

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
Katedra elektrotechnologie

Ekodesign elektrotechnického výrobku

Vedoucí diplomové práce:	Doc. Ing. Ivan Kudláček, CSc.
Datum zadání diplomové práce:	15. března 2007
Datum odevzdání diplomové práce:	18. ledna 2008

2008

Pavel Rokos

Z a d á n í d i p l o m o v é p r á c e

Student: **Pavel Rokos**

Obor: **Technologické systémy**

Název tématu: **Ekodesign elektrotechnického výrobku**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Zpracujte metodický postup pro ekodesign elektrotechnického výrobku.
2. S využitím softwarového produktu SimaPro proveďte podrobnou analýzu životního cyklu vybraného elektrotechnického výrobku.

Seznam odborné literatury:

- [1] Remtová K. Ekodesign. MŽP Praha 2003, ISBN:80-7212-230-4
- [2] Deprez W., Pardon I., De Keulenaer H., Herrmann C., Driesen J. Ecodesign Toolbox for Electrical Equipment. Katholieke Universiteit Leuven, Department of Electrical Engineering, Belgium
- [3] Guinée J.B. Handbook on Life Cycle Assessment. Kluwer Academic Publisher ISBN 1-4020-0228-9

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Ivan Kudláček, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 15. března 2007

Termín odevzdání diplomové práce: 18. ledna 2008


.....
doc. Ing. Pavel Mach, CSc.,
vedoucí katedry

L.S.


.....
prof. Ing. Zbyněk Škvor, CSc.,
děkan

V Praze dne 15. března 2007

Anotační list

Anotace

Tato diplomová práce pojednává o jedné z nových možností, jak přistupovat k návrhu elektrotechnických zařízení. Zaměřuje se na problematiku ekodesignu a s ním úzce spojenou metodu hodnocení životního cyklu výrobku.

První část práce se věnuje především teoretickým poznatkům, které jsou dosud o ekodesignu známy. Stěžejní téma nejen popisuje, ale nabízí i široký pohled na celou problematiku.

Druhá část se zaměřuje na praktickou aplikaci ekodesignu a ukázkou softwarového produktu SimaPro. Provedena je podrobná analýza životního cyklu elektrotechnického výrobku, konkrétně 7kVA transformátoru.

Klíčová slova

- ekodesign
- LCA (Analýza životního cyklu výrobku)
- transformátor
- SimaPro
- Eco-indikátor 99
- CML 2
- inovace

Annotation letter

Annotation

This diploma thesis deals with new approach to electrotechnic equipment design. It focuses on ecodesign and on Life Cycle Assessment, the method close to environmental design.

The first part of the thesis describes theoretical knowledge already known about ecodesign. There is not only a pure description. The main topic is seen from a wider point of view.

The second part focuses on practical application of ecodesign and displays software SimaPro. There is made detailed Life Cycle Analysis of 7 kVA transformer.

Key words

- ecodesign
- LCA (Life Cycle Assessment)
- transformer
- SimaPro
- Eco-indicator 99
- CML 2
- innovation

Prohlašuji na svou čest, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně
s použitím uvedené literatury a zdrojů.

V Praze dne

.....

Pavel Rokos

OBSAH

<u>ANOTAČNÍ LIST</u>	<u>3</u>
<u>ANNOTATION LETTER</u>	<u>4</u>
<u>OBSAH</u>	<u>6</u>
<u>ÚVOD</u>	<u>9</u>
<u>1. EKODESIGN ELEKTROTECHNICKÉHO VÝROBKU</u>	<u>11</u>
1.1. DEFINICE	11
1.2. ŽIVOTNÍ CYKLUS VÝROBKU	11
1.3. ZÁSADY EKODESIGNU	12
1.4. VZNIK A HISTORIE	14
1.5. STRATEGIE EKODESIGNU	15
1.5.1. KOLO STRATEGIÍ EKODESIGNU	15
1.5.2. MARKETINGOVÁ APLIKACE KOLA STRATEGIÍ EKODESIGNU	20
1.6. METODICKÝ POSTUP PŘI ZAVÁDĚNÍ EKODESIGNU	21
1.6.1. ORGANIZACE EKODESIGNOVÉHO PROJEKTU	22
1.6.2. VÝBĚR VÝROBKU	24
1.6.3. STANOVENÍ STRATEGIE PROJEKTU	25
1.6.4. GENEROVÁNÍ A NÁVRH VÝBĚRU ŘEŠENÍ	26
1.6.5. DETAILNÍ KONCEPT VÝROBKU	27
1.6.6. PROPAGACE A UVEDENÍ VÝROBKU DO VÝROBY	27
1.6.7. NÁSLEDNÉ AKTIVITY	29
1.7. SMĚRNICE K EKODESIGNU ENERGETICKÝCH SPOTŘEBIČŮ	30
1.8. PŘÍKLAD EKODESIGNOVÉHO PROJEKTU	31
<u>2. ANALÝZA ŽIVOTNÍHO CYKLU TRANSFORMÁTORU POUŽITÍM SOFTWARE SIMAPRO</u>	<u>34</u>
2.1. FÁZE 1 – DEFINICE CÍLŮ A ROZSAHU STUDIE TRANSFORMÁTORU	35
2.1.1. ZADÁNÍ	35
2.1.2. CÍL STUDIE	35
2.1.3. ROZSAH STUDIE	35
2.1.4. FUNKČNÍ JEDNOTKA	36
2.1.5. HRANICE SYSTÉMU	36
2.2. FÁZE 2 – MONITORING SOUČASNÉHO STAVU – INVENTARIZAČNÍ ANALÝZA	38

2.2.1.	POUŽITÉ MATERIÁLY	38
2.2.2.	VÝROBNÍ PROCESY	40
2.2.3.	PŘEPRAVA A DISTRIBUCE	41
2.2.4.	DOBA TECHNICKÉHO ŽIVOTA A ŽIVOTNOST TRANSFORMÁTORU	42
2.2.5.	RECYKLACE A LIKVIDACE TRANSFORMÁTORU A JEHO DÍLČÍCH ČÁSTÍ	42
2.3.	FÁZE 3 – VYHODNOCENÍ LCA STÁVAJÍCÍHO TRANSFORMÁTORU	42
2.3.1.	SOFTWARE SIMAPRO	42
2.3.2.	METODIKY HODNOCENÍ ENVIRONMENTÁLNÍCH DOPADŮ	44
2.3.3.	MODEL LCA TRANSFORMÁTORU	49
2.3.4.	ZHODNOCENÍ MODELU	52
2.4.	FÁZE 4 – NÁVRH INOVACÍ DLE ZÁSAD EKODESIGNU	53
2.4.1.	INOVACE V MATERIÁLOVÉ OBLASTI	53
2.4.2.	INOVACE VE VÝROBNÍCH PROCESECH	53
2.4.3.	INOVACE PŘEPRAVY A DISTRIBUCE	54
2.4.4.	INOVACE V OBLASTI UŽÍVÁNÍ A ŽIVOTNOSTI	54
2.4.5.	INOVACE RECYKLACE A LIKVIDACE TRANSFORMÁTORU	54
2.4.6.	SHRNUTÍ NAVRHOVANÝCH INOVACÍ TRANSFORMÁTORU	56
2.5.	FÁZE 5 – VYHODNOCENÍ LCA INOVOVANÉHO NÁVRHU A SROVNÁNÍ	56
2.5.1.	MODEL LCA INOVOVANÉHO NÁVRHU	56
2.5.2.	ZHODNOCENÍ INOVOVANÉHO MODELU	59
2.5.3.	SROVNÁNÍ STÁVAJÍCÍHO A INOVOVANÉHO NÁVRHU	59
2.5.4.	ZHODNOCENÍ SROVNÁNÍ OBOU MODELŮ	61
2.6.	FÁZE 6 – EKONOMICKÁ ANALÝZA A ZHODNOCENÍ	62
2.6.1.	EKONOMICKÁ NÁROČNOST	62
2.6.2.	ZHODNOCENÍ CELÉHO PROJEKTU	62
ZÁVĚR		64
SUMMARY		66
PŘÍLOHY		67
PŘÍLOHA 1 – EKODESIGNOVÝ SLOVNÍČEK		67
PŘÍLOHA 2 – PRVNÍ EKO VÝROBEK		74
PŘÍLOHA 3 – KUSOVNÍK ANALYZOVANÉHO TRANSFORMÁTORU		75
PŘÍLOHA 4 – EKOINDIKÁTORY		76
PŘÍLOHA 5 – ANALÝZA LCA MODELU TRANSFORMÁTORU		82
PŘÍLOHA 6 – ANALÝZA LCA INOVOVANÉHO MODELU TRANSFORMÁTORU		95
PŘÍLOHA 7 – SROVNÁNÍ OBOU MODELŮ		100
PŘÍLOHA 8 – STROMOVÉ SCHÉMA LCA MODELŮ TRANSFORMÁTORU		EXTERNÍ
PŘÍLOHA 9 – CD-ROM		EXTERNÍ

<u>SEZNAM OBRÁZKŮ</u>	<u>110</u>
<u>SEZNAM TABULEK</u>	<u>111</u>
<u>SEZNAM GRAFŮ</u>	<u>112</u>
<u>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</u>	<u>114</u>

Úvod

V dnešní době se společnost markantně zaměřuje na environmentální dopady veškerých svých činností, a proto se hledají nové cesty, které by vedly ke zlepšení životního prostředí. Objevuje se biologické zemědělství, existuje environmentální ekonomie, environmentálního managementu, dokonce i environmentálního účetnictví a dalších. V této práci bude demonstrován jeden z dalších nástrojů, jenž se problematikou životního prostředí zabývá, je to nástroj technologický. Konkrétně se bude jednat o problematiku **ekodesignu**.

Objektem zájmu tohoto nástroje je vývoj takových výrobků, které mají co nejmenší dopad na životní prostředí během svého celého životního cyklu. Hlavní důraz v této práci je kladen především na elektrotechnické výrobky. Neustále roste poptávka po elektrické energii a v následujících dvaceti až třiceti letech se předpokládá její další markantní růst. Proto je nutné hledat cesty, které vedou ke snížení spotřeby elektrické energie, jejíž výroba má nemalý dopad na životní prostředí.

Cílem diplomové práce je shrnout všechny dosud známé poznatky o ekodesignu, zpracovat metodický postup ekodesignu elektrotechnického výrobku a jeho následná praktická aplikace na konkrétním výrobku.

Práce vychází z domácí i zahraniční literatury, zejména z aktuálních internetových zdrojů. Je použit analyticko-syntetický poznávací postup při zaostření na ekodesign.

Práce je **strukturována** následovně:

V první kapitole s názvem **Ekodesign elektrotechnického výrobku** je definován pojem ekodesign a také pojem životní cyklus výrobku, který je zásadním nástrojem používaným právě při návrhu výrobků, která mají mít minimální negativní vliv na životní prostředí. Dále je věnována zásadám

ekodesignu a rovněž je zde rozebrán jeho vznik. První kapitola se dále zaměřuje na jednotlivé strategie ekodesignu a metodický postup při zavádění těchto strategií do výrobního procesu. Závěrem první kapitoly je zmíněna směrnice evropského parlamentu, která legislativně upravuje předpisy týkající se problematiky ekodesignu.

