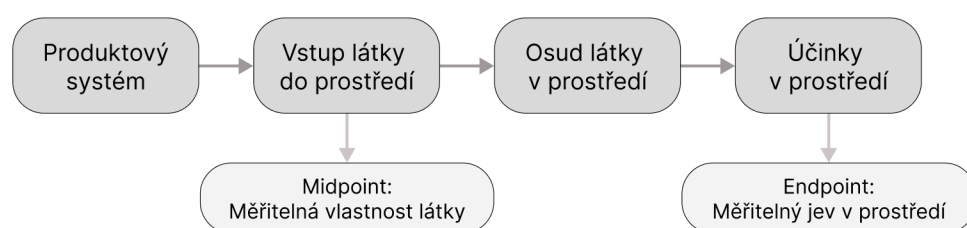
Tabulka 4: Příklady kategorizace dopadů včetně měrných jednotek

Kategorie dopadu	Měrná jednotka	Popis
Klimatická změna	kg CO ₂ -eq	Indikátor potenciálního globálního oteplování v důsledku emisí skleníkových plynů do ovzduší (zdrojem emisí mohou být fosilní zdroje, biologické zdroje či využívání půdy).
Úbytek ozonu	kg CFC-11-eq	Indikátor emisí do ovzduší, které způsobují ničení stratosférické ozonové vrstvy.
Acidifikace	kg mol H+	Indikátor potenciálního okyselování půdy a vody v důsledku uvolňování plynů, jako jsou oxidy dusíku a oxidy síry.
Eutrofizace – sladkovodní/mořská/suchozemská	kg PO ₄ -eq/kg N-eq/mol N-eq	Indikátor obohacení sladkovodního/mořského/suchozemského ekosystému prvky v důsledku emisí sloučenin obsahujících dusík nebo fosforu.
Tvorba foto-oxidačních látek	kg NMVOC-eq	Indikátor emisí plynů, které ovlivňují tvorbu fotochemického ozonu ve spodních vrstvách atmosféry (smog) katalyzovaného slunečním zářením.
Vyčerpávání nerostných zdrojů	kg Sb-eq	Indikátor vyčerpání přírodních nefosilních zdrojů.
Vyčerpávání fosilních paliv	MJ	Indikátor vyčerpání přírodních zdrojů fosilních paliv.
Humánní toxicita	CTUh	Vliv toxických látek uvolňovaných do životního prostředí na člověka (ne/rakovinotvorné).
Ekotoxicita	CTUe	Vliv toxických látek vypouštěných do životního prostředí na organismy.
Ionizační záření	kBq U-235	Poškození lidského zdraví a ekosystémů v souvislosti s emisemi radionuklidů.
Emise patogenních částic	počet výskytu onemocnění	Indikátor potenciálního výskytu onemocnění v důsledku emisí pevných částic.
Užití sladké vody	m ³	Využití sladkovodních zdrojů v absolutních jednotkách.
Užití půdy	-	Míra změn kvality půdy (biotická produkce, odolnost proti erozi).

Zdroj: vlastní zpracování podle (Hillege 2019)

Endpointové kategorie dopadů berou v potaz celkový dopad na životní prostředí a slučují midpointové ukazatele do nadřazených skupin, opět dle společných charakteristik působení dopadů – představují konkrétní měřitelné poškození prostředí (Kočí 2013). Typickými endpoint kategoriemi jsou: úbytek zásob surovin a kvalita ekosystémů, klimatické změny či lidské zdraví (Hauschild et al. 2017a).

Midpointové kategorie mohou mít vliv na více než jednu endpointovou kategorii – například poškození ozonové vrstvy má vliv jak na lidské zdraví, tak na klimatické změny (Hauschild et al. 2017a).



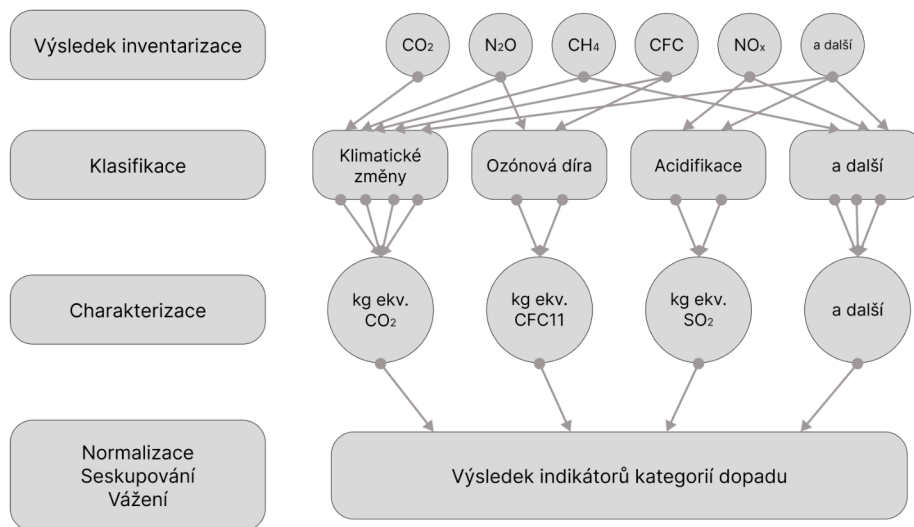
Obrázek 9: Pozice midpointů a endpointů v dopadovém řetězci

Zdroj: Kočí 2013

Obrázek 9 zachycuje vazby dopadového řetězce, které začínají v momentě, kdy některé látky vznikají v rámci produktového systému. Látky vstupují do environmentálního prostředí, působí v něm a v konečné fázi mohou být pozorovány negativní dopady. Problematika může být uvedena na příkladu acidifikace. Kyselinotvorná látka je nejprve vypuštěna mimo hranice systému, jako midpointový indikátor může být vyjádřena její schopnost negativně působit na prostředí (Kočí 2013). Následkem jejího působení však v prostředí vznikají různé pozorovatelné problémy (endpoint) – např. usazování kyseliny na vegetaci, pokles pH vodního tělesa, úbytek ryb a dalších živočichů v místě emise či omezení rekreačních možností (Klöpffer and Grahl 2014).

Po přiřazení výsledků z LCI analýzy ke kategoriím dopadu (klasifikace) následuje určení indikátoru dopadu, pro což je nutné využít charakterizační model (Obrázek 10). Klöpffer and Grahl (2014, str. 119) definují charakterizační model jako „*the calculation of indicator results (characterization) involves the conversion of LCI result to common units and the aggregation of the converted results within the same impact category. This conversion uses characterization factors. The outcome of the calculation is a numerical indicator result.*“ – v překladu do českého jazyka: „výpočet výsledků

ukazatelů (charakterizace) zahrnuje převod výsledků LCI na běžné jednotky a agregaci převedených výsledků v rámci stejné kategorie dopadu. Při tomto přepočtu se používají charakterizační faktory. Výsledkem výpočtu je číselný výsledek ukazatele.“ Pomocí charakterizačního modelu je tedy kvantitativně vyjádřen podíl elementárních toků na určitou kategorii dopadu (Kočí 2013). Tato konverze je zajištěna softwarem pro LCA analýzy, popřípadě je možné hodnoty ekvivalentů dohledat v příslušných tabulkách (Klöppfer and Grahl 2014).



Obrázek 10: Schéma kroků LCIA s midpointovými indikátory kategorií dopadu
Zdroj: vlastní zpracování podle Kočí 2013

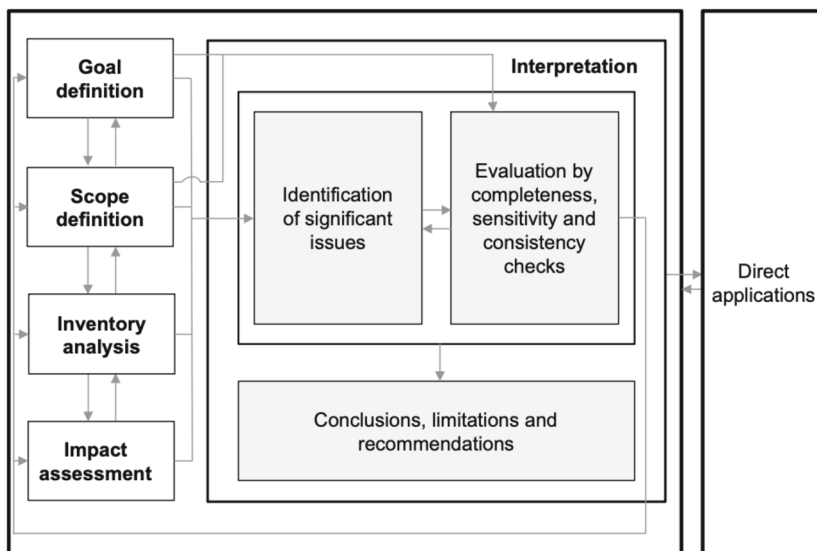
V případě zmiňované kategorie acidifikace by LCIA analýza probíhala následovně. Pomocí LCI analýzy byly zjištěny emise látek: SO₂, HCl, HF, NO_x (kg na funkční jednotku) a další. Tyto emise byly přiřazeny do midpointové kategorie „acidifikace“ a indikátor kategorie byl určen na základě charakterizačního modelu, pomocí něhož se v tomto případě zjišťuje, kolik protonů (H⁺_{aq}) je emitováno do prostředí. Výsledek je poté převeden do ekvivalentu SO₂ čili jednotky, jež se pro danou kategorii běžně používá (Klöppfer and Grahl 2014). Pro možnost porovnání míry zásahu do různých kategorií dopadu bývají výsledky indikátorů kategorií dopadu převedeny na bezrozměrná čísla (%), která vyjadřují podíl škody zkoumaného produktového systému v celosvětovém či regionálním měřítku, tato úprava se nazývá normalizace a patří mezi dobrovolné prvky LCA analýzy. Seskupováním je chápán proces seskupování kategorií dle určitého logického hlediska a vážení označuje vyjádření významnosti výsledků indikátorů kategorií dle ekonomicko-sociálního hlediska (Kočí 2013).

2.3.4 Interpretace

Finální fází LCA analýzy je interpretace. Tato fáze navazuje na veškeré předchozí, analytici berou v potaz výsledky LCI i LCIA, účelem je interpretovat je jako celek (Hauschild et al. 2017b). Opět by mělo být zmíněno, z jakých předpokladů se vycházelo a jaké byly použity odhady, aproximace či zjednodušení, které by mohly ovlivnit celkový výsledek (Kočí 2013).

Fáze interpretace se skládá z 3 hlavních kroků (Obrázek 11):

- identifikace významných problémů a zjištění,
- hodnocení studie (kontrola úplnosti a kvality),
- formulace závěrů a doporučení (Kočí 2013).



Obrázek 11: Kroky interpretace a jejich vazby k dalším fázím LCA

Zdroj: Hauschild et al. 2017b

Identifikace významných problémů a zjištění

Před zhodnocením a vynesením závěrů by v prvním kroku měli autoři objasnit, jaké byly v průběhu studie použity metodologie, předpoklady, zjednodušení. Uvedeny by měly být i použité postupy charakterizace, normalizace a váhové faktory použité při posuzování dopadů (Hauschild et al. 2017b). Jinými slovy je zapotřebí setřídít a uvést informace z prvních třech fází LCA za účelem shrnutí poznatků, které mohou významně ovlivnit výstupy LCI a LCIA fází (Kočí 2013).

Cílem je formulování významných poznatků jako např. „nejvíce ropy je spotřebováno během fáze užívání produktu“ či „nejvíce skleníkových plynů se uvolňuje ve stádiu výroby“. K přehlednosti slouží tzv. strukturalizační tabulka, která udává hodnoty, jaké množství energetických, emisních a dalších toků (či v pokročilejším provedení s použitím kategorií dopadu a indikátorů dopadu) vstupuje do produktového systému v jednotlivých fázích výrobního procesu. Na zpracovanou strukturalizační tabulku je možné navázat analýzou dominance, díky které je možné určit procentuální poměr dopadů elementárních toků dle fází životního cyklu (Kočí 2013).

Hodnocení studie

Hodnocení studie zkoumá významnost využitých předpokladů a metodologií, testuje celkovou robustnost LCA analýzy a slouží ke zvýšení její věrohodnosti (Kočí 2013). Hodnocení probíhá na základě analýzy úplnosti, analýzy citlivosti, analýzy nejistoty a kontroly konzistentnosti (Hauschild et al. 2017b). Součástí by mělo být i zhodnocení kvality údajů (Kočí 2013).

Kontrola úplnosti slouží k otestování úplnosti a dostupnosti důležitých dat, při zjištění nedostatků je třeba určit, zda je informace zbytná či nezbytná. U zbytných informací je potřebné uvést odůvodnění nevýznamnosti. Chybějící nezbytné informace je nutné do studie dodat. Nástroj analýzy se nazývá seznam úplnosti (Kočí 2013).

Analýza citlivosti má za cíl identifikovat elementární toky, které nejvýznamněji přispívají k celkovým dopadům produktového systému. Analýza může vycházet z analýzy příspěvku (které činnosti a jakou vahou přispívají k dopadům na životní prostředí) či analýzou dominance (zmiňovanou v předchozí části textu) (Hauschild et al. 2017b). Analýza napomáhá odhalit ovlivnitelnost významných zjištění např. proměnlivostí vstupních dat, odchylkami v předpokladech či aplikováním rozlišných metodik LCIA. Malá odchylka vstupních dat může mít znatelný vliv na konečný výsledek. Míra vlivu a nejistoty je poté testována analýzou nejistot, míra vlivu nejistot může být prezentována procentuálním odhadem (nebo sdělením), že dopady mohou být vyšší z důvodu nezahrnutí určitých faktorů do studie. Zdrojem nejistot jsou například nepřesnosti dat, nejistoty zvolených předpokladů, nereprezentativní hodnoty dat, chyby a další. K analýze bývá využíváno metodiky Monte Carlo (Kočí 2013).

Pomocí kontroly konzistentnosti je zkoumáno, zda jsou užití metodiky, předpoklady a informace konzistentní s vytyčeným cílem a rozsahem LCA studie. Tato kontrola je především závažná při komparování dvou produktových systémů (Klöppfer and Grahl 2014).

Formulace závěrů a doporučení

K uzavření dochází v posledním kroku, ve kterém jsou formulovány závěry a doporučení. Jejich formulace musí vycházet ze zjištění studie, musí odpovídat cílům a rozsahu, a musí být uváděny v kontextu s předpoklady, za kterých k zjištěním došlo (Kočí 2013).

2.4 Limitace LCA analýzy

Při provádění LCA analýzy je možné narazit na několik limitací a nevýhod, které jsou metodologii některými odborníky vytýkány. Analýza může vycházet z nesprávně položených základů – záleží jaké předpoklady či odhady budou pro analýzu stanoveny. Je nutné uvědomit si širší souvislosti těchto stanovisk a jejich možné důsledky na ovlivnění výsledku analýzy. Významný vliv má také volba metod hodnocení dopadů. V závislosti na získání kvalitních dat může být metoda velmi časově náročná, čím vyšší kvalita dat tím delší sběr dat (Jolliet et al. 2015). Pokud však je zvolen takový přístup, kdy nejsou získávána primární data (nahrazení průměrnými daty z odvětví – sekundární data), nejsou výsledné hodnoty příliš přesné a vypovídající (Quist 2019). V neposlední řadě se diskutuje nad faktem, že se analýza zabývá pouze nepříznivými účinky na životní prostředí, nikoliv sociálními a ekonomickými účinky. Při potřebě zohlednění těchto účinků je nutné užití jiných nástrojů (např. kalkulace nákladů životního cyklu nebo sociální LCA) (Jolliet et al. 2015).

3 Deskripce vybrané společnosti a produktu

Tato kapitola se zabývá stručnou deskripcí vybrané společnosti a zkoumaného produktu. Popis je z důvodu anonymizace stručný a obecnější.

3.1 Představení společnosti XY s.r.o.

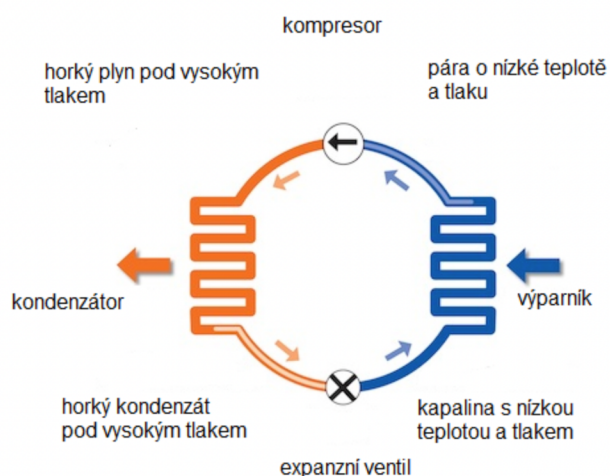
Dle dohody s vedením společnosti, ve které byla analýza provedena, zůstane v rámci diplomové práce společnost anonymní, nebude jmenována. V následujícím textu je na společnost odkazováno jako společnost „vybraná“, „zkoumaná“ či „sledovaná“. Nebylo umožněno zahrnout do práce specifické údaje z interních technických dokumentů, deskripce produktu je provedena na základě informací veřejně dostupných (ilustrativní popis obecného produktu, který není přímo spjatý s vybraným výrobcem, ačkoliv je v souladu se sledovaným produktem).

