

Fakulta strojního inženýrství  
Ústav konstruování / Odbor průmyslového designu  
Faculty of Mechanical Engineering  
Institute of Machine and Industrial Design / Department of industrial design

**Objemová metodika určování  
emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. a energie na  
výrobu elektrického nářadí  
v raném stádiu návrhu výrobku**

Pojednání ke státní doktorské zkoušce  
Discourse on the Dissertation Thesis

Autor práce     **Ing. Bc. Richard Sovják**  
Author





# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

# OBJEMOVÁ METODIKA URČOVÁNÍ EMISÍ $\text{KG CO}_2$ EKV. A ENERGIE NA VÝROBU ELEKTRICKÉHO NÁŘADÍ V RANÉM STÁDIU NÁVRHU VÝROBKU

## POJEDNÁNÍ KE STATNÍ DOKTORSKÉ ZKOUŠCE

DISCOURSE ON THE DISSERTATION THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. Bc. Richard Sovják

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.

BRNO 2018



**OBSAH**

<b>1 ÚVOD</b>	<b>4</b>
<b>2 VYMEZENÍ ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY A PŘEDBĚŽNÉHO CÍLE DIZERTAČNÍ PRÁCE</b>	<b>5</b>
<b>3 SHRnutí SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>	<b>6</b>
3.1 Využívání nástrojů ecodesignu v průmyslovém designu	6
3.2 Kvalitativní přístup	11
3.3 Kvantitativní přístup	18
3.4 Porovnání nástrojů a metod ecodesignu	32
<b>4 ANALÝZA, INTERPRETACE A ZHODNOCENÍ POZNATKŮ ZÍSKANÝCH NA ZÁKLADĚ KRITICKÉ REŠERŠE</b>	<b>40</b>
4.1 Interpretace a zhodnocení poznatků	40
4.2 Analýza poznatků	41
<b>5 VYMEZENÍ CÍLE DIZERTAČNÍ PRÁCE A NÁVRH ZPŮSOBU JEJÍHO ŘEŠENÍ</b>	<b>42</b>
5.1 Vymezení cíle práce	42
5.1.1 Dílčí cíle dizertační práce	42
5.2 Vědecká otázka a pracovní hypotéza	43
5.2.1 Pracovní hypotézy	43
5.3 Způsob řešení a použité metody	43
5.3.1 Řešení a problémy	43
5.3.2 Metodický postup	44
5.3.3 Prostředky nutné k dosažení cíle	45
<b>6 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÍ DIZERTAČNÍ PRÁCE</b>	<b>46</b>
6.1 Kategorizace výrobků	46
6.2 Předběžné výsledky	46
6.2.1 Metodika OPM	47
6.2.2 Metodika LCA	53
6.2.3 Metoda využití energetických mixů	54
6.3 Aplikace metodiky	56
6.4 Verifikace předběžných výsledků	58
<b>7 ZÁVĚR</b>	<b>59</b>
<b>LITERATURA</b>	<b>61</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	<b>65</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b>	<b>67</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ</b>	<b>68</b>

## 1 ÚVOD

---

Předmětem pojednání ke státní doktorské zkoušce je nový přístup pro stanovení emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. a energetických požadavků na výrobu elektrického nářadí během rané fáze návrhu výrobků v rámci jejich celého životního cyklu. Při samotném designérském návrhu není vytvořena silná vazba a odpovědnost designéra za volbu použitých materiálů a následný negativní dopad na životní prostředí [1, 10]. Průmyslový designér zejména tvarováním, ale také volbou použitých materiálů ve spolupráci s technologem určuje povahu a intenzitu znečištění životního prostředí navrhovaných výrobků [8]. Požadavky na hospodárné využívání materiálů s cílem na omezení negativních environmentálních dopadů (ecodesign) jsou zakotveny v Kjótském protokolu a směrnicích EU 2009/125/ES, 2006/121/ES (REACH) a normách ČSN EN ISO 14006 a ČSN EN ISO 14040 [2].

Významnou metodikou pro určování nejenom emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. je využití nástrojů založených na LCA (Life Cycle Assessment), OPM (Oil Point Method), MECO matice [5, 11, 17]. Nástroj LCA poskytuje množství údajů o samotném zrození, provozování a recyklaci jednotlivých materiálů, ale také jejich závislé technologické procesy [4, 24]. Dnešní doba vyžaduje smysluplné nakládání se surovinami, ale i jejich opětovné zařazení do surovinových zdrojů pro jejich další využití.

Navržená metodika by umožnila stanovit energetické nároky na výrobu elektrického ručního nářadí, ale také emise kg CO<sub>2</sub> ekv. již při samotném návrhu výrobků dle použitých materiálů, objemových proporcí a povahy výrobku. Lze předpokládat že znečištění životního prostředí přesněji množství vypouštěného kg. CO<sub>2</sub> ekv. vzniklé v rámci životního cyklu výrobku je závislé na objemových a povahových vlastnostech výrobku z principu zachování funkčnosti a proporcionality vnitřního uspořádání výrobku. Nová metodika by poskytovala účinný kvantitativní nástroj ecodesignu bez znalosti složitých mechanismů a velmi nákladných LCA programů s okamžitým ukazatelem následných tvarových a materiálových úprav. Navržený přístup založený na energetických požadavcích na výrobu bude schopen porovnat jednotlivé emise kg. CO<sub>2</sub> ekv. pro jednotlivé lokality dle energetických mixů a tím zacílit na environmentálně šetrnou výrobu.

## **2 VYMEZENÍ ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY A PŘEDBĚŽNÉHO CÍLE DIZERTAČNÍ PRÁCE**

**2**

---

Rešeršní část pojednání ke statní doktorské zkoušce ukazuje na absenci znalostí použití materiálů ve sféře průmyslového designu a jeho role v raném stádiu návrhu výrobků. Je známo, že průmyslový designér nemá být odborníkem jen na ergonomii, estetiku, psychologii, marketing, konstrukci, ale zejména na životní cyklus výrobků [1]. Samotná praxe ukazuje na neznalost nástrojů ecodesignu nejenom průmyslovými designéry, ale také konstruktéry i v tak rozvinuté ekonomice jako je Japonsko. Je nutné si také uvědomit vysokou cenu a časovou náročnost zavádění komplexních LCA metodik, které se projevují jejich nízkým využíváním [10]. V rámci snižování ekologické zátěže existují metodiky (10 Golden Rules, MET Matrix, LiDS Wheel, MECO matice, TPI a další), které je možné použít, avšak neposkytují přesná data jako úplná analýza LCA. Podstatný problém v zavádění nástrojů ecodesignu je časová náročnost posouzení a sestavení podkladů pro analýzu [11].

Řešení dizertační práce umožní určit emise kg CO<sub>2</sub> ekv. a energie na výrobu elektrického nářadí v raném stádiu návrhu designu výrobku (je možné stanovovat energetické požadavky v jednotlivých životních fázích výrobku). Průmyslový designér získá představu o energetických a environmentálních dopadech svých návrhů a může jednoduchým způsobem provést korekci v rámci tvarování a výběru použitých materiálů. Nezanedbatelným přínosem bude rychlost a efektivita z důvodu statisticky zpracovaných údajů dle kategorizace. Důležitým pozitivním faktorem, který poukazuje na snižování těchto dopadů jsou schválené normy/předpisy (WHEE, RoHS, EuP, REACH, EU 2009/125/ES, ČSN EN ISO 14006 a ČSN EN ISO 14040), Kjótský protokol, ale také požadavky společnosti na úsporná zařízení prostřednictvím Ecolabelingu ISO 14020 (štítky uvádějící spotřebu elektrozařízení).

## 3 SHRUTÍ SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

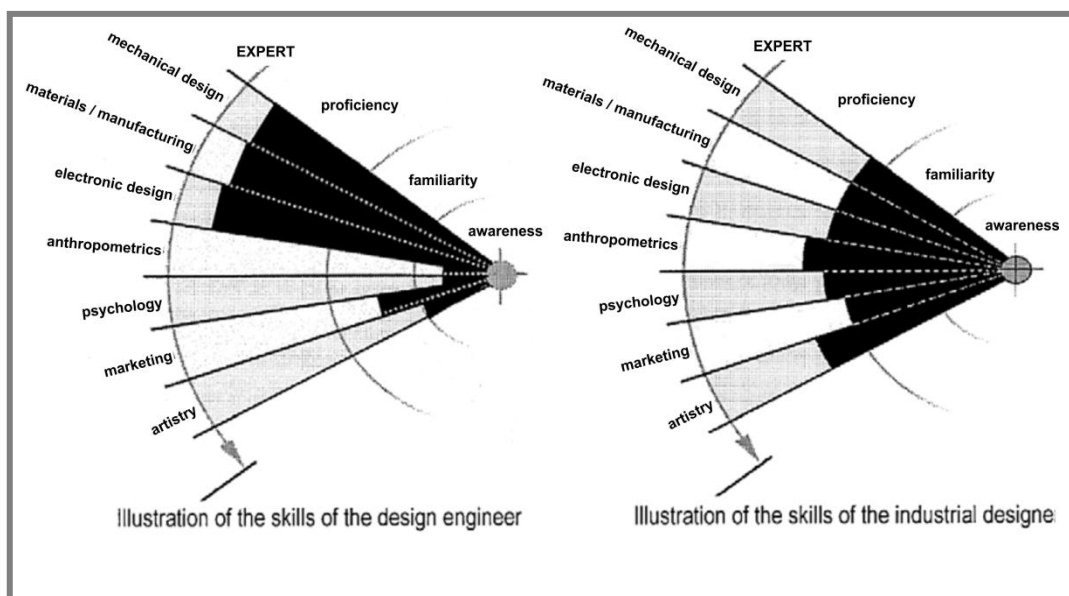
### 3.1 Využívání nástrojů ecodesignu v průmyslovém designu

- [1] **LOFTHOUSE, Vicky.** Investigation into the role of core industrial designers in ecodesign projects. *Design Studies*. 2004, 25(2): 215-227. DOI: 10.1016/j.destud.2003.10.007. ISSN 0142694x. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0142694X03000516>

Práce je zaměřena na vztah průmyslového designéra k ostatním profesím, které se zabývají návrhem výrobků a také na udržitelný rozvoj surovinových zdrojů. Autor článku upozorňuje na absenci znalostí průmyslového designéra na vhodné použití materiálů a jeho roli v raném stádiu návrhu výrobků. Designér navrhuje výrobky s cílem pro ergonomii, estetiku, psychologii, marketing, konstrukci v rámci individuální či skupinových sezení s klienty. Zkušenost plyne z tříleté spolupráce Cranfield University se společností Electrolux AB.

#### Výsledky

Výsledky ukazují jakou roli mají průmyslový designéři a konstrukční inženýři v procesu návrhu produktu. Průmyslový design je popisován jako uživatelsky zaměřený oproti konstrukčním inženýrům, jenž mají technologické směřování. Podle teorie ecodesignu má mít průmyslový designér stejné znalosti jako konstrukční inženýr. Na obrázku (Obr. 3-1) jsou zobrazeny dovednosti a rozdíly mezi těmito profesemi.



Obr. 3-1 Dovednosti průmyslového designéra a konstrukčního inženýra [1]

Požadavky průmyslových designérů zaměřených na ecodesign:

- trendy v designu,
- vhodná aplikace materiálů,
- detaily na nové typy spojování prvků,
- popis jak výrobek funguje a jeho požadavky,
- detaily vlastností materiálů a jejich distribuce,
- montážní popisy,
- převoz a skladování výrobků,
- kde a jak byl výrobek zhotoven,
- kde bude výrobek prodáván.

### Závěr

Průmyslový designér nemá být jen odborníkem v oblastech umění, ergonomie, estetiky, marketingu, ale zejména vhodně využívat vlastností materiálů. Má zohledňovat volbu materiálů produktu a snižovat tímto negativní dopady na životní prostředí, protože volba materiálu je integrální částí funkčního designu. Mnoho navržených nástrojů ecodesignu je zaměřeno na posuzování životního cyklu výrobku a jsou zejména využívány konstrukčními inženýry. Využívání LCA nástrojů je náročné na znalosti materiálů, výrobních a surovinových procesů a z toho důvodu je používání těchto nástrojů průmyslovými designéry složité.

---

[10] **UEDA, Edilson Shindi; SHIMITSY, T.; SATO, Kiminobu.** The role of industrial designers in Japanese companies involved in eco-redesign process. In: *Proceedings of 6th Asian Design International Conference*. 2003.

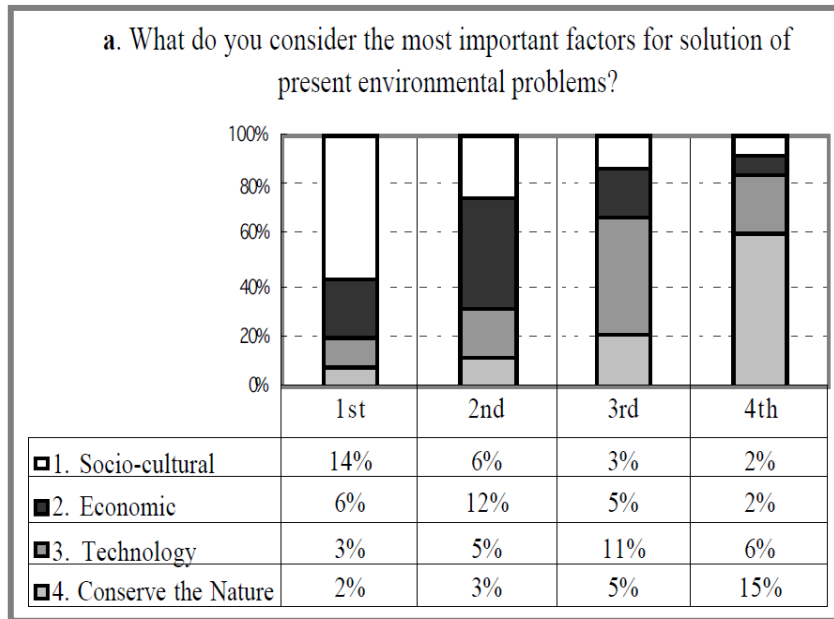
Účelem studie bylo zjištění znalostí LCA a zájmu průmyslových designérů v rámci procesu návrhu výrobků. Studie byla zpracována pro dizertační práci s názvem: "The Role of Industrial Designers Toward Environmental Concern for Sustainable Product Development and Ecodesign Strategy". Byly stanoveny čtyři výzkumné otázky, které poskytly odpověď na znalosti nástrojů ecodesignu a problémy jejich zavádění do praxe.

### Výsledky

Definice ecodesignu byla prováděna za pomoci odborníků z EU. Otázky byly odeslány do 19 velkých firem v Japonsku, kde pracovalo 197 designérů a dalším 70 nezávislým designérům.

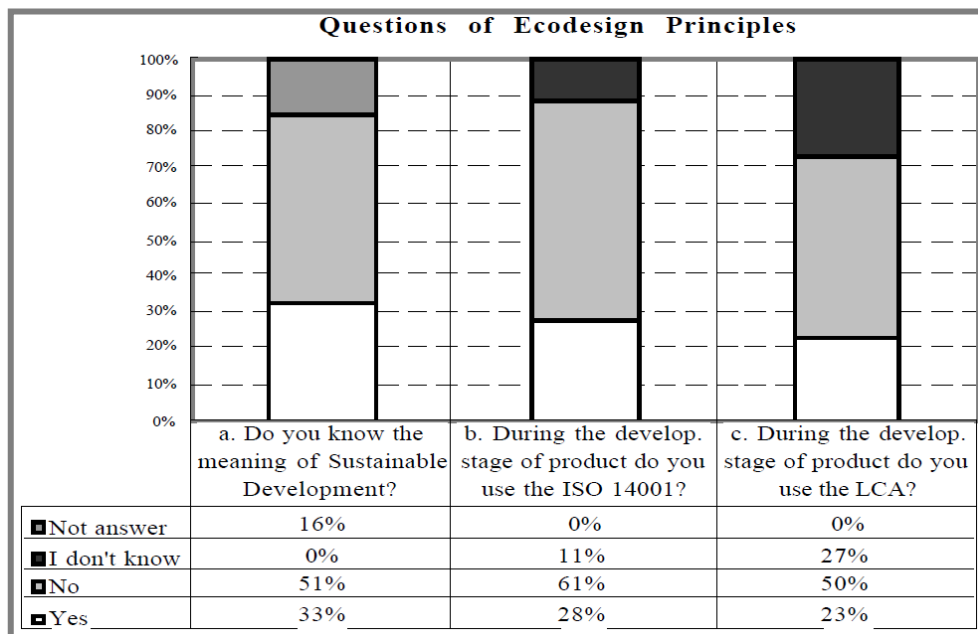
Výzkumné otázky:

- postoje designéra k otázkám životního prostředí,
- jaké jsou principy ecodesignu, je možné je charakterizovat,
- jak má být postup charakterizován z pohledu designérů,
- integrujete ecodesign do výrobků, setkali jste se s bariérou při návrhu.



Obr. 3-2 Body zájmů dle průmyslových designérů [10]

Výsledky ukazují neznalost základních nástrojů ecodesignu: v 72 % ISO 14001 (nařízení recyklace elektrických a elektronických zařízení) a významnou metodiku LCA v 77 % viz (Obr. 3-3). Obeslaných 23 designérů ze 197 pracovalo v oblasti ecodesignu.



Obr. 3-3 Průmyslový designéři a znalosti principů ecodesignu [10]

## Závěr

Výzkum představuje preference a postoje designérů k ecodesignu. Je dáána přednost sociálně-kulturním principům před technologickým aspektem viz (Obr. 3-

2). Designéři pracující ve velkých firmách (Sony, Nec, ...) mají povědomí o ecodesignu avšak jejich znalosti jsou minimální. Stejně problémy se týkají i konstruktérů. Podle publikovaného výzkumu jsou největší překážkou pro snižování environmentálních dopadů v procesu výroby ekonomické nároky z 36 % a technické problémy z 22 %.

---

[27] **SOVJÁK, Richard.** Studying Knowledge about Eco-design Tools at Department of Industrial Design, Brno University of Technology. *GRANT Journal*, 2017, vol. 5, no. 2, p. 72-75. ISSN: 1805-0638.

Článek se zabýval výzkumem znalostí studentů VUT FSI, ÚK (Odboru průmyslového designu) v problematice ecodesignu. Bylo dotázáno celkem 72 respondentů s celkovou účastí 92,73 %. V rámci výzkumu znalostí ecodesignu bylo položeno celkem 12 výzkumných otázek. Dvě otázky byly cíleny na představy studentů, zda-li by chtěli získat znalosti nástrojů ecodesignu během studia na vysoké škole, a jedna pro zjištění, zda-li chtějí být seznámeni s environmentálními dopady v raném stádiu návrhu jejich výrobků. Získané odpovědi byly dle typu otázek (Ano/Ne) popřípadě s volnou odpovědí vyhodnoceny.

### Výsledky

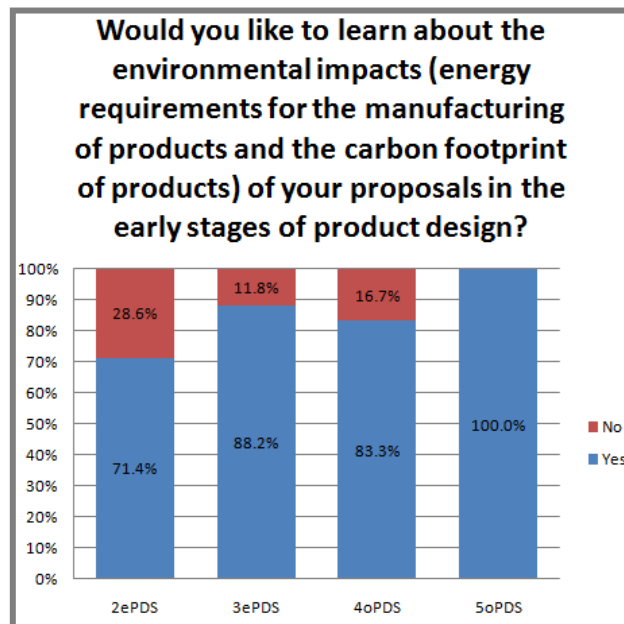
Výsledky výzkumu byly zaznamenány dle studijních ročníků a také dle studijních programů.

Výzkumné otázky s odpovědí Ano/Ne:

- Q1. Znáte nástroje eco-designu?
- Q2. Používáte nástroje LCA (analýza životního cyklu výrobku/služby)?
- Q3. Víte k čemu slouží soubor norem ISO 14000?
- Q4. Chtěli by jste navrhovat výrobky splňující pravidla eco-designu?
- Q5. Víte rozdíl v kvalitativním a kvantitativním přístupu v posuzování životního cyklu výrobku?
- Q6. Byli by jste schopni vytvořit LCI (inventarizační analýzu) služby či produktu?
- Q7. Měl by mít průmyslový designér znalosti LCA (životní cyklus výrobku)?
- Q8. Chtěli by jste získat znalosti LCA během studia na VUT FSI ÚK OPD?
- Q9. Chtěli by jste znát environmentální dopady (energetické požadavky na výrobu výrobků a uhlíkovou stopu výrobků) Vašich návrhů v raném stádiu návrhu výrobků?
- Q10. Odráží se požadavky na eco-design ve výrobcích splňující greendesign?

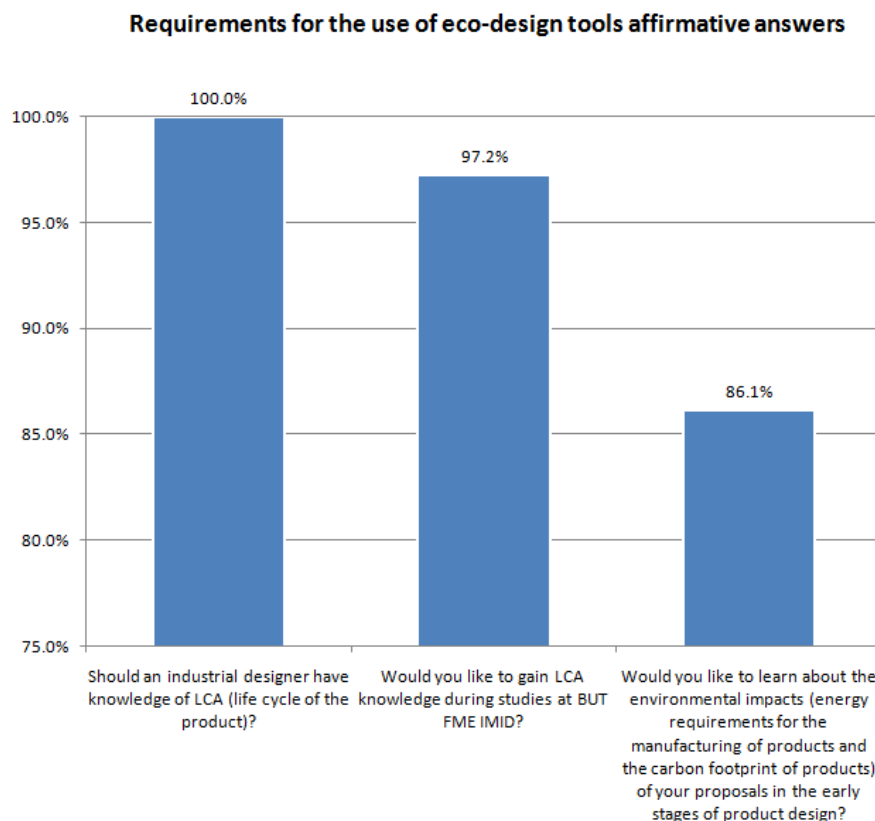
Výzkumné otázky s volnou odpovědí o maximálně třech údajích:

- Q11. Uveďte tři způsoby, jak je možné snížit environmentální dopady výrobků a služeb.
- Q12. Uveďte jeden softwarový nástroj LCA.