Druhá kapitola **Analýza životního cyklu transformátoru použitím softwaru SimaPro** je zaměřena na konkrétní analýzu životního cyklu daného elektrotechnického výrobku. Navrženy jsou úpravy, které by měly zlepšit environmentální profil transformátoru. U tohoto inovovaného výrobku je provedena analýza životního cyklu. Výsledkem je pak srovnání stávajícího a inovovaného výrobku.

Součástí práce jsou **přílohy**. První přílohou je slovníček ekodesignu, ve kterém jsou přeloženy a vysvětleny anglické výrazy vyskytující se v oblasti ekodesignu a environmentální politiky. V druhé příloze je krátce představen první výrobek, který kdy byl navrhnout a vyroben dle zásad ekodesignu. Třetí přílohou je originální kusovník transformátoru, který je v druhé kapitole této diplomové práce analyzován. Ve čtvrté příloze jsou podrobně vysvětleny ekoindikátory, které jsou výstupem ze softwaru SimaPro a jsou použity k analýze transformátoru. Náplní páté, šesté a sedmé přílohy jsou okomentované podrobné grafy stávajícího i inovovaného návrhu a také grafy srovnání. Osmou, externí, přílohou je zjednodušené stromové schéma životního cyklu transformátoru stávajícího i inovovaného. Poslední přílohou je CD obsahující celou diplomovou práci vypálenou ve formátu .pdf a materiály, které byly v práci použity.

1. Ekodesign elektrotechnického výrobku

1.1. Definice

Slovo *EKODESIGN* je anglického původu. Stejně tak jako původní anglický výraz **ecodesign** označuje začlenění požadavků ochrany životního prostředí do návrhu a vývoje výrobku, což jinak řečeno též znamená, že výrobek má nižší negativní dopad na životní prostředí¹. [lit. 1]

Ekodesign lze definovat jako **systematický proces** věnující se návrhu a vývoji výrobku. Proces, vedle klasických vlastností jako je funkčnost, ekonomičnost, bezpečnost, technická proveditelnost, klade velký důraz na dosažení minimálního negativního dopadu výrobku na životní prostředí během jeho **celého životního cyklu**. [lit. 1]

1.2. Životní cyklus výrobku

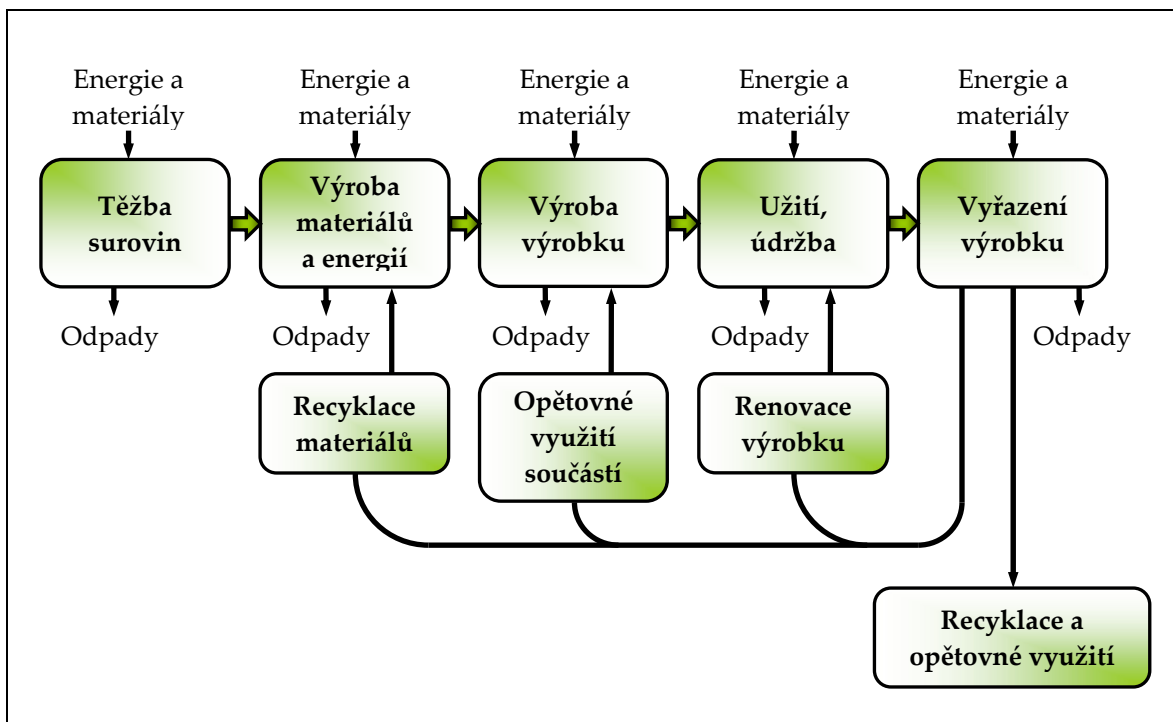
Pojem životní cyklus výrobku (**Obr.1**) (z anglického výrazu Life Cycle Assessment – **LCA**) označuje všechna stadia výrobku zahrnující získávání surovin, výrobu materiálů, výrobu vlastního výrobku, používání výrobku a také likvidaci použitého, již nepotřebného výrobku.

Na základě životního cyklu výrobku se určuje **ekologický profil**, což je popis vstupů a výstupů, které jsou úzce spojeny s dopadem na životní prostředí. Vstupy a výstupy jsou vyjádřeny v měřitelných fyzikálních veličinách, které jsou na konkrétní výrobek použitelné. [lit. 2]

Problematicke LCA je věnována celá druhá kapitola této diplomové práce, kdy je pomocí nového softwarového programu SimaPro provedena podrobná

¹ Vzhledem k tomu, že je tato problematika relativně nová, je součástí příloh i stručný anglicko-český a český výkladový slovníček týkající se nejen ekodesignu, ale i celé environmentální politiky. Viz. příloha 1.

analýza životního cyklu transformátoru.



Obr.1: Životní cyklus výrobku

Zdroj: CIR: Příručka pro výrobce EEZ (vlastní konstrukce)

1.3. Zásady ekodesignu

Hlavní zásady ekodesignu byly poprvé uveřejněny roku 1992 v americkém časopise Innovation. Jedná se o těchto sedm zásad:

- **Prosazování bezpečných produktů a služeb**
 - Prosazovat se musí především takové produkty a služby, jež budou bezpečné z hlediska zdraví člověka a budou mít co nejmenší negativní dopad na životní prostředí.
- **Ochrana biosféry**
 - Hledat se musí taková řešení, která minimalizují riziko úniku jakékoli látky, která by mohla poškodit ovzduší, vodu nebo půdu.

- **Udržitelné užívání přírodních zdrojů**
 - Důraz musí být kladen na udržitelné užívání obnovitelných přírodních zdrojů, na ochranu vegetace či na ochranu původní přírody.
- **Snižování odpadů a zvyšování recyklace**
 - Při návrhu výrobku se musí dbát na trvanlivost, opravitelnost a možnost recyklace výrobků z důvodu minimalizace vzniku odpadů.
- **Moudré užívání energie**
 - Vybírat se musí environmentálně bezpečné energetické zdroje a všude , kde je to možné, aplikovat prostředky úspory energie.
- **Snižování rizika**
 - Vhodnými prostředky se musí minimalizovat environmentální a zdravotní riziko zaměstnanců i zákazníků.
- **Předávání informací**
 - Mezi jednotlivými ekodesignerskými týmy *by se měly* předávat informace, které by mohly pomoci ve výběru nevhodnějších materiálů a procesů.

Předávání informací je ovšem dosti problematickou záležitostí. Jednotlivé firmy si totiž jistě chtějí zachovat svá výrobní tajemství a samozřejmě také náležitě marketingově využít své know-how. [lit. 1]

1.4. Vznik a historie

Původ obecného environmentálního uvažování se datuje do doby **první ropné krize**² na počátku sedmdesátých let dvacátého století. V té době vznikly první technologie, které měly za úkol zamezit úniku nebezpečných látek do přírody a redukovat tak její znečištění. Jedním z příkladů je tzv. **end-of-pipe** technology. Tato technologie, obrazně řečeno, umístila na konec výrobního procesu jakýsi filtr, který měl redukovat únik nebezpečných látek. Na konci sedmdesátých let vznikla metodika tzv. **čistší produkce**³, která se zaměřovala jen na **výrobní procesy**. Rozvíjely se nové technologie, které měly eliminovat množství odpadů díky novému designu výrobku, vývoji nových šetrnějších materiálů apod. [lit. 3]

Další výzkum ukázal, že výrobní procesy jsou velkou měrou určovány charakterem výrobku. Proto se těžiště environmentální politiky přesunulo z výrobních procesů právě na výrobek a začala se formovat tzv. **výrobní orientovaná environmentální politika**. Tato politika způsobila, že kromě vlastností jako je funkčnost, estetický vzhled nebo cena se do vývoje výrobku zařadil i požadavek minimálního negativního dopadu na životní prostředí. V souladu s dosavadním označením **DfX**⁴, se pro design zaměřený na ochranu životního prostředí začala používat zkratka **DfE (Design for Environment, v překladu design pro životní prostředí)**. Toto označení se později změnilo do dnešní podoby a vznikl tak výraz **EKODESIGN** . [lit. 1]

² První ropná krize vznikla uzavřením Suezského průplavu. V tomto období se rapidně snížilo množství ropy na trhu, což zapříčinilo její markantní zdražení. [lit. 3]

³ Metodika čistší produkce vznikla ve Spojených státech amerických, nejmarkantnější rozvoj zaznamenala v osmdesátých letech minulého století a konečně v létech devadesátých se začala ve velké míře uplatňovat i v Evropě. [lit. 3]

⁴ Konstrukce výrobku byla často zaměřena na zlepšení především na jednu důležitou vlastnost. Příkladem budiž design pro bezpečnost (Design for Safety – **DfS**) nebo design pro podporu jakosti (Design for Quality – **DfQ**). Obecně se tak vžilo označení **DfX**, kde „**X**“ označovalo právě tu vlastnost výrobku, která byla ve vývoji výrobku prioritní. [lit. 1]