Jedná se o výrobní podnik operující na území Libereckého kraje, který lze zařadit do automotive průmyslu. Společnost se zaměřuje na výrobu klimatizačních jednotek využívaných v osobních automobilech a jejich součástích. Společenskou odpovědnost organizací společnost považuje za důležitou, vedení a zaměstnanci finančně i hmotně podporují neziskové organizace a sbírky; nezapomínají ani na vlastní zaměstnance v nouzi. Svými aktivitami nad produkční rámec se snaží napomoci kvalitnějšímu životnímu prostředí.

3.2 Deskripce produktu

Klimatizace v osobním automobilu funguje na principu výměny tepla v uzavřeném okruhu. Jednotka se skládá z několika funkčních součástí. Uzavřený okruh tvoří kompresor, kondenzátor, vysoušeč či akumulátor, výparník a další součástky (hadice, elektrické spínače, nádoba na chladivo, rozdělovač); dále je zapotřebí médium pro přenos tepla. Výparník, umístěný uvnitř automobilu, odebírá teplo a zahřívá médium. Médium je prostřednictvím hadic přes kompresor dopraveno do kondenzátoru, jehož účelem je ochlazení média a dochází k přeměně jeho skupenství na kapalnou formu. Médium dále putuje přes vysoušeč do expanzního ventilu a v plynném skupenství

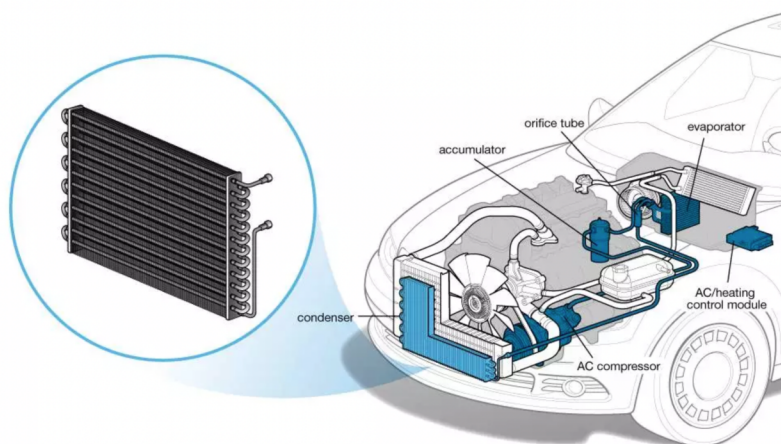
zpět do výparníku klimatizace. Tento koloběh (Obrázek 12) se pro optimální a konzistentní ochlazování vnitřního prostředí automobilu opakuje (MJ Auto 2015).



Obrázek 12: Výměna tepla v klimatizace automobilu

Zdroj: MJ Auto 2015

Produktem zkoumaným v rámci LCA analýzy je kondenzátor, často označovaný jako chladič klimatizace (MJ Auto 2015) či společně s výparníkem jako tepelný výměník (Changheng 2022). Kondenzátor je umístěný vně automobilu, ideálně v přední části vzhledem k potřebě proudění okolního vzduchu pro ochlazení kondenzátoru - tedy i média kolujícího v něm (Obrázek 13). Ochlazování kondenzátoru bývá podpořeno externím ventilátorem. Médium v podobě páry ve vysoké teplotě a vysokého tlaku, stlačené kompresorem, ztrácí v kondenzátoru část energie, ochlazuje se a kondenzuje (MJ Auto 2015).



Obrázek 13: Ilustrace kondenzátoru

Zdroj: Cars 2023

Kondenzátor běžně představuje 50 až 70 % hmotnosti celé klimatizační jednotky automobilu, na výrobu bývá spotřebováno značné množství kovového materiálu (Changheng 2022).

Pro analýzu LCA byl vybrán reprezentativní výrobní díl kondenzátoru o vysokém produkovaném objemu. Součástky, ze kterých je daný kondenzátor tvořen, jsou vyjmenovány v následujícím seznamu rozděleném na jádro kondenzátoru, postranní části - modulátorovou a konektorovou stranu a kompletizující součástky.

Jádro kondenzátoru:

- trubky s úpravou (vedoucí chladicí médium; 60ks),
- vnější obal trubek v podobě plíšků (umístěné mezi trubkami; zvyšující plochu pro výměnu tepla mezi chladicím médiem a vzduchem; 61ks),
- postranní rámy (uchycení trubek a plíšků do rámu; 4ks).

Modulátorová strana: rám, separátor (přepážka; umožňující regulaci vstupu média při potřebných vlastnostech), modulátor (uvnitř něhož se nachází vysoušeč a sítko/filtr), víčko modulátoru, kovové držáky uchycené na bocích (2ks) a víčka sestavy (2ks).

Konektorová strana: rám, separátor (umožňující regulaci výstupu média při potřebných vlastnostech), vstupní konektor, výstupní konektor, držáky uchycené na bocích (2ks) a víčka sestavy (2ks).

Finalizující součástky: uzávěry konektorů (z důvodu zamezení znečištění při přepravě k odběrateli) a plastový šroub.

Hotový kondenzátor je následně kontrolován různými testy – test úniku helia (odhalení vadných kusů, u kterých by docházelo k úniku média), test rozměrů a kvality, následně je označen štítky a připraven k přepravě.

Mezi procesy jako je krimpování, pájení a svařování jsou využívány pomocné součástky a vedlejší materiály - z důvodu přemístění podsestav mezi jednotlivými výrobními stroji (soudržnost součástek) a možnosti šetrné robotické manipulace. Tím jsou konkrétněji myšleny tzv. svařovací tyče a vázací drát. Oba tyto pomocné materiály slouží pro zpevnění sestaveného jádra kondenzátoru. K bokům jádra jsou

ve stroji přiloženy svařovací tyče, které jsou k jádru dočasně přivázány. Takováto sestava putuje do svařovacího stroje, kde jsou součástky přivařeny nastálo, není tedy dále zapotřebí drátu a tyčí. Vázací drát je po procesu svařování odstříhnut, vyhozen do speciálního kontejneru a následně recyklován externí firmou – jedná se tak o kovový odpad a je takto v analýze zohledněn. Zmiňované svařovací tyče slouží pro možnost šetrného uchopení sestavy robotem při svařování tak, aby nebyly poničeny okraje jádra – tyče jsou využívány opakovaně, nedochází k jejich opotřebením v průběhu času – k jejich likvidaci dochází pouze v případě náhlého mechanického poškození. To se dle operátora výroby v podstatě nestává a tento vstupní materiál v analýze není brán v potaz vůbec. Do analýzy mimo jiné z důvodu malých dopadů na jednotku, nebyly brány ani papírové štítky s označením vyrobeného kusu nalepované v konečné fázi procesu.

3.2.1 Výrobní procesy

Z důvodu utajení důvěrných dat a z důvodu anonymizace není možné doslovně popsat procesy výroby kondenzátoru. Informace o procesech byly získány na základě praktické ukázky s komentářem od zodpovědné osoby dohlížející nad danou částí výroby a z Flow Chart diagramu (zjednodušený Flow Chart zobrazuje Obrázek 15). Ve Flow Chart diagramu jsou uvedeny pouze hlavní procesy, které se pojí s činnostmi výrobních strojů, nikoliv jednotlivé detailní aktivity.

Výroba probíhá v klasickém přístupu výrobních závodů – kombinace strojové automatizace a lidské práce na výrobních linkách.

V průběhu výroby jsou jednotlivé součástky spojovány krimpováním (zjednodušeně pouhé ohnutí materiálu dle tvaru spojované součástky; povětšinou dočasné), svařováním a pájením (přidávání spojovacího materiálu při vysokých teplotách) – konkrétně u tohoto modelu není pro spoje využíváno šroubků a matic.

Hlavními procesy jsou:

- tvarování trubek ze surového materiálu v podobě mohutné cívky;
- sestavení jádra, jinými slovy složení hlavní části kondenzátoru – veškerých trubek společně s vnějšími plíšky a zasazením do rámu;

- navíjení drátu – stroj sestavené jádro sváže svazovacím drátem;
- krimpování a svařování jádra – dochází k pevnému spojení součástí jádra, nejprve pomocí krimpování, které napomáhá k následnému svaření;
- implementace vysoušeče, filtru a plastového šroubu do modulátoru;
- krimpování víček – dochází ke krimpování celkem 4 víček na modulátorové a konektorové straně (po 2 kusech na každé);
- pájení – víčka jsou připájena;
- testování a kontroly,
- vložení zátek do konektorů,
- balení hotového výrobku a
- následná přeprava kondenzátoru k odběrateli.

4 Life Cycle Assessment vybraného produktu

Na základě zvoleného produktu, požadavků a rozsahu diplomové práce byla LCA analýza provedena v rozsahu „od kolébky k bráně“. Analyzovat environmentální dopady v následujících fázích životního cyklu vybraného produktu by bylo velmi obtížné a časově náročné. Pro fázi výroby byla vybranou společností poskytnuta primární data, údaje o výrobě dodávaných vstupů vycházejí z databázových záznamů.

4.1 Stanovení cíle a rozsahu

V následujících podkapitolách je definován cíl a rozsah analýzy, funkce produktu a funkční jednotka. Dochází k definování produktového systému a k určení jeho hranic.

4.1.1 Stanovení cíle

Cílem vypracování této studie je přehled o environmentálních dopadech vyráběného produktu. Pro výrobu zkoumané společnosti bude vycházeno z primárních dat, počítá se však se zkoumáním dopadů předcházejících fází na základě získatelných dat a odhadů. Přehled může sloužit pro následné úpravy výrobních procesů či využívaných vstupů a metod tak, aby došlo k snížení dopadů. Na základě přehledu bude možné určit procesy a faktory vytvářející největší environmentální dopady. Společnost na základě získaných dat může vycházet při plánování výroby nových generací výrobků, zjištění mohou být využita i pro další výrobu společnosti vycházejících z obdobných materiálových a energetických toků.

Aplikován byl přístup atribuční, studie se tedy zabývá především popisem pohybu fyzických environmentálně relevantních toků do a z životního cyklu. Pro konsekvenční přístup k LCA je zapotřebí více informací a znalostí. Jedná se o rozhodování na mikroúrovni – bývá doporučován přístup atribuční.

4.1.2 Funkce a funkční jednotka

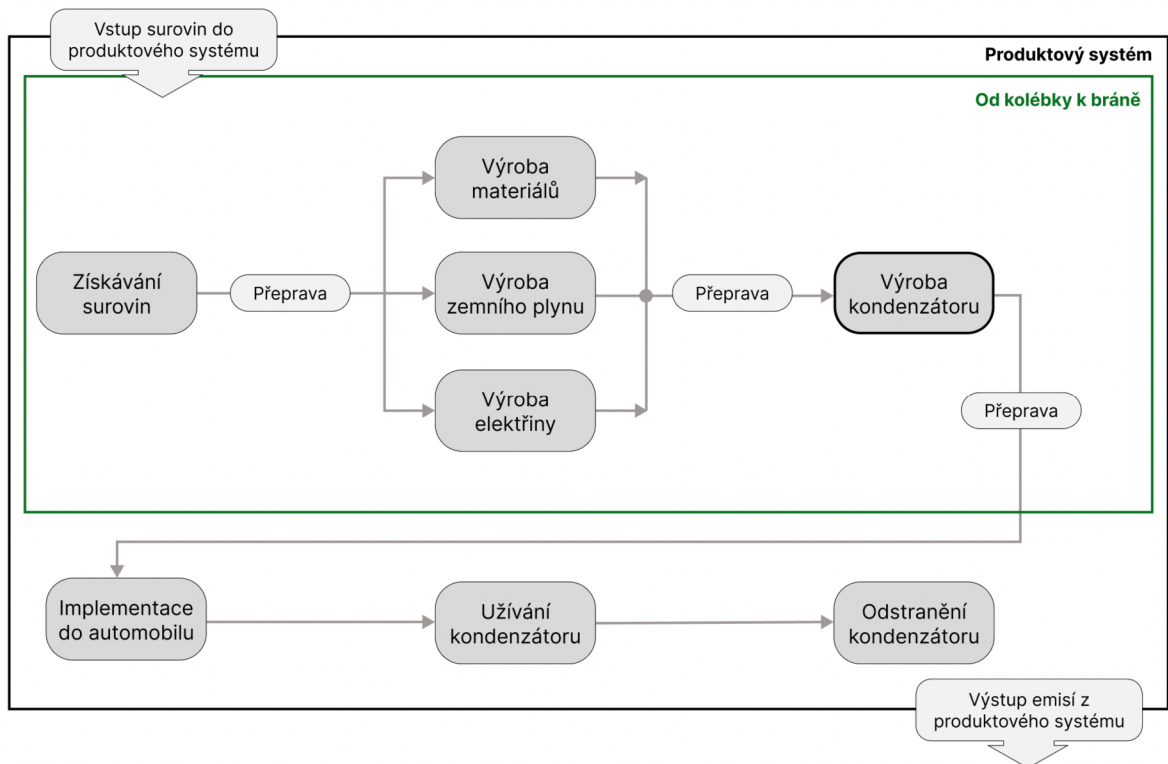
Kondenzátor je komponentem nadřazeného produktového systému – klimatizační jednotky (implementované ve finálním produktu – osobním automobilu). Funkcí produktu je tak dle nadřazeného produktu zajištění výměny teplého vzduchu uvnitř kabiny automobilu vzduchem chladnějším. (Moderní klimatizační jednotky, nazývané také HVAC – zkratka pro Heating, Ventilation, Air Conditioning; nemají za účel pouze ochlazení vzduchu, starají se i o opačný proces; funkce byla stanovena dle sledovaného kondenzátoru). Funkční jednotkou je zajištění výměny teplého vzduchu za chladný uvnitř kabiny jednoho osobního automobilu (s životností kolem 15 let).

4.1.3 Produktový systém

Produktový systém kondenzátoru zahrnuje fázi získávání surovin; výrobu materiálu, zemního plynu, elektrické energie; samotnou výrobu kondenzátoru, implementaci kondenzátoru do klimatizační jednotky osobního automobilu, užívání kondenzátoru v rámci životního cyklu osobního automobilu a v závěrečné fázi jeho likvidaci či recyklaci.

4.1.4 Hranice systému

Ačkoliv produktový systém obsahuje veškeré vyjmenované fáze, pro studii byly vymezeny hranice, do jejichž záběru spadají pouze fáze získávání surovin; výroby materiálu, zemního plynu, elektrické energie a fáze výroby kondenzátoru („od kolébky k bráně“) společně s dopravou výstupů mezi těmito fázemi (Obrázek 14). Stěžejní je fáze výroby kondenzátoru, kde bylo zjišťováno co nejvíce možný primárních dat, které byla společnost ochotna poskytnout. Například hodnoty emisních látek vypouštěných do prostředí společnost sleduje pouze do ovzduší dle zákona. Měření elektřiny je také mírně problémovější, tím je myšlen pouze postup přiřazení spotřeby dle jednotlivých procesů. Největší podíl spotřeby se uskutečňuje v pájecí peci. Společnost využívá přesné měřáky pouze u tohoto zařízení, zbytek je dopočítáván z tzv. Basic Unit (BU).

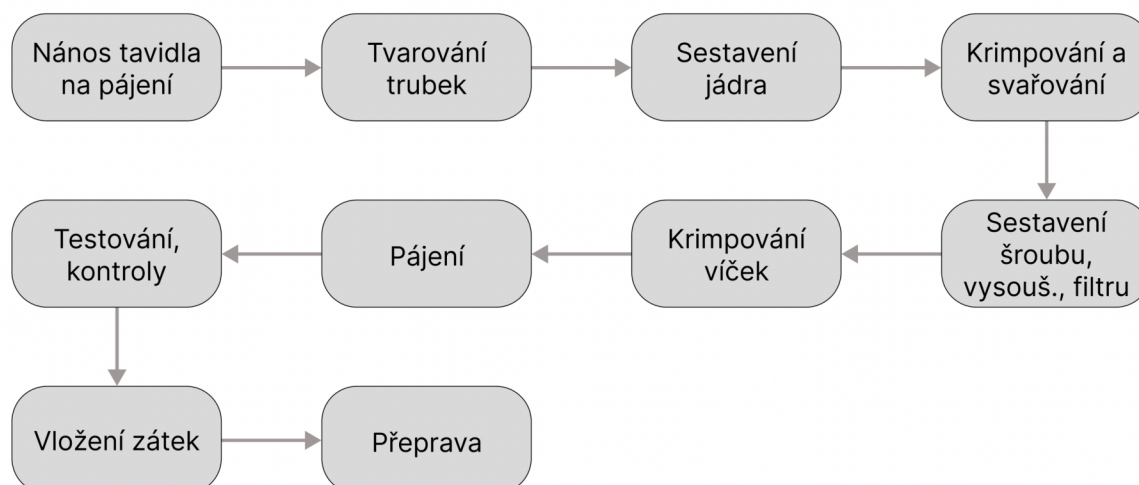


Obrázek 14: Produktový systém vybraného produktu
Zdroj: vlastní zpracování na základě interních zdrojů

4.2 Inventarizační analýza

Hlavním zaměřením inventarizace je samotná fáze výroby produktu, ke které byla na základě osobních konzultací získávána primární data.

Prvotním krokem bylo získání interních dokumentů – flow chartu, znázorňujícího výrobní postup vybraného reprezentativního kondenzátoru (Obrázek 15) a BOM (kusovníku), seznamu vstupujících materiálových toků, nakupovaných součástek a pomocných materiálů (látek).