Obr. 3-4 Graf požadavků studentů na znalosti LCA studenty OPD, Q9 [27]

Dle výsledků odpovědí studentů jednotlivých ročníků na otázku Q1 (Znáte nástroje eco-designu?) byl zaznamenán největší podíl souhlasných odpovědí v závěrečných ročnících a to okolo 18 %. V otázce Q9 viz (Obr. 3-4) by rádi získali informace o dopadech svých výrobků již v raném stádiu návrhu. Se zvyšující se úrovní vzdělání vzrůstá zájem o tyto informace až na 100 %. Podle souhlasných odpovědí na otázky Q7-Q9 viz (Obr. 3-5) je možné sledovat celkový zájem o problematiku LCA a energetických požadavcích na výrobu včetně emisí kg. CO<sub>2</sub> ekv.



Obr. 3-5 Graf požadavků studentů na LCA, souhlasné odpovědi, Q7-Q9 [27]

### Závěr

Výzkum nás seznamuje s preferencemi studentů VUT FSI, Odboru průmyslového designu v oblasti ecodesignu. V rámci porovnání s výzkumem, který byl proveden v Japonských firmách článek: *"The role of industrial designers in Japanese companies involved in eco-redesign process"*, nedošlo ke zlepšení znalostí životního cyklu výrobků samotnými designéry. Na výsledcích v otázkách Q1 a Q9 je možno vidět neznalost nástrojů ecodesignu, ale jistý zájem o získání těchto znalostí. Zájem o informace v oblasti environmentálních dopadů svých návrhů je vysoký u studentů závěrečných ročníků bakalářského a magisterského studia. Výzkum poskytl cenné informace pro budoucí směřování Odboru průmyslového designu na Vysokém učení technickém v Brně Fakultě strojního inženýrství.

## 3.2 Kvalitativní přístup

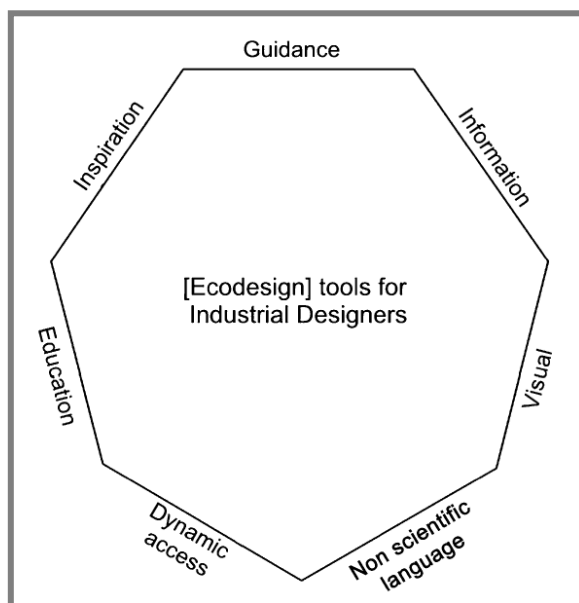
3.2

- [3] **LOFTHOUSE, Vicky.** Ecodesign tools for designers: defining the requirements. *Journal of Cleaner Production*. 2006, 14(15-16): 1386-1395. DOI: 10.1016/j.jclepro.2005.11.013. ISSN 09596526. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652605002465>

Článek navazuje na práci [1] *"Investigation into the role of core industrial designers in ecodesign projects"* a analyzuje důležitá kritéria, která stanovují požadavky na zjednodušené využívání nástrojů ecodesignu průmyslovými designéry. Odráží také požadavky designérů za vizuální či grafické zpracování nástrojů ecodesignu z důvodu snížení časových nároků na zpracování analýz. Tyto požadavky se promítly v on-line aplikaci "Information/Inspiration", která je výsledkem tohoto výzkumu.

### Výsledky

Práce ukazuje výsledky dlouhodobého výzkumu a sběru dat, do kterého přispěli noví designéři, profesionálové v oblastech designu a ecodesignu. Do komplexního nástroje ecodesignu musí být začleněny všechny prvky uvedené v holistickém rámci viz (Obr. 3-6). Toto řešení obsahuje metodiky LiDS Wheel, EcoWeb a požadavky WEEE, RoHS, EuP a nařízení Packaging and Packaging Waste. Shrnutí všech požadavků bylo zapracováno do webového rozhraní "Information/Inspiration" dostupné na adrese <http://ecodesign.lboro.ac.uk/>, které mají poskytnout dostatečné informace pro aplikaci ecodesignu designéry.



Obr. 3-6 Holistický rámec nástroje ecodesignu pro průmyslový design [3]

### Závěr

Studie obsahuje důležité požadavky pro splnění pravidel ecodesignu a poskytují designérovi komplexní představu o návrhu udržitelných výrobků. Webové rozhraní, které je výsledkem výzkumu poskytuje základní informace bez dalších detailů. Důležité je zpracování požadavků ecodesignu designéry viz (Obr. 3-6), které se ve výzkumu dále podrobněji upřesňují.

- [14] **KOTA, Srinivas a Amaresh CHAKRABARTI**, 2011. ACLONDS – A holistic framework for environmentally friendly product lifecycle design. In: *Global Product Development*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, s. 137-146. DOI: 10.1007/978-3-642-15973-2. ISBN 978-3-642-15972-5. Dostupné také z: [http://www.cpdm.iisc.ernet.in/ideaslab/paper\\_scans/UID\\_83.pdf](http://www.cpdm.iisc.ernet.in/ideaslab/paper_scans/UID_83.pdf)

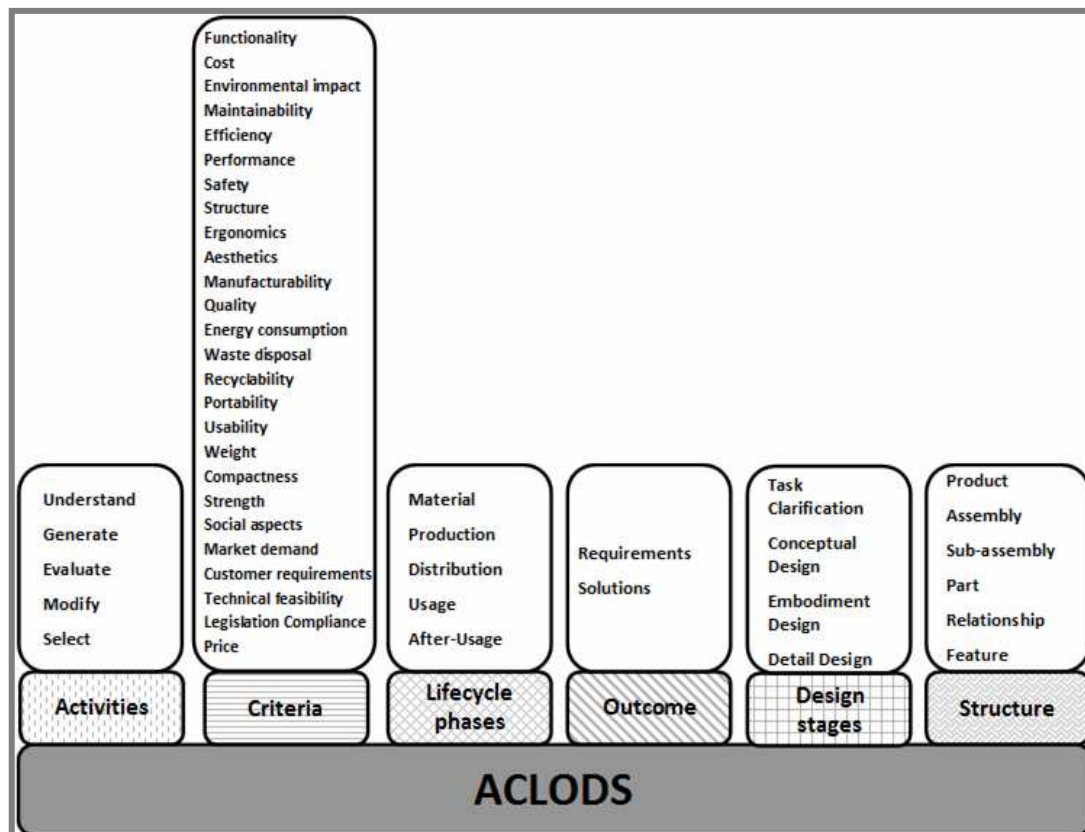
Článek zhodnocuje stávající přístup designérů a konstruktérů k ecodesignu a navrhuje vylepšení procesu navrhování výrobků. Aplikační rámec je založen na šesti bodech, které jsou pilířem rámce ACLONDS viz (Obr. 3-7). Data jsou shromážděna a porovnána v procentuálním sloupcovém grafu v jednotlivých fázích danými faktory.

### Výsledky

Výsledkem práce je vytvoření aplikačního rámce, který procentuálně (0 až 100 %) posuzuje ohleduplnost k životnímu prostředí ve stávajících nástrojích ecodesignu. Sdružuje jednotlivé kategorie dle jednotlivých vlastností do rámcových skupin, které po té slouží k vytvoření aplikačního rámce ACLONDS.

Fáze aplikačního rámce ACLONDS viz (Obr. 3-7):

- aktivity konstruktér/designér (úpravy, výběr, řešení, ...),
- kritéria (kvalita, odpad, recyklace, váha, legislativa, ekonomika, ...),
- životní cyklus (použití, konec životního cyklu, ...),
- výsledky (modifikace, odmítnutí, přijetí),
- konstrukci/design (konceptní design, tvarová čistota, ...),
- strukturu (montáž, demontáž, díly, ...).



Obr. 3-7 Schéma aplikačního rámce ACLODS [14]

### Závěr

Práce mapuje vazby stávajících přístupů k navrhování výrobků a identifikuje místa pro jejich zlepšení. Bylo zjištěno, že nejmenší pozornosti v oblasti environmentálně příznivých výrobků bylo v oblasti návrhu a struktury výrobku. Vytvořený aplikační rámec ACLODS definuje šest aplikačních oblastí, které povedou ke zlepšení procesu navrhování dle pravidel životního cyklu výrobku.

- [15] **IAN, Thomas**, 2016. Focus 3: EMS and EIA: Topic 7: Life Cycle Analysis: Introduction and Background. *RMIT University | Melbourne | Australia* [online]. [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: [https://www.dlsweb.rmit.edu.au/conenv/envi1128/focus3/f3\\_t7\\_q37.htm](https://www.dlsweb.rmit.edu.au/conenv/envi1128/focus3/f3_t7_q37.htm)

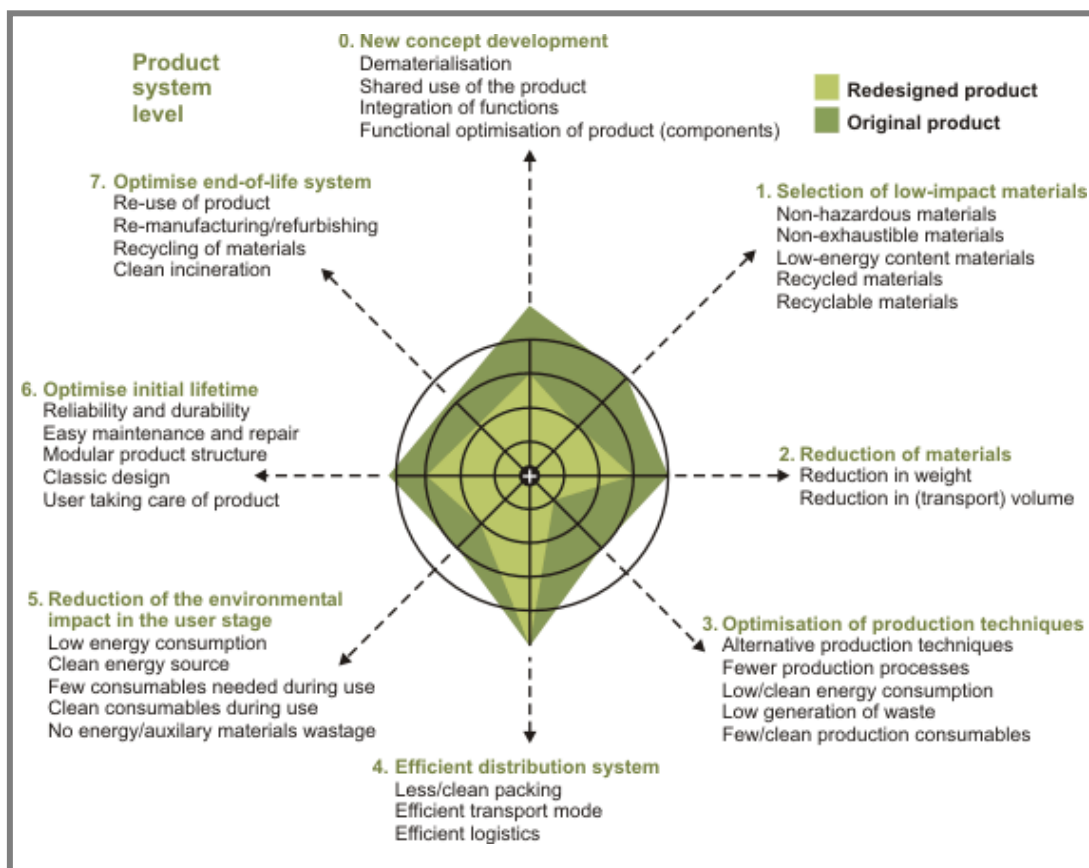
Vytvořené webové rozhraní RMIT University je zaměřeno na klíčové komponenty EMS a EIA, jež jsou rozděleny do 5 témat s 11 podtématy. Popisuje environmentální management, analýzy, reporting a také využití LCA analýzy. Vizualizovaný nástroj ecodesignu LiDS Wheel viz (Obr. 3-17) je založen na kvalitativním přístupu k otázce životního prostředí a poskytuje konkrétní řešení.

## Výsledky

Informace shrnuté ve výukovém rozhraní slouží studentům pro pochopení environmentálního managementu. Shrnuje základní principy čisté výroby a je zaměřen na udržitelný rozvoj surovinových zdrojů. Jednou z uváděných metodik je Metodika LiDS Wheel, která umožňuje porovnání životního cyklu jak starého tak nového výrobku s vyznačenou intenzitou dopadu prostřednictvím 8 parametrů, které odpovídají intenzitě na jednotlivých osách schématu.

Rozdělení jednotlivých skupin v metodice LiDS Wheel viz (Obr. 3-8):

- 0-nová koncepce rozvoje,
- 1-materiály s malým dopadem,
- 2-snížení spotřeby materiálu,
- 3-optimalizace výrobních technik,
- 4-optimalizace distribučního systému,
- 5-snížení vlivu uživatelské fáze,
- 6-optimalizace počáteční životnosti,
- 7-optimalizace ukončení životního cyklu.



Obr. 3-8 LiDS Wheel [15]

## Závěr

Práce popisuje techniky environmentálního managementu, ukázkou zpracování inventarizační LCI a LiDS Wheel analýzy. Analýza založená na LiDS Wheel je kvalitativní a neposkytuje podrobné informace o životním cyklu výrobku slouží však k rychlému posouzení environmentálních dopadů v kterékoliv fázi životního cyklu výrobku.

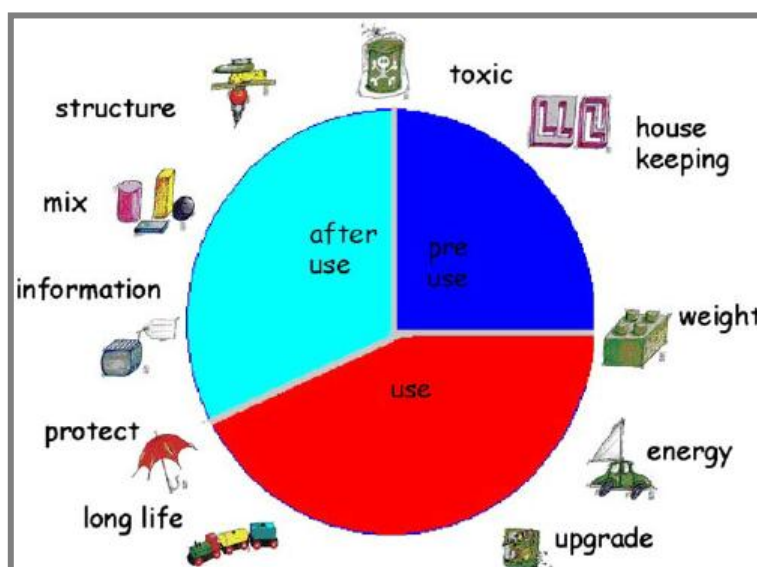
---

- [16] **LUTTROP, Conrad a Jessica LAGERSTEDT.** EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. *Journal of Cleaner Production*. 2006, 14(15-16), 1396-1408. DOI: 10.1016/j.jclepro.2005.11.022. ISSN 09596526. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652605002556>

Článek popisuje nástroj The 10 Golden Rules a jeho využití na vzorových příkladech, které byly řešeny v rámci studia na KHT Stockholm a společností Bombardier ve Švédsku. Seznamuje také s možnými úpravami nástroje pro optimální posouzení životního cyklu výrobku.

## Výsledky

Nástroj byl vyvinut pro usnadnění zavádění udržitelného vývoje (pravidel ecodesignu) výrobků v multidisciplinárním odborném prostředí. Metodika slučuje mnoho předpisů do uceleného řešení, které je možné aplikovat ve firemním prostředí jako byla společnost Bombardier. Nástroj obsahuje "10 zlatých pravidel ecodesignu" viz (Obr. 3-9), která je využita v raném stádiu návrhu popřípadě k porovnání existujících produktů. Výstupem jsou kvalitativní informace, které lze využít ke konkrétním změnám v životním cyklu výrobku.



Obr. 3-9 Schéma The 10 Golden Rules [16]

## Závěr

Práce shrnuje environmentální nástroje, které byly začleněny do The 10 Golden Rules. Zohledňují požadavky designérů a konstruktérů na rychlou orientaci a práci s nástroji ecodesignu. Nástroj The 10 Golden Rules musí být optimalizován pro jednotlivá designérská odvětví (interiér, konstrukce) z důvodu rozdílných vstupních údajů.

---

- [9] **PLATCHECK, E.R., L. SCHAEFFER, W. KINDLEIN a L.H.A. CÂNDIDO.** Methodology of ecodesign for the development of more sustainable electro-electronic equipments. *Journal of Cleaner Production*. 2008, 16(1): 75-86. DOI: 10.1016/j.jclepro.2006.10.006. ISSN 09596526. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652606003763>

Článek popisuje metodologii pro optimalizaci a vývoj elektronických zařízení. Zaměřuje se na vývoj výrobku a hodnotí postup dle 4 fázové metodiky, která zahrnuje životní cykly výrobku. Přístup za pomoci metodiky dokázal snížit dopady na životní prostředí.

## Výsledky

Výsledkem práce je stanovení postupu pro úspěšné řešení výroby elektro zařízení. Metodika byla prověřena na studii produktu kompresoru pro akvária viz (Obr. 3-10).

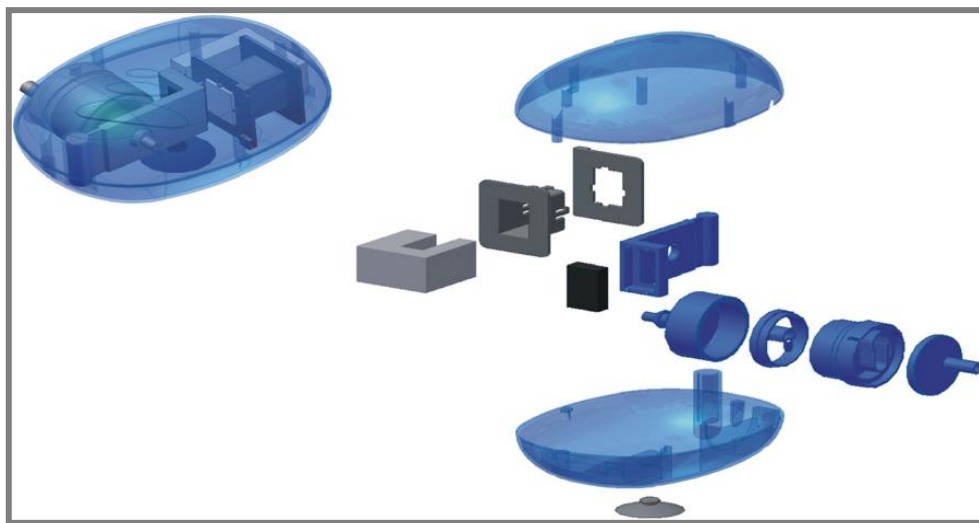
Sestavení metodologie do základních fází:

- popisná - definuje problém a hledá řešení za pomoci DfA (Design for Assembly), DfM (Design for Maintenance) pro zvýšení trvanlivosti a DfD (Design for Disassembly) pro montáž
- vývojová - analyzuje ergonomii, strukturu, funkce, morfologii, marketing, technické řešení, produktivitu, transport, balení a historický vývoj
- projekční - po vyřešení designu a technického řešení, analýza dopadu na ekosystém
- komunikační - sestavení zprávy a vizuální podpory

Navržená metodika je schopna optimalizovat množství montážních komponentů, v použité škále odlišných materiálů, omezení výrobních systémů a demontážních operací. Výsledkem je možná absence šroubových spojů, rektifikace vnitřních komponentů za pomoci tvarových výstupků a omezení jejich množství a druhů použitých materiálů jednotlivých komponentů (Obr. 3-11).



Obr. 3-10 Vnitřní řešení kompresorů pro akvária [9]



Obr. 3-11 Optimalizované vnitřní kompresoru k akváriu [9]

## Závěr

Výsledky výzkumu ukazují potenciál navrženého optimalizačního nástroje, který prokazatelně snížil zátěž na ekosystém. Nevýhodou článku je faktické neověření metodikou LCA, která by dokázala přesně určit potenciál stanovené metodiky.

---

## 3.3 Kvantitativní přístup

[26] *ISO 14044:2006: Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines*, 2006. Switzerland: International Organization for Standardization.

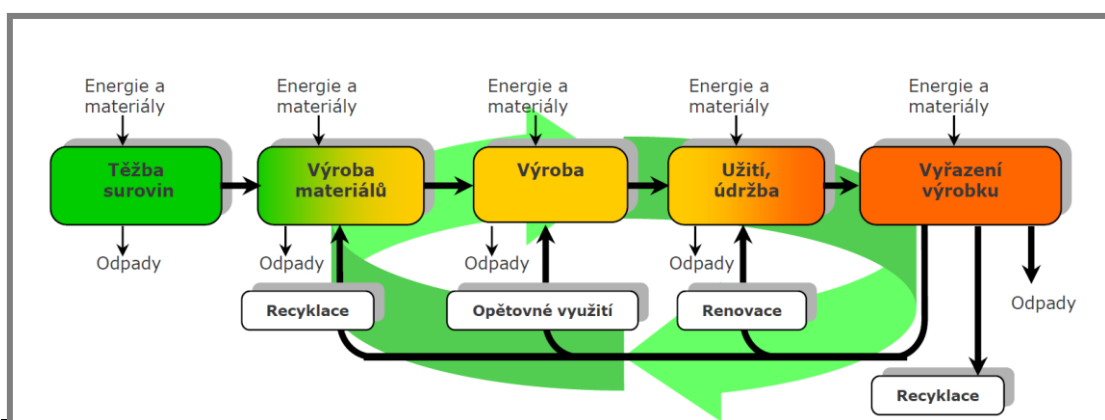
Nejvýznamnější norma pro ochranu životního prostředí v rámci posuzování životního cyklu výrobku je: Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Požadavky a směrnice. Nahrazuje dřívější normy EN ISO 14040:1997, EN ISO 14041:1998, EN ISO 14042:2000 a EN ISO 14043:2000.