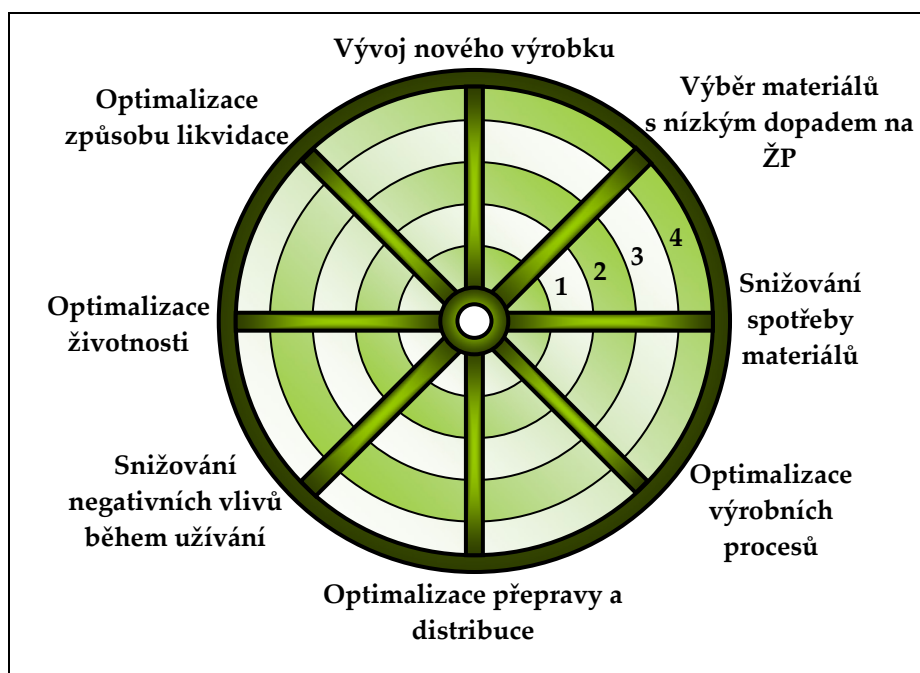
Historicky prvním výrobkem, který byl zhotoven podle všech zásad ekodesignu byla otočná židle firmy Wilkhahn Ltd, která byla zkonstruována v rámci programu Picto 20⁵. [lit. 1]

1.5. Strategie ekodesignu

Dosud známé poznatky napovídají, že veškerá opatření se musí učinit již při designu výrobku. Veškeré znečištění způsobené životnímu prostředí během životního cyklu výrobku je způsobeno právě v této části a vzniká zde i většina nákladů. Proto je důležité, uvědomit si strategie, které mohou vylepšit právě tento aspekt, tedy předvýrobní design výrobku. [lit. 2]

1.5.1. Kolo strategií ekodesignu

Existuje mnoho různých strategií ekodesignu, nejzásadnějších je osm. Přehledně se znázorňují tzv. **kolem ekodesignu** (Obr.2).



Obr.2: Kolo strategií ekodesignu

Zdroj: Remtová: EKODESIGN (vlastní konstrukce)

⁵ Detailnější přiblížení celého projektu je obsahem přílohy 2.

Jak je vidět z obrázku, každé strategii přísluší jedna loukoť, při čemž nahoře je umístěna strategie používaná při tvorbě zcela nového výrobku. Dále jsou pak ve směru hodinových ručiček umístěny strategie v takovém pořadí, jaké odpovídá celému životnímu cyklu výrobku. [lit. 1]

Vývoj nového výrobku

Vývoj zcela nového výrobku si žádá speciální přístup, neboť v takovém případě se musí brát v potaz nejen materiální stránka, ale především funkční. Pro snížení negativního dopadu takového výrobku na životní prostředí se musí zvážit několik následujících aspektů.

- Dematerializace
- Možnost společného užívání
- Integrace funkcí
- Funkční optimum

Dematerializací se nerozumí použití menšího množství výrobních materiálů, ale možnost náhrady výrobku službou. Příkladem budiž moderní komunikace přes internet, kdy používání emailů snižuje množství klasicky psaných dopisů, což má za následek i menší spotřebu papíru.

Možnost společného užívání je průhlednější heslo. Už dnes se můžeme setkat s řadou firem, ve kterých například kopírku používá více pracovišť. Tím dochází nejen k materiálovým úsporám, ale také k většímu využití stroje.

Integrace funkcí do jednoho výrobku je dnes již také vcelku zavedená a s úspěchem se používá u mnoha přístrojů. Jako příklad se může uvést multifunkční zařízení k počítači, jenž zahrnuje scanner, tiskárnu i kopírku.

Funkční optimum je také jeden ze zásadních aspektů. Určit jej však není vůbec snadné. Je to takový stav výrobku, který naprosto postačuje k jeho prodeji, užívání i dožití a neobsahuje žádné nadbytečné prvky. Asi nejmarkantněji to lze ilustrovat

obalovými systémy. V některých případech jsou výrobky zbytečně baleny vícenásobně, čímž roste jak spotřeba materiálů, tak i energie, ať už lidská nebo jiná. [lit. 1]

Výběr materiálů s nízkým dopadem na životní prostředí

Tato strategie nezahrnuje pouze výběr materiálů, které mají minimální dopad na životní prostředí, ale i zařazování materiálů, které jsou recyklované a recyklovatelné. Při výběru surovin je vhodné dávat přednost těm z obnovitelných zdrojů. Rovněž se musí brát v úvahu zpracování primárních surovin. Vybrat se vždy musí vhodná technologie, která bude mít nízký negativní dopad na životní prostředí. Podobně jako u výrobku samotného se i pro obaly musí vybírat ekologicky šetrné materiály. [lit. 1, 3]

Snížování spotřeby materiálů

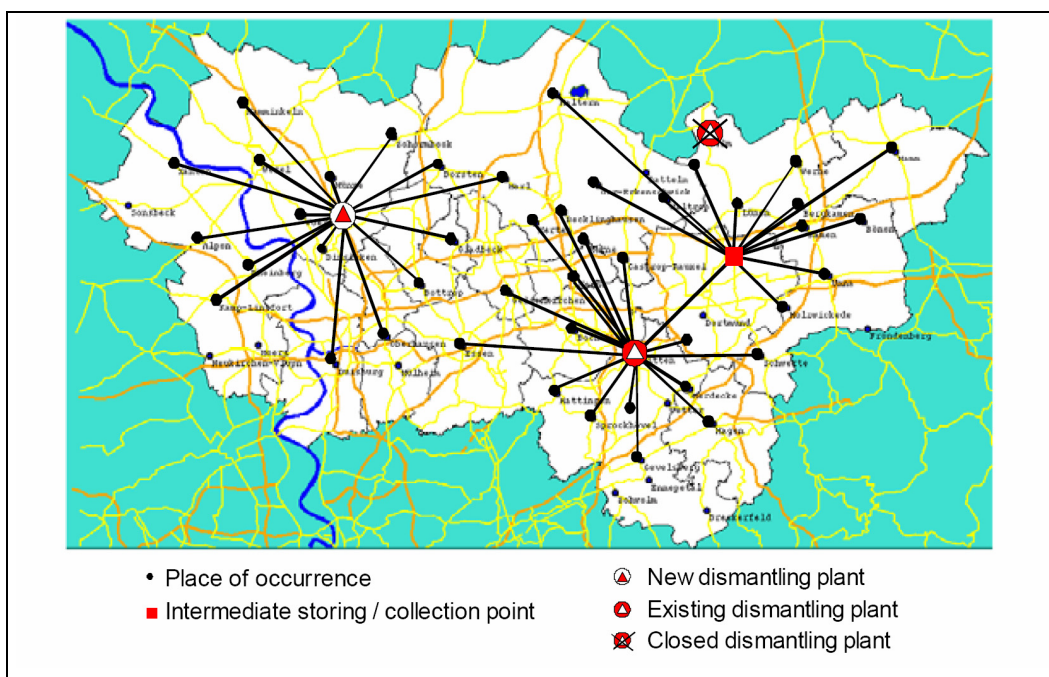
Snížování spotřeby materiálů vede k lepšímu environmentálnímu profilu výrobku. Tato strategie vede ke zmenšování objemu jednotlivých produktů a ke snížování hmotnosti. Měl by být kladen důraz na snížení různých druhů materiálů v jednom výrobku. Tento aspekt jde ruku v ruce s vývojem nových technologií zpracování jednotlivých materiálů. [lit. 1, 3]

Optimalizace výrobních procesů

Tato strategie se zaměřuje především na snížení negativního dopadu na životní prostředí během vlastní výroby výrobku. Provéřit se musí technologický postup výroby, pomocné a vedlejší materiály z hlediska účinnosti jejich využití nebo spotřeby energie. Je nutno se zaměřit na snížení toxicity a nebezpečnosti pomocných materiálů, na jejich vliv na odpadní vody a na ovzduší a samozřejmě se musí brát zřetel i na množství a charakter tuhých odpadů. Tyto kroky se většinou provádějí interním auditem. Ten indikuje, ve které části výrobního procesu by mohlo dojít ke zlepšení. [lit. 1, 3]

Optimalizace přepravy a distribuce

Tato strategie přímo nesouvisí s výrobou či užíváním výrobku samotného, nicméně je velice podstatná a to nejen ekologicky, ale i ekonomicky. Soustředit se musí na to, aby přeprava výrobku během celého jeho životního cyklu byla co nejšetrnější k životnímu prostředí. Zvolit se musí nejvhodnější dopravní prostředek, nezbytná je též dokonalá logistická příprava dopravní cesty apod. Dnes již existuje řada programů, které dokáží například vybrat nejvhodnější místo pro plánovaný demontážní nebo výrobní závod (**Obr.3**).



Obr.3: Grafický výstup z logistického softwaru pro distribuci

Zdroj: ECOLIFE Network:ECO-DESIGN GUIDE

Zásadní pravidla této strategie jsou:

- použití přiměřeného množství obalového materiálu
- volba vhodné velikosti přepravní dávky
- užití vratných obalů a zálohovacích systémů
- užití standardizovaných přepravek [lit. 1, 3]

Snižování negativních vlivů během užívání

Další ze strategií se věnuje především parametrům, které se týkají bezpečného a energeticky i materiálově úsporného používání hotového výrobku. Velký důraz je kladen na snižování energetické spotřeby, což u elektrických spotřebičů prakticky znamená *zvyšování účinnosti*. Tato strategie také minimalizuje množství a toxicitu odpadů, které při používání výrobku vznikají. [lit. 1]

Optimalizace životnosti

Každý výrobek se po určité době určitě stane zastaralým. To může nastat hned z několika důvodů:

- **Technický** výrobek už není schopen plnit dále svou funkci
- **Ekonomický** novější výrobky kladou menší ekonomické nároky (menší spotřeba energie, snadnější údržba, ...)
- **Ekologický** nové produkty mají menší negativní dopad na životní prostředí
- **Estetický** nové produkty mají většinou lepší vzhled
- **Psychologický** na starší produkty se většina uživatelů dívá mnohem hůře než na produkty zcela nové

Všechny tyto negativní aspekty řeší právě strategie optimalizace životnosti. Zaměřuje se na prodlužování životnosti jak z pohledu technického, tak i estetického. To se zajišťuje například tím, že produkty jsou už ve fázi vývoje designovány pro snadnou údržbu, pro snadnou možnost výměny nejnamáhanějších částí. Nejlepší je vytvořit zařízení z unifikovaných modulů, které se po dožití mohou vyměnit za novější a modernější. [lit. 1, 3]