Obrázek 15: Zjednodušený Flow Chart výroby kondenzátoru

Zdroj: vlastní zpracování na základě interních zdrojů

Údaje o surových materiálech představují využitelné údaje zachycující úbytek nerostných surovin. Pro získání informací ohledně energetických vstupů (elektřina a zemní plyn), využívaných plynných látkách (helium) a vodních zdrojů musely být provedeny další kroky. Energetické toky musely být alokovány, neboť společnost nevede přehledy spotřeby daných toků na jednotlivé modely výrobků, stejně tomu tak bylo u údajů ohledně emisí a odpadů. Environmentální dopady dopravy mezi jednotlivými výrobními fázemi byly řešeny na základě informací z přijatých a vystavených faktur společně s dodatečnými daty zajištěnými oddělením logistiky.

4.2.1 Plánování a sběr dat

Sběr dat představuje v časovém zastoupení provedení LCA analýzy nejdelší část. Není možné zkoumat veškeré části procesu výroby dopodrobna – z toho důvodu jsou v následující tabulce č. 5 zaneseny kategorie údajů, které je potřebné získat a je jim přiřazena potřebná specifičnost i zdroje a způsoby získání.

Tabulka 5: Plán sběru dat

Proces / individuální vstup	Specifičnost			Typ údaje	Zdroj	Způsob získání
	Vysoká	Střední	Nízká			
Materiálové vstupy	X			kg/kus	Management výroby: kusovník; Flow Chart	Osobní požadavek; ukázka výroby
Vstupy plynných substancí	X			kg/kus	Oddělení správy budov	Osobní požadavek
Energetické vstupy	X			kWh/kus	Oddělení správy budov	Osobní požadavek
Emisní výstupy	X			kg/rok	Oddělení EMS	Osobní požadavek
Doprava k odběrateli	X			tkm/kus	Oddělení logistiky	Osobní požadavek
Doprava od dodavatelů		X		tkm/kus	Oddělení logistiky	Osobní požadavek
Fáze zpracování dodávaných materiálů, součástek		X		procesy	LCA databáze, oddělení kvality	Požadavek (hmotnost + materiál), databáze
Fáze získávání surovin z přírody			X	procesy	LCA databáze	Vyhledání v databázi

Zdroj: vlastní zpracování na základě šablony

Programem pro zpracování získaných dat ohledně výroby byl zvolen software dostupný jako webová aplikace s názvem Mobius od nizozemské společnosti Ecochain Technologies B.V. Mezi důvody této volby patří intuitivní, přehledné uživatelské rozhraní, dostupnost na využívaném operačním systému a především nabídka bezplatné verze společně s přístupem do velmi rozsáhlé databáze „Ecoinvent v3.8, Cut-off“ (cut-off = kritérium, kdy jsou ze studie v opodstatněných případech vyloučeny toky, jejichž hmotnostní součet nepřesahuje 1 % podíl veškerých vstupů či výstupů) (Kočí 2013).

Software nabízí možnost exportování získaných dat do formátu .csv (formát pro tabulkové procesory). Tato možnost byla v závislosti na omezeních bezplatné zkušební verze softwaru a 14 denního časového omezení využita. Získaná data byla průběžně ukládána v této podobě a následně v Excelu i zpracována a vyhodnocena.

4.2.2 Energetické toky

Informace ohledně energetických toků – elektrické energie a využití zemního plynu, byly získány od specializovaného oddělení správy budov, které zodpovídá za sledování spotřeby těchto toků (mimo jiné analyzují i spotřebu plynných látek). Společnost spotřebu elektřiny při výrobě kondenzátoru sleduje pouze na strojích o vysoké spotřebě – pájecí zařízení. Proces pájení představuje většinový podíl spotřeby

elektřiny při výrobě. Spotřeba elektřiny na zbylých strojích není měřena přímými měřáky, přímé měření pro interní potřeby není nikterak nutné, spotřeba je ovšem dostupná z interních propočtů – tzv. basic unit spotřeby na jeden kus výrobku (2,58 kWh pro rok 2022).

Elektřina

Celková spotřeba elektřiny uvedená v tabulce č. 6 je tedy přesná. Pro účely rozdělení spotřeby na jednotlivé procesy pro LCA analýzu byl po přiřazení jednotlivých výrobních strojů k procesům proveden pracovníky oddělení odborný odhad, který stanovil podíl spotřeby na zbylých strojích příslušících k procesům. Do analýzy je zahrnuta i spotřeba elektrické energie kompresorů vyrábějících stlačený vzduch (potřebný ve výrobě), lisovacích, vystřihovacích a CNC strojů a rozpuštění režijní spotřeby energie.

Program Mobius operace pro výrobu elektrické energie uchovává v měrné jednotce MJ. K následnému zadání získaných dat o spotřebě elektrické energie v jednotce [kWh] bylo zapotřebí provést jednotkový přepočít v poměru:

$$1 kWh = 3,6 MJ \quad (1)$$

Pro nejvýznamnější spotřebu elektrické energie v procesu „pájení“ ku příkladu platí následující přepočít:

$$\text{spotřeba EE (pájení)} = 1,7065 kWh * \frac{3,6 MJ}{1 kWh} = 6,1433 MJ \quad (2)$$

Stejným postupem byly přepočítány veškeré další spotřeby energie. Výsledné hodnoty jsou zaznamenány v tabulce.

Tabulka 6: Spotřeba elektrické energie a zemního plynu

Proces	Elektrická energie [kWh]	Elektrická energie [MJ]	Poměr	Zemní plyn
1. Nános tavidla na pájení	0,1456 kWh	0,5241 MJ	6 %	-
2. Tvarování trubek	0,1773 kWh	0,6381 MJ	7 %	-
3. Sestavení jádra	0,2618 kWh	0,9425 MJ	10 %	-
4. Krimpování a svařování	0,0924 kWh	0,3324 MJ	4 %	-
5. Sestavení šroubu, vysoušeče, filtru	0,0348 kWh	0,1253 MJ	1 %	-
6. Krimpování víček	0,0399 kWh	0,1435 MJ	2 %	-
7. Pájení	1,7065 kWh	6,1433 MJ	66 %	3,650748 kWh
8. Testování, kontroly	0,0986 kWh	0,3548 MJ	4 %	-
9. Vložení zátek	0,0232 kWh	0,0835 MJ	1 %	-
Celkem	2,5800 kWh	9,288 MJ	100 %	3,650748 kWh

Zdroj: vlastní zpracování dle poskytnutých interních dat

Jelikož společnost odebírá elektrickou energii ze sítě, byla pro sledování environmentálních dopadů výroby elektřiny v programu Mobius sestavena speciální operace „Výroba elektrické energie v ČR 2022“ - energetický mix sestavený na základě dat výroby elektřiny podle technologií a paliv ČR v roce 2022. Tento přehled každé čtvrtletí zveřejňuje Energetický regulační úřad na svém portálu. Data za jednotlivá čtvrtletí byla sečtena a vycházelo se z ročního období.

Celkově bylo na území ČR v roce 2022 vyrobeno 84,5 TWh elektrické energie, přičemž 48,6 % celkové produkce bylo vyrobeno v parních elektrárnách (převážně hnědé uhlí, černé uhlí a biomasa). Na druhém místě se nachází elektrárny jaderné, jejichž poměrná část výroby představuje 36,7 %. Zbylé způsoby výroby elektrické energie – výroba ze zemního plynu a ostatních plynů, vodní elektrárny, přečerpávací vodní elektrárny, elektrárny fotovoltaické a větrné individuálně nepřesahují 10 % poměrnou hranici výroby (ERU 2023).

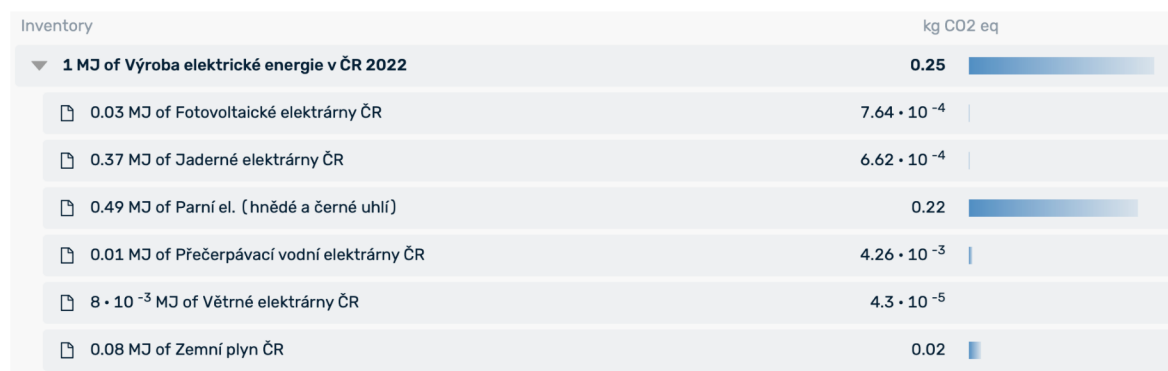
Vytvořená operace v programu má představovat energetický mix výroby 1 MJ elektrické energie, individuální operace tak byly do vytvářené vkládány v poměru, který odpovídá procentuálnímu poměru výroby elektrické energie ČR. Individuální zápisy jako například „*electricity production, nuclear, pressure water reactor*“ nebo „*electricity production, natural gas, conventional power plant*“ byly převzaty z databáze Ecoinvent v 3.8 a zahrnují operace od produkce elektrické energie, přes přenos a distribuci až po spotřebu odběratelem. Zastoupení zdrojů výroby elektřiny a poměry uvádí Tabulka 7.

Tabulka 7: Přepočítání MJ elektrické energie dle soustavy výroby elektřiny v ČR

Zdroj	Množství [GWh]	Procentuální podíl [%]	Přepočítání na MJ (1 MJ = 100 %)
Parní (hnědé a černé uhlí)	41 049,3	48,6 %	0,486
Jaderné	31 021,8	36,7 %	0,367
Zemní plyn a ostatní plyny	6 436,8	7,6 %	0,076
Vodní elektrárny	2 090,2	2,5 %	0,025
Přečerpávací vodní	989,7	1,2%	0,012
Fotovoltaické	2 280,3	2,7 %	0,027
Větrné	641,3	0,8 %	0,008
Celkem	84 509,5	100 %	1,0

Zdroj: vlastní zpracování na základě dat z ERU 2023

Finální podoba vytvořené operace je zachycena na obrázku č. 16. Z obrázku je možné vyčíst, že je při výrobě 1 MJ elektrické energie v ČR průměrně vyprodukováno 0,25 kg CO₂-ekvivalentu (jednotka pro midpointovou kategorii globálního oteplování). V přepočtu na 1 kWh by hodnota CO₂-ekvivalentu činila 0,0667 kg.



Obrázek 16: Vytvořená operace - Výroba 1 MJ elektrické energie v ČR 2022

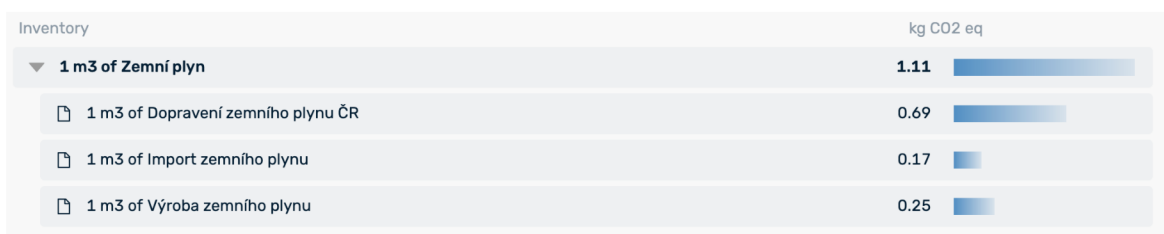
Zdroj: vlastní vytvoření operace v programu Mobius

Zemní plyn

Spotřeba zemního plynu, jak je možné vidět již v tabulce č. 6, se uskutečňuje pouze v rámci procesu tvrdého pájení v pájecí peci. Zkoumanou společností byly údaje o zemním plynu poskytnuty v jednotkách kWh a její spotřeba na 1 kus výroby kondenzátoru představuje 3,65 kWh. Dle obecného převodového poměru se 1 m³ = 10,55 kWh, v tomto případě se tedy spotřebuje 0,346 m³ zemního plynu. Převod 1 kWh na MJ, sjednocení měrných jednotek elektrické energie a spotřeby zemního plynu zachycuje vzorec č. 3.

$$\text{spotřeba ZP (pájení)} = 3,65 \text{ kWh} * \frac{3,6 \text{ MJ}}{1 \text{ kWh}} = 13,14 \text{ MJ} \quad (3)$$

Pro vytvoření operace „Spotřeba zemního plynu“ bylo využito databázových zázpisů pro výrobu zemního plynu, jeho import do České republiky, přepravu na území ČR pomocí potrubí. Emise vznikající při samotném procesu pájení vychází z primárních dat (viz. Tabulka 11).



Obrázek 17: Vytvořená operace - Zemní plyn

Zdroj: vlastní vytvoření operace v programu Mobius

4.2.3 Vstupní materiál, díly a plynné složky

Z přehledů kusovníku, interního přehledu plynných látek a interní analýzy spotřeby pomocných materiálů (tavidla na pájení, vázací drát apod. – materiály využívané naskrz výrobou, nejen pro výrobu kondenzátorů), byly získány údaje o vstupních materiálech, plynných látkách a nakupovaných dílech.

Kusovník zaznamenává celkem 34 položek. Bylo již zmíněno, že na 1 kus kondenzátoru je celkem potřeba 1,369 kilogramů hliníkového materiálu, materiál je dodáván jedním dodavatelem. Společností je materiál přebírán již jako meziproduct v určitém tvaru a v určitých rozměrech, společnost některé materiály dále zpracovává v lisovacích strojích (spotřeba energie a množství kovošrotu jsou započítány). Surový materiál představuje 9 položek v kusovníku, 16 dalších položek představují nakupované díly a 9 vstupů pomocné materiály. Při výrobě kondenzátorů společnost spotřebovává také plynné látky: argon, helium a dusík (nejsou zahrnuty v položkách kusovníku).

Pro potřeby LCA analýzy byly vstupy přiřazeny k jednotlivým procesům podle Flow Chart diagramu a přehled zaznamenává Tabulka 8 (legenda pro sloupec „Typ“: PM – pomocný materiál, SM – surový materiál, ND – nakupovaný díl, S – plynná substance).

Tabulka 8: Materiálové, substanční vstupy dle procesů

Proces	Vstupy	Materiál	Typ	Množství hmotnost	Hm. ND
1. Nános tavidla na pájení	Pájecí pasta	-	PM	0,003 kg	-
	Tavidlo na pájení	-	PM	0,005 kg	-
	Argon	-	PM	0,0641 kg	-
2. Tvarování trubek	Materiál trubky A	Hliník	SM	0,24 kg	-
	Tavidlo na pájení	Hliník	PM	0,038 kg	-
3. Sestavení jádra	Materiál trubky B	Hliník	SM	0,48 kg	-
	Vnější materiál trubky	Hliník	SM	0,366 kg	-
	Rám horní	Hliník	SM	0,058 kg	-
	Tavidlo na pájení	-	PM	0,002 kg	-
	Rám boční	Hliník	SM	0,1 kg	-
	Tavidlo na pájení	-	PM	0,002 kg	-
	Ocelový drát	Ocel	PM	0,2367 kg	-
4. Krimpování a svařování	Rám	Hliník	SM	0,05 kg	-
	Tavidlo na pájení	-	PM	0,001 kg	-
	Separátor	Hliník	ND	1 ks	0,8 g
	Svařovací drát	Hliník	PM	0,002 kg	-
	Konektor 1	Hliník	ND	1 ks	39,8 g
	Konektor 2	Hliník	ND	1 ks	32,4 g
	Držák 1	Hliník	ND	1 ks	19,6 g
	Držák 2	Hliník	ND	1 ks	18,5 g
	Modulátor	Hliník	ND	1 ks	161,7 g
	Víčko modulátoru	Hliník	SM	0,013 kg	-
	Rám	Hliník	SM	0,05 kg	-
	Tavidlo na pájení	-	PM	0,001 kg	-
	Separátor	Hliník	ND	1 ks	0,8 g
	Držák 3	Hliník	ND	2 ks	11,9 g
	Svařovací drát	Hliník	PM	0,002 kg	-
	Argon	-	PM	0,016015 kg	-
Demineralizovaná voda	-	PM	0,0005950 litru	-	
5. Sestavení šroubu, vysoušeče, filtru	Vysoušeč	-	ND	1 ks	46 g
	Filtr	-	ND	1 ks	3 g
	Hlavní část - šroub	Plast	ND	1 ks	11,7 g
	Kroužek 1 - šroub	Plast	ND	1 ks	0,533 g
	Kroužek 2 - šroub	Plast	ND	1 ks	0,469 g
	Hlavička - šroub	Plast	ND	1 ks	11,7 g
6. Krimpování víček	Víčka sestavy	Hliník	SM	0,012 kg	-
7. Pájení	-	-	-	-	-
8. Testování, kontroly	Helium	-	PM	0,0259 kg	-
	Dusík	-	PM	0,14 kg	-
9. Vložení zátek	Zátka 1	Plast	ND	1 ks	1,51 g
	Zátka 2	Plast	ND	1 ks	1,16 g

Zdroj: vlastní zpracování dle poskytnutých interních dat

LCA dodávaných vstupů

Primární data ohledně výroby dodávaných součástek bohužel z jistých důvodů nebylo možné získat (neochota důvodu uchování takovýchto dat pouze interně). Pro daný seznam nakupovaných dílů by bylo obtížné shromáždit data od všech dodavatelů. Při modelování součástek v LCA analýze bylo vycházeno z hmotnostních dat a materiálového složení, které zkoumaná společnost byla schopna a ochotna poskytnout, byly také poskytnuty jisté odborné odhady. Základem dále byly dostupné záznamy z databáze.