## Výsledky

LCA poskytuje nejkompexnější a systematické posouzení dopadu výrobku, služby či systému na životní prostředí popřípadě na jiné zájmové oblasti člověka. Při posuzování jsou brány v potaz všechny fáze životního cyklu od vytěžení surovin až po uložení odpadu zpět do země "od kolébky po hrob" viz (Obr. 3-12). V případě LCA bez využití posouzení dopadů na životní prostředí hovoříme po té o LCI inventarizační analýze životního cyklu. Zpracování LCI vyžaduje znalost výrobních operací, vlivy dopadů na životní prostředí, materiálová složení, druhy energetických vstupů, užívání výrobku, recyklační scénáře a veškerý dotčený transport. [28][29][30]

Norma poskytuje pokyny a požadavky pro posouzení LCA a LCI jako:

- cíl a rozsah definice LCA,
- inventarizační analýza životního cyklu (LCI),
- analýza dopadů životního cyklu (LCIA),
- interpretace fází životního cyklu,
- hlášení zpráv a kritické přezkoumání LCA,
- sestavení omezení LCA,
- vztah mezi jednotlivými fázemi LCA,
- podmínky pro použití hodnoty a volitelných hodnot.



Obr. 3-12 Schéma životní cyklus produktu dle LCA [28]

## Závěr

Je nutné si také uvědomit vysokou cenu a finanční náročnost zavádění komplexních LCA metodik v rámci snižování ekologické zátěže. Podstatný problém v zavádění nástrojů ecodesignu je časová náročnost posouzení a sestavení podkladů pro analýzu. Komplexní analýzy LCA je možné zpracovávat v počítačových programech jako je: SimaPro, OpenLCA, GaBi, PRé Consultants, Umberto.

- [31] **BEY, Nicki**, 2000. *The Oil Point Method: A tool for indicative environmental evaluation in material and process selection* [online]. Lyngby [cit. 2018-06-09]. Dostupné z: [http://polynet.dk/lenau/niki\\_bey\\_phd\\_thesis.pdf](http://polynet.dk/lenau/niki_bey_phd_thesis.pdf). Dissertation thesis. Technical University of Denmark.

Dizertační práce založena na hodnocení environmentálních dopadů výrobků v raném stádiu návrhu. Práce poskytuje časově nenáročnou metodiku, která je založena na LCA s kvantifikovaným výstupem. Výstupem jsou jednotky OPM, které udávají energii v MJ v 1kg ropy. Práce obsahuje hodnoty OPM pro více jak 70 materiálů, 20 výrobních procesů a dalších 20 životních cyklů.

### Výsledky

OPM vyháží z metodiky LCA, která využívá spalování fosilních paliv (ropa, uhlí, ...) a dává ucelenou představu o dopadu na životní prostředí.

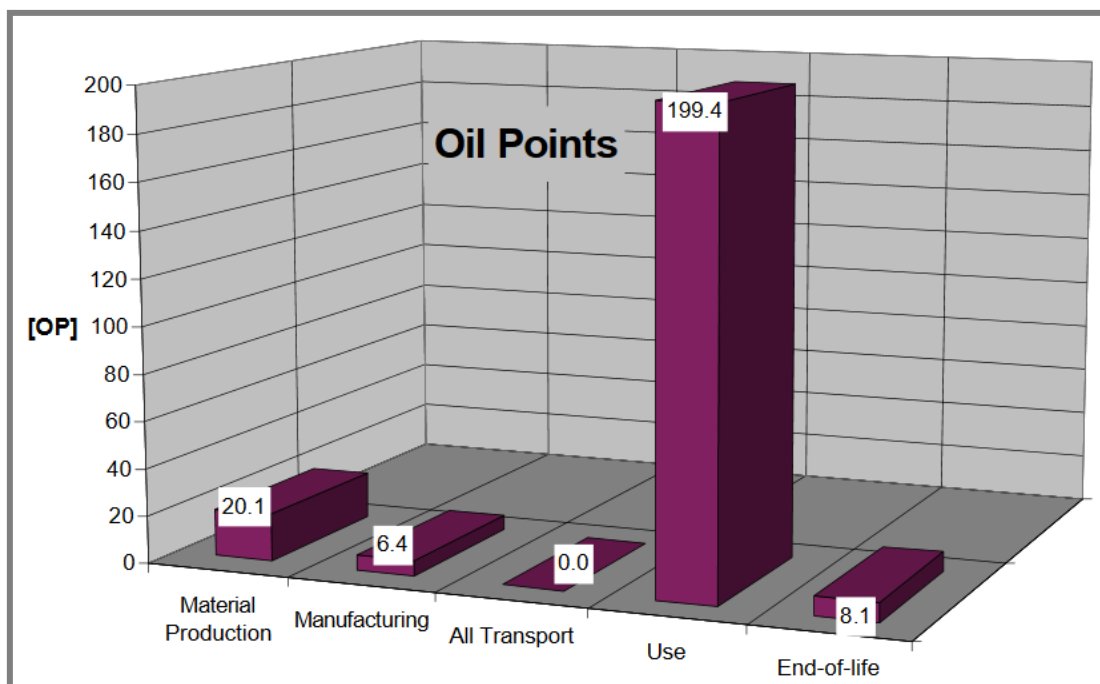
$$1 \text{ Oil Point (OP)} = \text{Energetický obsah } 1 \text{ kg ropy} = 45 \text{ MJ}$$

Oil Points jsou definovány dle metodiky pro:

- materiály,
- energie (primární energie a procesy),
- výrobní procesy,
- transport,
- uživatelská část,
- end-of-life (EoL).

Sestavení metody bylo provedeno dle přístupu "tři na tři" kroky a to:

- "Focus" - porovnání a sestavení systému a funkčních jednotek
- "Evaluate" - sestavení životního cyklu, nalezení OP indikátorů, výpočet a výsledky
- "Interpret" - kontrola výsledků v souvislostech



Obr. 3-13 Životní cyklus dle OP pro elektrický vysavač [33]

### Závěr

Navržená metodika OPM poskytuje rychlý nástroj pro posouzení environmentálních dopadů v jakékoliv životní fázi výrobku. Nevýhodou pro použití v rané fázi návrhu je nutnost znát jednotlivé hmotnosti popřípadě objem jednotlivých komponentů. V případě absence požadovaného materiálu je možné jej doplnit z nástroje LCA. Práce obsahuje také ukázky posouzení dle OPM pro vozidlo, okna, vysavač viz (Obr. 3-13) a další výrobky.

- [17] **HOCHSCHORNER, Elisabeth.** *Life cycle thinking in environmentally preferable procurement* [online]. Stockholm: Royal Institute of Technology, 2008 [cit. 2016-01-10]. ISBN 978-917-1789-105. Dostupné z: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:13528/FULLTEXT01.pdf>


Dizertační práce složená z publikovaných článků týkajících se posuzování environmentálních dopadů materiálů ve vojenském průmyslu za použití LCA, LCC, MECO a ERPA matice. Shrnuje také vlastnosti 15 ecodesign nástrojů, které jsou v práci popsány.

### Výsledky

Výsledkem práce je posuzování celého životního cyklu ve vojenském prostředí s požadavky na ekodesign. Z disertační práce byly vybrány publikované články, které se týkají nástroje MECO. Nástroj MECO patří do zjednodušené analýzy LCA se semi-kvantitativním přístupem (část výsledků je kvantitativní i kvalitativní z důvodu kvantitativních vstupních údajů). Matici MECO viz (Tab. 3-1) lze použít v libovolné fázi životního cyklu výrobku. Materiály a energie jsou

zahrnuty do spotřeby zdrojů, dopady na životní prostředí jsou zařazeny v kategorii toxicita. Analýza poskytuje více pozitivních informací o toxických látkách a dalších dopadech než LCA.

Tab. 3-1 Struktura matice MECO [18]



	Materials	Manufacture	Transport	Use	Disposal
MATERIALS	•Tree/ fibrous plants •White liquor		•Products (paper) • Transports		•Reuse/Upcycle Combine with other materials
ENERGY	•Machines to chipped and harvested	•Electricity for machines	•Energy for transports	•If use with machine like printer	•Recycle •Transport to landfill
CHEMICALS	•Sodiumsulfide •Caustic soda •Chlorine	•White liquor • Colour to dye the paper			•Recycle: mixture with chemicals
OTHERS	•Workers	•Workers			

### Závěr

Publikované články týkající se nástroje MECO matrix se zaměřují na použitelnost zjednodušeného nástroje LCA. Metoda MECO má pozitivní výsledky vůči metodě ERPA, která je závislá na vstupních informacích. Obě metody mají perspektivu využití pro posuzování životního cyklu výrobku "Cradle to Gate" ve stádiu návrhu výrobku.

- [19] **SINGHAL, Pranshu, Salla AHONEN, Gareth RICE, Markus STUTZ, Markus TERHO a Hans VAN DER WEL.** Key Environmental Performance Indicators (KEPIs): A new approach to environmental assessment. In: *International Congress and Exhibition on Electronics Goes Green 2004+*. Berlin: Fraunhofer IRB Verlag, 2004, s. 697 - 702. Dostupné také z:  
[http://www.lcaforum.ch/Portals/0/DF\\_Archive/DF27/Stutz2KEPIPaper2004.pdf](http://www.lcaforum.ch/Portals/0/DF_Archive/DF27/Stutz2KEPIPaper2004.pdf)

Článek analyzuje environmentální dopady mobilního telefonu (LCD, polovodiče, vzácné kovy). Nové indikátory KEPI mohou být využity pro zlepšení environmentálních návrhů. Přínosem analýzy je snížení časových požadavků na její zpracování a také jednoduchost.

## Výsledky

Metoda KEPI viz (Tab. 3-2) posuzuje tři faktory životního cyklu výrobku (výroba, distribuce a použití), které jsou založeny na základě výsledků LCA a hodnotí je v celém jejich životním cyklu. Pro hodnocení jsou vybrány indikátory, které mají významný dopad na životní prostředí. Je možné provádět porovnání výrobků, ale musí být splněny předpoklady, že výrobky jsou totožného druhu a stejně technologicky řešeny (např. PDA vs. PDA).

Pro zajištění účinnosti metody:

- poskytnout jasné výsledky,
- požadovat omezené množství dat,
- časově nenáročné zpracování,
- data založena na fyzikálních a chemických vlastnostech produktu,
- výsledky posouzení dopadů bez extrapolace.

Tab. 3-2 Matice MECO [20]

Phase of the lifecycle	Manufacturing	Distribution	Use
Proposed indicators	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gold quantity</li> <li>• Area of printed circuit board x number of layer</li> <li>• Total area of dies (of integrated circuit)</li> <li>• Bromine quantity</li> <li>• LCD screen area</li> <li>• Quantity of solder paste</li> <li>• Copper quantity in charger and cables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Number of components in the mobile phone</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energy consumption in sleep mode</li> </ul>

## Závěr

Indikátory KEPI byly ověřovány prostřednictvím japonských společností zaměřujících se na výrobu notebooků a PC. Analýza výrobků za pomoci indikátorů KEPI je možná pouze u stejných druhů výrobků (PDA vs. PDA, PC vs. notebook), které mají stejnou funkčnost.

- [21] **NISSEN, Nils a Karsten SCHISCHKE, 2014.** Environmental evaluation methods: Toxic Potential Indicator (TPI). *Willkommen - Fraunhofer IZM* [online]. [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: [http://www.izm.fraunhofer.de/en/abteilungen/environmental\\_reliabilityengineering/key\\_research\\_areas/environmental\\_assessmentandeco-design/toxic-potential-indicator--tpi-.html](http://www.izm.fraunhofer.de/en/abteilungen/environmental_reliabilityengineering/key_research_areas/environmental_assessmentandeco-design/toxic-potential-indicator--tpi-.html)

Účelem zpracovaného výzkum na Fraunhofer-Institutu bylo určení toxického potenciálu v látkách, který využívá německých právních předpisů. Výsledkem

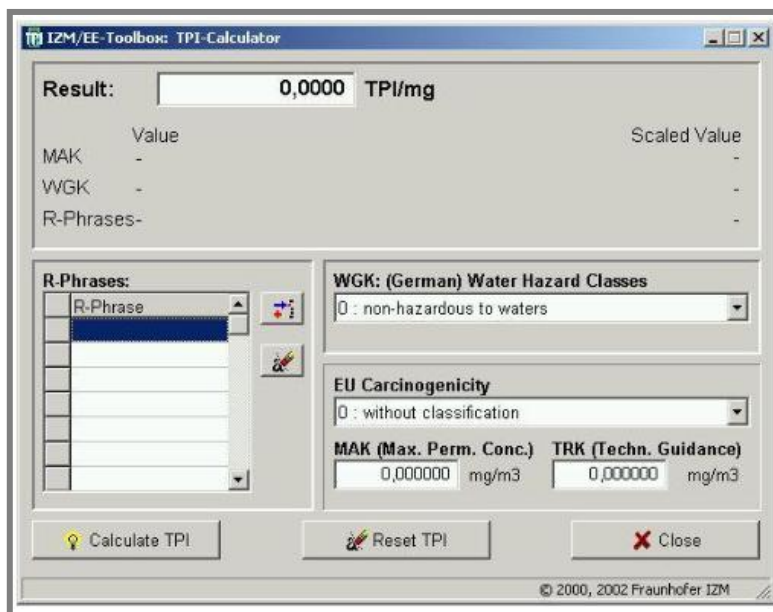
výzkumu je software zaměřený na výpočet indikátoru potencionální toxicity, který používá jako vstupních dat existující informace o chemických látkách.

### Výsledky

Indikátor TPI je ukazatelem dopadu toxického zatížení na životní prostředí a je cílen na materiálovém složení výrobku a není určen pro produktový systém "od kolébky po hrob". Nástroj také není určený na posouzení materiálů vzniklých během pomocných procesů, odpadů při spalování, ale na použité materiály a jejich aspekty. Materiály dle bezpečnostních listů jsou mapovány indikátorem od 0 (nejhorší) - 7 (nejlepší) a po té jsou násobeny hmotností látky a upraveny do maximální hodnoty 100. Výsledné hodnoty jsou udávány v TPI/mg látky a vyjadřuje hmotnost, po kterou toxicita látky zůstane nezměněná.

Vstupní hodnoty pro výpočet TPI viz (Obr. 3-14):

- maximální koncentrace na pracovišti (MAK),
- karcinogenní klasifikace (může překonat koncentraci pracoviště),
- hodnoty rizik dle nařízení o chemických látkách (hodnoty R),
- třídy znečišťování vody (WGK).



Obr. 3-14 Grafické rozhraní softwaru na posouzení TPI [21]

### Závěr

Software vytvořený na Fraunhofer-Institutu je jednoduchý a intuitivní na ovládání. Nevýhodou je absence využití v celém životním cyklu výrobku (od vytěžení až po skládkování, recyklaci či spalování odpadu). Vstupní hodnoty jsou velmi rozšířené a běžně dostupné například hodnoty rizik (R-listy).

[20] **FROELICH, Daniel a Damien SULPICE**, 2013. ECO-DESIGN TOOLS - Indicators | Eco-3e. *Eco-3e* [online]. [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: <http://eco3e.eu/wp-content/uploads/kalins-pdf/singles/indicators.pdf>

Práce hodnotí využití kvantitativní environmentálních nástrojů pro posuzování životního cyklu výrobku. Mezi posuzované nástroje patří (MET Matrix, KEPIS, Globální indikátory a hodnocení demontáže produktu). Seznamuje s požadavky na vstupní data a také s rozsahem jejich využití. V počáteční fázi návrhu výrobku slouží nástroje ecodesignu k identifikaci problému a k jeho odstranění.

### Výsledky

Hodnotící metoda je určena k obecnému posouzení celého životního cyklu s kvalitativním a kvantitativním výstupem. Nástroj MET Matrix je tvořen maticí viz (Tab. 3-3), která hodnotí ochranu přírody s ohledem na životní cyklus výrobku s důrazem na materiály, energii a toxicitu. Matici lze použít k řešení environmentálních problémů v jakékoliv fázi životního cyklu, nebo ověření stávajících či plánování nových strategií. K dosažení výsledků je nutná široká znalost problematiky ecodesignu, avšak výhodou je rychlost a jednoduchost tohoto nástroje oproti zpracování rozsáhlé LCA analýzy.

Tab. 3-3 Schéma matice MET Matrix [22]

MET Matrix	VSTUPY		VÝSTUP
	(M) Materiály	(E) Energie	(T) Toxické emise
<b>Suroviny &amp; Výroba komponentů</b> (těžba)	> Všechny potřebné materiály, díly a komponenty.	> Spotřeba energie pro získání surovin. > Energie použitá na vyčištění > Energie spotřebovaná na transport materiálů do továrny.	> Toxický odpad při těžbě a zušlechťování materiálu před výrobou.
<b>Tovární výroba</b> (včetně balení & odeslání)	> Pomocné materiály zakoupené (šrouby, elektrické položky atd.) > Další látky používané ve výrobním procesu (tj. předměty pro svařování, malování, atd.)	> Spotřeba energie v procesech používaných ve výrobním závodě.	> Toxický odpad produkováný v továrně. > Zbytky materiálů: odřezky, zmetky, atd.
<b>Distribuce &amp; Dodavatelský řetězec</b>	> Materiály používané pro balení výrobků. > Prvky obalů používaných pro přepravu a distribuci.	> Spotřeba energie v průběhu zabalování a balení (isou-li) > Doprava z továrny ke konečným distributorům.	> Odpad ze spalování během přepravy. > Odpad z balení.
<b>Používání</b> Používání (normální užívání) a servis (údržba a opravy)	> Spotřební materiál. > Odhadované náhradní díly.	> Energie spotřebovaná výrobkem po celou dobu jeho předpokládané životnosti.	> Odpady z spotřebního > Odpady z náhradních dílů.
<b>End of Life - (EoL)</b> Nakládání s odpady - využití a odstranění	> Spotřeba surovin a pomocných materiálů pro ukončení životnosti.	> Energie použitá ve EoL soustavě pro materiály nebo díly (spalování, recyklace, atd.) > Energie pro dopravu do EoL systémy.	> Toxický odpad vytvářený produkty v EoL. > Odpad ze spalování. > Recyklace & balení materiálů.

Článek také posuzuje ecodesign z pohledu demontáže kde jsou identifikovány jednotlivé díly, nutné síly na demontáž, časy na výměnu, počet dílů, požadované nástroje, atp. Aspekty jsou vyhodnoceny a kvantitativně zpracovány.

### Závěr

Posuzování environmentálních dopadů prostřednictvím nástroje MET Matrix poskytuje výhody zejména v kvantitativním přístupu a je možné jej využívat v jakékoliv životní fázi výrobku. Nástroj je založen na metodice LCA. Práce také nastiňuje problematiku demontáže výrobků.

---

[23] WEINZETTEL, Jan, 2016. Input output analýza. *Úvod | Databáze vysokoškolských kvalifikačních prací zaměřených na LCA* [online]. [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <http://vskp.vsb.cz/oblast-ioa/>

Disertační práce se zaměřuje na určování environmentálních dopadů za pomoci ekonomických ukazatelů, které mohou mít hmotnou či nehmotnou povahu. Ekonomické subjekty spotřebovávají energii, materiály a čerpají služby, které jsou evidovány za pomoci finančních toků pro jednotlivé ekonomické sektory.

### Výsledky

Analýza IO je založena na sumarizaci vstupních a výstupních datech v rámci ekonomických pohybů za výrobky či služby. Inventarizační analýza LCI a analýza LCA jsou náročné na zpracování dat a jsou zaměřené přímo na daný produkt/službu. Z tohoto důvodu je možné použít IOT (vstupně výstupní tabulky), které obsahují emise znečištění jednotlivých států. Při využívání IOA v LCA se nejdříve sestaví Matice užití a Matice výroby viz (Tab. 3-4). Řádky pro jednotlivé produkty a sloupce reprezentují ekonomické sektory, z kterých budou kvantifikovány nepřímé materiálové a energetické toky výrobků v monetárních jednotkách (stanovení celkových nároků na energetické a materiálové toky pro určitý produkt během výroby v ekonomické sféře). Po definovaných matematických úpravách a substituci vektoru spotřeby za složení výrobku získáme požadovaná informace o znečištění. [K]

Význam součtových vektorů:

- $t$  - spotřeba výrobků, mezi spotřeba a konečná spotřeba,
- $q$  - celková domácí výroba produktů (spotřeba na výrobu jiných produktů, meziproduktů a na konečnou spotřebu),
- $g$  - celkové produkce jednotlivých ekonomických sektorů.

Tab. 3-4 Matice užití (horní tabulka) a Matice výroby (dolní tabulka) [23]

Ekonomický sektor Produkt	Ekonomický sektor 1	Ekonomický sektor 2	...	Ekonomický sektor n	Konečná spotřeba	Celková spotřeba
Produkt 1	U matice				$y_1$	$t_1$
Produkt 2					$y_2$	$t_2$
...					$y_{...}$	$t_{...}$
Produkt n					$y_n$	$t_n$
Ekonomický sektor Produkt	Ekonomický sektor 1	Ekonomický sektor 2	...	Ekonomický sektor n	Celková domácí výroba	
Produkt 1	M matice				$\Sigma$ řádku = $q_1$	
Produkt 2					$\Sigma$ řádku = $q_2$	
...					$\Sigma$ řádku = $q_{...}$	
Produkt n					$\Sigma$ řádku = $q_n$	
Celkové produkce ES	$\Sigma$ sloupce = $g_1$	$\Sigma$ sloupce = $g_2$	$\Sigma$ sloupce = $g_{...}$	$\Sigma$ sloupce = $g_n$		

### Závěr

Analýza IO umožňuje nepřímo určovat environmentální dopady za pomoci ekonomických ukazatelů. Je možné stanovovat energetické a materiálové toky během výroby a tím je kvantifikovat v ekonomických sektorech popřípadě v celém systému. Řešení prostřednictvím IO analýzy poskytuje ucelený environmentální přehled ekonomického subjektu.

- [6] **PACELLI, Francesco, Francesca OSTUZZI a Marinella LEVI.** Reducing and reusing industrial scraps: a proposed method for industrial designers. *Journal of Cleaner Production*. 2015, (vol. 86): 78-87. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.08.088. ISSN 09596526. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652614009111>

Výzkum se zabývá znovu využití průmyslového odpadu s ekonomickým potenciálem a významem k životnímu prostředí za pomoci produktového designu. Porovnává navrženou metodiku a jednotlivé fáze nových možností řešení. Navrhuje postup, který vede k dalšímu využívání odpadu při výrobě.

### Výsledky

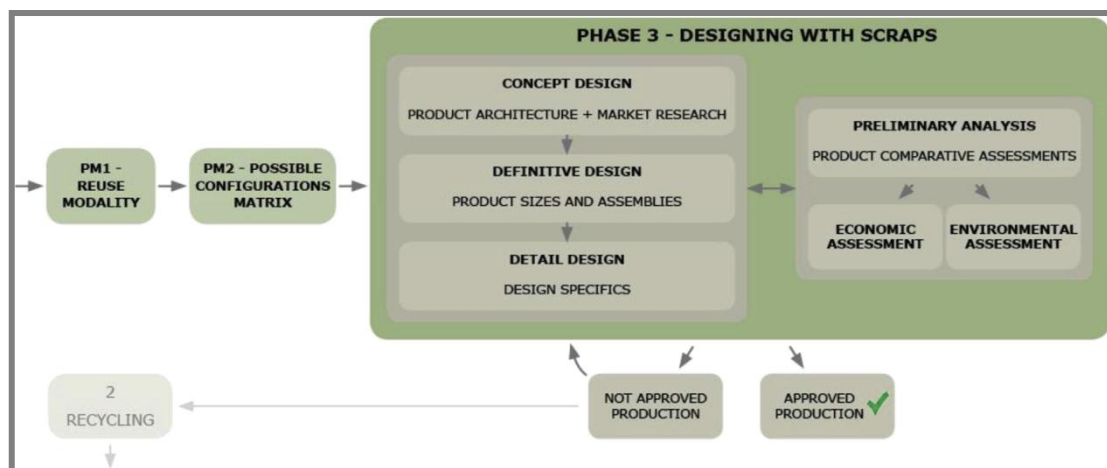
Stanovená metodika je porovnávána na dvou studiích: výroba ocelových prvků a vakuové tvarování polymerů.