Environmentální aspekty strategií

U všech výše zmíněných strategií by se měly posuzovat zásadní

environmentální aspekty. Mezi ty se řadí:

- předpokládaná spotřeba materiálů, energie a dalších zdrojů
- předpokládané emise do ovzduší, vody a půdy
- předpokládané znečištění životního prostředí hlukem, vibracemi, zářením, elektromagnetickým polem a jinými fyzikálními vlivy
- předpokládané množství vyprodukovaného odpadního materiálu

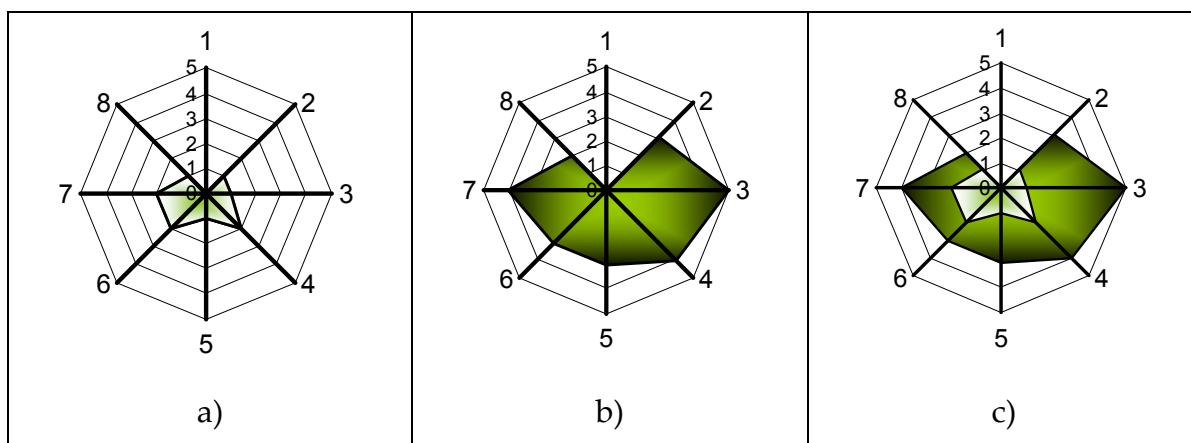
Optimalizace způsobu likvidace

Tato strategie se zaměřuje na poslední fázi života výrobku. Měla by být zajištěna co možná největší recyklovatelnost výrobku, případně jeho bezpečná likvidace. S ohledem na tyto aspekty by se už při návrhu a vývoji mělo dbát na to, aby výrobek obsahoval co nejméně různých druhů materiálů a zajistit také snadnou demontáž především nebezpečných částí. Například stále používané součásti obsahující PCB⁶ se musí podle zákona demontovat zvlášť a na jejich likvidaci musí být brát zvlášť velký ohled. [lit. 1]

1.5.2. Marketingová aplikace kola strategií ekodesignu

Kolo strategií se nepoužívá jen ve vývoji, ale může se též stát velice silným marketingovým nástrojem. Nejprve je třeba seznámit zákazníka s tím, co je na kole strategií znázorněno. Pro usnadnění určité kvantifikace při porovnání jednotlivých strategií je na loukotích vytvořena stupnice. Ta ukazuje, jaký dopad na životní prostředí má ta či ona strategie, při čemž „0“ znamená, že tato strategie nebere vůbec ohled na environmentální stránku a naopak „5“ představuje minimální dopad strategie na životní prostředí. Vše je přehledně znázorněno na obrázku (Obr.4).

⁶ Polychlorované bifenylly jsou vysoce toxické látky, jejichž přítomnost v živém organismu znamená riziko výskytu rakoviny.



Obr.4: Marketingová aplikace kola strategií ekodesignu

Zdroj: Remtová: EKODESIGN (vlastní konstrukce)

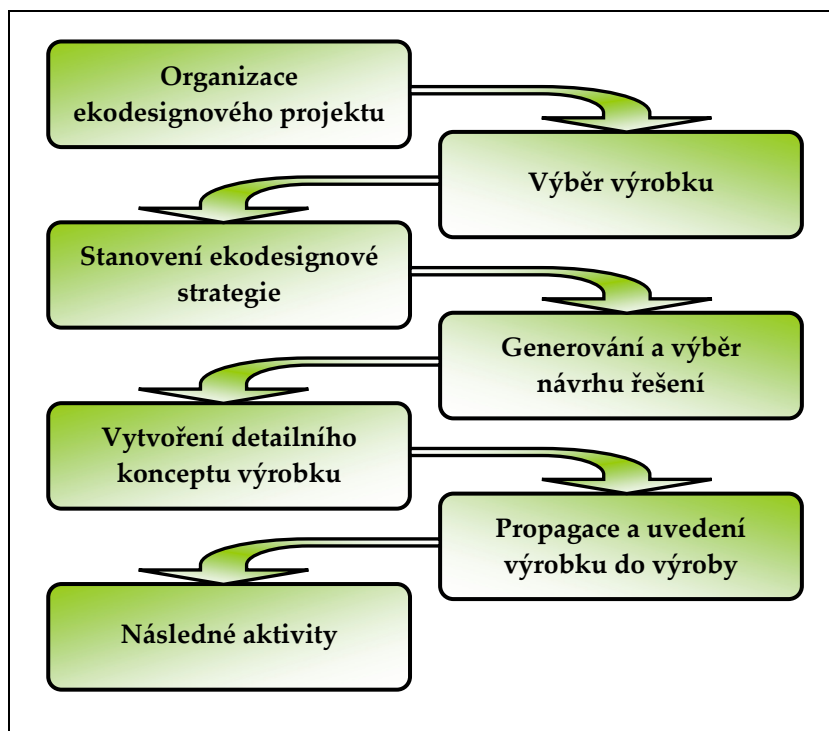
Na grafu a) je znázorněn výrobek, který nebere příliš v úvahu environmentální aspekty výroby. Naopak graf s označením b) reprezentuje inovovaný výrobek, na který byly aplikovány všechny strategie ekodesignu. Graf c) pak porovnává původní a inovovaný výrobek. Zákazník si tedy z rozdílu jednotlivých ploch může sám představit, o kolik je inovovaný výrobek šetrnější k životnímu prostředí, než původní. [lit. 1]

1.6. Metodický postup při zavádění ekodesignu

Ekodesignová inovace výrobku, která má optimalizovat jeho vliv na životní prostředí při zachování funkčních vlastností nabízí nové příležitosti jak pro spotřebitele, tak především pro výrobce. Inovace by měla v ideálním případě dosáhnout rovnováhy mezi nově zohledňovanými environmentálními aspekty a aspekty stávajícími jako jsou bezpečnost, zdraví, technické požadavky, kvalita a v neposlední řadě také ekonomickými aspekty. To vše při dodržení všech příslušných právních předpisů. [lit. 2]

Nový projekt, v němž je kladen velký důraz na ekodesign, je zpravidla rozdělen do sedmi kroků. V některých případech se však mohou aplikovat pouze ty, které odpovídají konkrétní situaci v podniku a specifikům navrhovaného či

inovovaného výrobku. Jednotlivé kroky popisují organizační stránku výrobku, jednak jeho výběr, volbu strategie, tvorbu a výběr návrhů řešení a také aktivity následující po realizaci projektu. Přehledně je všech sedm kroků zobrazeno na následujícím schématu (**Obr.5**).



Obr.5: Metodický postup při zavádění ekodesignu

Zdroj: CIR: Ecodesignový projekt (vlastní konstrukce)

V následujících podkapitolách je podrobně rozebrán každý ze sedmi kroků při postupu zavádění ekodesignu. [lit. 4]

1.6.1. Organizace ekodesignového projektu

Zajištění podpory ze strany managementu podniku

Aby ekodesignový projekt mohl být úspěšně realizován, je nezbytně nutné získat v jeho počátku podporu ze strany managementu. Management musí být náležitě motivován pro podporu takového projektu. K tomu účelu slouží seznámení s úspěšnými podobnými projekty v jiných podnicích nebo zdůraznění především **ekonomických** výhod plánovaného projektu. Takovými výhodami

mohou být:

- rozšíření trhu
- zvýšení užitné hodnoty výrobku pro zákazníka, a tím i jeho ceny
- snížení výrobních nákladů
- snížení provozních nákladů
- zefektivnění systému výroby
- zvýšení zájmu odběratelů

V dnešní době se také klade velký důraz na marketing, a tak by se při motivaci managementu nemělo zapomenout ani na nesporné **marketingové** výhody ekodesignového projektu:

- začlenění potřeb a požadavků zákazníka do vývoje výrobku
- vývoj inovovaných výrobků, které jsou šetrné k životnímu prostředí
- posílení image podniku, jenž je založeno na vztahu k životnímu prostředí
- poskytování informací zákazníkovi o výrobku a o jeho dopadech na životní prostředí

Dostatečně přesvědčený management pak vytvoří **pracovní tým** a stará se o **finanční podporu** projektu. Průběžně by také měl být informován o dílčích výsledcích a schvaluje další kroky projektu. [lit. 5]

Sestavení projektového týmu

K úspěšnému chodu projektu musí být pracovní tým sestaven z pracovníků z několika různých sekcí podniku. Všichni členové by měli být schopni spolupracovat a komunikovat s ostatními o nových poznatcích a podrobnostech. Občas dojde ke střetu zájmů například ekologa s ekonomem. První se zaměřuje hlavně na environmentální stránku věci a druhý zase chce prosadit co nejmenší

náklady. Takové konflikty jsou však docela užitečné, protože mohou vést k nalezení naprosto nové technologie či pracovního postupu tak, aby byly spokojeny obě strany. V případě potřeby může v pracovním týmu figurovat i externí pracovník, který má s podobnými projekty zkušenosti z jiných podniků. Dnes dokonce již existuje řada specializovaných konzultačních firem, které se zaměřují přímo na ekodesign. Využití služeb takové firmy může také dopomoci k úspěšnému dokončení celého projektu. [lit. 5]

Plán a rozpočet projektu

Jednotlivé projekty a příprava na ně může trvat různě dlouhou dobu. Záleží především na složitosti výrobku, množství prováděných změn. Zpravidla trvá od tří do dvanácti měsíců. Vytvořit rozpočet takového projektu je otázka velice složitá. Není problém ze zkušenosti předem určit náklady na vlastní pracovníky. Ekodesignový projekt si však žádá i složité studie externích firem o dopadu výrobku samotného či použitých technologií na životní prostředí. Určitě se vyplatí na podobných studiích u renomovaných firem nešetřit. Posléze při propagaci se totiž mohou s úspěchem výsledky studií zveřejnit, ukázat zákazníkům kvality svého inovovaného výrobku, popřípadě jej srovnat s produkty dosud přítomnými na trhu a získat tak nespornou obchodní výhodu. [lit. 5]

1.6.2. Výběr výrobku

Kritéria pro výběr výrobku

Vybrat vhodný výrobek pro inovaci je jeden z **nejzásadnějších** problémů celé realizace projektu. Existuje několik hlavních hledisek, podle kterých se daný výrobek vybírá:

- snížení dopadu výrobku na životní prostředí
- požadované zvýšení tržního potenciálu výrobku

- kombinace nutné technické inovace spolu se snížením dopadu výrobku na životní prostředí
- zbytečně vysoké náklady na výrobek
- možnost využití zkušeností získaných z daného výrobku na další možné inovované výrobky [lit. 5]

Životní cyklus výrobku

Zásadním kritériem výběru výrobku je jeho životní cyklus. U složitých energetických spotřebičů s dlouhou životností, například u pračky, je třeba brát ohled na řadu dopadů během celého životního cyklu, na spotřebu energie. V takových případech může průběžné zlepšování probíhat i několik let. U nejsložitějších výrobků se lze zaměřit pouze na nejkritičtější součásti. [lit. 5]

Popis výrobku a projektu

Poté, co se definitivně vybere inovovaný výrobek, se musí vypracovat jeho detailní popis a rovněž popis celého projektu. Takový popis by měl obsahovat:

- obecnou analýzu vybraného výrobku
- popis důvodů výběru daného výrobku pro projekt
- rozsah změn výrobku
- **popis environmentálních a finančních cílů**
- způsob provádění a řízení projektu
- složení projektového týmu a popis funkcí jednotlivých členů
- časový plán projektu
- rozpočet podle projektových aktivit [lit. 5]

1.6.3. Stanovení strategie projektu

Pro stanovení nejvhodnější strategie projektu je nutné znát environmentální

profil výrobku. K tomu účelu slouží již výše zmíněné studie, které se zaměřují především na dopad výrobku a jeho výroby na životní prostředí. Další analýzy pak slouží ke zjištění interních a externích vlivů na design výrobku. [lit. 5]

Definice strategie projektu

Po výběru strategie by se měly přesně definovat všechny cíle projektu. Dále by se měly určit priority plnění jednotlivých požadavků na inovaci výrobku. Zvolená strategie by měla obsahovat co **nejpřesnější hodnoty předpokládaných cílů** projektu, jako je například zmenšení rozměrů nebo snížení spotřeby. Takové cíle jsou následně velice užitečné pro hodnocení celého projektu. [lit. 5]

1.6.4. Generování a návrh výběru řešení

Po zvolení konkrétní strategie se musí vytvořit nejvhodnější návrh nového designu výrobku. Při této tvorbě se musí brát ohled na tři nejdůležitější kritéria:

- **Technické**
- **Ekonomické**
- **Environmentální**

Možnosti výběru řešení

K výběru se nejčastěji používají osvědčené metodiky. Příkladem takové metodiky je brainstorming⁷. V případě, že se do projektu zapojí větší množství i externích odborníků, pořádá se řada pracovních seminářů, tzv. workshopů. Hlavním cílem takových seminářů je seznámit pracovní tým s problematikou zavádění ekodesignu, s jeho komplikacemi a podobně. Častou součástí je i

⁷ Brainstorming je metoda, která se v pracovních týmech používá při hledání nového, netradičního řešení. Každý ze členů pracovní skupiny vyjádří svůj názor na řešení toho či onoho problému a všechny tyto názory se v pracovní skupině dále řeší a diskutuje se jejich užitečnost a proveditelnost.

prezentace úspěšných ekodesignových projektů. V závěrečné fázi workshopu se rozebírá aplikace dostupných technik ekodesignu na zvolený výrobek. [lit. 5]

1.6.5. Detailní koncept výrobku

Ze zvolené strategie a vybraného řešení se musí vypracovat detailní koncept výrobku. Vše musí být podrobně zpracováno do výrobních plánů a postupů. [lit. 5]

Proveditelnost konceptu výrobku

Proveditelnost konceptu se nejčastěji ověřuje na testovacích modelech. Dnes je velice moderní metoda softwarové simulace. Účelem takovýchto testů je maximální optimalizace konstrukce výrobku. Ohled se musí brát na ekonomické hledisko. Pro toto posouzení se využívají standardní metody hodnocení výnosů a nákladů, související se zlepšením environmentálního profilu výrobku a náklady na vývoj inovovaného výrobku. [lit. 5]

Výběr nejvhodnějšího konceptu výrobku

Obvykle nevzniká pouze jeden, ale více konceptů řešení, které vedou ke stejnému cíli. V této fázi se ke slovu opět dostává management, který má zásadní rozhodovací slovo. V úvahu musí vzít nejen snadno vyčíslitelné přínosy toho či onoho konceptu, ale i ty nevyčíslitelné. Mezi takové se řadí například image výrobku i společnosti mezi zákazníky, zdraví zaměstnanců apod. [lit. 5]

1.6.6. Propagace a uvedení výrobku do výroby

Propagace výrobku

Propagace je dalším velice významným faktorem při realizaci nového ekodesignového projektu. V první řadě se musí provést **interní propagace**, ve které se s novým projektem seznámí všichni pracovníci, jež se budou podílet na výrobě. Ti musí být důkladně seznámeni s inovacemi a také motivacemi, které k těmto změnám vedly. K tomu účelu slouží především prezentace nového

výrobku, zveřejnění inovací v podnikovém tisku či vytvoření publikace o zásadách ekodesignu. [lit. 5]

Když jsou všichni pracovníci srozuměni s novým produktem, musí se marketingové oddělení zaměřit na zákazníka. Na základě provedeného průzkumu trhu se sestaví **marketingový plán**, ve kterém se zdůrazní veškeré kladné vlastnosti nového výrobku a velký důraz je při tom kladen na environmentální profil. Zákazníkovi by se mělo co možná nejsrozumitelnější cestou vyložit, jak působí inovovaný výrobek na životní prostředí, v čem převyšuje konkurenci a podobně. Spotřebitel by měl být rovněž informován o tom, jak nejlépe daný výrobek používat způsobem, který je šetrný k životnímu prostředí. Silným argumentem je dnes i značka **ekologicky šetrného výrobku**⁸ (Obr.6), kterou může daný výrobek získat. [lit. 2, 5]



Obr.6: Značka ekologicky šetrného výrobku

Zdroj: www.sweb.cz/ekoland.klub/cinnost/esv.htm

Příprava výroby

Stejně jako u výrobků navržených klasickou cestou, i zde příprava výroby vychází z detailně vypracované dokumentace nového či inovovaného výrobku. [lit. 5]

⁸ Ekologicky šetrný výrobek je takový výrobek, který v porovnání s ostatními výrobky stejných užitných vlastností mnohem méně zatěžuje životní prostředí. Právo používat tuto ochrannou známku propůjčuje svým rozhodnutím a podpisem příslušného dokumentu ministr životního prostředí. Program ekologicky šetrného výrobku byl zahájen usnesením vlády č.159 ze dne 7.4.1993 a v platnost vešel dne 14.4.1994. [lit. 6]

1.6.7. Následné aktivity

Realizace ekodesignového projektu je pro každý podnik velkým přínosem v oblasti získávání nových informací a zkušeností v oboru. Tyto poznatky může dále aplikovat na další své výrobky a projekty. Aby byly takové informace úplné, musí se provést **detailní vyhodnocení realizovaného projektu**. [lit. 5]

Vyhodnocení výsledků realizovaného projektu

Hlavními předměty hodnocení ekodesignových projektů jsou dopady na životní prostředí a ekonomické přínosy. Důležité je též porovnání skutečných cílů s těmi předpokládanými, jež si pracovní skupina vytvořila během výběru strategie. Po dokončení tohoto hodnocení by měl vyplynout jasný závěr, zda daný výrobek splnil předem určené cíle, zda se změnila funkčnost inovovaného výrobku, do jaké míry se změnil design výrobku či jaké fáze životního cyklu byly pozitivně ovlivněny z hlediska životního prostředí. [lit. 5]

Aplikace ekodesignu na další výrobky

Pokud se ekodesignový projekt ukáže jako úspěšný, neexistuje sebemenší překážka aplikovat podobné postupy i na výrobky další. K tomu účelu se často tvoří program, pomocí něhož se vybírají výrobky, které mají podstoupit inovaci, aby se zlepšil jejich environmentální dopad anebo se zlepšila jejich pozice na trhu. [lit. 5]

Poskytování informací

Problematika poskytování informací je v těchto raných dobách zavádění ekodesignu vcelku ožehavou záležitostí. Legislativně je podnikům nakázáno, aby se dělily o své nové poznatky v oblasti ekodesignu. Na druhou stranu je však pochopitelná snaha výrobců uchovat si své know-how a tím i marketingovou výhodu a pozici na trhu. Příkladem takových informací může být třeba povinnost informovat o výrobních procesech nebo o zařízeních, ve kterých se bude provádět

demontáž, recyklace nebo likvidace.

V každém případě je nutné, aby ke každému výrobku byla přiložena i dokumentace týkající se všech zásadních informací. Dokumentace musí obsahovat zejména:

- obecný popis spotřebiče a jeho zamýšlené použití
- výsledky příslušných studií vlivu na životní prostředí
- ekologický profil a údaje o ekologických aspektech designu
- výsledky provedených měření požadavků na ekodesign
- odkazy na použité normy [lit. 2, 5]

1.7. Směrnice k ekodesignu energetických spotřebičů

Dne 6. července 2005 byla vydána **SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2005/32/ES o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign energetických spotřebičů**. Dosud byl ekodesign brán především jako nástroj **dobrovolné** preventivní strategie, jež měla dopomoci výrobcům k lepší pozici na trhu. Touto vyhláškou se však již legislativně upravují předpisy, které mají zásadní vliv na vývoj nových výrobků. Při jejich konstrukci bude **nutné** brát ohled i na zásady ekodesignu.

Vesměř všechny podkapitoly, které jsou uvedeny výše, se úzce právě této směrnice dotýkají a prezentují ji ve střízlivé formě tak, aby si čtenář mohl sám udělat povědomí o ekodesignu a nebyl odkázán jen na strohá vysvětlení, která se v oficiálních dokumentech, jako právě tato směrnice je, vyskytují.

Na všechny poznatky se však nedostalo. Některé z nich jsou tak důležité, že musí být zmíněny. Především se musí zdůraznit primární záměr směrnice, což je dosažení vysoké úrovně ochrany životního prostředí snížením ekologicky negativního dopadu spotřebičů. Významná je rovněž otázka referenční úrovně,

podle které se budou ekodesignové prvky posuzovat. Podle směrnice by se jako tato referenční úroveň, která je stanovena na základě technických, hospodářských a ekologických analýz, měly brát nejlepší výrobky či technologie, které jsou momentálně na trhu k dispozici. Tato úroveň by proto měla být pružná a nabádat tak výrobce k neustálému vývoji a tím přispívat i k **udržitelnému rozvoji**. Po splnění všech požadavků, tedy mimo jiné i dosažení referenční úrovně, by všechny takovéto výrobky měly nést označení „CE“ spojené s vydáním **prohlášení o shodě**. Toto prohlášení musí obsahovat všechny související údaje, které jsou nutné k tomu, aby výrobky mohly být uvedeny na trh a byl možný jejich volný pohyb.