Produkce odlitku hliníkové slitiny v potřebném rozmezí od „kolébky k bráně“ zahrnuje několik kroků: těžbu bauxitu, elektrolýzu oxidu hlinitého, produkci hliníkového materiálu a ve finále odlévání odlitku (Nunez a Jones 2016). Nebyl nalezen komplexní záznam zahrnující veškeré zmiňované procesy, z tohoto důvodu byla opět vytvořena nová operace (Obrázek 18). Vytvořená operace se skládá z následujících podoperací.

- Těžba bauxitu – záznam představuje procesy zahrnující těžbu. Výstupem jednotkového procesu je bauxit, který je připraven pro dopravení do rafinerie oxidu hlinitého.
- Produkce tekutého hliníku – databáze Ecoinvent vychází z předpokladu, že produkci odlitku hliníku vždy předchází produkce tekutého hliníku. Ecoinvent záznam pro produkci tekutého hliníku zohledňuje procesy od vykládky procesních materiálů do skladovacích prostor, přípravu a manipulaci s procesními materiály, výrobu hlavních procesních zařízení a infrastruktury, činnosti související s řízením procesu (kov, lázeň, teplo). Výstupem jednotkového procesu je horký kov připravený k přepravě do zařízení na odlévání ingotů. Tento záznam zahrnuje samotnou elektrolýzu oxidu hlinitého.
- Produkce slitiny hliníku – environmentální data počínaje převzetím roztaveného hliníku vyrobeného elektrolytický procesem, do hliníku se přidávají legující prvky pro zvýšení pevnosti, odolnosti proti korozi a dalších vlastností. Hliník je odléván dle potřeby do konkrétních rozměrů, váží se, svazuje, páskuje a připravuje k přepravě. Výstupem jednotkového procesu jsou balené hliníkové ingoty.

Veškeré operace byly převzaty z jedné databáze, aby došlo k pokrytí veškerých procesů a naopak, aby nebyly některé procesy zahrnuty několikrát. Pokud je porovnána výsledná hodnota v dopadové kategorii GWP (13,7 kg CO₂-ekv.) s dalšími průzkumy, vychází v souladu s průzkumy. V průzkumu zahrnujícím 29 zemí je rozmezí CO₂-ekv. na 1 kilogram primárního hliníku mezi 7 až 25 kg, průměrně 18,4 kilogramu. Záleží na oblasti produkce (Paraskevas et al. 2016).

Inventory	kg CO2 eq
▼ 1 Unit of Hliník	13.7
📄 1 kg of Produkce kapalného hliníku	6.68
📄 1 kg of Produkce odlitku hliníku	7
📄 1 kg of Těžba bauxitu	0.01

Obrázek 18: Vytvořená operace - Produkce hliníkového odlitku (1 kg)

Zdroj: vlastní vytvoření operace v programu Mobius

Databáze nenabízí komplexní záznam představující produkci hliníkových součástek obdobných těm, které jsou využívány při výrobě sledovaného kondenzátoru. Vyskytuje se zde však nabídka jednotlivých procesů úpravy materiálu, které jsou při výrobě využity. Tento postup je oficiálně doporučovaný na webovém portálu Ecoinvent v případě, pokud není možné vycházet z dat primárních (Ecoinvent 2023). Jedná se tak například o záznamy typu „*sheet rolling, aluminium*“, „*section bar extrusion, aluminium*“, „*aluminium turning, average, conventional*“ nebo „*aluminium drilling*“. Tyto soubory dat zahrnují přímou spotřebu elektrické energie stroje, je započítán například i vzniklý kovošrot; v úvahu jsou brány i další faktory výroby a vždy je předpokládáno, že je odebraný materiál recyklován a součástí jsou i průměrné dopady dopravy vstupního materiálu. Údaje o výrobě dodávaných dílů jsou obecné. Více se výsledky blíží realitě u dodávaného hliníkového materiálu (vedeného jako surový materiál), neboť je dodáván jako jakýsi meziprodukt, který je v rámci procesů sledované společnosti ještě upraven (CNC, strojové lisování). Nakupované díly bývají poněkud složitějšího tvaru a opracování materiálu je prováděno do větších detailů. Nakupované díly „filtr“ a „vysoušeč“ byly z analýzy vypuštěny.

Pro další položky ze seznamu BOM, které jsou složeny z plastového materiálu, byla taktéž vytvořena vlastní operace (Obrázek 19), neboť nebyl nalezen komplexní záznam vhodný pro použití. Pro výrobu plastového materiálu – polyethylenu (v tomto případě PE-HD, High Density Polyethylene) je zapotřebí výroba chemické látky propylen (monomer), jež je vstupní látkou pro výrobu granulátu prostřednictvím polymerizace. Granulát je dle potřeb dále tvarován a opracován (Sharpe 2015). Proces výroby plastového materiálu je v programu zachycen v následujících krocích.

- Produkce ethylenu – tento záznam byl převzat z databáze ELCD 3.2 GreenDelta V2.18 (Evropská platforma LCA). Soubor pokrývá všechna relevantní data výroby, výstupem je ethylene – jakožto meziprodukt pro výrobu dalších chemických látek.
- Produkce PE-HD granulátu – záznam opět vychází z databáze ELCD, data o polymerizaci a meziproduktech byla shromážděna od několika výrobců v Evropě a zprůměrována.
- Formování – tento proces zastupuje záznam z databáze Ecoinvent, představuje proces formování 1 kg plastového materiálu.

Inventory	kg CO2 eq
▼ 1 Unit of Produkce plastu	4.39
▢ 1 kg of Formování plastu	0.92
▢ 1 kg of Produkce ethylenu	1.42
▢ 1 kg of Produkce PE-HD granulátu	2.05

Obrázek 19: Vytvořená operace – Produkce PE-HD (1 kg)

Zdroj: vlastní vytvoření operace v programu Mobius

4.2.4 Doprava

Environmentální dopady vytvářené přepravou mezi jednotlivými fázemi životního cyklu výrobku (dle rozsahu a cíle této studie: z místa těžby nerostných surovin na místo jejich zpracování na použitelný materiál, z místa zpracování materiálu na místo výroby kondenzátoru a z výrobního podniku k odběrateli) taktéž nesmí být opomíjeny, neboť nemusí být zanedbatelné.

Data byla získána z fakturových dokladů a konzultací s oddělením logistiky. Na základě adresy dodavatele či odběratele byla určena vzdálenost potřebná pro přepravu, bylo zapotřebí určit prostředek přepravy, celkovou přepravovanou hmotnost a počet kusů výrobků či dodávaných součástí a materiálu. Do výsledných údajů byl započten i dopad zpětné cesty nenaloženého dopravního prostředku.

Doprava k odběrateli

Hotový kondenzátor je po finalizaci vložen do přepravních obalů, naložen do nákladních vozidel a odvezen odběratelům. Celkem zkoumaný model kondenzátoru

objednává 6 mezinárodních odběratelů. Ke každému odběrateli byla poskytnuta data o potřebné vzdálenosti pro přepravu k odběrateli, maximálním počtu palet, které je možné v daném vozidle využít (data posloužila pro zvolení faktoru velikosti dopravního prostředku v databázi). Poskytnuta byla také data materiálu a hmotnosti přepravního obalu. Hmotnost přepravního obalu a relativní hmotnost palety na jeden kondenzátor (hmotnost palety 25 kg) byly připočteny k hmotnosti kondenzátoru (1,67 kg) pro procentuální přiřazení dopadů přepravy na kondenzátor. Veškeré obalové materiály jsou opakovaně používány, v analýze tak nebyly brány v potaz jako odpad.

Data o počtu objednávek a počtu objednaných kondenzátorů na objednávku posloužila pro stanovení váhy důležitosti (procentuální ukazatel významu dopadů dodávky) daného odběratele a přepravy – cílem je kalkulace dopadů na 1 kus kondenzátoru a zkoumány jsou přepravy k 6 různým odběratelům. Jinými slovy jde o snahu přiřadit větší váhu environmentálních dopadů frekventovanějším dopravním cestám.

Je běžnou praxí, že je v dopravním vozidle přepravováno i jiné zboží než-li zrovna sledovaný model. Společnost povětšinou zvládne kapacit nákladního vozidla využít naplno. Dalším předpokladem je (nebylo ověřováno u všech vozidel), že společnost využívá vozidla splňující evropské emisní standardy EURO5.

Tabulka 9: Doprava kondenzátoru k odběrateli

Odběratel	Vzdálenost [km]	Počet kusů na objednávku	Max počet palet na vozidlo	Hmotnost obalu na kondenzátor [kg]	Materiál obalu	Důležitost	Hodnota [tkm]
1	1 953	1 248	52	0,79	Plast	0,446	5,68811
2	456	588	52	2,30	Kov	0,210	1,96008
3	351	252	52	2,30	Kov	0,090	1,50874
4	1 839	320	52	0,79	Plast	0,114	5,35609
5	456	348	52	0,71	Karton	0,124	1,52760
6	643	42	52	2,30	Kov	0,015	2,76388
Celkem	2798	-	-	-	-	100	-

Zdroj: vlastní zpracování na základě poskytnutých dat

Při zadávání zázpisu do programu bylo využito záznamu „*market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5*“ platného pro Evropské území. Data v tomto záznamu byla vyměřena na základě průměrné hmotnosti celého nákladu 5,79 tuny (hodnota přibližně odpovídající hmotnosti přepravovaných nákladů společnosti) a do dopadů zahrnuje taktéž zpětnou cestu vozidla. Vstupní jednotkou záznamu je „tkm“ (hmotnost nákladu [t] * vzdálenost [km]). Pro odběratele 1 například nebyl brán údaj 11 659 tkm (přenosobení celé hmotnosti), nýbrž 4,67 tkm (přenosobení hmotnosti 1

kusu kondenzátoru + přepočtené hmotnosti obalu připadajícího na jeden kus kondenzátoru se vzdáleností). Je tak činěno z důvodu sledování poměrných environmentálních dopadů přepravy na jeden kus produktu. Vážený průměrem daných veličin byla získána hodnota 3,929 tkm, jež byla vložena do programu.

Přeprava odebíraných položek

Pro sledování environmentálních dopadů dopravy hlavních i pomocných materiálů a nakupovaných dílů a součástek byl postup obdobný. Rozlišnost spočívá pouze ve skutečnosti, že od některých dodavatelů zkoumaná společnost odebírá více než jednu položku (například dodavatel surového materiálu dodává hliníkové základy v 9 obměnách).

Tabulka 10: Doprava veškerých dodávaných materiálů a dílů

Položka	Vzdálenost [km]	Počet kusů položky	Spotřebovaná hmotnost [kg]	Celkem: položka + obal + paleta [tun]	Materiál obalu	Hodnota [tkm]
1	534	1	0,003	0,0000035	Sud - ocelový	0,0019
2	534	1	0,005	0,0000058	Sud - ocelový	0,0031
3	120	1	0,480	0,0005197	Kovová klec	0,0624
4	120	1	0,240	0,0002598	Kovová klec	0,0312
5	534	1	0,038	0,0000440	Sud - ocelový	0,0235
6	120	1	0,366	0,0003963	Kovová klec	0,0476
7	120	1	0,058	0,0000649	Kovová klec	0,0078
8	120	1	0,100	0,0001119	Kovová klec	0,0134
9	120	1	0,024	0,0000281	Karton	0,0034
10	5	1	0,002	0,0000027	Karton	0,0000
11	326	1	0,040	0,0000471	KLT přepravky	0,0153
12	326	1	0,032	0,0000384	KLT přepravky	0,0125
13	309	1	0,020	0,0000221	Karton	0,0068
14	309	1	0,019	0,0000209	Karton	0,0065
15	77	1	0,162	0,0002459	Dřevěná krabice	0,0189
16	120	1	0,013	0,0000145	Kovová klec	0,0017
17	120	1	0,050	0,0000559	Kovová klec	0,0067
18	107	4	0,004	0,0000187	Sud - ocelový	0,0020
19	25 000	2	0,001	0,0000118	KB Box	0,2993
20	363	2	0,012	0,0000278	Karton	0,0101
21	120	1	0,012	0,0000134	Kovová klec	0,0016
22	1061	1	0,012	0,0000177	Karton	0,0187
23	626	1	0,001	0,0000031	Karton	0,0019
24	626	1	0,000	0,0000030	Karton	0,0019
25	6	1	0,012	0,0000177	Karton	0,0001
26	549	1	0,046	0,0000591	KLT přepravky	0,0325
27	1067	1	0,003	0,0000041	Karton	0,0043
28	12	1	0,001	0,0000018	Karton	0,0000
29	12	1	0,001	0,0000014	Karton	0,0000
Celkem	-	-	1,780	0,0020610	-	0,6352

Zdroj: vlastní zpracování na základě poskytnutých dat

Tabulka 10 prezentuje přehled získaných dat. Uvedeno je všech 34 položek kusovníku dodávaných celkem 16 dodavateli. Ve výpočtech opět figurují poměrné hmotnosti palety a stejně nadefinované vozidlo jako u předchozího výpočtu. Do programu byla zanesena hodnota 0,635 tkm, vycházející z údajů v tabulce. Vyskytuje se zde výjimka částečné dopravy lodní dopravou, jež byla do programu zanesena speciálním záznamem. Z dopravovaných položek v podniku vzniká odpad v podobě plastových a kartonových obalů.

Doprava k dodavateli

U dopravy nerostných surovin a jiných položek k dodavateli zkoumané společnosti (dodavatel dodavatele zkoumané společnosti) nebyla stanovena potřeba vysoké přesnosti, hodnoty byly buď již zahrnuty v dopadech databázového záznamu či určeny odhadem na základě postupu popisovaného v horní části kapitoly.

4.2.5 Emise, výstupy

Emise znečišťujících plynných látek jako jsou CO₂, NO_x, F společnost sleduje napříč výrobou celé výrobní linky kondenzátorů za období jednoho roku. Emisní údaje byly vyděleny celkovým množstvím vyrobených kondenzátorů za dané období. Výsledné emise v přepočtu na kus zachycuje Tabulka 11.

Sledování odpadu v podobě kovového materiálu je blíže rozepsáno v další části.

Tabulka 11: Výstupy z výroby (emise, odpady)

Proces	Emise, odpady	Hmotnost	Přepočet
1. Nános tavidla na pájení	Znečištěný suchý flux	0,034000 kg	-
	Kyselina fluorovodíková	0,0001488 kg	-
2. Tvarování trubek	Kovový odpad	0,0195670 kg	-
3. Sestavení jádra	Papírové obaly	0,0022300 kg	-
	Odpadní olej	0,0024296 litru	-
	Kovový odpad	0,0818552 kg	-
4. Krimpování a svařování	Papírové obaly	0,0033200 kg	-
	Voda	0,0005950 litru	0,0000005950 m ³
	Plastové obaly	0,0000496 kg	-
	Kovový odpad	0,0324893 kg	-
	CO ₂	0,0000232 kg	0,0000232 CO ₂ kg ekv.
	NO _x	0,0000123 kg	0,0000123 NO _x kg ekv.
5. Sestavení šroubu	Papírové obaly	0,0017400 kg	-
6. Krimpování víček	Odpadní olej	0,0000744 kg	-
	Kovový odpad	0,0009783 kg	-

7. Pájení	CO ₂ NO _x F TZL	0,0003724 kg 0,0001854 kg 0,0000769 kg 0,0000694 kg	0,0003724 CO ₂ kg ekv. 0,0001854 NO _x kg ekv. 0,0001565 CO ₂ kg ekv. 0,0000694 kg PM _{2,5} ekv.
8. Testování, kontroly	-	-	-
9. Vložení zátek	Papírové obaly	0,0001600 kg	-

Zdroj: vlastní zpracování na základě poskytnutých dat

Nejvýznamnějším z hlediska množství vytvořených emisních látek je proces pájení, při němž jsou do atmosféry vypouštěny látky CO₂, NO_x, F, TZL (tuhé znečišťující látky či prachové částice) a F - sic v přepočtu na jeden kus kondenzátoru v malém množství v jednotkách desetitisícin či statisícin gramů plynu. Přepočet pro kategorizaci GWP byl proveden pomocí vztahu:

$$GWP_{100} [kg] = \text{skleníkový plyn} [kg] * GWP_{\text{skleníkového plynu}} \quad (4)$$

Pevné odpady

Jelikož se jedná o hromadnou výrobu a práci převážně s kovovým materiálem, samozřejmě při výrobě vzniká i kovový odpad. Kovový odpad v případě sledované společnosti představují převážně tzv. zmetky, jinými slovy poškozené či nepovedené meziprodukty a díly. Příčiny vzniku jsou četné, patří mezi ně například defekty z důvodu lidské chyby, materiál dílu neodpovídající požadované kvalitě, zničení dílu ve skladu, využití dílu pro testy a vzorky (měření, analýzy, testy, výrobní audit), poškození dílu při školení zaměstnanců či již pro některé díly není využití, neboť se ve výrobě přešlo na novou obdobu dílu (designová změna).

Údaje o vytvářených kovových odpadech byly poskytnuty na kompletní výrobní linku (v jednotkách [kg]), nikoliv individuálně na model kondenzátoru. Celkové číslo za období roku 2022 bylo vyděleno počtem vyrobených kusů připadajících na sledované období; průměrná hodnota činí 0,12 kilogramu hliníkového materiálu na kus kondenzátoru. Po přičtení průměrné hmotnosti vytvořených hliníkových pilin a třísek (CNC stroj při zpracování modulátoru, sestavení jádra a tvarování trubek) bude počítáno s hodnotou odpadu 0,135 kg. Kovový odpad byl dle procesů zohledněn alokací.