Řešení znovupoužití odpadu v produktovém design dle navržených fází:

- 1 - optimalizace odpadu (tvar a hodnota)
- 2 - nevyhnutelný odpad (co lze použít a co ne)
- 3 - navrhování s odpadem (návrh a posouzení vrácení do výroby)

Metodika zpětného využití odpadních prvků v kovovýrobě pro kovový závěs (obsahuje: čepice, zástrčky, šrouby a distanční prvek) ukazuje na pozitivní využití fáze dvě dle uváděné metodiky. Je možné přistoupit do závěrečné fáze viz (Obr. 3-15). Zpětné využití odpadu na vyrobení závěsu vytvoří méně znečištění než výroba tradičním způsobem (0,4 kg CO<sub>2</sub> ekv. oproti 0,7 kg CO<sub>2</sub> ekv.).

Při vakuovém tvarování trubek vzniká odpad z ABS (ze soustružení) tak i trubky s vadou. Dle posouzení fáze 1. je známa forma odpadu a její geometrie (tříska a zmetky). Po rozboru druhé fáze je zjištěna možnost jiného využití z pohledu funkce, rozměru, fyzikálních, mechanických, sensorických a potencionálních vlastností (zmetků a třísky). Z pohledu navržené metodiky je možné přistoupit k znovuzavedení odpadu do výrobního procesu.



Obr. 3-15 Design produktu z odpadu [6]

## Závěr

Výsledky výzkumu se opírají o metodiku LCA, která je použitelná ve všech životních fázích výrobku. Podle metodického postupu po jednotlivých fázích v článku je možné odpad (zbytky, polotovary a zmetky) recyklovat, nebo úspěšně zavést zpět do výrobního řetězce. Tato metodika je univerzální a použitelná v rámci snižování zátěže na životní prostředí.

[7] **KIM, Seung-Jin a Sami KARA.** Predicting the total environmental impact of product technologies. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. 2014,

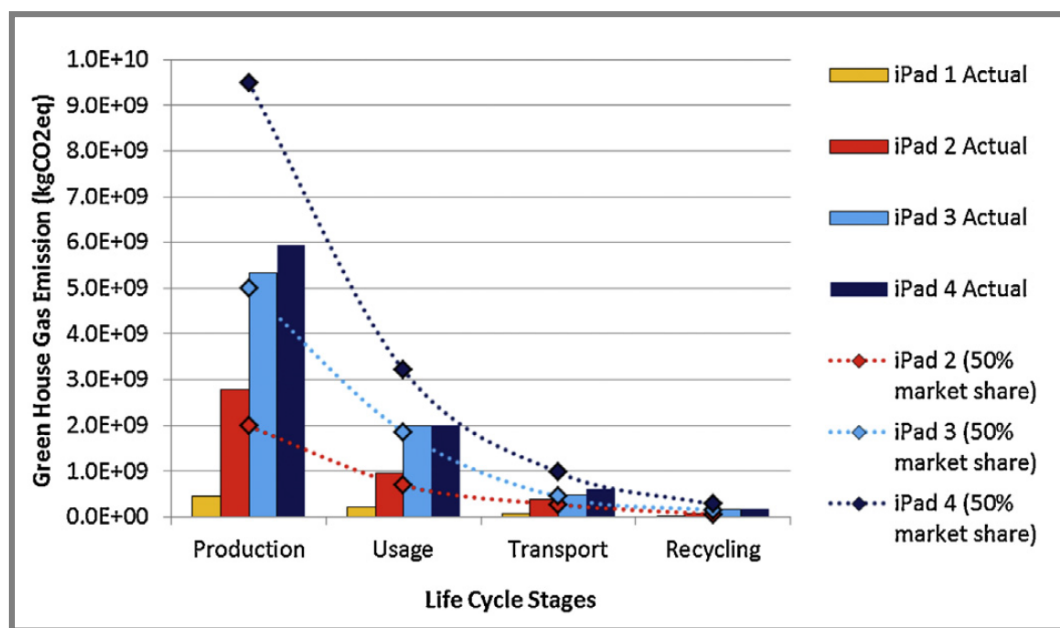
63(1): 25-28. DOI: 10.1016/j.cirp.2014.03.007. ISSN 00078506. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007850614000109>

Článek je zaměřen na určení nové metodologie dopadů produktového systému na životní prostředí, zejména předpovědi množství distribuce výrobku na trh. Funkčnost metodiky byla ověřena na LCD obrazovkách pro zařízení iPad 1 až iPad 4. Stanovení dopadu množství distribuce výrobku na životní prostředí je využito matice dopadu na životní prostředí pro simulaci distribuce SLF.

## Výsledky

Je zjištěno, že až 80 % dopadu znečištění na životní prostředí je dáno výrobou výrobku. Toto pravidlo platí pro produkci výrobku bez významné energetické spotřeby (uživatelské fáze). Distribuce a znečištění jednoho výrobku jsou předvídatelné. Při nahrazení starého výrobku novým dochází k 50% zvýšení emisí za předpokladu zlepšení původního výrobku viz (Obr. 3-16).

Matice dopadu na životní prostředí je dána fázemi životního cyklu výrobku (funkce musí být nezávislé). Hlavní diagonála matice určuje zatížení kg CO<sub>2</sub> ekv.



Obr. 3-16 Dopad na životní prostředí pro produkty iPad [7]

Sestavení matice dopadu na životní prostředí (jednotky jsou v emisích kg CO<sub>2</sub> ekv.):

- $x_1$  ... produkce (těžba, transport, výroba a balení výrobku)
- $x_2$  ... využití (spotřeba el. energie tříletého intenzivního používání)
- $x_3$  ... transport (veškerá přeprava do distribučního místa včetně balení)
- $x_4$  ... recyklace (svoz do sběrného místa, drcení a třídění materiálu)

$$\text{Environmental impact}_{\text{Product or FR}} = \begin{bmatrix} x_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & x_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & x_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_4 \end{bmatrix} \{ \text{Production Usage Transport Recycling} \}$$

Pro predikci celkového zatížení životního prostředí "Environmental impact" byl zahrnut do matice pro výpočet veškerého objemu vyrobených výrobků. Výpočet byl stanoven dle metodiky SLF, která simuluje růst produktu v čase  $t$  na trhu s počátečním podílem. Parametr podílu na trhu  $p$ ,  $L$  je přirozený limit,  $a$  a  $b$  jsou konstanty měřítka a tvaru.

$$\text{Volume} = p(t) = \frac{L}{1 + ae^{-bt}}$$

Celkový dopad na životní prostředí závislý na objemu vyrobených a distribuovaných výrobků.

$$\text{Total Environmental Impact(TE)} = PE \times p(t)$$

### Závěr

Výsledky výzkumu otevírají nové možnosti stanovení celkového dopadu výrobků na životní prostředí za pomoci SLF (Standardní logistické funkce) při předpovědi budoucího chování. Metodika úspěšně simuluje zvětšenou poptávku s vyšší funkční hodnotou výrobků. Výhodou použití axiomatické design teorie je, že dopad výrobků na životní prostředí může být charakterizován samotnou funkcí/povahou produktu.

---

**[8] ALLIONE, Cristina, Claudia DE GIORGI, Beatrice LERMA a Luca PETRUCCELLI.** From ecodesign products guidelines to materials guidelines for a sustainable product. Qualitative and quantitative multicriteria environmental profile of a material. *Energy*. 2012, 39(1): 90-99. DOI: 10.1016/j.energy.2011.08.055. ISSN 03605442. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360544211005950>

Autoři se zabývali rozšířením MATto knihovny, která obsahuje více jak 500 materiálových položek. Průmysloví designéři využívají tzv. materiálové checklisty (bílé - bezproblémové materiály, šedé - problémové užití, černé - zakázané materiály). Knihovna však vychází přímo z metody LCA, která se zabývala splnění materiálových předpokladů v celém životním cyklu výrobku, nebo v jeho částech. Výsledkem je materiálová MATto knihovna obsahující senzorké vlastnosti materiálů, ale také metodické pokyny pro stanovení vhodné trvanlivosti výrobků/materiálů.

## Výsledky

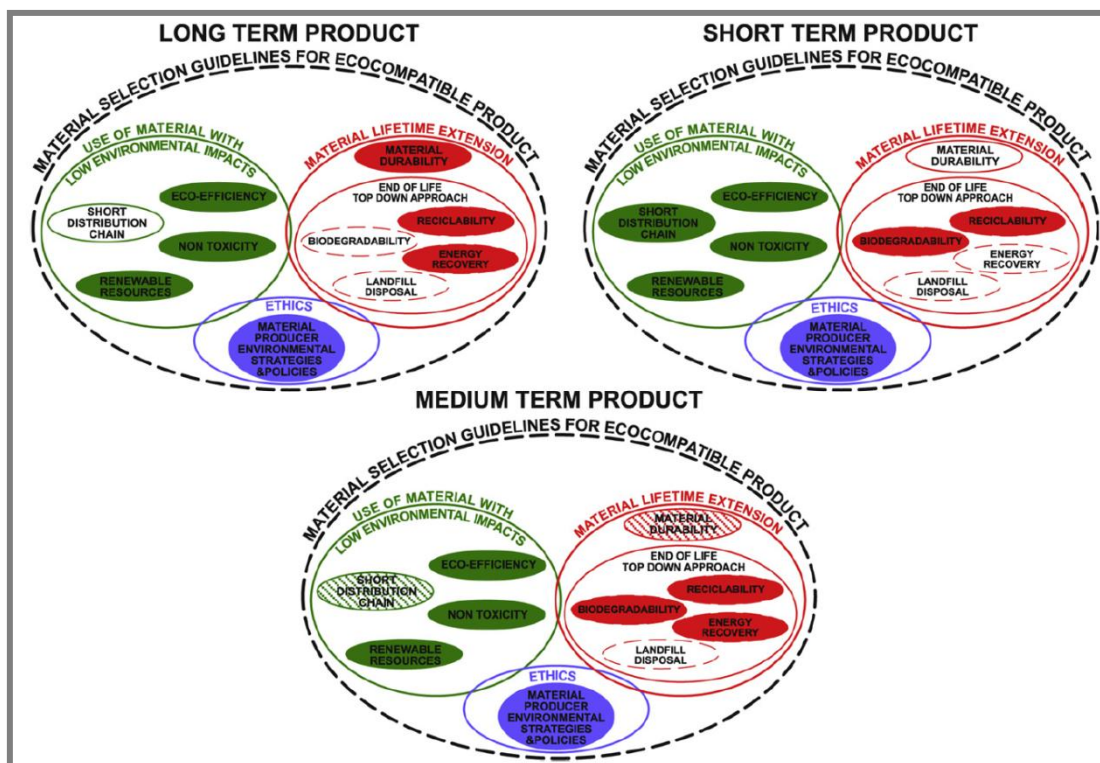
Výsledkem je rozšířená matice MET Matrix o sensorické vlastnosti materiálů viz (Obr. 3-18). Práce se také zabývá metodickým přístupem k identifikaci nejdůležitějších ekologických vlastností materiálu viz (Obr. 3-17). Metodika zohledňuje TQM znám jako ISO 9000/2000, EMS, ISO 14000, ISO 14020 (Ecolabeling Typ I-III) značení výrobků dle energetické náročnosti.

Stanovení povahy materiálu dle ekologických požadavků:

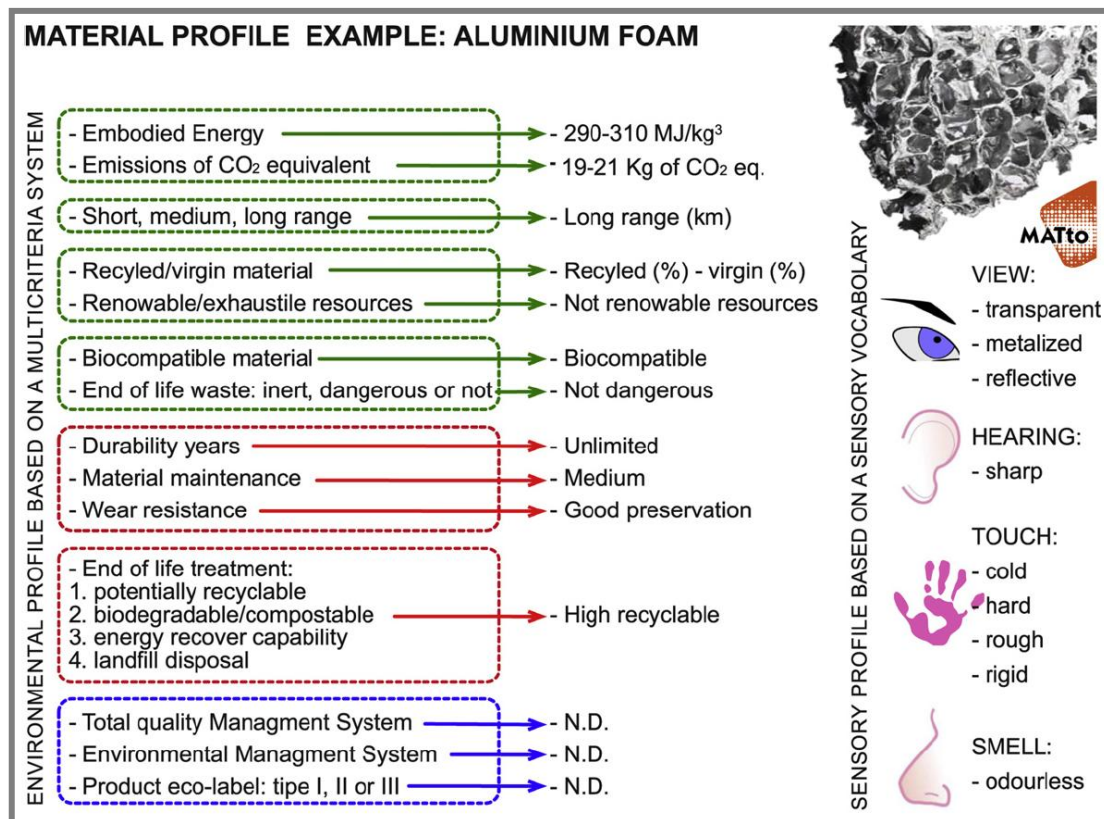
- volba materiálů s nízkým dopadem na životní prostředí
- prodloužení životnosti materiálů
- etika a dodržování nařízení

Metodika poskytuje návod pro určení životnosti materiálů dle účelu využití:

- krátká doba životnosti výrobku
- střední doba životnosti výrobku
- dlouhá doba životnosti výrobku



Obr. 3-17 Určování volby materiálů dle povahy výrobku [8]



Obr. 3-18 Ukázka metodiky MATto se senzoryckými vjemy [8]

## Závěr

Práce nabízí inovativní pohled na ecodesign, za pomoci stávající metodiky MET, která je rozšířena o senzorycké vjemy (drsnot povrchu, průhlednost, zápach, ...). Tyto vjemy nejsou zahrnuty do metodiky navrhování za pomoci LCA a ani je neobsahují. Designéři jenž stojí od počátku vývoje výrobku, mají šanci změnit negativní dopad a zlepšit životní cyklus výrobku nejen za pomoci knihovny MATto, ale také vhodnou volbou trvanlivosti materiálu.

## 3.4 Porovnání nástrojů a metod ecodesignu

- [4] **KNIGHT, Paul a James O. JENKINS.** Adopting and applying eco-design techniques: a practitioners perspective. *Journal of Cleaner Production*. 2009, 17(5): 549-558. DOI: 10.1016/j.jclepro.2008.10.002. ISSN 09596526.

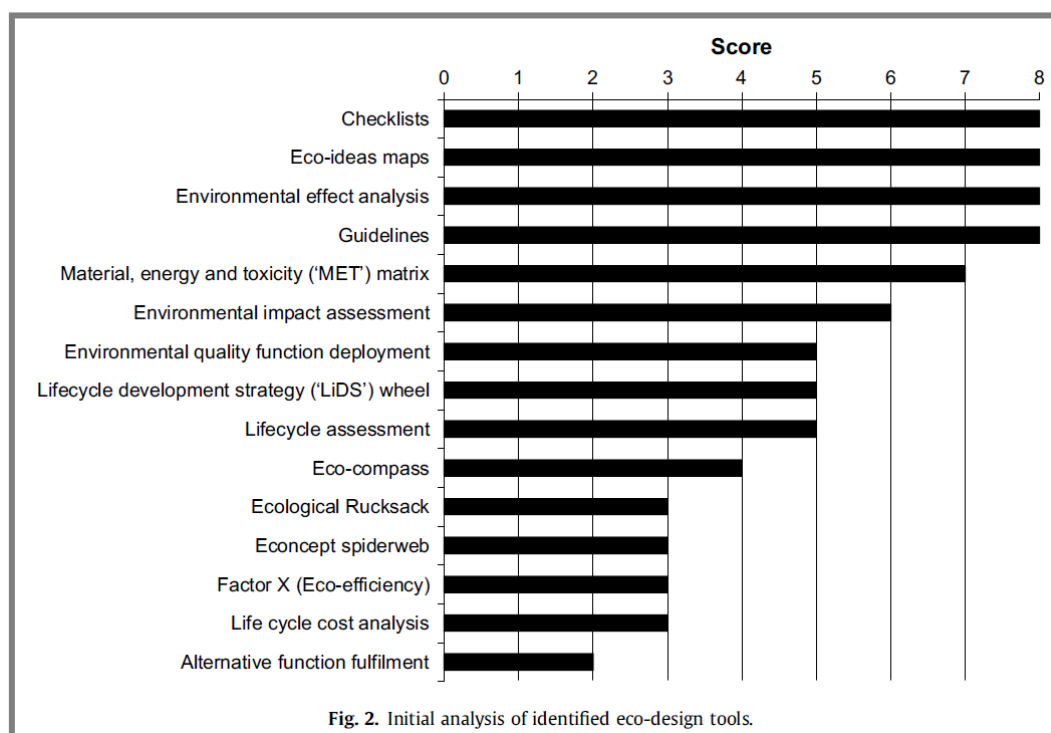
Dostupné také z:

<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652608002515>

Článek se zaměřuje na možnost zavádění nových technik ecodesignu do procesu návrhu výrobku. Porovnává přístup tří technik ecodesignu, které je možné dle studie využít. Ukazuje také, že široká aplikace není možná z důvodu rozdílných povah jednotlivých metod, avšak vhodnou aplikací je možné dosáhnout ekonomické a environmentálně šetrné výroby.

## Výsledky

Práce analyzuje a porovnává metodu checklistů "seznamy", které jsou široce využívané, snadné na pochopení a v první fázi slouží k seznámení s touto problematikou. Řešení za pomoci technických nařízení ISO 14062, které mohou být ihned používány a zejména umožňují řešit možná nebezpečí, které vznikají na dodavatelském řetězci. MET Matrix je využívána ke shrnutí dopadu na životní prostředí v každé fázi životního cyklu výrobku. Dle výzkumu je vhodná na změny, které jsou prováděny během návrhu produktu. Může být využita s 3D CAD systémy. Dle tohoto výzkumu viz (Obr. 3-19) je metodika LCA "Life Cycle Assessment" umístěna s 5-ti body na 8-ti bodové škále s horším uživatelským řešením, avšak poskytuje nejkomplexnější výsledky.



Obr. 3-19 Analýza využití nástrojů ecodesignu [4]

## Závěr

Studie nám poskytuje porovnání a schopnosti vybraných nástrojů ecodesignu pro snížení dopadu těžby, výroby produktu, využití a konce života výrobků. Zavádění těchto pravidel je dáno ochotou společností implementovat nástroje ecodesignu, popřípadě využívání "10 Pravidel ecodesignu", které postrádají přesnosti, avšak fungují na základě pravidel zdravého rozumu. Výhodné řešení pro posuzování životního cyklu výrobku v každé jeho fázi je metoda MET Matrix (založena na LCA), která obsahuje více jak 1 000 položek materiálů, znečištění a funguje s 3D CAD systémy.

- [11] VALLET, Flore, Benoît EYNARD, Dominique MILLET, Stéphanie Glatard MAHUT, Benjamin TYL a Gwenola BERTOLUCI. Using eco-design tools: An overview of experts' practices. *Design Studies*. 2013, 34(3): 345-377. DOI: 10.1016/j.destud.2012.10.001. ISSN 0142694x. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0142694X12000634>

Rozsáhlá práce hledá odpovědi na hypotézy vztahující se na proces používání nástrojů ecodesignu a stanovení zátěže na životní prostředí. Článek je zaměřen na srovnání nástrojů ecodesignu: Ecofaire, Ecodesign Pilot, Information/Inspiration [3] a SimaPro 7.0 (metodika LCA). Pro srovnávání byly položeny hypotézy a porovnány strategie ecodesignu.

## Výsledky

Nosné hypotézy výzkumu:

- H1 - má ecodesign obdobnou strukturu jako tradiční design
- H2 - nejdůležitější jsou aktivity ecodesignu, nalezení řešení a definování strategie

Podle výzkumu počítačové programy pro posuzování environmentálních dopadů využívají z 25 % konzultační společnosti a ze 75 % výzkumníci. Osobní zkušenosti s programy jsou od jednoho roku do patnácti let.

Schopnosti nástrojů ecodesignu byly ověřovány na softwarech viz (Tab. 3-5):

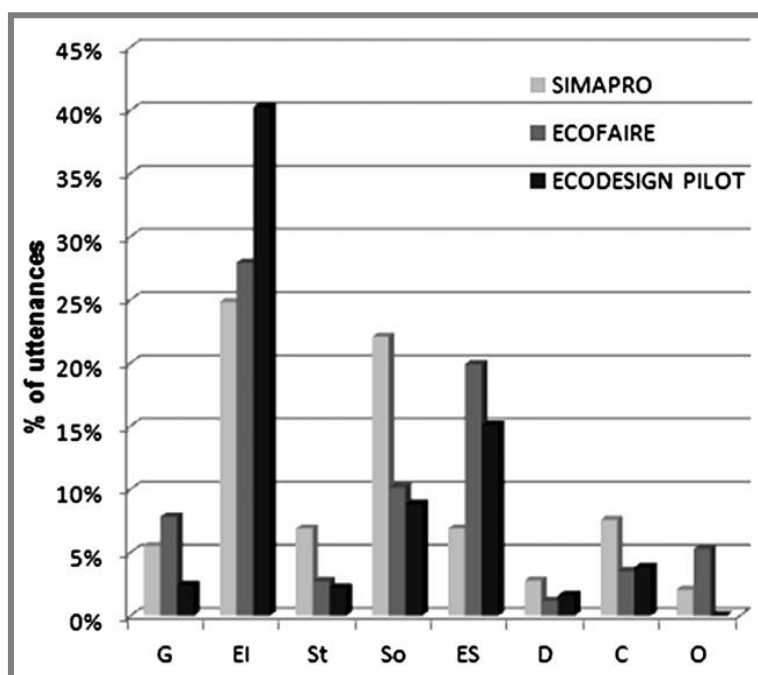
- Ecofaire
- Ecodesign Pilot
- Information/Inspiration
- SimaPro 7.0 (metodika LCA)

Struktura ecodesignu je obdobná s tradičním přístupem designéra, jelikož má stejné odborné jádro a tím je hypotéza H1 potvrzena. Výsledek výzkumu hypotézy H2 poskytuje řešení problémů ecodesignu v počáteční či v její konečné fázi nástrojem SimaPro, který nabízí až o 20 % více nalezených řešení. Ecofair poskytuje obdobné výsledky zejména prvotní posouzení. Nástroj Ecodesign Pilot je nejvhodnější pro zjištění a definování strategie pro následné řešení.