Důležité je rovněž zmínit několik dat. Všechny členské státy měly uvést v platnost právní a správní předpisy, které jsou nezbytné pro dosažení souladu s touto směrnicí, do **11. srpna 2007**. Nejpozději do 6. července 2010 pak příslušná komise přezkoumá účinnost této směrnice a jejích prováděcích opatření.

Na závěr této kapitoly ještě musí být uvedena hlavní myšlenka celé směrnice.

„Zásadním přínosem této směrnice je shromažďování a šíření poznatků získaných při snaze výrobců o ekodesign.“ [lit. 2]

Ke dni 1.1.2008 vešla v České republice v platnost novela zákona 393/2007 Sb., která integruje požadavky evropské směrnice 2005/32/ES do zákona o hospodaření energií 406/2000 Sb. [lit. 7]

1.8. Příklad ekodesignového projektu

Do dnešní doby nebylo zpracováno mnoho ekodesignových projektů. Jedním z vyhotovených je *STUDIE HODNOCENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU VÝROBKU*. Předmětem zájmu byl podlahový vysavač ETA 1450 PROXIMO (**Obr.7**). [lit. 8]



Obr.7: Podlahový vysavač ETA 1450 PROXIMO

Zdroj: Environmentální deklarace výrobku (EPD):

Podlahový vysavač ETA 1450 PROXIMO

Studie "Hodnocení životního cyklu výrobku Podlahový vysavač ETA 1450 PROXIMO" vznikla v rámci řešení Programu Výzkumu a vývoje MŽP 7/21/04 "Minimalizace vlivu výrobků na životní prostředí"

Studie byla provedena v souladu s normami ČSN EN ISO 14040⁹, 41¹⁰, 42¹¹, 43¹²/LCA.

Výsledky studie ukázaly, že výrazně dominantní fází ve všech zkoumaných ohledech je fáze **UŽITÍ**. Ve spotřebě energetických zdrojů znamená 90,1% celkové spotřeby. V globálním vlivu emisí skleníkových plynů představuje fáze užití dokonce 93,1% celkové hodnoty. Oproti tomu fáze **VÝROBY** a **ODPADU**, které podléhají nejtužší regulaci z hlediska environmentální legislativy, stejně tak jako

⁹ ČSN EN ISO 14040 Enviromentální managment – Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova

¹⁰ ČSN EN ISO 14041 Enviromentální managment – Posuzování životního cyklu – Definice cíle a rozsahu a inventarizační analýza životního cyklu

¹¹ ČSN EN ISO 14042 Enviromentální managment – Posuzování životního cyklu – Hodnocení dopadů

¹² ČSN EN ISO 14043 Enviromentální managment – Posuzování životního cyklu – Interpretace životního cyklu

fáze **PŘEPRAVY**, jsou ve všech hodnocených kategoriích dopadů na životní prostředí minoritní.

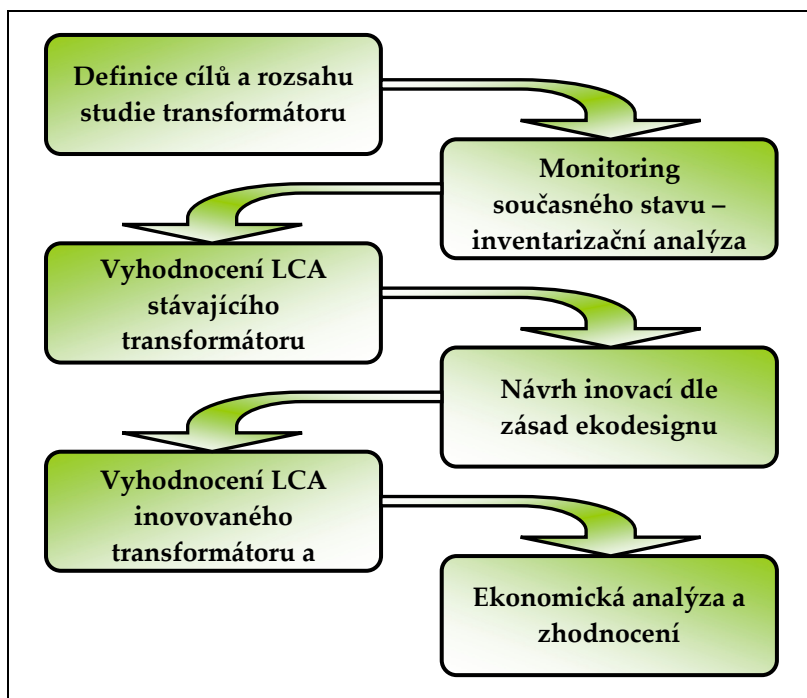
Studie ukázala, že ke zlepšení environmentálního profilu výrobku povede především snížení energetických nároků výrobku během fáze užití, což spočívá ve snížení spotřeby elektrické energie (příkonu) při zachování srovnatelných funkčních vlastností. Základní funkční vlastností u podlahového vysavače je sací výkon. [lit. 8, 9]

2. Analýza životního cyklu transformátoru použitím softwaru

SimaPro

Z poznatků, které jsou uvedeny v první kapitole jsou vzhledem k zadání vybrány jen některé postupy, díky kterým je navržen metodický postup při ekodesignovém návrhu elektrotechnického výrobku, konkrétně transformátoru.

Metodický postup při ekodesignovém návrhu transformátoru je rozdělen do šesti fází. Nejdůležitější částí celého postupu je analýza životního cyklu stávajícího a inovovaného výrobku. Pro lepší orientaci je všech šest fází zobrazeno na následujícím schématu (**Obr. 8**). Vzhledem k tomu, že informace o finanční náročnosti většiny postupů a technologií byly nezjistitelné, omezuje se tento postup pouze na technologie a materiály. V poslední fázi je přesto na základě zkušeností z předchozích projektů provedena krátká polemika nad ekonomickou náročností celého projektu.



Obr. 8: Metodický postup pro ekodesignový návrh transformátoru

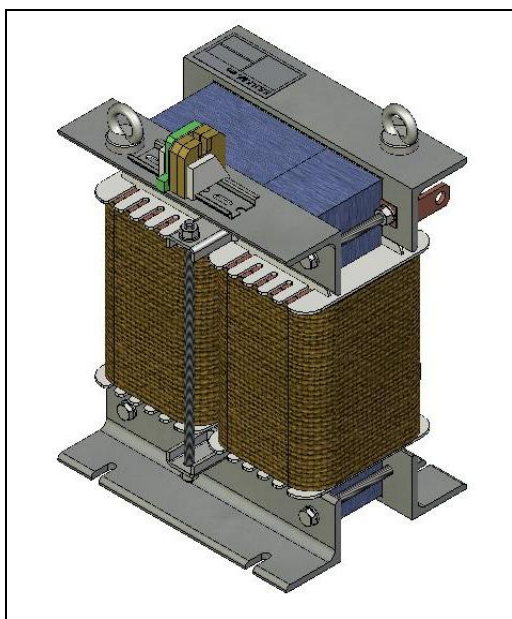
Vlastní konstrukce

2.1. FÁZE 1 – Definice cílů a rozsahu studie transformátoru

2.1.1. Zadání

Posouzení životního cyklu transformátoru firmy E.S.H.& F, spol. s r.o. pomocí softwareového produktu SimaPro.

- typ transformátoru: TR1U 60.78, 7kVA, 400 V // 25 V



Obr. 9: Sestava transformátoru TR1U 60.78, 7kVA, 400 V // 25 V

Zdroj: podklady firmy E.S.H.& F, spol. s r.o.

2.1.2. Cíl studie

Cílem studie je vyhodnocení životního cyklu výrobku, na jejímž základě se navrhnou změny, které by měly vést k příznivějšímu environmentálnímu profilu výrobku. Inovovaný návrh podstoupí analýzu LCA a nakonec budou obě studie srovnány a vyhodnoceny.

2.1.3. Rozsah studie

Rozsah studie je stanoven tak, aby zahrnoval všechny vstupy a výstupy spojené se všemi životními fázemi výrobku, od těžby surovin, přes výrobu jak jednotlivých částí, tak celého výrobku, až po recyklaci a likvidaci nevyužitelných

částí po dožití výrobku. K analýze fází těžby surovin a výroby materiálů bylo využito databáze softwaru SimaPro¹³. Při hodnocení výsledků bylo použito metodiky Eco-indikátor 99 a CML 2¹⁴.

2.1.4. Funkční jednotka

Funkční jednotka transformátoru je definována takto:

- materiály vztažené k jednomu kusu transformátoru
- technologické operace při výrobě materiálů a celkového výrobku vztažené k jednomu kusu transformátoru
- elektrická energie během užívání je vztažena ke ztrátám, předpokládaná technická doba života transformátoru je deset let¹⁵
- recyklované materiály a odpad vztažené k jednomu kusu transformátoru

2.1.5. Hranice systému

Studie LCA transformátoru **zahrnuje**:

- těžbu surovin
 - vstupy k analýze jsou získány z databáze SimaPro
- výrobu materiálů
 - vstupy k analýze jsou získány z databáze SimaPro
- výrobu jednotlivých dílů
 - vstupy k analýze jsou získány z databáze SimaPro a na základě informací poskytnutých firmou E.S.H.& F, spol. s r.o.

¹³ Software SimaPro je blíže popsán v kapitole 2.3.1.

¹⁴ Obě metodiky jsou přiblíženy v kapitole 2.3.2 a podrobně popsány v příloze 4.

¹⁵ Podrobnější informace o technické době života transformátoru jsou v kapitole 2.2.4.

- montáž výrobku
 - vstupy k analýze jsou získány na základě informací poskytnutých firmou E.S.H.& F, spol. s r.o.
- užití výrobku
 - vstupy k analýze jsou získány na základě předpokládané funkce, četnosti používání transformátoru a životnosti
- sběr a následné zpracování dožitého výrobku
 - vstupy k analýze jsou získány na základě dnes známých postupů, které jsou užívány při zpětném odběru a následném zpracování elektroodpadů
- přepravu materiálů a částí
 - vstupy k analýze jsou získány na základě znalosti dodavatelů použitých dílů a následného výpočtu dojezdových vzdáleností, dopad jednotlivých druhů dopravy je obsažen v databázi softwaru SimaPro

Studie LCA transformátoru **nezahrnuje**

- balení jednotlivých dílů při přepravě, balení hotového transformátoru a materiály s tím spojené
- nevýrobní činnosti
 - administrativní příprava, tvorba podkladů výroby, ...
- ekonomické aspekty všech technologických fází

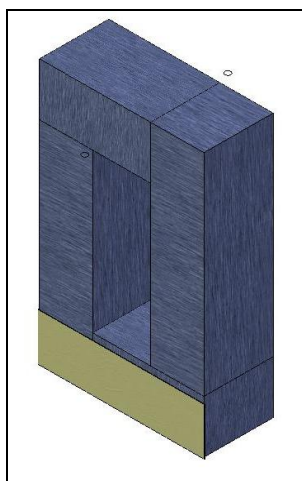
[lit. 10, 11]

2.2. FÁZE 2 – Monitoring současného stavu – inventarizační analýza

2.2.1. Použité materiály

Magnetický obvod

Magnetický obvod sestává z orientovaných plechů Eo 1,1/0,3 a sklotextitové izolace bočnice (**Obr. 10**)¹⁶.