Podnik nevyužitelný kovový materiál (i plastový a papírový odpad) hromadí a pravidelně dopravuje externí společnosti, která jej recykluje na další možné užití ve výrobě. Přeprava odpadu k recyklování, ač jsou její dopady minimální, je do analýzy

zahrnuta. Samotný proces recyklace a zacházení s odpadem (kov, plast, papír, olej) je zohledněn prostřednictvím databázového záznamu.

4.3 Posuzování dopadu

V této kapitole dochází k sumarizaci získaných dat o environmentálních dopadech primární výroby zkoumaného kondenzátoru společně s předcházejícími fázemi. Pro kategorizaci program Mobius využívá metodický set „openlca_lcia_v2_0_20191024“. Konkrétně byla zvolena bezplatně dostupná metodika „ReCiPe“, která od automaticky přednastavené metodiky „CML-IA baseline“ obsahuje jak midpointovou, tak endpointovou kategorizaci. U metody je možné vybrat jednu ze tří možných perspektiv – I (Individualist), H (Hierarchist) a E (Egalitarian). Rozlišnost spočívá ve 3 faktorech – časová perspektiva, spravovatelnost (manageability) a váha prokazatelnosti. Zvolena byla hierarchistická verze metody - „ReCiPe 2016 Midpoint (H)“ společně s „ReCiPe 2016 Endpoint (H)“, které na kategorizaci pohlíží v určité rovnováze mezi krátkým a dlouhým obdobím a je považována za výchozí (PreSustainability 2016). Metoda umožňuje výsledné hodnoty normalizovat, cílem normalizace je vyjádření podílu škody zkoumaného produktového systému v celosvětovém či regionálním měřítku a možnost srovnání jednotlivých environmentálních dopadů – byly zvoleny normalizační sety „World (2010) H“ pro midpointové hodnoty a „World (2010) H/H“ pro hodnoty endpointové. Vážení, jakožto dobrovolný krok, který přiřazuje normalizovaným hodnotám váhu dle relativní důležitosti kategorie, nebylo v této studii využito.

4.3.1 Klasifikace a charakterizace (midpointové ukazatele)

Metodika umožňuje klasifikovat uživatelem vložená vstupní data do celkem 18 skupin podle midpointových kategorií dopadů. Konkrétní kategorie metodiky ReCiPe 2016 (H) rozepisuje Tabulka 12.

Tabulka 12: Midpoint kategorie ReCiPe 2016 metodiky

Kategorie dopadu	Měrná jednotka	Popis
Prachové částice	kg PM _{2,5} ekv	Indikátor znečištění ovzduší jemnými částicemi prachu o aerodynamickém průměru menším nebo rovnému 2,5 mikrometrů.
Tvorba ozonu (lidské zdraví)	kg NO _x ekv.	Změna koncentrace ozonu v prostředí po emisi oxidů dusíku – v souvislosti s expozicí člověka.
Ionizující radiace	kBq Co-60 ekv.	Poškození lidského zdraví a ekosystémů v souvislosti s emisemi radionuklidů.
Úbytek stratosférického ozonu	kg CFC11 ekv.	Indikátor emisí do ovzduší, které způsobují ničení stratosférické ozonové vrstvy.
Karcinogenní toxicita pro člověka	kg 1,4-DCB	Vliv toxických látek uvolňovaných do životního prostředí na člověka – rakovinotvorné.
Nekarcinogenní toxicita pro člověka	kg 1,4-DCB	Vliv toxických látek uvolňovaných do životního prostředí na člověka.
Globální oteplování (GWP _{100a})	kg CO ₂ ekv.	Indikátor potenciálního globálního oteplování v důsledku emisí skleníkových plynů do ovzduší.
Spotřeba vody	m ³	Indikátor spotřeby vody.
Sladkovodní ekotoxicita	kg 1,4-DCB	Vliv toxických látek vypouštěných do životního prostředí na sladkovodní organismy.
Sladkovodní eutrofizace	kg P ekv.	Indikátor obohacení sladkovodního ekosystému prvky v důsledku emisí sloučenin obsahujících dusík nebo fosforu.
Tvorba ozonu (suchozemské prostředí)	kg NO _x ekv.	Změna koncentrace ozonu v prostředí po emisi oxidů dusíku – expozice ostatních suchozemských.
Suchozemská ekotoxicita	kg 1,4-DCB	Zkoumá dopady znečišťujících látek ovlivňujících organismy závislé na půdě.
Okyselování půdy	kg SO ₂ ekv.	Indikátor potenciálního okyselování půdy a vody v důsledku uvolňování plynů, jako jsou oxidy dusíku a oxidy síry.
Využívání / transformace půdy	m ² úrody ekv.	Míra změn kvality půdy (biotická produkce, odolnost proti erozi).
Eutrofizace moří	kg N ekv.	Indikátor obohacení mořského ekosystému prvky v důsledku emisí sloučenin obsahujících dusík nebo fosforu.
Ekotoxicita pro mořské prostředí	kg 1,4-DCB	Vliv toxických látek vypouštěných do životního prostředí na mořské organismy.
Úbytek nerostných surovin	kg Cu ekv.	Indikátor vyčerpání přírodních nefosilních zdrojů.
Úbytek fosilních paliv	kg ekv. ropy	Indikátor vyčerpání přírodních zdrojů fosilních paliv.

Zdroj: vlastní zpracování (na základě systémového nastavení programu Mobius a Huijbregts et. al.)

V porovnání s tabulkou č. 4 je možné zaznamenat neshodný přístup k ekvivalenci měrných jednotek. Jednotky a přepočty na ekvivalent je rozdílný v závislosti na zvolené metodice klasifikace. Příkladně kategorie dopadu „acidifikace“ při zvolení metodiky klasifikace ReCiPe 2016 slučuje emise do ekvivalence kg SO₂, kdežto alternativní metodika uvedená v teoretické části této práce využívá ekvivalenci CTUe. Primárně z tohoto důvodu byly vypsány konkrétní kategorie a specifikace metodiky, která byla použita.

4.3.2 Hodnocení environmentálních dopadů

Datovým záznamům environmentálních dopadů byly přiřazeny identifikátory dle fáze životního cyklu v podobě „upstream“ – „core“ – „downstream“. „Upstream“ fáze zahrnuje procesy, které předcházejí sledované výrobě (produkce elektrické energie, produkce dodávaných dílů, produkce surového materiálu). „Core“ představuje samotnou výrobu. Po výrobní fáze nepřesahující stanovené hranice systému je označována jako „Downstream“ (doprava vyprodukovaného odpadu – plastový, kovový, papírový; zacházení s odpadem).

Dále je hodnocení environmentálních dopadů výroby sledováno dle procesů výroby zkoumané společnosti. Vychází se ze vstupních položek a výstupních emisí příslušících danému procesu; každý proces zahrnuje dopady vytvořené při primární výrobě, poměrné části dopadů dopravy (potřebných součástek), výroby součástek, výroby elektřiny, zemního plynu, plynů a taktéž těžbou nerostných surovin potřebných pro součástky a materiál použitý v daném procesu. Součtem veškerých procesů potřebných pro výrobu zkoumaného modelu kondenzátoru v tomto rozmezí byl získán jeho charakterizační profil (

Tabulka 13), který obsahuje i normalizované hodnoty.

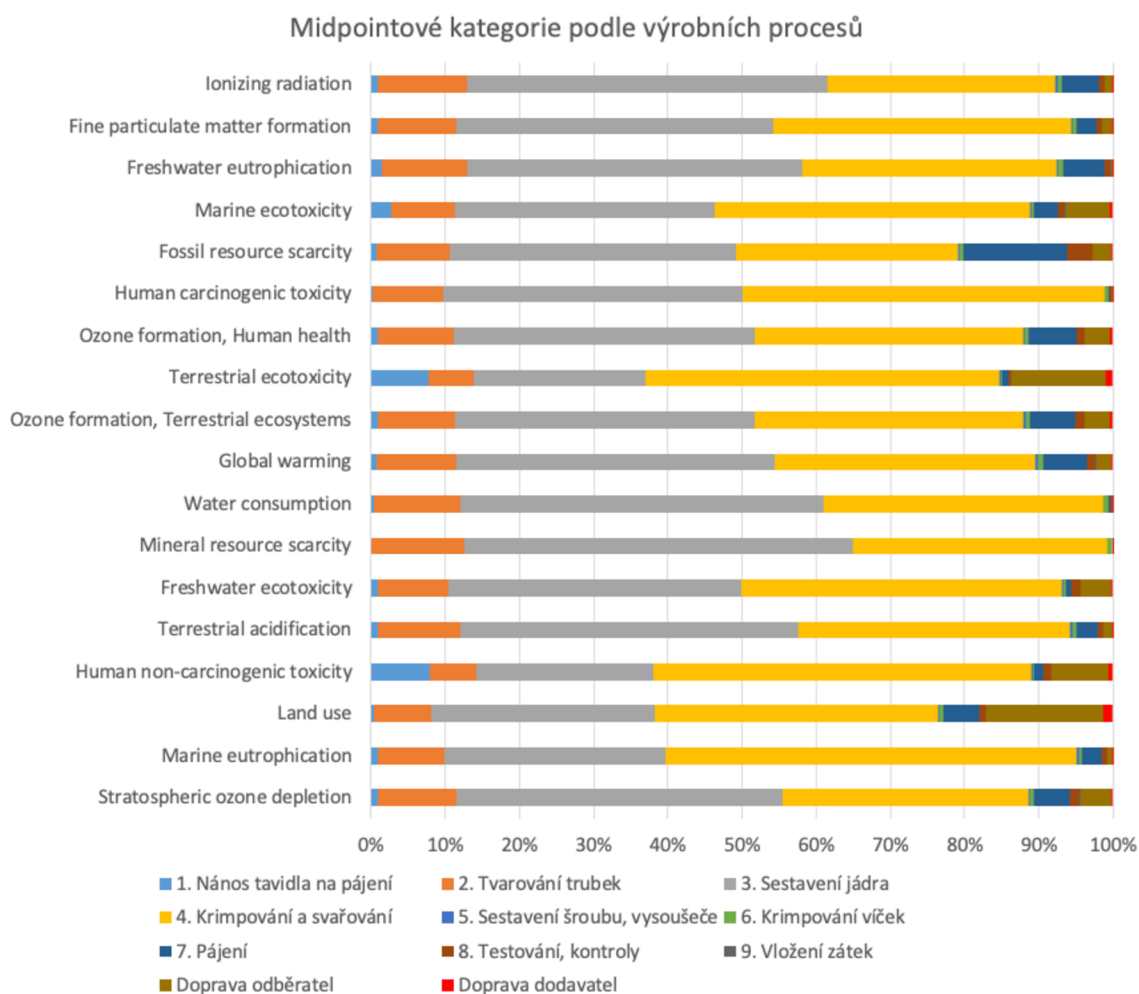
Tabulka 13: Výsledný charakterizační profil (midpoint)

Midpoint kategorie dopadu	Celková hodnota	Měrná jednotka	Normalizovaná hodnota
Úbytek stratosférického ozonu	0,0000129	kg CFC11 ekv.	0,0002162
Eutrofizace moří	0,0002350	kg N ekv.	0,0000509
Využívání půdy	0,1456959	m ² úrody ekv.	0,0000236
Nekarcinogenní toxicita pro člověka	1,7521364	kg 1,4-DCB	0,0117767
Okyselování půdy	0,1456747	kg SO ₂ ekv.	0,0035508
Sladkovodní ekotoxicita	0,0417589	kg 1,4-DCB	0,0339891
Úbytek nerostných surovin	0,7833348	kg Cu ekv.	0,0000065
Spotřeba vody	407,5892041	m ³	1,5255755
Globální oteplování (GWP100a)	33,9778413	kg CO ₂ ekv.	0,0042441
Tvorba ozonu (such.)	0,0683530	kg NO _x ekv.	0,0038527
Suchozemská ekotoxicita	76,7686991	kg 1,4-DCB	0,0740705
Tvorba ozonu (lidské zdraví)	0,0673267	kg NO _x ekv.	0,0032735
Karcinogenní toxicita pro člověka	2,8501190	kg 1,4-DCB	1,0309750
Úbytek fosilních paliv	9,7182970	kg ekv. ropy	0,0099120
Ekotoxicita pro mořské prostředí	0,1170065	kg 1,4-DCB	0,1132532
Sladkovodní eutrofizace	0,0017484	kg P ekv.	0,0026910
Prachové částice	0,0572741	kg PM _{2,5} ekv.	0,0022440
Ionizující radiace	0,5804416	kBq Co-60 ekv.	0,0012067

Zdroj: výstup ze softwaru Mobius

Skládaný sloupcový (100 %) graf (Obrázek 20) zobrazuje environmentální dopady kategorizované dle midpointových indikátorů v závislosti na výrobním procesu. Na první pohled je možné zaznamenat převahu environmentálních dopadů vyplývajících z procesů „3. Sestavení jádra“ a „4. Krimpování a svařování“, to převážně z důvodu nejrozsáhlejšího seznamu vstupujících součástí – interní rozdělení Flow Chart digramu do těchto procesů zahrnuje větší množství podprocesů. Jelikož je přehled veden takto interně, nedošlo ani v rámci této studie k detailnějšímu rozboru. Ostatní procesy mají v individuálních midpointových dopadech vůči procesům 3. a 4. relativně minimální působnost.

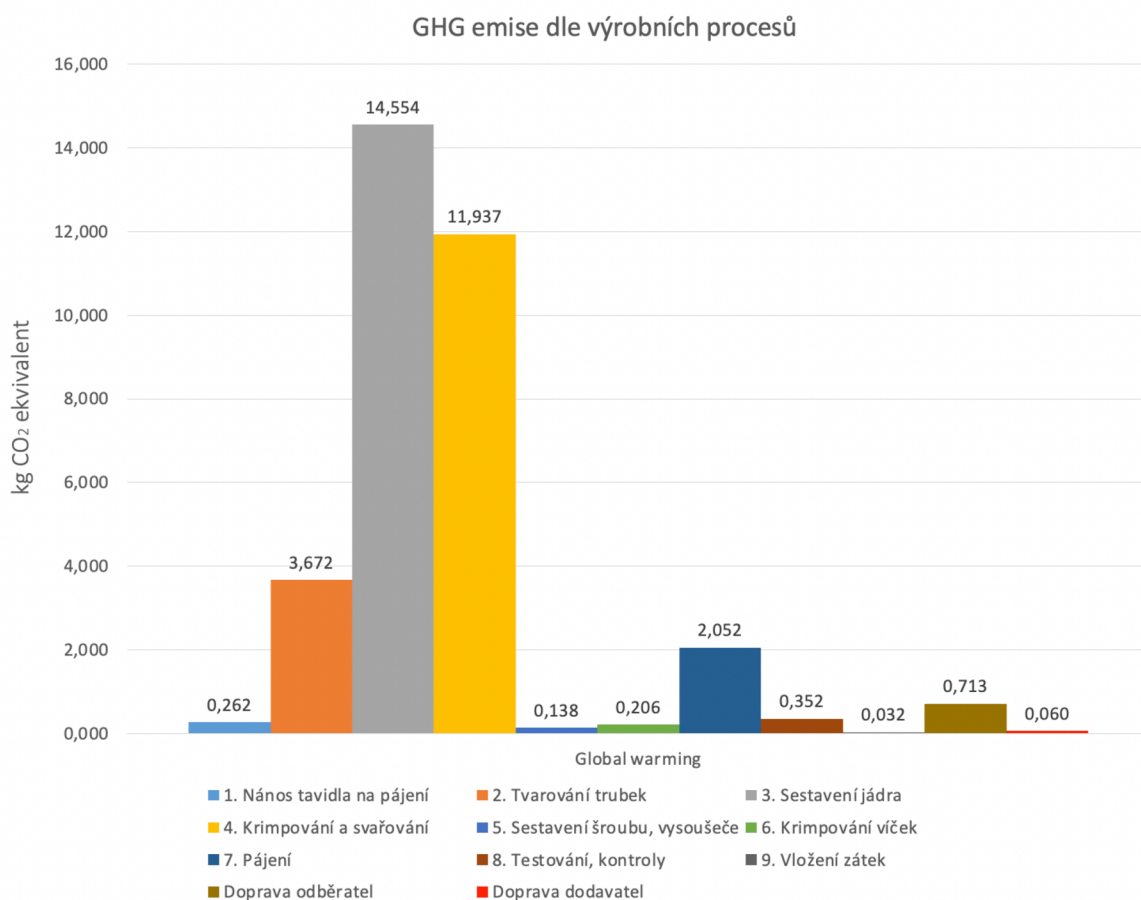
Proces „1. Nános tavidla na pájení“ relativně vyniká v dopadech suchozemské ekotoxicity a lidské nekarcinogenní toxicity. V kategorii „Úbytek nerostných surovin“ poté proces „7. Pájení“ – příčinou je spotřeba zemního plynu.



Obrázek 20: Midpointové kategorie podle výrobních procesů
Zdroj: vlastní výstup

Nejvýznamnější midpointovou kategorií je kategorie Globálního oteplování (GWP₁₀₀ – číslice 100 značí, že ukazatel vychází z energie absorbované plynem za 100 let; alternativní metodiky používají také GWP₂₀ či GWP₅₀₀).