Tab. 3-5 Charakteristické vlastnosti nástrojů ecodesignu [11]

Name of tool/author/ date published	Category	Language	Addressed to	Objectives
ECOFAIRE/SEM Pays de Loire/2008	Guideline	French	Engineering designers, Industrial designers, Research department, Marketing... Teachers, Students.	Introduction to eco-design Diagnosis/first environmental assessment Solution finding/evaluating solutions Communication
INFORMATION INSPIRATION/ Loughborough University/2005	Guideline	English	Industrial designers	Introduction to eco-design Environmental strategies Examples of eco-products
ECODESIGN PILOT/TU Wien/2001	Guideline	10 languages	Designers, Industrial designers, Manufacturers, Environment managers.	Introduction to eco-design Environmental strategies Tracks for environmental improvement
SimaPro 7.0/Pré Consultants	Analytic	English	Environmental experts	Environmental assessment

Subjekt strávil využitím nástroje Ecodesign Pilot 40 % svého času posouzením výrobku, to je více jak o 30 % za pomoci Ecofair a 37,5 % u nástroje SimaPro. Nejvýznamnější úspory času na hledání řešení docílil nástroj SimaPro, který uspoří až dvojnásobné množství času viz (Obr. 3-20).



Obr. 3-20 Graf distribuce času [11]

Poznámka: G - Cíl, EI - Počáteční posouzení, St - Strategie, So - Řešení, ES - Posouzení řešení, D - Rozhodnutí, C - Kontrola, O - Jiné

### Závěr

Práce podrobným způsobem popisuje výhody nástrojů ecodesignu a určuje jejich vhodnost pro určité fáze posuzování životního cyklu výrobku. Dle zjištění se odborníci na ecodesign nezabývají samotným designem. Z výzkumu vyplynulo, že některé provedené úpravy v rámci optimalizace ecodesignu mohou mít jen malé environmentální dopady. Výsledky se opírají o zodpovězení hypotézy H1 a H2 a uvádí vhodný nástroj pro posuzování životního cyklu, jenž je SimaPro, který využívá LCA.

---

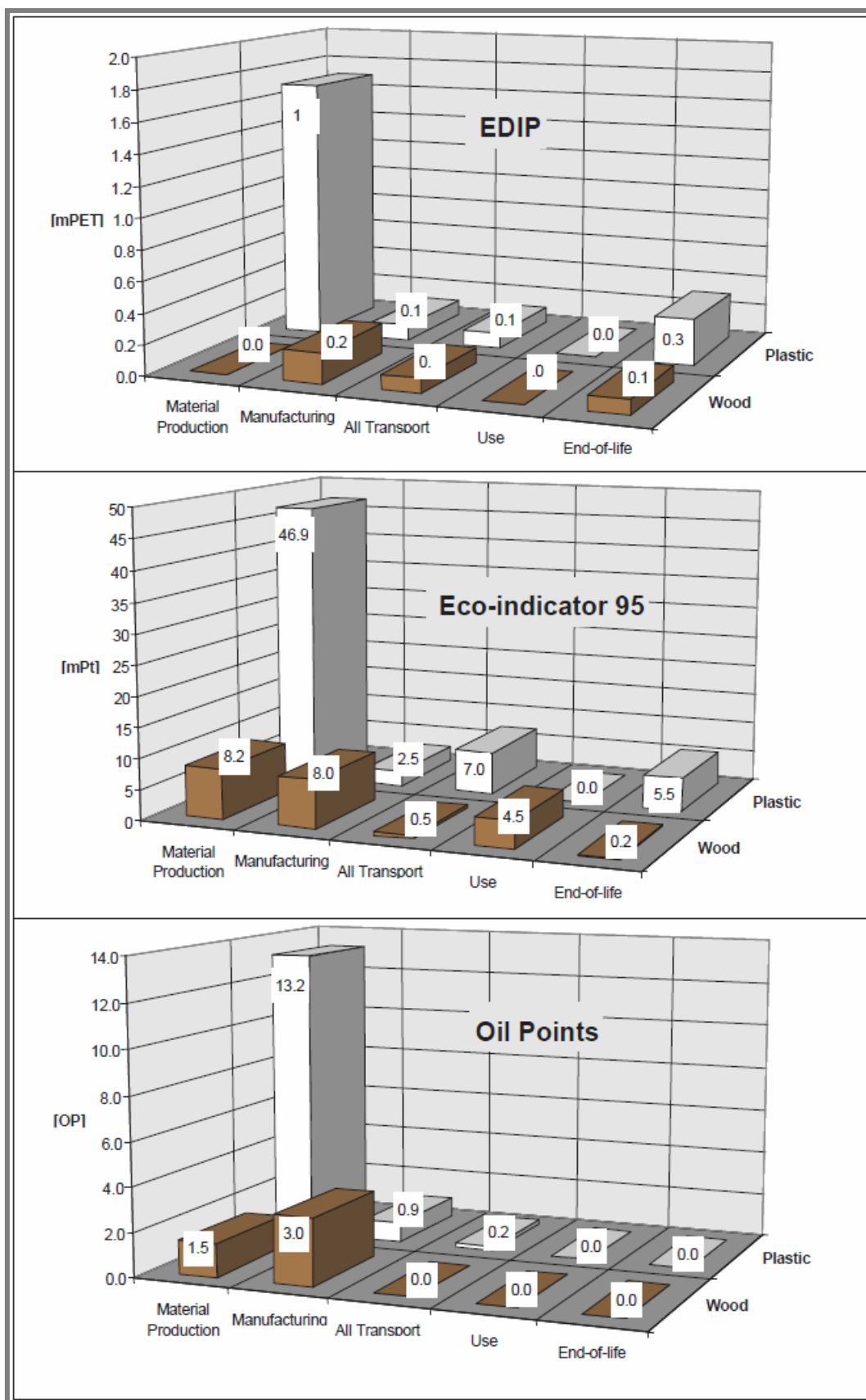
- [5] **BEY, Nouredine Yahya**, Environmental assessment - Gotten across to industrial designers, *DESIGN 2002: Proceedings of the 7th International Design Conference*. 2002, Vols 1 and 2: 1293-1298. Dostupné také z: [https://www.designsociety.org/publication/29732/environmental\\_assessment-gotten\\_across\\_to\\_industrial\\_designers](https://www.designsociety.org/publication/29732/environmental_assessment-gotten_across_to_industrial_designers)

Účelem této práce je nalezení řešení problému a souvislostí v rámci práce průmyslového designéra. Nalezení základních indikátorů v rané fázi návrhu výrobků. Vzhledem k výhodnosti aplikace OPM (Oil Point Method) je metodika kvantifikována dle: objemu, hmotnosti či spotřeby v kW/hod. Práce ukazuje schopnost informativního a časově nenáročného využití OPM v průmyslovém designu.

### Výsledky

Studie je zaměřena na porovnání dopadů na životní prostředí výroby plastového okna s ocelovým ztužením dle metody: LCA, Eco-Indicator 95 a OPM viz (Obr. 3-21). Řešení problematiky viz dizertační práce zdroj [31] "*The Oil Point Method: A tool for indicative environmental evaluation in material and process selection*" využívá nového nástroje OPM, která je založena na metodice LCA.

Řešení problematiky neexistujících ukazatelů OPM, je lze doplnit z LCA metodiky, literatury obsahující patřičné zdroje či interpolací stávajících hodnot (např. Aluminium 50% recyklát vznikne interpolací hodnot). Popis více jak 120 hodnot indikátorů lze nalézt na [www.designsite.dk](http://www.designsite.dk).



Obr. 3-21 Grafické porovnání jednotlivých metod pro výrobu plastového okna [5]

### Závěr

Výsledky studie nám ukazují pozitivní schopnosti OPM. Při dodržení postupu bylo dosaženo dobrých výsledků viz (Obr. 3-5), které mohou nahrazovat složitou LCA metodiku. Výhodou je také jednoduchý model výpočtu, možnost aktualizace a doplňování vstupních dat OPM. Tato studie usnadňuje stanovení zátěže na životní prostředí pro průmyslové designéry.

---

- [24] **BYGGETH, Sophie a Elisabeth HOCHSCHORNER**, 2006. Handling trade-offs in Ecodesign tools for sustainable product development and procurement. *Journal of Cleaner Production*. 14(15-16), 1420-1430. DOI: 10.1016/j.jclepro.2005.03.024. ISSN 09596526. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652605000946>

Práce porovnává 15 nástrojů ecodesignu a popisuje jejich vlastnosti. Nástroje, které byly předmětem výzkumu, poskytují rozdílnou povahu výstupu dle jejich zaměření ale také dle rozsahu a kvality vstupních dat. Uvádí také, zda-li samotný nástroj obsahuje hodnocení výstupu.

### Výsledky

Výsledkem je zpracování vyhodnocení 15 metod ecodesignu s popisem jejich 4 vlastností. Jednotlivé nástroje ecodesignu jsou popsány z hlediska účelu jejich použití a struktury výstupu. Nástroj ecodesignu nemusí obsahovat hodnocení výstupu analýzy a z tohoto důvodu může být prováděno samotným uživatelem na základě odpovědnosti, zkušeností popřípadě úvah viz (Tab. 3-6). Velmi důležitým aspektem je povaha výstupu (kvalitativní, kvantitativní, semi-kvantitativní). Kvalitativní přístup je schopen identifikovat problém např. s recyklací nebo nakládání s nebezpečným odpadem.

Hodnotící charakteristiky 15 metod ecodesignu:

- posuzování životního cyklu,
- kvalitativní nebo kvantitativní přístup,
- všeobecné nebo konkrétní předpisy.

Tab. 3-6 Tabulka nástrojů ecodesignu a hodnocení analýzy [24]

Tool	No valuation in the tool	Valuation in the tool
Analysis tools		
ABC-Analysis		X
The Environmentally Responsible Product Assessment Matrix (ERPA)		X
MECO Method		X
MET-Matrix	X	
Comparing tools		
Philips Fast Five Awareness		X
Funktionkosten	X	
Dominance Matrix or Paired Comparison	X	
EcoDesign Checklist by Econcept		X
Econcept Spiderweb	X	
Environmental Objectives Deployment (EOD)	X	
LiDS-Wheel		X
The Morphological Box	X	
Prescribing tools		
Strategy List		X
Ten Golden Rules		X
Volvo's Black, Grey, and White Lists		X

### Závěr

Nástroje ecodesignu jsou navrhovány dle způsobu jejich užívání. Poskytují kvalitativní, kvantitativní či semi-kvantitativní výstup, který je nutné správně interpretovat. V případě nástrojů bez vlastního hodnocení je správná interpretace výsledků velmi důležitá.

## **4 ANALÝZA, INTERPRETACE A ZHODNOCENÍ POZNATKŮ ZÍSKANÝCH NA ZÁKLADĚ KRITICKÉ REŠERŠE**

### **4.1 Interpretace a zhodnocení poznatků**

Stanovování environmentální zátěže je velmi problematické zejména pak emise CO<sub>2</sub>, které jsou úzce spjaty s místem výroby a zejména v uživatelské fázi. Pro určování energetických požadavků na výrobu výrobků a stanovení emisí CO<sub>2</sub>, je nejvhodnějším řešením z hlediska variability, přesnosti, rozšíření a počtu publikovaných článků i dizertačních prací využití nástrojů založených na metodice LCA [4, 5, 8, 9, 10, 11, 17, 20, 24, 29, 31]. Tato metoda poskytuje kvantifikovaný výstup a tyto výhody využívají nástroje jako je MET Matrix, MECO matice a další. Metoda LCA je používána pro celý životní cyklus výrobku popřípadě v jednotlivých fázích od těžby, výroby produktu, užití, konce života či znovuzavádění do výrobního řetězce [4, 11, 26].

Vhodným řešením pro posuzování environmentálních dopadů v rámci průmyslového designu jsou nástroje, jímž výstupem jsou kvalitativní data. Bohužel tento přístup zhodnotí návrh pouze z empirických zkušeností posuzovatel bez možnosti kvantifikovaného výstupu s jasným ukazatelem environmentálních dopadů návrhů. Mezi tyto nástroje patří SpiderWeb, Checklisty, LiDS Wheel [4, 11, 14, 15, 16] a rozhraní "Information/Inspiration" [5], které je podporováno metodikou LiDS Wheel, EcoWeb a požadavky WEEE, RoHS, EuP a nařízení Packaging and Packaging Waste [3, 15]. Rozšířením metodiky MET matrix o senzorické vjemy materiálů vznikl nástroj MATto, který zohledňuje TQM znám jako ISO 9000/2000, EMS a soubor norem ISO 14000, ISO 14020 (Ecolabeling Typ I-III) značení výrobků/produktů dle energetické náročnosti jejich provozu [4] a nastupující norma ISO 14024:2018.

Druhotné suroviny, které jsou produkovány z odpadních materiálů, jenž jsou zpětně zavedeny do řetězce výroby, významně mění výslednou zátěž na životní prostředí. Při využití zbytkových či odpadních materiálů mohou klesat emise skleníkových plynů u výrobků s nízkou uživatelskou fází až o 50 % oproti novým produktům [6, 17].

Významný vliv na množství emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. je objem distribuce primárního výrobku na trh, kde dochází k 50% zvýšení emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. k objemu distribuce předchozího výrobku za předpokladu zlepšení vlastností původního výrobku. Je zjištěno, že až 80 % dopadu znečištění na životní prostředí je dáno při samotném návrhu a produkci výrobku v případě nízké uživatelské fáze. Distribuce a znečištění jednoho výrobku jsou předvídatelné a z tohoto důvodu jsou dobře kvantifikovatelné [7].

## 4.2 Analýza poznatků

Shrnutím článků a publikovaných dizertačních prací můžeme analyzovat zásadní problémy dané problematiky současného stavu poznání:

- studenti průmyslového designu a aktivně působící designéři nemají povědomí o používání ecodesignu a neznají patřičné nástroje [1, 10, 11, 27],
- nástroje ecodesignu by měly být vizuálně zpracovány a časově nenáročné [3],
- nastupující průmysloví designéři chtějí znát environmentální dopady svých návrhů včetně znalostí LCA [27],
- zavádění nástrojů ecodesignu je nákladné a časově náročné na zaškolení [10],
- nástroje ecodesignu zpravidla vychází z metodiky LCA [11, 17, 19, 20, 24, 28, 29, 31],
- kvantitativní nástroje nemohou být aplikovány v rané fázi návrhu výrobku [4, 5, 6, 7, 8, 11, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 31],
- kvalitativní nástroje při posuzování výrobku či služeb jsou závislé na schopnostech hodnotitele posuzovaného systému [3, 4, 15, 16],
- 80 % znečištění je dáno samotnou výrobou výrobku s nízkou užitelskou fází [7],
- při distribuci nového výrobku na trh vůči předchozímu výrobku dochází k 50% navýšení emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. [7].

Reprezentované články se zaměřují na stanovení znečištění, energetických nároků za pomoci souborových listů "check listů" [4], vstupně výstupní ekonomické analýzy vstupních materiálů a výstupních materiálů [23], plnohodnotné popřípadě zjednodušené analýzy LCA, analýzy zapracované do jiných nástrojů ecodesignu [11, 17, 19, 20, 24]. Poznatky získané z rešerše potvrzují významnost cíle dizertační práce, pro určení emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. a energie na jejich výrobu z objemových vlastností výrobků. Práce je nová s nekonvenčním přístupem a otvírá neprobádanou oblast v možnosti zjištění množství znečištění životního prostředí ve velmi raném stádiu návrhu výrobků bez kvantitativních dat pro plnohodnotnou analýzu LCA.

## 5 VYMEZENÍ CÍLE DIZERTAČNÍ PRÁCE A NÁVRH ZPŮSOBU JEJÍHO ŘEŠENÍ

Podstatou dizertační práce je vypracování nové metodiky pro určení zatížení životního prostředí v rané fázi návrhu výrobků v průmyslovém designu. Pro elektrické ruční nářadí je známé konstrukční řešení, funkční parametry, způsob použití výrobku, materiálové zpracování a velikost. Z tohoto důvodu je možné predikovat kvantifikovatelné environmentální dopady již v jejich rané fázi návrhu bez znalostí složitých nástrojů LCA.

### 5.1 Vymezení cíle práce

Cílem dizertační práce je vytvořit metodu pro vyjádření emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. a energetických vstupů ve velmi raném stádiu návrhu za využití statistického zpracování dat z nástroje založeného na LCA z definovaných typů produktů za pomoci jejich objemu a materiálového složení.

#### 5.1.1 Dílčí cíle dizertační práce

Splnění cíle dizertační práce předpokládá vypracování dílčích cílů:

- stanovení nejvhodnějšího nástroje pro určování emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. dle rozboru článku a disertačních prací [3, 4, 5, 8, 10, 11, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 24, 29, 30, 31] (Information/Inspiration, LCA, OPM, Ecodesig Pilot, Ecofair, MATto, MET Matrix, MECO matrix),
- vytvoření základních kategorií pro třídění elektrického nářadí podle objemových a povahových charakteristik,
- určení skupiny výrobků, které budou kategorizovány a prověřeny vybraným, nástrojem ecodesignu dle článků [3, 4, 5, 8, 10, 11, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 24]
- vytvoření inventarizační analýzy LCI vnitřního uspořádání vybraných skupin výrobků,
- provést sérii modelových situací za pomoci vybraného nástroje ecodesignu dle článků [3, 4, 5, 8, 10, 11, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 24, 31],
- zavést při vyhodnocení matici dopadu na životní prostředí [7] (fragmentace jednotlivých fází životního cyklu výrobku),
- objemová simulace pro jednotlivé skupiny výrobků,
- zpracování dat a navržení jednotkového množství kg CO<sub>2</sub> ekv. dle vlastního objemu pro jednotlivé skupiny výrobků,
- určení závislosti objemu na energetických požadavcích a emisí kg CO<sub>2</sub> ekv.,
- stanovovat množství energie na výrobu v celém životním cyklu výrobku z pohledu recyklace, skládkování a spalování jednotlivých materiálů,
- z důvodu různých rozdílných emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. v rámci životního cyklu výrobku, využít emisí energetických mixů pro určení znečištění g CO<sub>2</sub>/kWh jednotlivých států či ekonomik (EU),
- vytvořit webové rozhraní pro výpočet emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. a energie na výrobu elektrického nářadí a simulace úspor při množství distribuce výrobků na trh,

## 5.2 Vědecká otázka a pracovní hypotéza

Jaký vliv má na znečištění životního prostředí velikost a druh výrobku? Lze určit vyšší emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. a spotřebu energie na výrobu pouze na základě objemu a povahy výrobku?

### 5.2.1 Pracovní hypotézy

- Předpokládá se, že znečištění životního prostředí přesněji množství vypouštěného kg CO<sub>2</sub> ekv. vzniklé v rámci životního cyklu výrobku je závislé na objemových a povahových vlastnostech výrobku (např. úhlová bruska vs. sekací kladivo). Z principu zachování funkčnosti a proporcionality vnitřního uspořádání výrobku je možné stanovit energetické požadavky na výrobu výrobku a množství emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. dle objemu výrobku v rané fázi návrhu.
- Je předpokládáno, že řešení stanoveného cíle za pomoci LCA nástroje SimaPro [11] poskytuje přesnější a věrohodnější data než nástroje jako jsou: Checklists, Information/Inspiration, OPM, Ecodesig Pilot, Ecofair, MATto, MET Matrix, KEPI, MECO matice, avšak je možné využít jednotlivých výhod jmenovaných metod. [3, 4, 5, 8, 10, 11, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 24, 31]
- Emise kg CO<sub>2</sub> ekv. je možné personifikovat dle lokality výroby a užití z energetických ukazatelů dle metodiky OPM [5, 31] a stanovovat je z emisí energetických mixů jednotlivých států či ekonomik [32, 33, 35]
- Při řešení je možné docílit maximálně 25% odchylky určováním navrženou objemovou metodikou od stanovených hodnot za pomoci metody OPM a LCA (nástroj openLCA) při dostatečném zpracování dat se specifikací druhu výrobku.

## 5.3 Způsob řešení a použité metody

Pro vyřešení stanovené pracovní hypotézy bude nejdříve provedena klasifikační analýza, která roztrídí výrobky do jednotlivých tříd. Po té bude prováděna empirická evidence dle stanovených podmínek experimentu na jednotlivých třídách. Skupiny získaných dat z aplikovaných nástrojů ecodesignu pro jednotlivé třídy budou statisticky zpracovány a za pomoci indukce určeny závislosti objemového znečištění kg CO<sub>2</sub> ekv. a energetických požadavků na jejich výrobu pro jednotlivé třídy. Dedukcí bude možné odpovědět na danou vědeckou otázku.