Obr. 10: Magnetický obvod se sklotextitovou izolací

Zdroj: podklady firmy E.S.H.& F, spol. s r.o.

Materiál	Čistá hmotnost [kg]	Hrubá hmotnost [kg]
Orientovaný plech	26,8	28,1
Sklotextit ARV	0,036	0,04

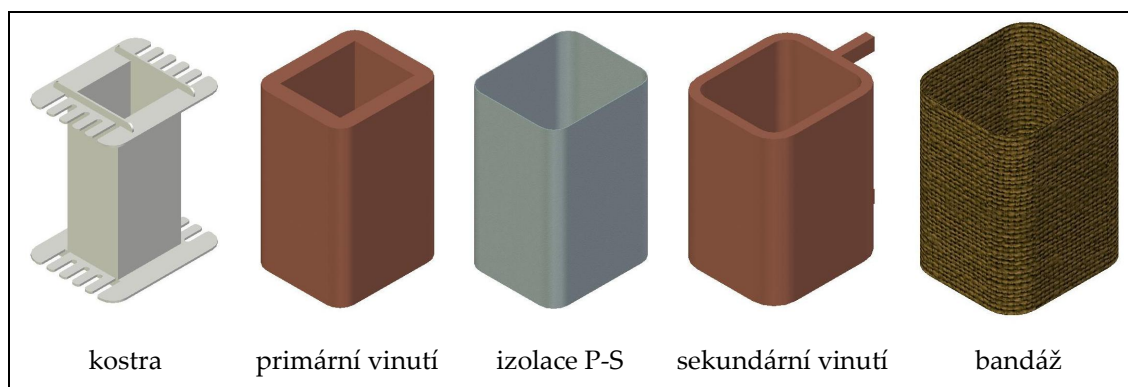
Tab. 1: Množství použitých materiálů u magnetického obvodu

Vinutí

Transformátor obsahuje dvě totožná vinutí, která se skládají z kostry Weisser, primárního vinutí (kruhový vodič LCIA-1), izolací mezi primárním a sekundárním vinutím (NEN-F), sekundárním vinutím z profilového vodiče ("H"

¹⁶ Podrobný kusovník celého transformátoru je obsahem přílohy 3. Zdroj informací k technologiím a materiálům potřebných k výrobě jednotlivých částí nejen magnetického obvodu, ale i celého transformátoru je databáze softwaru SimaPro.

2xlak) a vrchní bandáže ze skelné tkanice (**Obr. 11**).



Obr. 11: Vinutí transformátoru

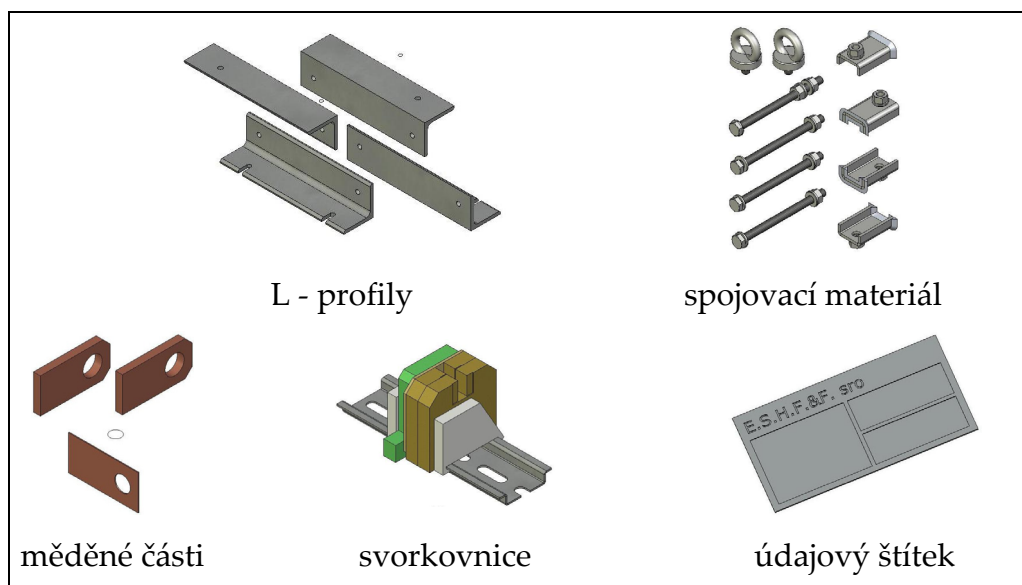
Zdroj: podklady firmy E.S.H.& F, spol. s r.o.

Materiál	Čistá hmotnost [kg]	Hrubá hmotnost [kg]
Polyamid B	0,624	0,624
Vodič LCIA-1	15,914	15,914
NEN-F	0,266	0,266
Vodič „H“ 2xlak	13,396	13,396
Skelná tkanice	0,194	0,194

Tab. 2: Množství použitých materiálů vinutí

Ostatní části

Další části transformátoru jsou především konstrukční. Jsou jimi šrouby, matice a závěsná oka z pozinkované oceli, svislé svorníky z nerezové oceli, praporce a kostřící plech z mědi, svorky z polyamidu a ocelového plechu, údajový štítek z hliníku (**Obr. 12**) a samozřejmě nezbytný impregnační lak, v tomto případě 1K-NAH 99.



Obr. 12: Ostatní části transformátoru

Zdroj: podklady firmy E.S.H.& F, spol. s r.o.

Materiál	Čistá hmotnost [kg]	Hrubá hmotnost [kg]
Pozinkovaná ocel	5,442	5,806
Nerezová ocel	0,198	0,198
Měď	0,053	0,0064
Hliník	0,003	0,003
Polyamid (PA-6)	0,015	0,015
Impregnační lak 1K-NAH 99	1	1

Tab. 3: Množství použitých materiálů ostatních částí

2.2.2. Výrobní procesy

Výrobní procesy transformátoru jsou rozděleny do dvou částí. **První část** zahrnuje těžbu surovin, výrobu materiálů a následnou výrobu jednotlivých dílů. Tato část výrobních procesů neprobíhá přímo v závodě firmy ESH&F spol. s r.o. V montážní hale probíhají jen některé předmontážní procesy, především montáž celého transformátoru. Předmontážní příprava a montáž jsou **druhou částí** výrobních procesů. Jednotlivé části výroby přehledně uspořádává síťový graf v kapitole 2.3.3, a proto zde nejsou rozváděny.

2.2.3. Přeprava a distribuce

Přeprava je u většiny analýz hodnocení životního cyklu jednou ze zásadních záležitostí. Dopad na přírodu, který je způsoben především emisemi z diesellových automobilů, je obrovský, a proto by v žádném LCA neměla chybět právě část týkající se dopravy.

Velký problém tkví ve sběru dat. Dopravní trasy a vytiženost dopravních prostředků nejsou vždy plně dohledatelné. V této analýze jsou zahrnuty dopravní trasy od dodavatelů až do montážní haly. Dopady spojené s dopravou nerostných surovin a surových materiálů do válcoven plechu, podniků na výrobu měděných vodičů analýza nezahrnuje z důvodu absence dat. V tabulce (**Tab. 4**) jsou uvedeny výpočty dopravních tras od jednotlivých dodavatelů až do místa firmy E.S.H.& F, spol. s r.o., tedy do Studeňan u Jičína¹⁷.

Materiál	Dodavatel	Druh dopravy	Vzdálenost [km]
Orientovaný plech	Technotron, s.r.o. (Frýdek-Místek)	Kamion 16t	281
Sklotextit	ZAO 'Electroisolit' (Chotkovo-Rus)	Kamion 16t	1500
Ocel (L-profil)	Ferona, a.s. (Hradec Králové)	Dodávka 3,5t	45
Ocel (spoj. mat.)	Vesko Jičín spol. s r.o. (Jičín)	Dodávka 3,5t	6
Měděné části	Vesko Jičín spol. s r.o. (Jičín)	Dodávka 3,5t	6
Hliník	Vesko Jičín spol. s r.o. (Jičín)	Dodávka 3,5t	6
Ocel (konzola)	Dual, s.r.o. (Sadská)	Dodávka 3,5t	70
Izolační materiál	Ekobal Rožnov, spol. s r.o. (Rožnov p. R.)	Kamion 16t	266
Lak 1K-NAH 99	VUKI a.s. (Bratislava)	Kamion 16t	318
Svorkovnice	Weidmüller GmbH & Co. KG (Detmold-Něm)	Kamion 16t	665
Kostra vinutí	Weisser Spulenkörper GmbH & Co. KG (Neresheim-Něm)	Kamion 16t	501
Vinutí	Dahrentrad, AB (Nossebro-Šve)	Kamion 16t	1030

Tab. 4: Dojezdové vzdálenosti od jednotlivých dodavatelů

¹⁷ K výpočtu dojezdových vzdáleností byl použit server www.mapy.cz.

2.2.4. Doba technického života a životnost transformátoru

Zkoumaný transformátor je určený do svářečky.

Pro analýzu je zvolena průměrná **vytíženost** transformátoru na **4 hodiny denně**, po dobu **deseti let**, což je podle zástupců firmy E.S.H.& F, spol. s r.o. **průměrná doba technického života** takového výrobku. Důležitým aspektem je rovněž **účinnost**, která se v tomto případě pohybuje okolo **95%**. Celkové ztráty jsou způsobeny především Jouleovými ztrátami. Vliv ztrát v železe a jiných ztrát je zanedbatelný.

2.2.5. Recyklace a likvidace transformátoru a jeho dílčích částí

Firma E.S.H.& F, spol. s r.o. se zpětnému odběru a následnému zpracování použitých dílů a materiálů nevěnuje. Transformátor po dožití vykupují k tomu účelu firmy, které následně některé z jeho částí recyklují. K opětovnému užití je určen především magnetický obvod. Jednotlivé plechy se po očištění od impregnačního laku mohou znovu použít přímo ve stejných rozměrech anebo se mohou využít po nastříhání ke skládání magnetických obvodů menších rozměrů. Další část určená k recyklaci je měděné vinutí. To je po demontáži zpracováno v hutním průmyslu.

2.3. FÁZE 3 – Vyhodnocení LCA stávajícího transformátoru

Podle zadání studie je analýza životního cyklu transformátoru provedena pomocí softwarového produktu SimaPro.

2.3.1. Software SimaPro

Software SimaPro je profesionální nástroj k analýze environmentálního profilu výrobku. S jeho pomocí lze relativně snadno modelovat a analyzovat životní cyklus výrobku. SimaPro využívá stávající materiálové a procesní databáze. Ty je možno vhodně kombinovat tak, aby vznikl co možná nejpřesnější model výrobku. Tento model je následně samotným softwarem SimaPro

analyzován.