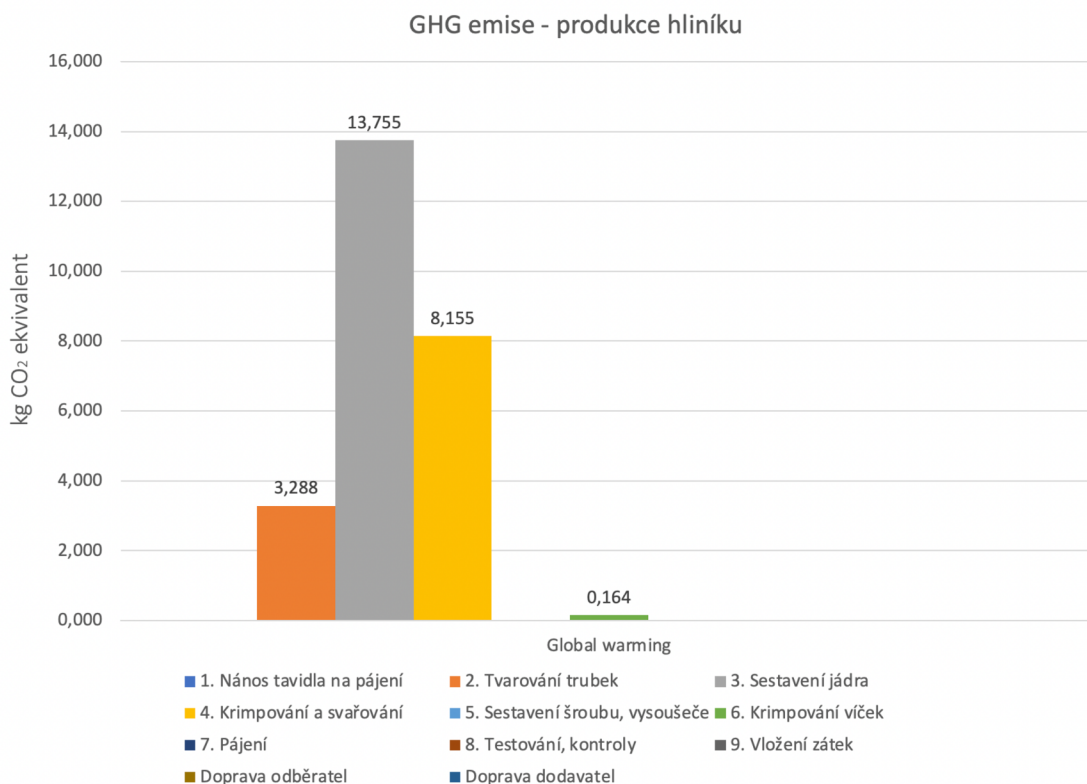
Obrázek 21 zobrazuje graf vycházející z dat ohledně skleníkových plynů čili CO₂-ekvivalentu (nenormalizováno). Opět převažují ty procesy, které vyžadují dodávku většího množství součástek převážně hliníkového charakteru. Z pohledu emisí vytvořených přímo ve výrobě sledovaného podniku je významný proces pájení.



Obrázek 21: GHG emise dle výrobních procesů

Zdroj: vlastní výstup

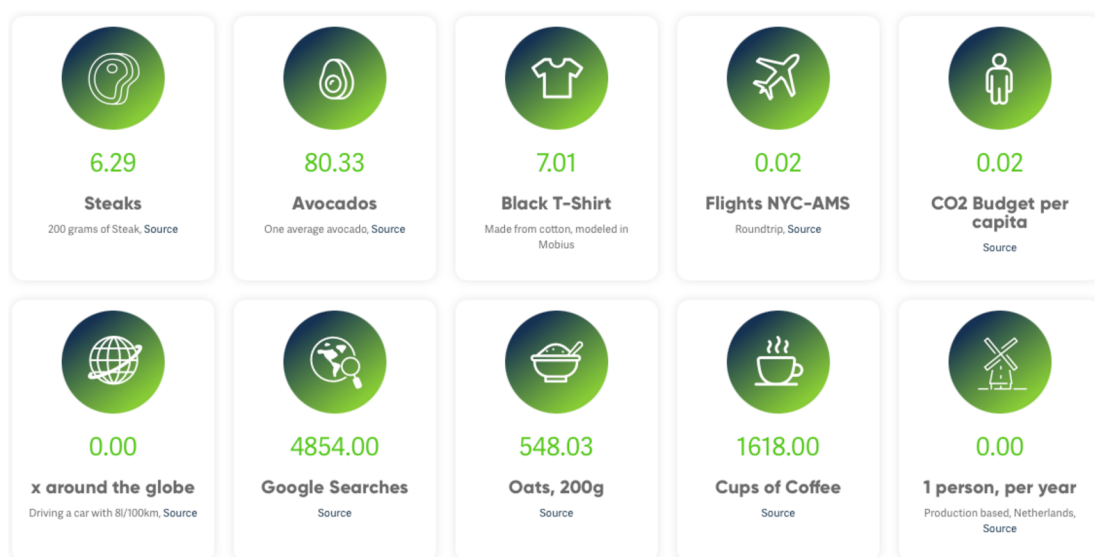
Detailnější pohled na výši vyprodukovaných GHG emisí v rámci samotné výroby hliníkového odlitku (bez jeho zpracování) zobrazuje dále Obrázek 22. Graf podporuje argument převážného zastoupení GHG emisí z procesů produkce hliníku.



Obrázek 22: GHG emise - produkce hliníku

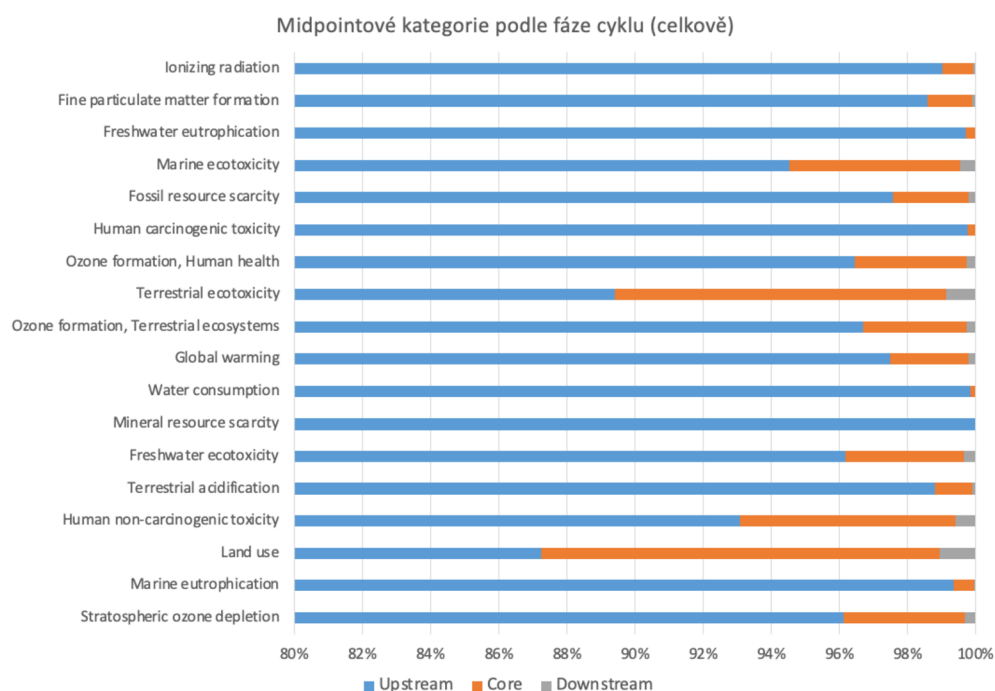
Zdroj: vlastní výstup

Pro zajímavost portál Ecochain nabízí online kalkulačtor srovnání s dalšími produkty, službami či spotřebou CO₂ ekvivalentu průměrně připadajícího na jednu osobu za rok. Obrázek 23 zobrazuje tato srovnání pro hodnotu 33,978 kg CO₂ ekv.



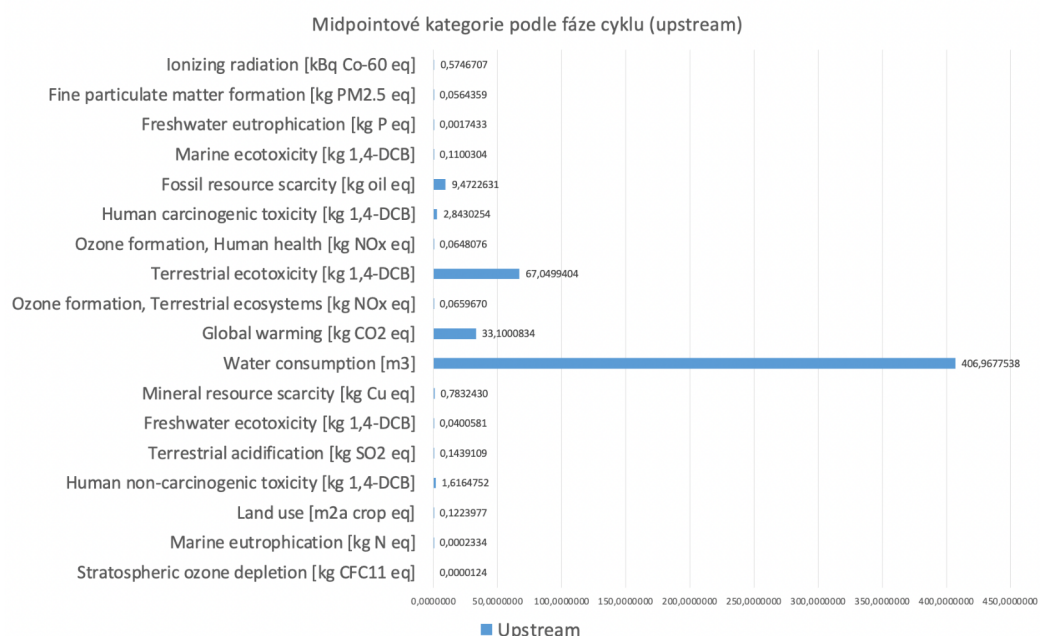
Obrázek 23: Přirovnání vyprodukovaných kg CO₂-ekv. k běžným produktům

Zdroj: ECOCHAIN 2023



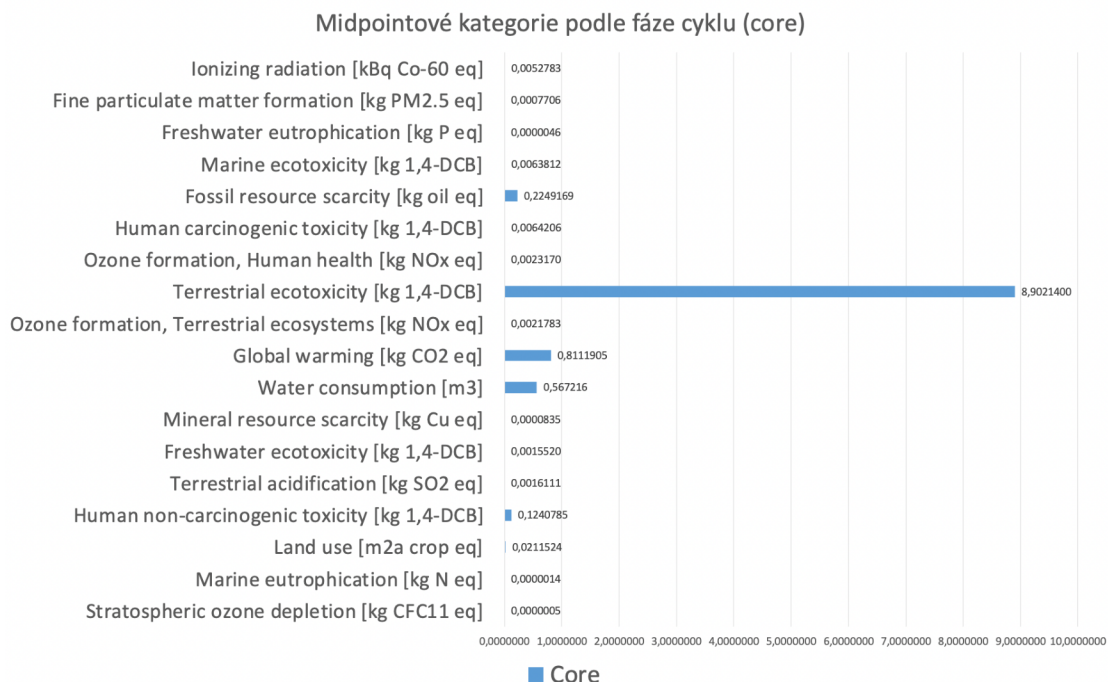
Obrázek 24: Midpointové kategorie dopadů dle fáze cyklu (celkově)
Zdroj: vlastní výstup

Z grafického přehledu midpointových kategorií dopadů dle fáze cyklu (Obrázek 24) je vidět předpokládaný výsledek, kdy jsou největší dopady vytvářeny ve fázi cyklu „upstream“ čili fáze procesů předcházející výrobě zkoumané společnosti. Likvidace a recyklace vytvářených odpadů má minimální vliv.



Obrázek 25: Midpointové kategorie dopadů dle fáze cyklu (upstream)
Zdroj: vlastní výstup

Dle hlediska fáze cyklu je taktéž rozdílné zastoupení individuálních midpointových dopadů v absolutních hodnotách jednotek. V „upstream“ fázi vyniká především kategorie spotřeby vody (Obrázek 25).



Obrázek 26: Midpointové kategorie dopadů dle fáze cyklu (core)

Zdroj: vlastní výstup

Kdežto v ostatních dvou fázích – „core“ a „downstream“ je znatelná kategorie dopadu suchozemské ecotoxicity – v závislosti na přiřazení dopadů dopravy. Graf na obrázku č. 25 je kromě absolutních hodnot srovnatelný s grafickým zobrazením „downstream“ fáze.

Kategorizace na úrovni endpointu

Metodika ReCiPe agreguje midpointové kategorie do celkem 3 endpointových dle poškozených oblastí:

- lidské zdraví [DALY = Disability Adjusted Life Year] – míra zatížení nemocí vyjádřená počtem let ztracených v důsledku špatného zdravotního stavu, invalidity nebo předčasného úmrtí;
- ekosystémy [biologický druh * rok] - vyjadřující počet zmizelých druhů a
- přírodní zdroje [\$; USD2013] – vyjadřující zvýšení nákladů na těžbu.

Zařazení midpoint kategorií do endpointových probíhá na základě struktury uvedené v tabulce č. 14. Některé midpointové kategorie dopadu mohou mít vliv na více než jednu endpointovou kategorii.

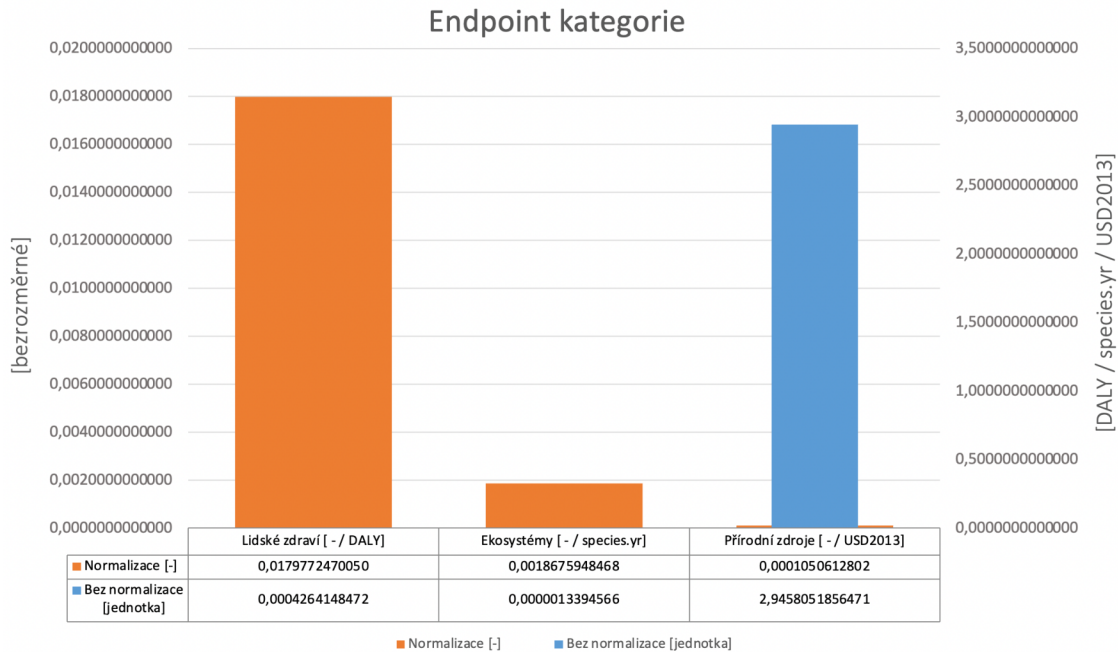
Tabulka 14: Agregace midpointových kategorií dle ReCiPe 2016

Endpoint	Typ negativního vlivu na prostředí	Midpoint
Lidské zdraví	Navýšení výskytu respiračních onemocnění	- prachové částice - tvorba ozonu (lid. zdraví)
	Navýšení výskytu rakoviny	- ionizující radiace - úbytek strat. ozonu - karcinogenní toxicita
	Navýšení výskytu ostatních nemocí	- ionizující radiace - úbytek strat. ozonu - nekarcinogenní toxicita pro člověka - globální oteplování
	Navýšení podvýživy	- globální oteplování - spotřeba vody
Ekosystémy	Poškození sladkovodních druhů	- globální oteplování - spotřeba vody - sladkovodní ekotoxicita - sladkovodní eutrofizace
	Poškození suchozemských druhů	- globální oteplování - spotřeba vody - tvorba ozonu (suchoz. pros.) - suchozemská ekotoxicita - okyselování půdy - využívání / transformace půdy
	Poškození mořských druhů	- ekotoxicita pro moř. prostředí
Přírodní zdroje	Zvýšení nákladů na těžbu	- úbytek nerostných surovin
	Ceny energií (zemní plyn, uhlí)	- úbytek fosilních paliv

Zdroj: oficiální kategorizace metodiky ReCiPe 2016

Z důvodu přístupu pouze k omezené verzi programu, bylo nutné primární data přepočítat nejen na ekvivalenci midpointového ukazatele, musel být taktéž proveden přepočet midpoint hodnot na hodnoty endpointu. K těmto účelům jsou dostupné převodové tabulky metodiky ReCiPe 2016 s koeficienty.