### 5.3.1 Řešení a problémy

Možné problémy vzniklé při řešení pracovní hypotézy

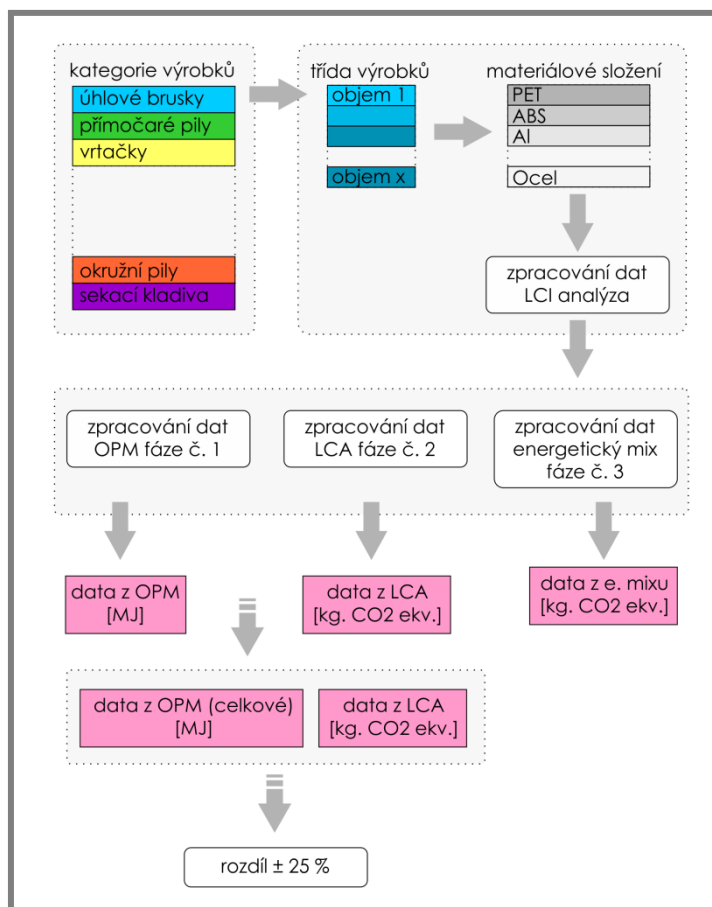
- nevhodně provedena klasifikační analýza (nevhodné roztrídění výrobků)
- velký rozptyl hodnot a nenalezení validního koeficientu kg CO<sub>2</sub> ekv.
- velký rozptyl hodnot a nenalezení validního energetického koeficientu
- problémy se zpracováním a vyhodnocení velkého množství dat
- neúplné zahrnutí všech parametrů do metodiky LCA

- špatně stanovený objem výrobku

### 5.3.2 Metodický postup

Postup zahrnuje chronologicky seřazené fáze pro stanovení emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. a energetických požadavků na výrobu jednoho druhu výrobku viz (Obr. 5-1):

- kategorizace dat - pomocí klasifikační metody sestavíme třídy výrobků (např. úhlové brusky, přímočaré pily, okružní pily, ...)
- výběr třídy výrobků - sestavíme detailní vnitřní složení výrobku, LCI analýza a určíme objemové proporce za pomoci 3D skeneru nebo fotoaparátu (např. pro úhlové brusky)
- fáze č. 1 - za pomoci nástroje OPM určíme energetické požadavky na výrobu a recyklaci a také energetické požadavky na celkový životní cyklus vybraného výrobku o daném materiálovém složení a objemových proporcích (od surovinových zdrojů až po recyklaci, skládkování popřípadě spalování)
- fáze č. 2 - prostřednictvím softwaru openLCA určíme hodnotu znečištění kg CO<sub>2</sub> ekv. vybraného výrobku o daném materiálovém složení a objemových proporcích (mimo recyklaci)
- fáze č. 3 - prostřednictvím emisí jednotlivých energetických mixů určíme hodnotu znečištění kg CO<sub>2</sub> ekv. vybraného výrobku o daném materiálovém složení a objemových proporcích (pro recyklaci, skládkování popřípadě spalování)
- výsledek - hodnoty z metodiky OPM a LCA (fáze č. 1 a z fáze č. 2) poměrově vyhodnotíme a získané hodnoty porovnáme. Pro splnění pracovní hypotézy se musí experimentálně stanovené znečištění kg CO<sub>2</sub> ekv. a celkové energetické výdaje na celý životní cyklus výrobku pohybovat v odchylce  $\pm 25\%$ .
- vyhodnocení
- aplikace metodiky



Obr. 5-1 Schéma metodického postupu

### 5.3.3 Prostředky nutné k dosažení cíle

5.3.3

- tabulkový procesor, který bude určen pro základní klasifikační analýzu (vytvoření tříd produktů), zpracování získaných dat z experimentu a následné vyhodnocení
- 3D skener popřípadě fotoaparát pro fotogrammetrii - následně stanovení objemu pomocí softwaru
- metodika OPM viz zdroj [12, 31] bude zpracovávat data (fáze č. 1)
- volně dostupný nástroj ecodesignu software openLCA, který bude sloužit k provádění (fáze č.2) experimentu
- tabulkový procesor pro stanovení kg CO<sub>2</sub> ekv. z hodnot energetických mixů kg CO<sub>2</sub>/kWh z fáze č. 1 [32, 35, 36]

## 6 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÍ DIZERTAČNÍ PRÁCE

Byla zpracována rešerše týkající se problematiky vztahu průmyslového designéra k nástrojům ecodesignu, posouzení schopností kvalitativních a kvantitativních nástrojů/přístupů k ecodesignu, znovu využívání recyklovaných materiálů a optimalizace konstrukčních řešení výrobků pro snižování environmentálních dopadů. Poznatky z citovaných článků jsou pilířem pro následný vývoj dizertační práce.

Současný stav se opírá o tyto nosné části řešení:

- kategorizace ručního elektrického nářadí na jednotlivé třídy
- výběr třídy výrobků pro posouzení
- stanovení objemů jednotlivých výrobků zvolené třídy výrobků\*
- analýza použitých materiálů (LCI analýza) včetně jejich hmotností dle vybrané třídy výrobků\*
- analýza třídy výrobků\* dle OPM
- analýza třídy výrobků\* dle LCA
- analýza třídy výrobků\* dle energetických mixů států/ekonomik
- verifikace uvažované metodiky

\*Pozn.: Vybraná třída výrobků pro ověření navržené metodiky jsou úhlové brusky viz (Kap. 6-1 a Kap. 6-2)

### 6.1 Kategorizace výrobků

Soubor výrobků, které budou podléhat analýze viz (Tab. 6-1).

Tab. 6-1 Tabulka kategorizovaných výrobků

Název	Druh výrobku
Elektrické nářadí	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multifunkční nářadí, Spojování, Brusky, Míchadla, Stříkací pistole, Frézky, Vrtačky, Hoblíky, Nůžky, Prostřihovače, Váleček na malování, Horkovzdušné pistole, Olepovačky hran, Řezačky na dlažbu, Kladiva, Pily, Škrabky, Mikronářadí, Rázové utahováky, Šroubováky, atp.</li> </ul>
Domácí spotřebiče	<ul style="list-style-type: none"> <li>• není stanoveno</li> </ul>

### 6.2 Předběžné výsledky

Pro prvotní analýzu emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. a energetických požadavků na produkci výrobků v jejich rané fázi byly využity tři exempláře úhlových brusek. Uvedené ruční elektrické nářadí se dále člení dle maximální velikosti možného upnutí brousícího/řezacího kotouče na (115, 125, 150 a 230) mm viz (Obr. 6-1).



Obr. 6-1 Analyzované úhlové brusky o velikosti kotouče 115/125/230 mm

Vstupní parametry uživatelské fáze byly stanoveny pro všechny posuzované výrobky dle jejich příkonu v rozsahu 3h/týden po dobu 52 týdnů v délce 3 let bez uvažovaného servisního zásahu viz (Tab 6-2). Rozsah byl určen dle metodiky OPM [12, 31]. Po této době byl výrobek v konečném stádiu života (EoL) s možností maximální možné recyklace, umístění na skládku (bez možnosti zpětného znovuzavedení do životního cyklu) popřípadě zlikvidován ve spalovně (využit na výrobu tepla/elektrické energie). V práci není uvažováno s opotřebením brusného či řezného kotouče.

Tab. 6-2 Vstupní data úhlových brusek

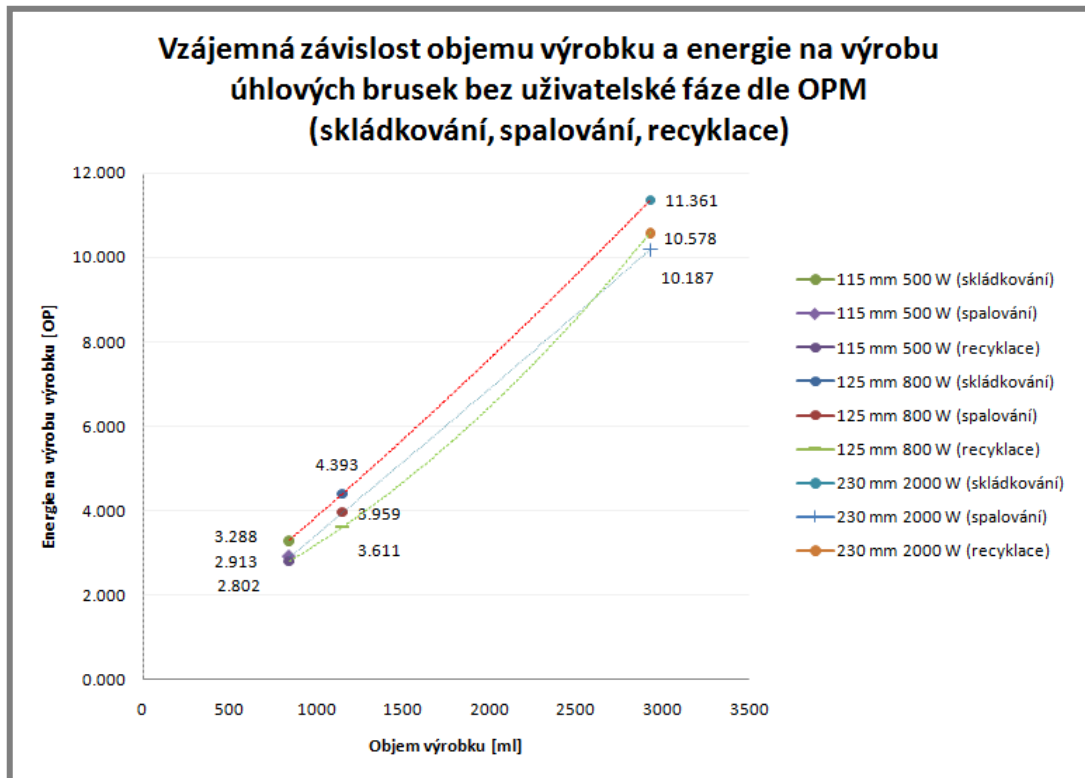
Bruska průměr kotouče	Název a model brusky	Objem výrobku [ml]	Příkon elektromotoru 230 V [W]	Spotřebovaná energie v rámci uživatelské fáze [kWh]
115 mm	Einhell BWS 115/3	843	500	1170
125 mm	Narex BU-13	1151	800	1872
230 mm	Einhell WS-230-4	2930	2000	4680

### 6.2.1 Metodika OPM

Zpracování analýzy je řešeno prostřednictvím metodiky OPM [12, 31], která je založena na metodice LCA (vycházející z normy ČSN EN ISO 14044) [12, 24]. Jednotlivé parametry (energetické požadavky na materiály, výrobu, transport, užívání a konec životního cyklu) jsou definovány v metodě OPM zdroj [12, 31]. Vazba mezi objemem výrobku a energií na jejich výrobu s následnou možností recyklace, skládkování popřípadě spalování odpadu ve spalovnách je patrná z grafu viz (Obr. 6-2). Byly posuzované tři modelové typy úhlových brusek viz (Obr. 6-1), které byly podrobeny materiálové, konstrukční a LCI analýze ve třech řešení (skládkování, spalování a maximální možná recyklace) a tabulkově zpracovány po jednotlivých položkách pro analýzu za pomoci metody OPM. Na stávajícím řešení byla navržena optimalizace stávajících materiálů na výrobku za materiály recyklované (spodní

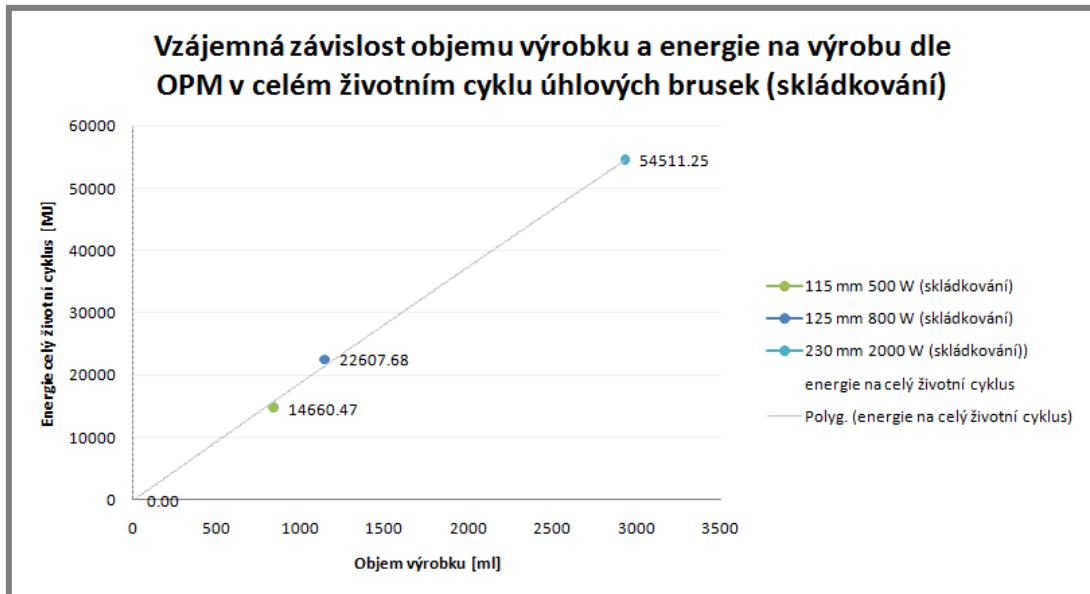
6.2.1

křivka na grafu). Dle prvotních úvah dochází při větším objemu výrobku a využití recyklovaných materiálů vůči tradičnímu řešení ke zvětšující se energetické úspoře na výrobu a recyklaci (úhlová bruska 115 mm  $\Delta$  0,486 MJ, úhlová bruska 125 mm  $\Delta$  0,782 MJ a 230 mm  $\Delta$  0,783 MJ).



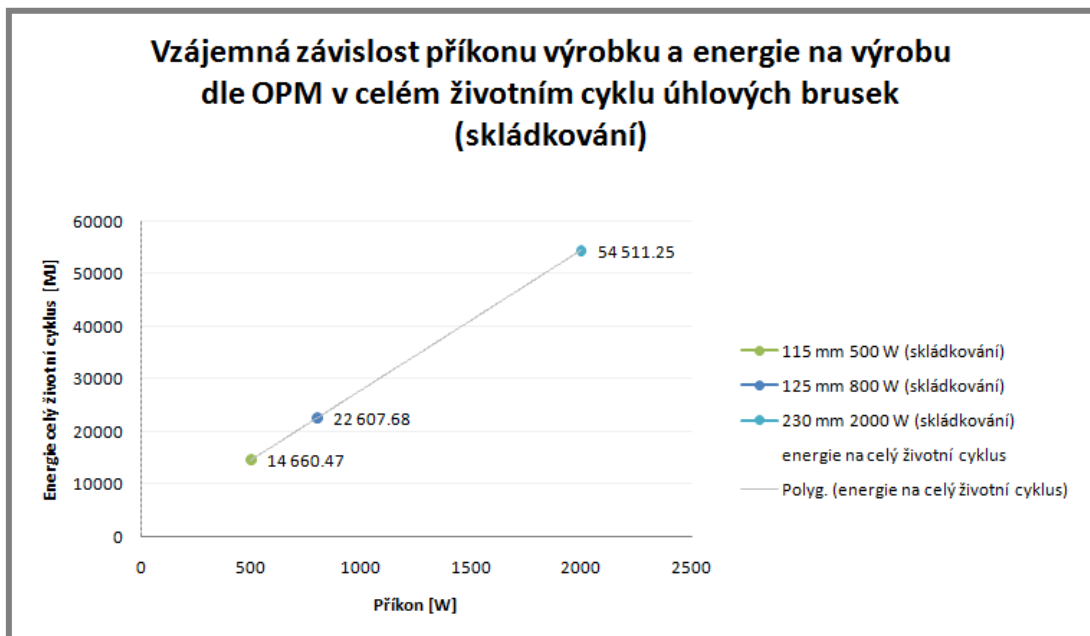
**Obr. 6-2** Graf závislosti objemu a energie na výrobu výrobku dle OPM pro brusky 115/125/230 mm (skládání, spalování, recyklace)

Z grafu viz (Obr. 6-3) je zřejmé, že v rámci životního cyklu je největší množství spotřebované energie u výrobků s vysokou uživatelskou fází a to výrobky, které jsou opatřeny elektromotory. Graf také zobrazuje téměř lineární závislost mezi objemem výrobku (reprezentován vybranou skupinou úhlových brusek) a energetickými požadavky během jejich celého životního cyklu včetně možné recyklace. Objemová závislost je také podpořena výkonovým rozdílem úhlové brusky 2 000 W (230 mm) a ostatních úhlových brusek s výkonem 500 W a 800 W. V porovnání s grafem (Obr. 6-2) jsou provozní energetické požadavky výrobků mnohonásobně vyšší Z tohoto důvodu budou tyto získané hodnoty použity pro verifikaci viz (Kap. 6-3).



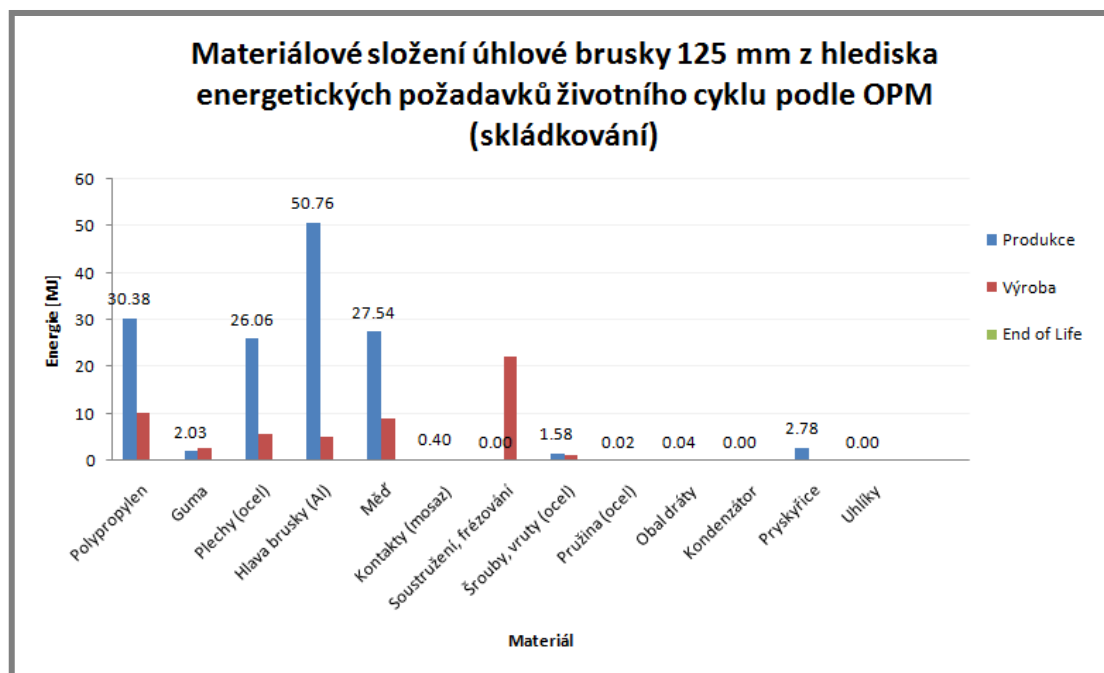
Obr. 6-3 Graf závislosti objemu výrobku a energie v celém životním cyklu dle OPM pro brusky 115/125/230 mm (skládování)

Posuzovaný vzorek úhlových brusek (115, 125 a 230 mm) byl porovnán z pohledu celého životního cyklu zaměřeného na konečnou životní fázi výrobku (skládování). Na grafu (Obr. 6-4) je zobrazena závislost mezi příkonem brusky a energetickými nároky dle OPM. Poloha bodů má lineární závislost oproti grafu znázorňujícího závislost objemu výrobku a energie na výrobu dle OPM.



Obr. 6-4 Graf závislosti příkonu výrobku a energie na výrobu výrobku v celém životním cyklu dle OPM pro brusky 115/125/230 mm (skládování)

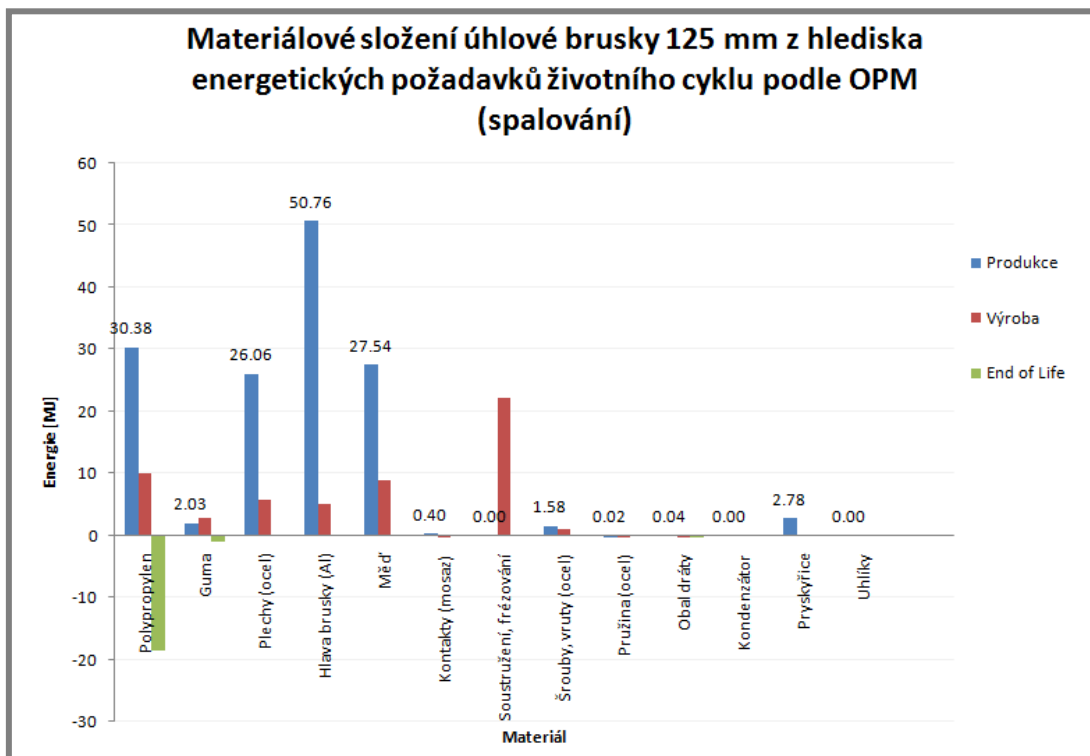
Pro zpracování environmentálních dopadů určených úhlových brusek bylo nutné vypracovat podrobnou inventarizační analýzu LCI, která vyžadovala detailní rozbor použitých materiálů v rámci životního cyklu výrobku. Na Obrázcích (Obr. 6-5 až Obr. 6-7) je proveden materiálový rozbor úhlové brusky pro velikost kotouče 125 mm pro konečnou životní fázi jako je skládkování, spalování či maximálně možná recyklace). V uvedených grafech není zobrazena energie na transport ve výši 1 350 MJ a také uživatelská fáze o velikosti 21 060 MJ, která je zahrnuta v grafu viz (Obr. 6-4).