Normalizované výsledné hodnoty jsou v grafické podobě zobrazeny na obrázku č. 27 – přehled již sloučených dopadů dle endpoint kategorií dopadu (lidské zdraví, ekosystémy a přírodní zdroje). Graf zobrazuje jak normalizované hodnoty (oranžová barva) tak absolutní hodnoty před normalizací (barva modrá; při příslušném měřítku pravé y osy jsou absolutní hodnoty prvních dvou kategorií téměř nezpozorovatelné).



Obrázek 27: Endpointové kategorie

Zdroj: vlastní výstup

Hodnoty po normalizaci vykazují velice rozdílný výsledek, než by zobrazoval graf v závislosti měrných jednotkách příslušících dané kategorii (v absolutní hodnotě 2 zbylé kategorie zastiňuje kategorie přírodních zdrojů). Kategorie lidského zdraví má po normalizaci relativně největší dopady a to i přes potřebu těžby bauxitu – v případě výroby hliníku jsou dopady vytvářeny více než-li v procesu těžby, v procesu zpracování a produkce finální formy hliníkového materiálu.

4.3.3 Limitace

U provedené studie LCA lze zmínit několik limitací, které mohou vést k nepřesným výsledkům. Určité limitace byly zmíněny již v teoretické části.

Studie byla provedena se zaměřením na fázi výroby samotného kondenzátoru, kde bylo vycházeno z primárních dat. Předchozí fáze produkce dodávaných součástek, využívaných plynů a energetických toků byly brány z databázových záznamů, převážně databáze Ecoinvent; studie tak v této fázi přináší pouze obecný přehled o vlivu produkce na okolní prostředí a zahrnuté procesy nemusí přímo odpovídat využívaným procesům ve sledovaném případě. Vždy byla využita nejaktuálnější bezplatně dostupná verze (ve využívaném programu) databáze, již je v době

zpracovávání studie verze „Ecoinvent v3.8, Cut-Off“ založená na údajích z roku 2021. Údaje tak nemusí být odpovídající aktuálním technologiím a postupům. Taktéž byl omezen přístup k jednotlivým záznamům (bez příplatků za zakoupení rozšíření možností softwaru). Většina zvolených záznamů je platná jako průměrná hodnota pro Evropské území, databáze neobsahuje tyto průměrné data sety pro území České republiky – pro důležité položky, jako produkci elektrické energie, data dostupná byla.

Dalším omezením je nezahrnutí fáze využívání spotřebitelem, společnost tím nezískává celkový přehled o dopadech výroby a užívání zkoumaného kondenzátoru.

Ekonomické a sociální aspekty nejsou ve studii brány v potaz.

Přeprava dodávaných součástek a materiálu byla sledována z primárních dat, to samé platí pro případ přepravy finálního kondenzátoru k odběrateli. Přeprava mezi články předcházející dodavatele sledované společnosti je zahrnuta ve vložených procesech, nebylo však možné ji zařadit do samostatné kategorie pro sledování jejich dopadů.

Některá data byla alokována – tento postup je však zahrnut do postupů metodologie.

4.4 Interpretování zjištění

LCA analýza byla provedena pomocí softwarového programu Mobius, byl použit charakterizační set ReCiPe 2016 H, který umožnil data charakterizovat do midpointových i endpointových kategorií. Byla provedena normalizace dat pomocí normalizačních setů „World (2010) H“ a „World (2010) H/H“. Data byla exportována a analyzována v tabulkovém procesoru. U převážné většiny hodnot bylo vycházeno z dat dostupných z databáze. Do hranic systému byly zařazeny 3 fáze: získávání nerostných surovin, zpracování získaných surovin a výroba; přeprava položek mezi těmito fázemi byla taktéž brána v potaz. Fáze užívání a likvidace zahrnuta nebyla; taktéž nebyly zahrnuty procesy potřebné k výrobě součástek vysoušeče a filtru.

Z výstupu, který byl získán po zadání dat do programu, vyplývá, že samotná výroba kondenzátoru v rámci sledované společnosti není sama od sebe výrazně environmentálně zatěžující. Dle poskytnutých dat je nejvýraznější položkou zatížení doprava hotového kondenzátoru odběrateli. Nejvíce zatěžujícím procesem výroby je

proces pájení v pájecích pecích, který vyžaduje spotřebu zemního plynu a nejvyšší spotřebu elektrické energie v porovnání s ostatními stroji ve výrobě. V průběhu tohoto procesu je vytvářeno také nejvíce látek znečišťujících ovzduší.

Fáze předcházející zkoumané výrobě je daleko více významná z pohledu zatěžování životního prostředí. Z pohledu interních procesů je nejvíce environmentálních dopadů vytvářeno v souvislosti s dodávaným položky pro procesy „Krimpování a svařování“ a „Sestavení jádra“. Do analýzy byly zahrnuty dopady vzniklé v návaznosti na vytvořený odpad – jeho přeprava k zpracovateli a samotné zpracování (recyklace); tyto dopady jsou v porovnání s výrobou samozřejmě minimální.

Midpointové kategorie vykazují nejvyšší normalizované hodnoty v kategoriích spotřeby vody a vytváření humánní karcinogenní toxicity (související s nasimulovanými hodnotami produkce hliníku). Kategorie Globálního oteplování vyšla ve výši 33,978 CO₂ ekvivalentu. Z hlediska endpointových kategorií dopadu má výroba vybraného kondenzátoru bezesporu největší negativní dopady na zdraví obyvatelstva. Tato kategorie zahrnuje různé potenciální dopady, jako jsou respirační onemocnění, změna klimatu, acidifikace či eutrofizace.

4.5 Zhodnocení

Při komunikaci s podnikem se ukázalo, že je hledisko environmentálních dopadů podnikatelských aktivit společnosti bráno v potaz.

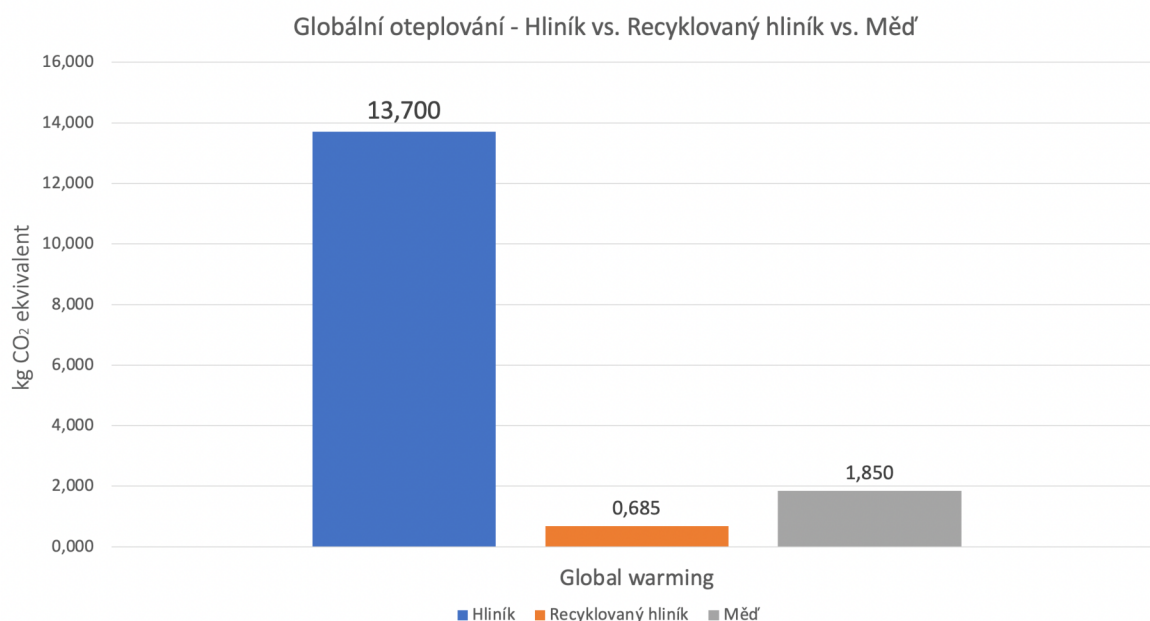
Samotná výroba je relativně environmentálně příznivá. Při analýze získaných dat byly objeveny určité potenciální možnosti změn, jejichž zavedení by napomohlo ke snížení environmentálních dopadů. Primárním hlediskem je snížení emisí GHG (midpointové kategorie GWP). Tyto poznatky zahrnují:

- výrobu z recyklovaného hliníku,
- pokrytí výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů,
- zajištění dodavatelů potřebných součástí v bližším okolí,
- omezení přepravovaných vzdáleností – čeští dodavatelé,
- výroba z recyklovaného plastu,
- nekonkrétní měření spotřeby elektrické energie.

4.5.1 Přechod na výrobu z recyklovaného hliníku

Téměř celý finální produkt je tvořen z hliníkového materiálu – nakupovaný materiál i dodávané součástky (některé součástky jsou vyrobeny z materiálu plastového). Kondenzátory v klimatizačních soustavách osobních automobilů využívají 2 druhy materiálů pro výrobu cívek (trubek vedoucí chladicí medium). Hliníkový materiál je levnější, dražším materiálem je měď. Výhodou hliníku je také odolnost vůči hloubkové korozi a hnilobě (Morrales 2022).

Ačkoliv při produkci hliníku může být dosahováno vcelku vysokých emisí znečišťujících látek (Obrázek 28), z pohledu celého životního cyklu v rámci automobilového průmyslu zvolení hliníku jako výrobního materiálu umožňuje snižovat emise osobního automobilu (především na základě faktoru lehkosti materiálu a odlehčení celého vozidla; tedy při životní fázi užívání produktu) (European Aluminium 2023). Tento fakt se ovšem v provedené analýze prokázat nemohl, neboť fáze užívání produktu nebyla zahrnuta do hranic produktového systému a nebyl proveden sběr potřebných dat.

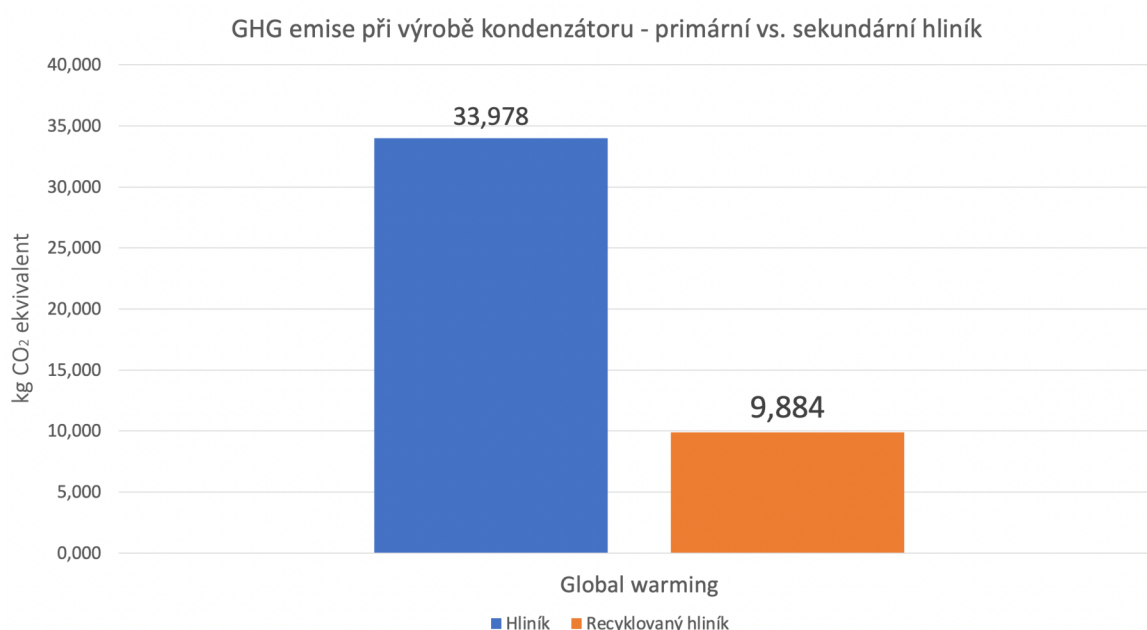


Obrázek 28: Porovnání GWP při výrobě 1 kg hliníku, recyklovaného hliníku a mědi
Zdroj: vlastní výstup (Mobius databáze)

Důležitou vlastností hliníku je taktéž možnost opětovné recyklace. Hliník lze recyklovat donekonečna bez degradace a změny jeho vlastností. Přitom proces

recyklace hliníku spotřebuje přibližně 5 % energie v porovnání s produkcí primárního hliníku, což vede k významné úspoře emisí CO₂ (až o 97 % méně GHG emisí). Z těchto důvodů bývá označován jako „hnací síla ekologického přechodu“ (European Aluminium 2023).

Při teoretickém využití 100 % recyklovaného hliníku dochází ke snížení GHG emisí v rámci provedené analýzy o celých 71 % (Obrázek 29). Dle výsledků analýzy je při procesu produkce celkového spotřebovaného množství hliníku vytvořeno 25,362 kg CO₂ ekvivalentu, přičemž celková hodnota GHG emisí v rámci sledovaného produktového systému dosahuje 33,978 kg.



Obrázek 29: GHG emise při výrobě kondenzátoru - porovnání

Zdroj: vlastní výstup (Mobius databáze)

Primárním navrhovaným krokem je zajištění alespoň částečné výroby z recyklovaných surovin. Proces opatření nového dodavatele vstupního materiálu z recyklovaného hliníku může probíhat ve dvou scénářích. Pokud je společnost hlavním odběratelem, má velký vliv a s dodavatelem má dobré obchodní vztahy, nabízí se společná domluva na projektu přechodu na zelenější výrobu vstupního materiálu. Alternativně je zapotřebí zajištění nových dodavatelů, kteří budou splňovat kapacity a požadavky výroby.

Přednostně se nabízí zajištění dodavatele samotného surového materiálu, než-li zpracovatelů dodávaných součástek. Z celkové spotřebované hmotnosti hliníkového materiálu je 82,7 % hliníku dodáváno v surové formě a je následně zpracováno sledovanou společností, zbylých 17,3 % hmotnosti představují dodávané součástky.

Dodavatelé, kteří nabízejí výrobu a dodávku recyklovaného hliníkového materiálu pro automobilový průmysl, se nacházejí i v České republice. Příkladem jsou:

- SAKER spol. s r.o.
 - O společnosti: „SAKER je jednou z nejvýznamnějších společností v oblasti zpracování a recyklace neželezných kovů a výroby hliníkových slitin v ČR s celoevropskou působností.“ (Saker 2023)
- REMET spol. s r.o.
 - Společnost se zabývá recyklací železných a neželezných kovů a výrobou slévárenských slitin (REMET 2023).

Zajištění výroby dodávaných součástek je složitější z důvodu četnosti a specifčnosti součástek. Pro individuální součástky bývá optimální určitý dodavatel, který zvládne zprostředkovat požadovanou kapacitu dodávky. Určitě se nabízí obchodní vyjednávání u stávajících dodavatelů s požadavky na změnu původu vstupního materiálu potřebného k vypracování dílů. Firma Constellium Extrusions Děčín, s.r.o., například, se specializuje na výrobu průtlačně lisovaných komponentů v rámci automobilového průmyslu, zároveň se zabývá recyklací hliníkového materiálu. Obdobný návrh se poté týká i dodávaných plastových komponent.

Využívání druhotného hliníku, jehož sběr a zpracování probíhá na území České republiky, by dále snížilo dopady vytvářené přepravou mezi články výroby hliníkového materiálu.

Z ekonomického hlediska je výroba recyklovaného hliníku levnější než výroba hliníku primárního. Z hlediska kvality materiálu a možnosti jeho výroby ze sekundárního zdroje je návrh taktéž proveditelný.

4.5.2 Ostatní zhodnocení

Součástka „separátor“ váží 0,008 kg a není nikterak složitá na výrobu, její přeprava se přesto skládá z pozemní a lodní dopravy, přičemž dohromady součástka cestuje přes 25 000 km (převážně lodní doprava). Poměrově představuje přeprava 2 kusů této součástky (2 separátory potřebné ke kompletaci jednoho kusu kondenzátoru) 47,1 % celkových [tkm]. Nabízejícím se návrhem je zajištění výroby v bližších továrnách a ušetření životního prostředí od dopadů souvisejících s takto vzdálenou dopravou. Zbylé součástky a materiály (9 ze 34) odebírané ze zahraničí (Německo, Itálie, Maďarsko - mimo součástku „separátor“) představují dalších 15 % celkové hodnoty [tkm]. Doprava všech součástek odebíraných ze zahraničí tak celkově představuje 63 %. Dle výstupu z programu Mobius jsou však celkové dopady vytvářené dopravou dodávaných součástí relativně k ostatním minimální. Především tomu je z důvodu alokace váhy přepravovaného zboží skrze jednotku [tkm] – ačkoliv je přepravovaná vzdálenost několikanásobně vyšší než-li u ostatních součástek a materiálů, je násobena malou hmotností. Součástka je vyráběna hromadně v centrálním závodě společnosti a zajišťuje výrobu kondenzátorů napříč dceřinými závody. Společně s touto součástkou jsou v kontejnerech dováženy i další součástky potřebné pro výrobu dalších produktů společnosti. Společnost tento řetězec produkce nezvažuje změnit z ekonomických důvodů.

Přechod na zelenou energii je komplexnější záležitostí. Firma se otázkou odběru elektrické energie z obnovitelných zdrojů již sama zaobírá a zajištění distribuce zelené energie je v procesu.

Dalším návrhem, sic odchyľujícím se od přímých environmentálních dopadů, by mohlo být zpřesnění měření spotřeby elektrické energie. Společnost vychází z tzv. Basic Unit, kdy průměruje spotřebu energie z veškerých výrobních linek kondenzátorů. Je tak činěno z toho důvodu, že převážnou část spotřebovává pouze jeden stroj – pájecí pec. Nebylo by však od věci mít pro potřeby plánování přehled o spotřebě i na ostatních strojích o relativní menší spotřebě. Při vyřčení tohoto názoru před správcem objektu, bylo autorovi sděleno, že by bylo zavedení přímých měřičů v plánu, pokud by byly vymezeny dostatečné investiční prostředky.

5 Závěr

Diplomová práce s názvem „Life Cycle Assessment vybraného produktu“ se věnuje problematice environmentálních dopadů výroby vybraného produktu.

V úvodní části závěrečné práce jsou ustanovena teoretická východiska týkající se tématu. Dílčími pojmy, jež jsou definovány v kapitole 1, jsou udržitelný rozvoj společně s udržitelným podnikáním, společenská odpovědnost firem, ekoznačení, Greenwashing a zatěžování životního prostředí. Druhá kapitola teoretické části se zaměřuje na samotnou metodologii LCA jakožto nástroj pro analýzu environmentálních dopadů. Tento úsek vychází především ze zahraniční literatury. Popisovány jsou zde fáze analýzy - stanovení cíle a rozsahu, inventarizační analýza, posuzování environmentálních dopadů a interpretace. Zmíněny jsou i přínosy a limitace metodologie. Především tato kapitola slouží jako podklad pro praktickou část práce.

Cílem diplomové práce bylo zjištění environmentálního zatížení, které vzniká při výrobě vybraného produktu – kondenzátoru (součást klimatizační soustavy osobního automobilu) v rámci definovaného produktového systému. Cíle bylo dosaženo za pomoci sběru primárních dat a programu na zpracování LCA analýzy „Mobius“, jež obsahuje databázové záznamy s průměrnými průmyslovými hodnotami environmentálních dopadů. Výsledky analýzy byly pro možnost porovnání normalizovány.

V rámci inventarizační analýzy a obecného získání přehledu o výrobě byly autorem vymezeny určité skupiny potenciálních změn, které by zajistily šetrnější výrobu v rámci sledovaných fází životního cyklu. Předpokládá se, že environmentální dopady vytvářené při následující fázi životního cyklu – užívání, se těmito změnami příliš nezmění.

Závěrem je možné dodat, že pokud podnik zamýšlí získat přehled o environmentálním zatížení jeho aktivit, je důležité, aby při zkoumání neopomněl analyzovat celou komplexnost dodavatelského řetězce a nezaměřil se pouze na emise a odpady vyprodukované v rámci vlastní výroby. Je zapotřebí zkoumat možné alternativy dodavatelů, kteří mohou nabízet potenciálně šetrnější způsoby výroby. Důležitou

bývá i fáze samotného používání – jak dlouho má nadesignovaný produkt životnost a jaké odpady jsou vytvářeny při jeho užívání. Je potřeba zabývat se udržitelným rozvojem podnikání pro uchování zdravého environmentu a zdravého technologického vývoje.

6 Seznam použité literatury

- AOPK ČR, 2023. *O nás* [online]. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky [cit. 4-2-2023]. Dostupné z: <https://www.nature.cz/o-nas>
- ARE, 2023. *1978: Bruntland Report* [online]. ARE: Federal Office for Spatial Development [cit. 26-1-2023]. Dostupné z: <https://www.are.admin.ch/are/en/home/media/publications/sustainable-development/brundtland-report.html>
- BENTRZIA, Mohamed, Mohamed ALSHATEWI and Hanafy OMAR, 2017. *Developments of vapor-compression systems for vehicle air-conditioning* [online]. Research Gate [cit. 02-04-2023]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Important-information-for-condensers-used-in-automotive-A-C-systems_tbl3_319050756
- CARS, 2023. *A/C Condenser* [online]. CARS.COM [cit. 4-2-2023]. Dostupné z: <https://www.cars.com/auto-repair/glossary/ac-condenser/>
- ČR 2030, 2023. *Strategický rámec Česká republika* [online]. Ministerstvo životního prostředí, oddělení udržitelného rozvoje [cit. 26-1-2023]. Dostupné z: <https://www.cr2030.cz/strategie/>
- DELUBAC, Arnaud, 2022. *Sustainable development: what are we talking about?* [online]. Greenly [cit. 28-1-2023]. Dostupný z: <https://greenly.earth/en-us/blog/company-guide/3-pillars-of-sustainable-development>
- ECOCHAIN, 2023. *Carbon translator: Translate CO2 into something that you understand* [online]. ECOCHAIN [cit. 21-3-2023]. Dostupné z: <https://ecochain.com/carbon-translator/?amount=0&unit=kg#>
- Ecoinvent, 2023. *Ecoinvent Database: Sectors: Metals* [online]. ECOINVENT.ORG [cit. 27-3-2023]. Dostupné z: <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/sectors/metals/>
- ERU, 2023. *Čtvrtletní zpráva o provozu elektrizační soustavy ČR za IV. čtvrtletí 2022* [online]. Energetický regulační úřad [cit. 18-3-2023]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/ctvrtletni-zprava-o-provozu-elektrizacni-soustavy-cr-za-iv-ctvrtleti-2022>

- EUROPEAN ALUMINIUM, 2023. *Aluminium: A Unique Metal Driving The Green Transition* [online]. EUROPEAN ALUMINIUM [cit. 02-04-2023]. Dostupné z: <https://european-aluminium.eu/about-aluminium/the-material/>
- FILDÁN, Zdeněk, 2015. *Povinnost firem v podnikové ekologii. Legislativa životního prostředí v kostce*. Tachov: ENVI ROUP. ISBN 978-80-904215-5-4.
- HAUSCHILD, Michael Z. and Mark A.J. HUIJBREGTS, 2017a. *Life Cycle Impact Assessment*. Springer-Verlag GmbH, Switzerland. ISBN 978-94-017-9744-3.
- HAUSCHILD, Michael Z., Ralph K. ROSENBAUM and Stig Irving OLSEN, eds., 2017b. *Life Cycle Assessment. Theory and Practice*. Springer-Verlag GmbH, Switzerland. ISBN 3319564749.
- HILLEGE, LUC, 2019. *Impact Categories (LCA) – Overview* [online]. Amsterdam, Nizozemsko: Ecochain.com. [cit. 6-11-2022]. Dostupný z: <https://ecochain.com/knowledge/impact-categories-lca/>
- HUIJBREGTS, Mark, Zoran STEINMANN, Pieter ELSHOUT, Gea STAM, Francesca VERONES, Marisa VIEIRA, Michiel ZIJP, Anne HOLLANDER & Rosalie van ZELM, 2016. *ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level* [online]. Springer Link [cit. 23-3-2023]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-016-1246-y>
- CHANGHENG, 2023. *Function and working principle of car condenser* [online]. Chlaka.com [cit. 4-2-2023]. Dostupné z: <https://www.chlaka.com/car-condenser/>
- CHARVÁT, Jan, 2013. *Sociální ekoog Rynda: Nepříjemná rozhodnutí za nás mají dělat politici* [online]. MAFRA: Lidovky [cit. 26-1-2023]. Dostupné z: https://www.lidovky.cz/ceska-pozice/socialni-ekolog-rynda-neprijemna-rozhodnuti-za-nas-maji-delat-politici.A131122_233416_pozice_137664
- ISO 14040:2006, 2006. *Environmental Management – Life Cycle Assessment – principles and Framework*. Geneva: International Organization for Standardization (ISO).
- JOLLIET, Olivier, Myriam SAADE-SBEIH, Shanna SHAKED, Alexandre JOLLIET and Pierre CRETAAZ, 2015. *Environmental Life Cycle Assessment*. 1st ed. Taylor & Francis Inc. CRC Press. ISBN 9781439887660.

- KAŠPAROVÁ, Klára a Vilém KUNZ, 2013. *Moderní přístupy ke společenské odpovědnosti firem a CSR reportování*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-4480-3.
- KLÖPFER, Walter and Birgit GRAHL, 2014. *Life Cycle Assessment (LCA)*. Wiley-VCH Verlag GmbH, Germany. ISBN 3527329862.
- KOČÍ, Vladimír, 2013. *Environmentální dopady: posuzování životního cyklu*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 978-80-7080-858-0.
- KOČÍ, Vladimír, Julie HODKOVÁ, Petr LHOTÁK, Květoslava REMTOVÁ, Antonín LUPÍŠEK a Ondřej ŠRÁMEK, 2012. *LCA a EPD stavebních výrobků: posuzování životního cyklu a environmentální prohlášení o produktu jako cesta k udržitelnému stavebnictví*. Praha: Česká rada pro šetrné budovy. ISBN 978-80-260-3504-6.
- KUNZ, Vilém, 2012. *Společenská odpovědnost firem*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-7704-7.
- LIEBSCH, Toby, 2020. *Life Cycle Assessment Software Tools – Overview*. Amsterdam, Nizozemsko: Ecochain.com. [cit. 17-11-2022]. Dostupné z: <https://ecochain.com/knowledge/life-cycle-assessment-software-overview-comparison/>
- MA21, 2018. *Udržitelný rozvoj – základní teze* [online]. CENIA: Místní agenda 21 [cit. 26-1-2023]. Dostupné z: <https://ma21.cenia.cz/LinkClick.aspx?fileticket=9-kap8EsyCc%3D&tabid=5913&portalid=0&mid=568&language=cs-CZ>
- MAIER, Karel, 2012. *Udržitelný rozvoj území*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-7728-3.
- MEZŘICKÝ, Václav, 2005. *Environmentální politika a udržitelný rozvoj*. Praha: Portál. ISBN 80-7367-003-8.
- Ministerstvo zemědělství, 2023a. *Ochrana půdy* [online]. Ministerstvo zemědělství [cit. 4-2-2023]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/ochrana-pudy/>
- Ministerstvo zemědělství, 2023b. *Kontaminace půdy* [online]. Ministerstvo zemědělství [cit. 4-2-2023]. Dostupné z:

<https://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/kontaminace-pudy/>

MJ AUTO, 2015. *Jak funguje klimatizace v automobilu* [online]. MJ AUTO [cit. 4-2-2023]. Dostupné z: <https://www.mjauto.cz/jak-funguje-klimatizace-v-automobilu>

MMR, 2023. *Základní pojetí konceptu udržitelného rozvoje* [online]. Ministerstvo pro místní rozvoj ČR [cit. 28-1-2023]. Dostupné z: <https://www.mmr.cz/cs/ministerstvo/regionalni-rozvoj/informace,-aktuality,-seminare,-pracovni-skupiny/psur/uvodni-informace-o-udrzitelnem-rozvoji/zakladni-pojeti-konceptu-udrzitelneho-rozvoje>

MORRALES, Mike, 2022. *The Ultimate AC Condenser Buying Guide* [online]. Parts Avatar Inc. [cit. 02-04-2023]. Dostupné z: <https://partsavatar.ca/ultimate-car-ac-condenser-buying-guide>

MŽP, 2022. *Ochrana půdy* [online]. Ministerstvo životního prostředí [cit. 4-2-2023]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/ochrana_pudy

NEVES, Marlon, 2016. *Journal of Cleaner Production. Review on life cycle inventory: methods, examples and applications* [online]. Academia [cit. 5-11-2022]. Dostupné z: https://www.academia.edu/29050265/Review_on_life_cycle_inventory_methods_examples_and_applications

NUNEZ, Pernelle and Sammy JONES, 2016. *Cradle to gate: life cycle impact of primary aluminium production* [online]. Springer Link [cit. 27-3-2023]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-015-1003-7>

OSN ČR, 2023. *Cíle udržitelného rozvoje (SDGs)* [online]. Organizace spojených národů Česká republika [cit. 26-1-2023]. Dostupné z: <https://osn.cz/osn/hlavni-temata/cile-udrzitelneho-rozvoje-sdgs/>

PARASKEVAS, Dimos, Karel KELLENS, Alexander Van de VOORDE and Wim DEWULF, 2016. *Environmental Impact Analysis of Primary Aluminium Production at Country Level* [online]. Research Gate [cit. 08-04-2023]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/295243557_Environmental_Impact_Analysis_of_Primary_Aluminium_Production_at_Country_Level#pf3

- PAVLÍK, Marek, Martin BĚLČÍK, Jitka SRPOVÁ, Vilém KUNZ a Stanislav KUŽEL, 2010. *Společenská odpovědnost organizace. CSR v praxi a jak s ním dál*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-3157-5.
- PÍCHA, Kamil, 2012. *Společenská odpovědnost podniku v aktuálních trendech a souvislostech*. Praha: Alfa nakladatelství. ISBN 978-80-87197-55-4.
- PRESUSTAINABILITY, 2016. *ReCiPe* [online]. [cit. 23-3-2023]. Dostupné z: <https://pre-sustainability.com/articles/recipe/>
- PROQUEST, 2022. *Databáze článků ProQuest* [online]. Ann Arbor, MI, USA: ProQuest. [Cit. 2022-09-30]. Dostupné z: <http://knihovna.tul.cz/>.
- QUIST, Zazala, 2019. *Life Cycle Assessment (LCA) – Complete Beginner’s Guide* [online]. Amsterdam, Nizozemsko: Ecochain.com. [cit. 5-11-2022]. Dostupné z: <https://ecochain.com/knowledge/life-cycle-assessment-lca-guide/>
- REMET, 2023. *Vítejte na stránkách společnosti REMET, spol. s r.o.* [online]. REMET.CZ [online]. SAKER.CZ [cit. 08-04-2023]. Dostupné z: <https://www.remet.net>
- RICHTER, Felix, 2022. *The World’s Uneven CO₂ Footprint* [online]. Statista Inc. [cit. 01-04-2023]. Dostupné z: <https://www.statista.com/chart/28725/cumulative-co2-emissions-per-country-since-1970/>
- SAKER, 2023. *Skupina SAKER – recyklace kovů a výroba hliníkových slitin* [online]. SAKER.CZ [cit. 08-04-2023]. Dostupné z: <https://www.saker.cz>
- SDG SERVICES, 2020. *The Main Principle of Sustainability Is The Common Good* [online]. SDG Services - SDG World [cit. 26-1-2023]. Dostupné z: <https://www.sdg.services/principles.html>
- SHARPE, Pete, 2015. *Making Plastics: From Monomer to Polymer* [online]. AIChE: The Global Home of Chemical Engineers [cit. 27-3-2023]. Dostupné z: <https://www.aiche.org/resources/publications/cep/2015/september/making-plastics-monomer-polymer>
- SPILIAKOS, Alexandra, 2018. *What does „Sustainability“ mean in Business?* [online]. Harvard Business School Online [cit. 29-1-2023]. Dostupné z: <https://online.hbs.edu/blog/post/what-is-sustainability-in-business>

- SPOLEČNĚ UDRŽITELNĚ, 2022. „Green“ je cool, „washing“ už méně díl 2. [online]. Společně udržitelně [cit. 29-1-2023]. Dostupné z: <https://spolecne-udrzitelne.cz/aktuality/csr/green-je-cool-washing-uz-mene-dil-2>
- ŠMAJS, Josef, Bohuslav BINKA a Ivo ROLNÝ, 2012. *Etika, ekonomika, příroda*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-8123-5.
- TETŘEVOVÁ, Liběna, Jan VÁVRA, Marie BEDNAŘÍKOVÍ, Simona MUNZAROVÁ a Jana KOŠŤÁLOVÁ, 2017. *Společenská odpovědnost firem společensky citlivých odvětví*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-9687-6.
- TÝDEN UDRŽITELNOSTI, 2022. *Co je udržitelný rozvoj* [online]. Týden udržitelnosti [cit. 28-1-2023]. Dostupné z: <https://www.tydenudrzitelnosti.cz/o-projektu/>
- ÚSTAV ÚZEMNÍHO ROZVOJE, 2010. *Principy udržitelného rozvoje území* [online]. Brno: Ústav územního rozvoje [cit. 28-1-2023]. Dostupný z: <https://www.uur.cz/media/uldjkhkpm/a1-20101115.pdf>
- VALINOVÁ, Eliška, 2018. *Role ČSÚ v problematice udržitelného rozvoje* [online]. STATISTIKA&MY: Magazín Českého statistického úřadu [cit. 26-1-2023]. Dostupné z: <https://www.statistikaamy.cz/2018/09/18/role-csu-v-problematice-udrzitelneho-rozvoje/>
- VRABCOVÁ, Pavla, 2021. *Udržitelné podnikání v praxi*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-3303-1.
- ZÁKONY PRO LIDI, 2023. *Zákon č. 17/1992 Sb.* [online]. Zákony pro lidi [cit. 26-1-2023]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-17>