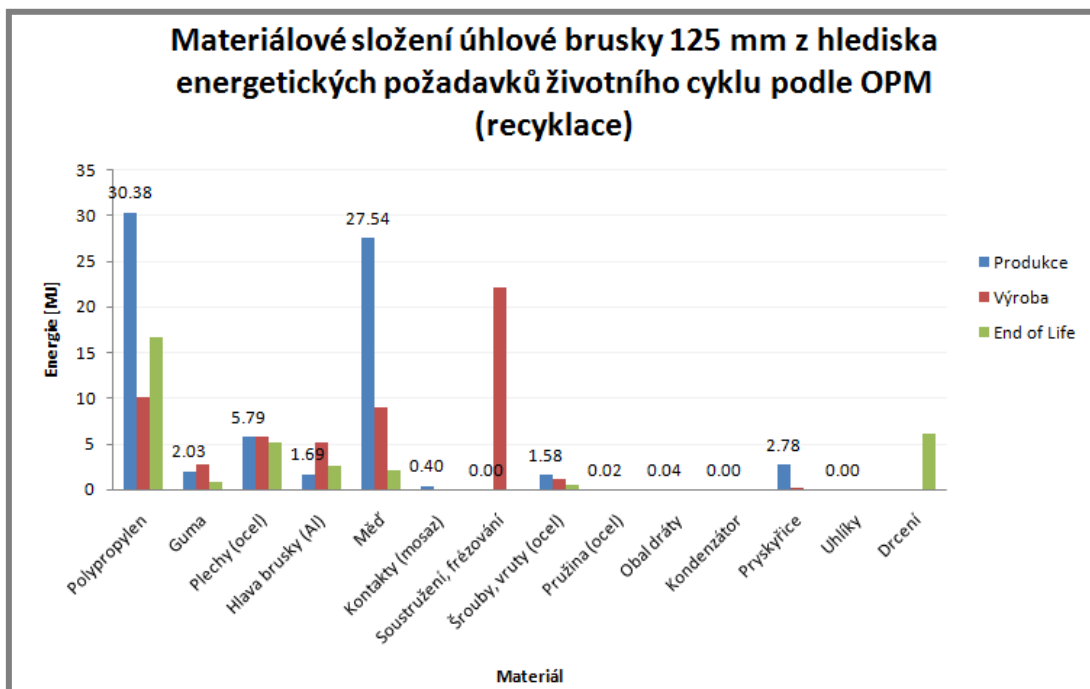
Obr. 6-5 Graf závislosti energetických požadavků na výrobu materiálů dle OPM pro brusky 125 mm (skládkování)

Graf (Obr. 6-5) znázorňuje energie nutnou na získávání surovin a výrobu následných polotovárů, výrobu výrobku a skládkování. Získaná data z LCI analýzy poskytují pouze informace o energetických požadavcích na vznik samotného výrobku z důvodu nulového zpětného zavádění odpadu do výroby. Z grafu je možné zjistit informace o nejvíce energeticky náročných surovinových zdrojích jako jsou slitiny hliníku, měď, ocel a plasty. Samotné obrábění/vstřikování má významný podíl na množství dodané energii do posuzovaného systému. Obdobným způsobem je posuzována možnost spalování materiálových komponent výrobku v jeho konečné životní fázi viz (Obr. 6-6). Z uvedeného grafu je patrné, že pro zpětné získání energie je možné využít materiálů které jsou hořlavé (PP, PU, papír, vlna, ...). Je uvažováno, že ostatní nehořlavé materiály jsou ukládány na skládku. Byla také simulována možnost zpětného využití odpadních materiálů zpět do výrobního systému v rozmezí zpětného využití od 10 % až do 100 % (Obr. 6-8). Z pohledu energetické efektivity prvotní recyklace se bod zlomu nachází ve výrobku ze 40 % recyklovaných materiálů vůči spalování stejného posuzovaného výrobku. Maximálního efektu bylo

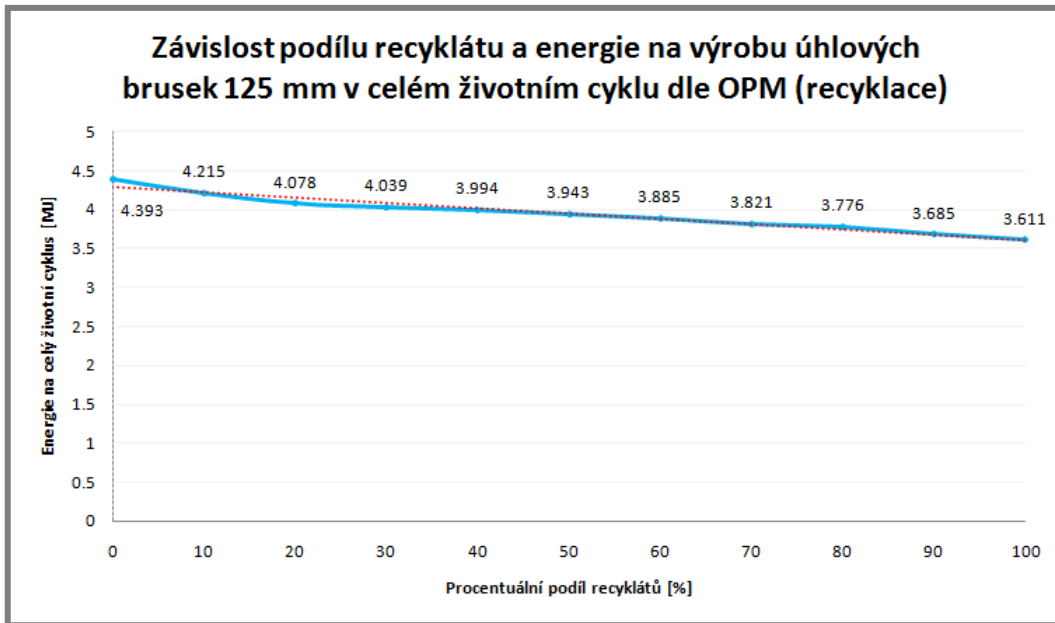
docíleno ve výši 100 % pro slitiny hliníku a 90 % pro ostatní recyklovatelné materiály mimo PP, kdy recyklát byl použit mimo posuzovaný systém viz (Obr. 6-7).



Obr. 6-6 Graf závislosti energetických požadavků na výrobu materiálů dle OPM pro brusky 125 mm (spalování)

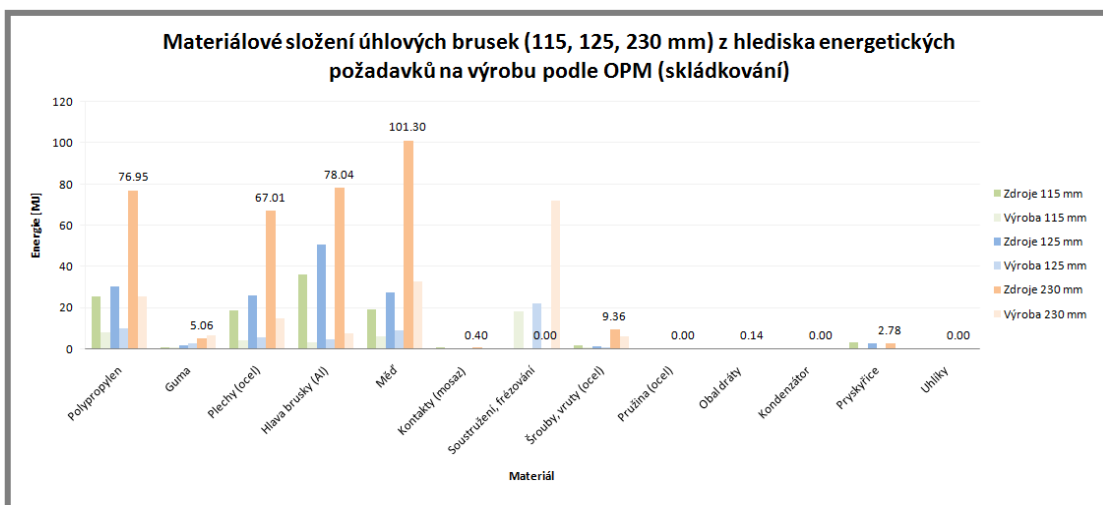


Obr. 6-7 Graf závislosti energetických požadavků na výrobu materiálů dle OPM pro brusky 125 mm (recyklace)

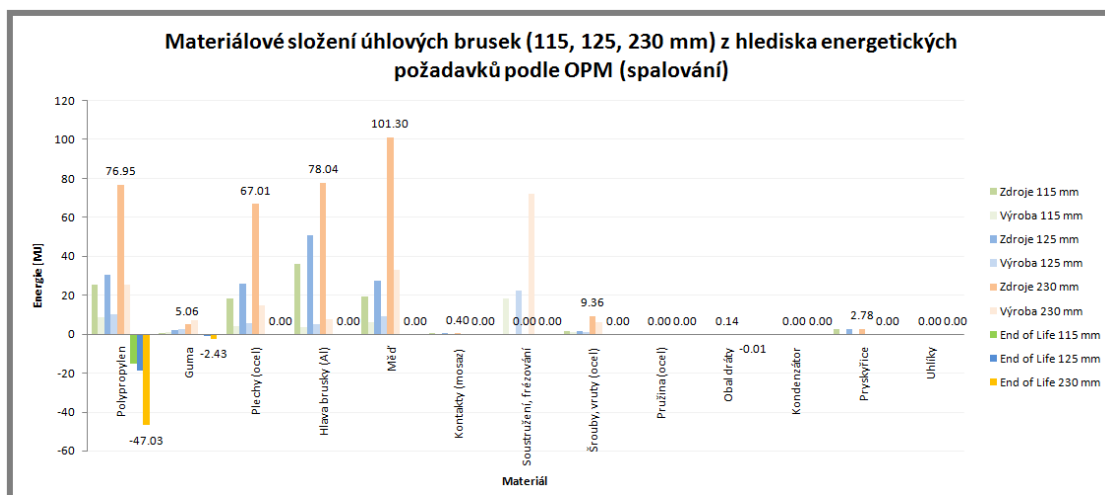


Obr. 6-8 Graf závislosti podílu množství recyklátu na energetických požadavcích na výrobu brusky 125 mm dle OPM (recyklace)

Inventarizační analýza LCI byla provedena pro případ skládkování a spalování odpadních materiálů zkoumaných úhlových brusek 115/125/230 mm. Sumarizační grafy inventarizační analýzy úhlových brusek (Obr. 6-9 a Obr. 6-10) vzájemně porovnávají závislosti množství použitých materiálů ve výrobcích a výrazný podíl samotné konstrukce elektromotoru na energetických požadavcích v porovnávaných systémech. Bylo zjištěno, že váhový poměr mezi ocelovými částmi a měděnými částmi elektromotoru (stator a rotor) je ve vzájemném poměru 0,41 až 0,46. Energie na výrobu polotovaru např. 1kg mědi je 103,5 MJ a 1kg oceli 40,5 MJ [12]. Při spalování materiálů viz (Obr. 6-10) je využíváno uchované energie v samotných materiálech a vzniklé teplo se nevrací do posuzovaného systému.



Obr. 6-9 Graf závislosti energetických požadavků na výrobu materiálů dle OPM pro brusky 115/125/230 mm (skládkování)



Obr. 6-10 Graf závislosti energetických požadavků na výrobu materiálů dle OPM pro brusky 115/125/230 mm (spalování)

## 6.2.2 Metodika LCA

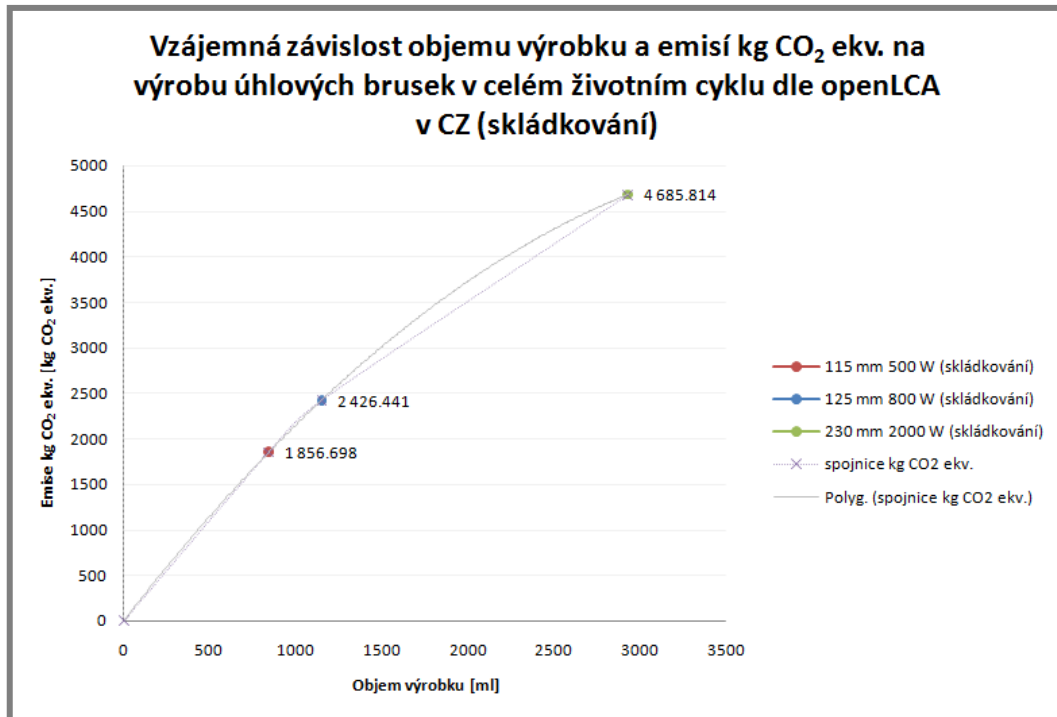
## 6.2.2

Posuzování množství emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. bylo prováděno za pomoci softwaru openLCA, který umožňuje detailně určit jednotlivé procesy v posuzovaném systému [13]. Prostřednictvím tohoto programu bylo možné provést na shromážděných datech analýzu environmentálních dopadů v rámci životního cyklu výrobku pouze skládkováním (bez recyklace a spalování z důvodu absence některých procesů v softwaru openLCA). Pro posuzování byla vzata v úvahu energetická síť České republiky s respektováním lokace surovinových zdrojů a následného znečištění [25].

Problémy s výpočtem emisí kg CO<sub>2</sub> ekv.:

- emise kg CO<sub>2</sub> ekv. jsou úzce svázány s lokalitou, kde probíhá těžba, transport, výroba a uživatelská fáze životního cyklu
- energetický mix významně ovlivňuje emise kg CO<sub>2</sub> ekv. [25]
- rozsah uživatelské fáze musí být totožný s posuzovanou metodikou dle OPM

Na grafu viz (Obr. 6-11) je závislost objemu výrobku a emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. vzniklé během životního cyklu výrobku (bez možné recyklace a spalování). Průběh spojnice tenderu je téměř totožný s grafem (Obr. 6-3) a dokazuje správnost použité metodiky OPM. Množství generovaných emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. odpovídá rozsahu posuzovaného systému v definovaném životním cyklu výrobku.

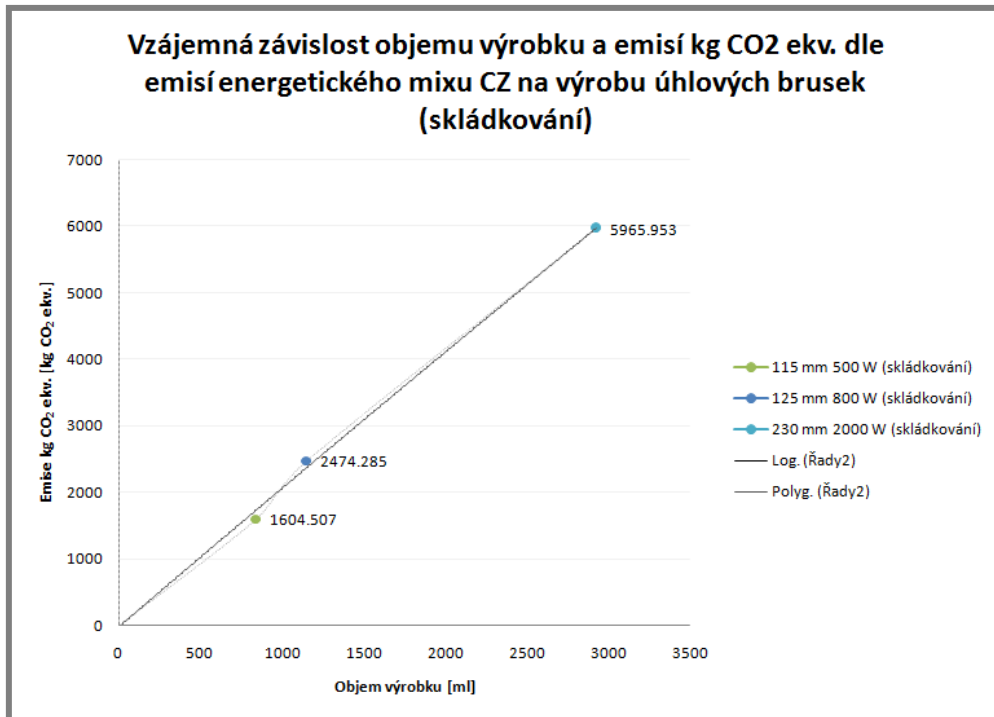


Obr. 6-11 Graf závislosti objemu výrobku a emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. v životním cyklu dle LCA pro úhlové brusky 115/125/230 mm - lokalita CZ (skládkování)

### 6.2.3

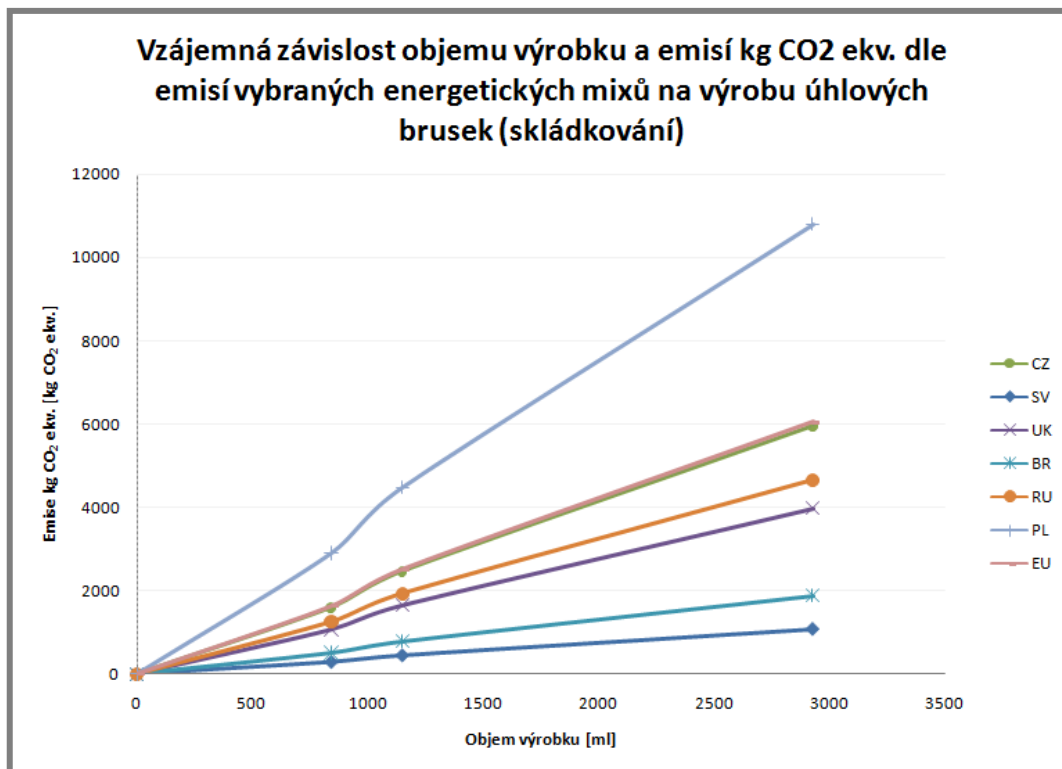
#### 6.2.3 Metoda využití energetických mixů

Pro určování environmentálních dopadů bylo využito emisí g CO<sub>2</sub> ekv./kWh energetického mixu, který umožňuje detailně posoudit jednotlivé toky a procesy v posuzovaném systému [32, 33, 35, 36]. Ze shromážděných dat z analýzy za pomoci metodiky OPM a také LCI analýzy je možné určit emise kg CO<sub>2</sub> ekv. dle požadavku místa zrodu a užívání výrobku. Byly určeny emise kg CO<sub>2</sub> ekv. pro úhlové brusky (115, 125, 230) mm v rámci životního cyklu výrobku pro skládkování, recyklaci a spalování viz (Obr. 6-a1). Pro posuzování byla brána v úvahu energetická síť České republiky a emise energetického mixu 394 g CO<sub>2</sub> ekv./kWh [32, 35, 36]. Pro transport bylo uvažováno o převozu nákladními vozidly v rozmezí (3,5 - 17) tun s emisemi 297 g CO<sub>2</sub> ekv./km. [33].



**Obr. 6-12** Graf emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. dle emisí z energetického mixu pro úhlové brusky 115/125/230 mm (skládkování)

Výhoda nástroje je rychlost bez nutnosti zpracování detailní analýzy LCA dle lokality vzniku emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. viz obrázek (Obr. 6-a2). Můžeme pozorovat různou míru emisí dle lokality jejího vzniku ta je dána složením energetických zdrojů dané lokality. Vstupní hodnoty pochází z metodiky OPM a dále z analýzy LCI. Energetické hodnoty včetně uživatelské fáze jsou určeny za pomoci hodnoty emisí z energetického mixu vybraných států/ekonomik. Z důvodu jiného původu emisí v životním cyklu a to přepravy jsou tyto emise určeny dle daného druhu. Posouzen byl celý životní cyklus až po skládkování pro úhlové brusky (115, 125, 230) mm, ale je možné zpracovat pouze emise vzniklé při výrobě. [32, 35, 36]



Obr. 6-13 Graf emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. pro vybrané světové ekonomiky dle energetického mixu pro úhlové brusky 115/125/230 mm (skládkování)

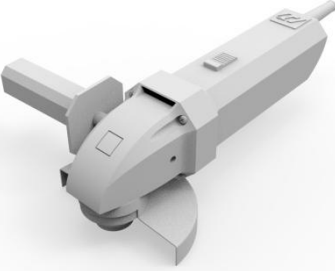



Výhody výpočtu emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. z energetického mixu:

- získané energetické požadavky z metodiky OPM pro výrobu elektrického ručního nářadí jednoduše aplikovatelné na dané území
- možnost dodatečně určit emise kg CO<sub>2</sub> ekv. pro dané lokality podle jednotlivých fází životního cyklu výrobku

### 6.3 Aplikace metodiky

Pro určení energetických požadavků a emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. na výrobu úhlových brusek byly vybrány 4 designérské návrhy studentů VUT FSI, ÚK, Odboru průmyslového designu. Za pomoci stanovené metodiky byly odečteny hodnoty pro jednotlivé návrhy [MJ, kg CO<sub>2</sub> ekv.] v závislosti na jejich objemu viz grafy (Obr. 6-3, 6-11). Pro přehlednost byly odečteny hodnoty pouze pro skládkování, lze však využít i v jiných životních fázích výrobku. Získané informace jsou uvedeny v tabulce (Tab. 6-3). Návrh úhlové brusky od T. Kreidlové na kterou byla aplikována metodika nesplňuje parametry pro úhlové brusky o průměru kotouče 125 mm, objemová charakteristika je pod úrovní zjištěné hodnoty a to o 43 % od vyráběné brusky. Nejvhodnější objemovou charakteristiku má bruska od K. Sychrové, která se blíží k běžně vyráběným bruskám s 3% odchylkou.

Tab. 6-3 Aplikace metodiky, brusky shora: D. Lob, K. Sychrová, A. Matušková, T. Kreidlová

	<p><b>Rozměr kotouče</b> <b>115 mm</b>  <b>Objem</b> <b>974 ml</b></p> <p>Energie na výrobu (skládování) 3,289 MJ                  Energie celková (skládování) 17 201 MJ</p> <p>Emise výroba - e. mix CZ (skládování) 18,25 kg CO<sub>2</sub> ekv.</p> <p>Emise celkové - e. mix CZ (skládování) 1 878 kg CO<sub>2</sub> ekv.</p>
	<p><b>Rozměr kotouče</b> <b>115 mm</b>  <b>Objem</b> <b>820 ml</b></p> <p>Energie na výrobu (skládování) 3,22 MJ                  Energie celková (skládování) 14 250 MJ</p> <p>Emise výroba - e. mix CZ (skládování) 15,78 kg CO<sub>2</sub> ekv.</p> <p>Emise celkové - e. mix CZ (skládování) 1 555 kg CO<sub>2</sub> ekv.</p>
	<p><b>Rozměr kotouče</b> <b>125 mm</b>  <b>Objem</b> <b>969 ml</b></p> <p>Energie na výrobu (skládování) 3,667 MJ                  Energie celková (skládování) 17 105 MJ</p> <p>Emise výroba - e. mix CZ (skládování) 18,17 kg CO<sub>2</sub> ekv.</p> <p>Emise celkové - e. mix CZ (skládování) 1 867 kg CO<sub>2</sub> ekv.</p>
	<p><b>Rozměr kotouče</b> <b>125 mm</b>  <b>Objem</b> <b>666 ml</b></p> <p>Energie na výrobu (skládování) 2,758 MJ                  Energie celková (skládování) 11 230 MJ</p> <p>Emise výroba - e. mix CZ (skládování) 13,32 kg CO<sub>2</sub> ekv.</p> <p>Emise celkové - e. mix CZ (skládování) 1 232 kg CO<sub>2</sub> ekv.</p>

## 6.4 Verifikace předběžných výsledků

Závěrečné posouzení výsledků z analýzy vzniklé za pomoci metodiky OPM viz graf (Obr. 6-3) probíhaly prostřednictvím nashromážděných dat z analýzy LCA viz graf (Obr. 6-11) ze softwaru openLCA. Nashromážděná výstupní data z obou metodik byla přiřazena k jednotlivým úhlovým bruskám viz (Tab. 6-4).

Tab. 6-4 Výstupní data z metody OPM, LCA a Energetického mixu

Bruska průměr kotouče	Název a model brusky	dle LCA (skládkování) [kg CO <sub>2</sub> ekv.]	dle OPM [ MJ]	Energet. mix (skládkování) [kg CO <sub>2</sub> ekv.]
115 mm	Einhell BWS 115/3	1856,70	14 660,47	1604,57
125 mm	Narex BU-13	2426,44	22 607,68	2474,29
230 mm	Einhell WS-230-4	4685,68	55 511,25	5965,95

Verifikace byla provedena následným proporčním porovnáním výstupů z metodiky OPM a LCA poměrovým porovnáním z důvodů problematiky stanovení kg CO<sub>2</sub> ekv. viz (Kap. 6.2.2). Hodnoty posledního a předešlého modelu úhlové brusky byly vzájemně v každé metodice poměrově porovnány a hodnoty posouzeny viz (Tab. 6-5). Získané hodnoty ukazují správně provedenou počáteční analýzu a vstupní materiálové charakteristiky pro metodiku OPM. Odchylka mezi jednotlivými metodikami je v rámci stanovené tolerance.

Tab. 6-5 Verifikace metody OPM a LCA

Poměr kotoučů	Název a model brusky	Poměr kg CO <sub>2</sub> ekv. dle LCA	Poměr kg CO <sub>2</sub> ekv. z energetického mixu CZ
115 mm	Einhell BWS 115/3	1 856,70	1 604,57
125 mm	Narex BU-13	2 426,44	2 474,29
		$\frac{1\ 856,70}{2\ 426,44} = 0,7651$	$\frac{1\ 604,57}{2\ 474,29} = 0,6485$
125 mm	Narex BU-13	2 426,44	2 474,29
230 mm	Einhell WS-230-4	4 685,68	5 965,95
		$\frac{2\ 426,44}{4\ 685,68} = 0,5178$	$\frac{2\ 474,29}{5\ 965,95} = 0,4147$

## 7 ZÁVĚR

Pojednání k dizertační práci shrnuje poznatky z oblasti vztahu průmyslového designéra k ecodesignu, metodik ecodesignu, faktorů ovlivňujících environmentální dopady produkce a distribuce výrobků. Orientace v rozsáhlé problematice ecodesignu vyžaduje znalosti zahrnující mezinárodní legislativu, nařízení a směrnic. Velmi problematická je náročnost samotné aplikace nástrojů ecodesignu zejména nástroje založené na LCA a vysoké náklady na jejich pořízení (Gabi, SimaPro, ...). V rešeršní části pojednání k dizertační práci bylo zjištěno, že není známo využívání objemových charakteristik k určování emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. a energetických nároků na výrobu výrobků v jejím celém rozsahu ani v jednotlivých částech životního cyklu. Důvodem absence této metodiky je vysoce problematické určení kvantifikovatelných hodnot v rané fázi návrhu výrobků, kde je pracováno pouze s vnějším tvarováním bez možnosti získání objemových popřípadě hmotnostních údajů.

Na základě vědecké otázky byla stanovena vhodná metodika pro splnění cílů práce a zpracován postup pro určení požadovaných údajů. Ze získaných výsledků lze předpokládat závislosti objemu výrobku na energetických požadavcích na výrobu při zachování elementárních funkčních vlastností výrobku. Vnitřní struktura zkoumaného elektrického nářadí vykazuje společné materiálové složení a také proporčně použité materiály vzhledem k objemu výrobku a z tohoto důvodu je zkoumaná závislost předvídatelná. Tato předvídatelnost je dána také ergonomií držení (úchopu), která při zvětšujícím se příkonu brusky a tím i zvětšující se váze vyžaduje nezbytný ergonomický úchop výrobku (bruska 115 mm a bruska 230 mm). Tyto vlastnosti výrobku jako je design (ergonomie), ekonomie výroby a konstrukční řešení se vzájemně ovlivňují a působí samoregulačním způsobem (snaha o optimální výrobek). S touto samoregulací je již uvažováno v samotných normách a směrnicích např.: 2009/125/ES.

Vhodné využití metodiky OPM (odvozené od LCA) potvrzuje verifikační postup za pomoci nezávislé metodiky LCA (software openLCA), který poměrově srovnává výsledná data. Rozdíl mezi emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. se pohybuje od (18 do 25) %. Ze současného stavu dizertační práce můžeme popsat chování a výhody uvedené metodiky. Zejména rychlost stanovení emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. z energetických požadavků na výrobu bez použití detailní analýzy LCA, jen z emisí energetických mixů jednotlivých států popřípadě ekonomik. Z hlediska posouzení celého životního cyklu výrobku činí největší emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. u elektrických spotřebičů jejich uživatelská fáze (provozování výrobku). Tyto emisí jsou však úzce spjaty s lokalitou uživatelské fáze, ale také podle místa zrodu výrobku. Transport výrobku se pohybuje u zkoumaného elektrického nářadí do 10 % celkových emisí. Práce neobsahuje stanovení environmentálních dopadů obalu výrobku.

Největším úskalím navržené metodiky jsou vstupní údaje pro inventarizační analýzu LCI a analýzu LCA, které musí být strukturovány dle složení výrobku s vhodně zvoleným rozsahem uživatelské fáze (energetická spotřeba dle příkonu elektromotoru výrobku). Problematické bylo také stanovení vlastního objemu

výrobku, které bude získáváno za pomoci 3D skenování, fotogrammetrie nebo z technických dat výrobce nářadí.

Při řešení práce byly splněny dílčí cíle a to zpracování třídy výrobků (úhlové brusky), ostatní výrobky budou posuzovány v posledním roce řešení dizertační práce.

Přínosem práce je získání kvantitativních výstupů, které je možné aplikovat v raném stádiu návrhu výrobků na základě objemu výrobku bez znalosti vnitřní struktury výrobku. Určování environmentálních dopadů podle objemových vlastností návrhů najde uplatnění nejenom v oblasti průmyslového designu, ale i v oblastech marketingu či možného EcoLabelingu.

Dizertační práce je řešena za podpory společnosti Fein a ve spolupráci s DeWalt, Stanley a Black & Decker.

---

**LITERATURA**

---

- [1] LOFTHOUSE, Vicky. Investigation into the role of core industrial designers in ecodesign projects. *Design Studies*. 2004, 25(2): 215-227. DOI: 10.1016/j.destud.2003.10.007. ISSN 0142694x. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0142694X03000516>
- [2] *United Nations Environment Programme (UNEP) - Home page* [online]. 2015 [cit. 2015-06-06]. Dostupné z: <http://www.unep.org/>
- [3] LOFTHOUSE, Vicky. Ecodesign tools for designers: defining the requirements. *Journal of Cleaner Production*. 2006, 14(15-16): 1386-1395. DOI: 10.1016/j.jclepro.2005.11.013. ISSN 09596526. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652605002465>
- [4] KNIGHT, Paul a James O. JENKINS. Adopting and applying eco-design techniques: a practitioners perspective. *Journal of Cleaner Production*. 2009, 17(5): 549-558. DOI: 10.1016/j.jclepro.2008.10.002. ISSN 09596526. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652608002515>
- [5] BEY, Nouredine Yahya, Environmental assessment - Gotten across to industrial designers, *DESIGN 2002: Proceedings of the 7th International Design Conference*. 2002, Vols 1 and 2: 1293-1298. Dostupné také z: [https://www.designsociety.org/publication/29732/environmental\\_assessment-gotten\\_across\\_to\\_industrial\\_designers](https://www.designsociety.org/publication/29732/environmental_assessment-gotten_across_to_industrial_designers)
- [6] PACELLI, Francesco, Francesca OSTUZZI a Marinella LEVI. Reducing and reusing industrial scraps: a proposed method for industrial designers. *Journal of Cleaner Production*. 2015, (vol. 86): 78-87. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.08.088. ISSN 09596526. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652614009111>
- [7] KIM, Seung-Jin a Sami KARA. Predicting the total environmental impact of product technologies. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. 2014, 63(1): 25-28. DOI: 10.1016/j.cirp.2014.03.007. ISSN 00078506. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007850614000109>
- [8] ALLIONE, Cristina, Claudia DE GIORGI, Beatrice LERMA a Luca PETRUCCELLI. From ecodesign products guidelines to materials guidelines for a sustainable product. Qualitative and quantitative multicriteria environmental profile of a material. *Energy*. 2012, 39(1): 90-99. DOI: 10.1016/j.energy.2011.08.055. ISSN 03605442. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360544211005950>
- [9] PLATCHECK, E.R., L. SCHAEFFER, W. KINDLEIN a L.H.A. CÂNDIDO. Methodology of ecodesign for the development of more sustainable electro-electronic equipments. *Journal of Cleaner Production*. 2008, 16(1): 75-86. DOI: 10.1016/j.jclepro.2006.10.006. ISSN 09596526. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652606003763>
- [10] UEDA, Edilson Shindi; SHIMITSY, T.; SATO, Kiminobu. The role of industrial designers in Japanese companies involved in eco-redesign process. In: *Proceedings of 6th Asian Design International Conference*. 2003.
- [11] VALLET, Flore, Benoît EYNARD, Dominique MILLET, Stéphanie Glatard MAHUT, Benjamin TYL a Gwenola BERTOLUCI. Using eco-design tools: An overview of experts' practices. *Design Studies*. 2013, 34(3): 345-377. DOI:

- 10.1016/j.destud.2012.10.001. ISSN 0142694x. Dostupné také z:  
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0142694X12000634>
- [12] BEY, Niky. *The Oil Point Method - A tool for indicative environmental evaluation in material and process selection*. Lyngby, Denmark, 2000. Dizertační práce. Technical University of Denmark.
- [13] *Home - openLCA.org* [online]. 2014 [cit. 2016-06-19]. Dostupné z:  
<http://openlca.org/web/guest>
- [14] KOTA, Srinivas a Amaresh CHAKRABARTI. ACLODS – A holistic framework for environmentally friendly product lifecycle design. In: *Global Product Development*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, s. 137-146. DOI: 10.1007/978-3-642-15973-2. ISBN 978-3-642-15972-5. Dostupné také z:  
[http://www.cpdm.iisc.ernet.in/ideaslab/paper\\_scans/UID\\_83.pdf](http://www.cpdm.iisc.ernet.in/ideaslab/paper_scans/UID_83.pdf)
- [15] IAN, Thomas, 2016. Focus 3: EMS and EIA: Topic 7: Life Cycle Analysis: Introduction and Background. *RMIT University | Melbourne | Australia* [online]. [cit. 2016-01-10]. Dostupné z:  
[https://www.dlsweb.rmit.edu.au/conenv/envi1128/focus3/f3\\_t7\\_q37.htm](https://www.dlsweb.rmit.edu.au/conenv/envi1128/focus3/f3_t7_q37.htm)
- [16] LUTTROPP, Conrad a Jessica LAGERSTEDT. EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. *Journal of Cleaner Production*. 2006, 14(15-16), 1396-1408. DOI: 10.1016/j.jclepro.2005.11.022. ISSN 09596526. Dostupné také z:  
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652605002556>
- [17] HOCHSCHORNER, Elisabeth. *Life cycle thinking in environmentally preferable procurement* [online]. Stockholm: Royal Institute of Technology, 2008 [cit. 2016-01-10]. ISBN 978-917-1789-105. Dostupné z: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:13528/FULLTEXT01.pdf>
- [18] Eco-Design: Principles of Eco-Design. *Eco-Design | Principles of Eco-Design* [online]. 2014 [cit. 2016-01-10]. Dostupné z:  
<https://yuentsunwing.wordpress.com/2014/03/14/meco-matrix/>
- [19] SINGHAL, Pranshu, Salla AHONEN, Gareth RICE, Markus STUTZ, Markus TERHO a Hans VAN DER WEL. Key Environmental Performance Indicators (KEPIs): A new approach to environmental assessment. In: *International Congress and Exhibition on Electronics Goes Green 2004+*. Berlin: Fraunhofer IRB Verlag, 2004, s. 697 - 702. Dostupné také z:  
[http://www.lcaforum.ch/Portals/0/DF\\_Archive/DF27/Stutz2KEPIPaper2004.pdf](http://www.lcaforum.ch/Portals/0/DF_Archive/DF27/Stutz2KEPIPaper2004.pdf)
- [20] FROELICH, Daniel a Damien SULPICE, 2013. ECO-DESIGN TOOLS - Indicators | Eco-3e. *Eco-3e* [online]. [cit. 2016-02-21]. Dostupné z:  
<http://eco3e.eu/wp-content/uploads/kalins-pdf/singles/indicators.pdf>
- [21] NISSEN, Nils a Karsten SCHISCHKE, 2014. Environmental evaluation methods: Toxic Potential Indicator (TPI). *Willkommen - Fraunhofer IZM* [online]. [cit. 2016-01-10]. Dostupné z:  
[http://www.izm.fraunhofer.de/en/abteilungen/environmental\\_reliabilityengineering/key\\_research\\_areas/environmental\\_assessmentandeco-design/toxic-potential-indicator--tpi-.html](http://www.izm.fraunhofer.de/en/abteilungen/environmental_reliabilityengineering/key_research_areas/environmental_assessmentandeco-design/toxic-potential-indicator--tpi-.html)
- [22] MET Matrix. *Site off-line | Locus Research* [online]. 2008 [cit. 2016-01-09]. Dostupné z:  
[http://locusdev.co.nz/sites/default/files/METMatrix\\_OnlineTemplate.xls](http://locusdev.co.nz/sites/default/files/METMatrix_OnlineTemplate.xls)

- [23] WEINZETTEL, Jan, 2016. Input output analýza. *Úvod | Databáze vysokoškolských kvalifikačních prací zaměřených na LCA* [online]. [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <http://vskp.vsb.cz/oblast-ioa/>
- [24] BYGGETH, Sophie a Elisabeth HOCHSCHORNER, 2006. Handling trade-offs in Ecodesign tools for sustainable product development and procurement. *Journal of Cleaner Production*. 14(15-16), 1420-1430. DOI: 10.1016/j.jclepro.2005.03.024. ISSN 09596526. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652605000946>
- [25] *International Energy Agency* [online], 2017. OECD/IEA [cit. 2017-02-20]. Dostupné z: <http://www.iea.org/>
- [26] *ISO 14044:2006: Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines*, 2006. Switzerland: International Organization for Standardization.
- [27] SOVJÁK, Richard. Studying Knowledge about Eco-design Tools at Department of Industrial Design, Brno University of Technology. *GRANT Journal*, 2017, vol. 5, no. 2, p. 72-75. ISSN: 1805-0638.
- [28] Inovace výrobků a jejich systémů: Přehled metodiky analýzy inovačního potenciálu výrobků a služeb s diskusními otázkami. *Aktuality | Eko-Net CIR* [online]. 2004 [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <http://eko-net.cir.cz/prirucka-inovace-vyrobku-s-vyuzitim-lca/485362/lca.pdf>
- [29] BOVEA, M.D. a V. PÉREZ-BELIS. A taxonomy of ecodesign tools for integrating environmental requirements into the product design process. *Journal of Cleaner Production*. 2012, 20(1), 61-71. DOI: 10.1016/j.jclepro.2011.07.012. ISSN 09596526. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652611002538>
- [30] MALÝ, Karel. *Životní cyklus průmyslových podlah v zemědělství a lesnictví*. Brno, 2010. Dostupné také z: [http://is.mendelu.cz/zp/portal\\_zp.pl?prehled=vyhledavani;podrobnosti=29928;zp=29733;download\\_prace=1](http://is.mendelu.cz/zp/portal_zp.pl?prehled=vyhledavani;podrobnosti=29928;zp=29733;download_prace=1). Disertační práce. MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
- [31] BEY, Nicki, 2000. *The Oil Point Method: A tool for indicative environmental evaluation in material and process selection* [online]. Lyngby [cit. 2018-06-09]. Dostupné z: [http://polynet.dk/lenau/niki\\_bey\\_phd\\_thesis.pdf](http://polynet.dk/lenau/niki_bey_phd_thesis.pdf). Dissertation thesis. Technical University of Denmark.
- [32] *Explore the largest electricity & carbon database* [online], [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: [https://data.electricitymap.org/?utm\\_source=electricitymap.org&utm\\_medium=referral#Methodology](https://data.electricitymap.org/?utm_source=electricitymap.org&utm_medium=referral#Methodology)
- [33] *Emission Factors from Cross-Sector Tools* [online], [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29\\_1.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf)
- [34] LEVIHN, Fabian, *CO2 emissions accounting: Whether, how, and when different allocation methods should be used*. 68, 811-818. DOI: 10.1016/j.energy.2014.01.098. ISSN 03605442. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360544214001200>
- [35] Key world energy statistics, 2017. *International Energy Agency* [online]. Paris [cit. 2018-05-10]. Dostupné z:

- <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf>
- [36] CO2 Highlights 2017 - IEA, 2017. *International Energy Agency* [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z:  
<https://www.iea.org/media/statistics/CO2Highlights.XLS>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obr. 3-1</b> Dovednosti průmyslového designéra a konstrukčního inženýra [1]	6
<b>Obr. 3-2</b> Body zájmů dle průmyslových designérů [10]	8
<b>Obr. 3-3</b> Průmyslový designéři a znalosti principů ecodesignu [10]	8
<b>Obr. 3-4</b> Graf požadavků studentů na znalosti LCA studenty OPD, Q9 [27]	10
<b>Obr. 3-5</b> Graf požadavků studentů na LCA, souhlasné odpovědi, Q7-Q9 [27]	11
<b>Obr. 3-6</b> Holistický rámec nástroje ecodesignu pro průmyslový design [3]	12
<b>Obr. 3-7</b> Schéma aplikačního rámce ACLODS [14]	14
<b>Obr. 3-8</b> LiDS Wheel [15]	15
<b>Obr. 3-9</b> Schéma The 10 Golden Rules [16]	16
<b>Obr. 3-10</b> Vnitřní řešení kompresorů pro akvária [9]	18
<b>Obr. 3-11</b> Optimalizované vnitřní kompresoru k akváriu [9]	18
<b>Obr. 3-12</b> Schéma životní cyklus produktu dle LCA [28]	19
<b>Obr. 3-13</b> Životní cyklus dle OP pro elektrický vysavač [33]	21
<b>Obr. 3-14</b> Grafické rozhraní softwaru na posouzení TPI [21]	24
<b>Obr. 3-15</b> Design produktu z odpadu [6]	28
<b>Obr. 3-16</b> Dopad na životní prostředí pro produkty iPad [7]	29
<b>Obr. 3-17</b> Určování volby materiálů dle povahy výrobku [8]	31
<b>Obr. 3-18</b> Ukázka metodiky MATto se senzorickými vjemy [8]	32
<b>Obr. 3-19</b> Analýza využití nástrojů ecodesignu [4]	33
<b>Obr. 3-20</b> Graf distribuce času [11]	35
<b>Obr. 3-21</b> Grafické porovnání jednotlivých metod pro výrobu plastového okna [5]	37
<b>Obr. 5-1</b> Schéma metodického postupu	45
<b>Obr. 6-1</b> Analyzované úhlové brusky o velikosti kotouče 115/125/230 mm	47
<b>Obr. 6-2</b> Graf závislosti objemu a energie na výrobu výrobku dle OPM pro brusky 115/125/230 mm (skládování, spalování, recyklace)	48
<b>Obr. 6-3</b> Graf závislosti objemu výrobku a energie v celém životním cyklu dle OPM pro brusky 115/ 125/230 mm (skládování)	49
<b>Obr. 6-4</b> Graf závislosti příkonu výrobku a energie na výrobu výrobku v celém životním cyklu dle OPM pro brusky 115/125/230 mm (skládování)	49
<b>Obr. 6-5</b> Graf závislosti energetických požadavků na výrobu materiálů dle OPM pro brusky 125 mm (skládování)	50
<b>Obr. 6-6</b> Graf závislosti energetických požadavků na výrobu materiálů dle OPM pro brusky 125 mm (spalování)	51
<b>Obr. 6-7</b> Graf závislosti energetických požadavků na výrobu materiálů dle OPM pro brusky 125 mm (recyklace)	51
<b>Obr. 6-8</b> Graf závislosti podílu množství recyklátu na energetických požadavcích na výrobu brusky 125 mm dle OPM (recyklace)	52
<b>Obr. 6-9</b> Graf závislosti energetických požadavků na výrobu materiálů dle OPM pro brusky 115/125/230 mm (skládování)	52
<b>Obr. 6-10</b> Graf závislosti energetických požadavků na výrobu materiálů dle OPM pro brusky 115/125/230 mm (spalování)	53
<b>Obr. 6-11</b> Graf závislosti objemu výrobku a emisí kg CO <sub>2</sub> ekv. v životním cyklu dle LCA pro úhlové brusky 115/125/230 mm - lokalita CZ (skládování)	54
<b>Obr. 6-12</b> Graf emisí kg CO <sub>2</sub> ekv. dle emisí z energetického mixu pro úhlové brusky 115/125/230 mm (skládování)	55

**Obr. 6-13** Graf emisí kg CO<sub>2</sub> ekv. pro vybrané světové ekonomiky dle energetického mixu pro úhlové brusky 115/125/230 mm (skládání) 56

**SEZNAM TABULEK**

---

<b>Tab. 3-1</b> Struktura matice MECO [18]	22
<b>Tab. 3-2</b> Matice MECO [20]	23
<b>Tab. 3-3</b> Schéma matice MET Matrix [22]	25
<b>Tab. 3-4</b> Matice užití (horní tabulka) a Matice výroby (dolní tabulka) [23]	27
<b>Tab. 3-5</b> Charakteristické vlastnosti nástrojů ecodesignu [11]	35
<b>Tab. 3-6</b> Tabulka nástrojů ecodesignu a hodnocení analýzy [24]	39
<b>Tab. 6-1</b> Tabulka kategorizovaných výrobků	46
<b>Tab. 6-2</b> Vstupní data úhlových brusek	47
<b>Tab. 6-3</b> Aplikace metodiky, brusky shora: D. Lob, K. Sychrová, A. Matušková ,T. Kreidlová	57
<b>Tab. 6-4</b> Výstupní data z metody OPM, LCA a Energetického mixu	58
<b>Tab. 6-5</b> Verifikace metody OPM a LCA	58

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

---

CAD	- Computer Aided Design
CO <sub>2</sub>	- Oxid uhličitý
DfA	- Design for Assembly
DfD	- Design for Disassembly
DfM	- Design for Maintenance
EIA	- Environmental Impact Assessment
ekv.	- Ekvivalentní
EMS	- Environmental Managment System
EoL	- End of Life
ERPA	- Environmentally Responsible Product Assessment Matrix
EU	- European Union
EuP	- Energy Using Product Directive
IO	- Input Output
IOT	- Input Output Table
ISO	- International Organization for Standardization
KEPI	- Key Environmental performance indicators
LCA	- Life Cycle Assessment
LCC	- Life Cycle Cost
LCD	- Liquid Crystal Display
LiDS	- Lifecycle Development Strategy Wheel
MET	- Material, Energy and Toxicity
OPM	- Oil Point Method
REACH	- Regulation on Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
RoHS	- Restriction of Hazardous Substance Directive
SLM	- Standart Logistic Function
TQM	- Total Quality Management
WEEE	- Waste Electrical and Electronic Equipment Directive