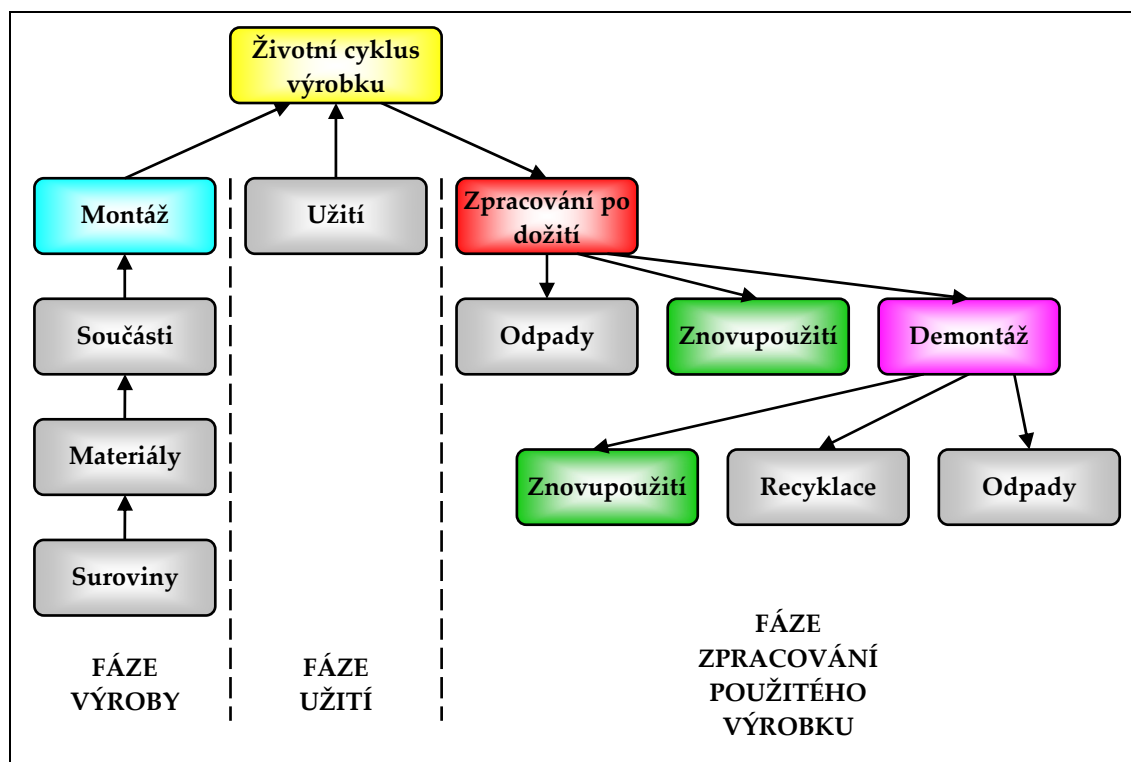
Základní rysy softwaru SimaPro

- je použitelný pro všechny druhy výrobků a služeb
- kompletně vychází z norem ISO 14040 a ISO 14044
- databáze procesů obsahují široké informace o emisích do jednotlivých složek životního prostředí, spotřebě materiálů, energií
- analyzovat lze celý model i jeho jednotlivé části (výroba, užití, recyklace)
- možný je přímý výstup do jiných programů (např. Excel)

Postup při analýze výrobku

Nejprve je nutné vybrat vhodné databáze, které se budou v modelu používat. Z nich jsou následně vybrány procesy, které se vhodně zkombinují a vznikne tak model výrobku. Celý model životního cyklu výrobku při tom má stromovou strukturu (**Obr. 13**). Nejvhodnější je postupovat od vrcholku modelu (tj. od bloku Životní cyklus výrobku) a postupně modelovat jednotlivé větve.

Po zhotovení modelu software SimaPro automaticky vygeneruje inventarizační analýzu. Tato analýza je následně zpracována některou ze široké škály dostupných metodik (viz. kap. 2.3.2) tak, aby výsledky byly co možná nejsrozumitelnější a snadno prezentovatelné jak odborné tak i laické skupině posluchačů.



Obr. 13: Stromová struktura modelu výrobku v softwaru SimaPro

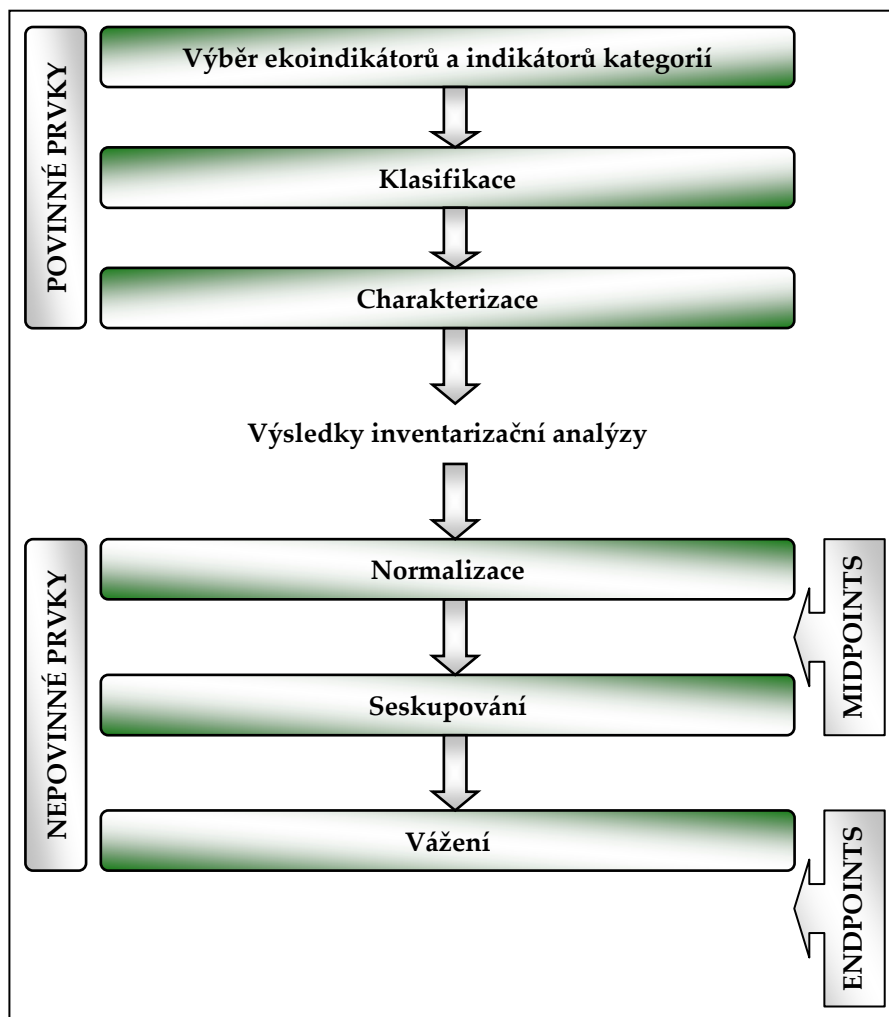
Vlastní konstrukce

Software SimaPro navíc obsahuje některé další funkce, které nebyly použity k analýze transformátoru v této diplomové práci. Jsou jimi například citlivostní analýza Monte Carlo, možnost parametrizování modelu, aplikaci pro zjednodušení některých operací nebo možnost využití verze pro více uživatelů, kdy na jednom projektu může v téže době pracovat hned několik pracovníků. [lit. 12, 13, 14]

2.3.2. Metodiky hodnocení environmentálních dopadů

Pro srozumitelné prezentování výsledků studie životního cyklu výrobku bylo vyvinuto mnoho metodik. Tyto metodiky pracují s daty, které jsou získány přímo z výrobních procesů (emise do ovzduší, vod, půdy, spotřeba energie atp.) Z těchto dat nevyplývá, jak daný výrobek zatěžuje životní prostředí. Metodiky proto pomocí různých postupů přepočítávají získaná data na výsledky, ze kterých je jasné, jaký má daný výrobek environmentální dopad. Postup při práci s daty je

přehledně vyobrazen na schématu (Obr. 14). [lit. 10]



Obr. 14: Obecné schéma metodiky výpočtu environmentálního profilu výrobku

Zdroj: ČSN EN ISO 14040 (vlastní konstrukce)

Vysvětlení vybraných bloků schématu:

Klasifikace představuje přiřazení dat do kategorií podle společných vlastností. Jednotlivými kategoriemi jsou například globální oteplování, vliv na kyselost půdy apod.

Charakterizace pracuje s kategoriemi získanými v předchozím kroku. Vypočítává jejich globální vliv na určené části životního prostředí.

Normalizace znamená výpočet velikosti výsledků indikátoru kategorie vztažené k referenční informaci.

Ve fázi seskupování se jednotlivé kategorie třídí do skupin. Každá skupina má při tom vliv na jinou část životního prostředí.

Poslední fází je vážení. Tato fáze je označována jako nejsložitější a nejkontroverznější krok celého hodnocení životního cyklu výrobku. Podle předem určených pravidel se dosud získané výsledky přepočítávají na jedinou proměnnou. Pomocí této integrální proměnné lze snadno porovnávat jednotlivé výrobky mezi sebou. [lit. 10, 11, 15]

Na schématu (**Obr. 14**) je vidět, že některé kroky postupu při tvorbě ekoindikátorů jsou **povinné**, zatímco jiné jsou **nepovinné**. Nepovinné kroky sice do výsledků zavádějí jisté nepřesnosti, protože při těchto krocích se nepracuje pouze s objektivně získanými daty. Tvůrci jednotlivých metodik zahrnují vlastní předpoklady (např. koeficienty vážení). [lit. 10]

Ve stejném duchu lze popsat i rozdíl mezi **midpointovými** a **endpointovými** metodikami. Midpointové metodiky pracují pouze s daty, které jsou získány přímo z výrobních procesů a provedena je maximálně normalizace. Tyto metodiky vedou k velice přesným výsledkům. Na druhou stranu se výsledky hůře prezentují, a proto jsou tyto metody používány především v těch případech, kdy jsou výsledky studie představovány zasvěceným posluchačům a odborníkům v environmentální politice. Pro ostatní skupiny posluchačů jsou mnohem vhodnější endpointové metodiky. Jejich výhodou je snadná prezentovatelnost, protože výsledkem často bývá jediné číslo. Nevýhodou je ovšem zavlečení jistých nepřesností, které souvisí s postupy seskupování nebo vážení. [lit. 13, 15]

K analýze transformátoru v této diplomové práci byly vybrány dvě metodiky hodnocení. Hlavní byla zvolena endpointová metodika **Eco-indikátor 99** a jako příklad midpointové byla vybrána metodika **CML 2**. Obě metodiky jsou stručně popsány níže.

Metodika Eco-indikátor 99¹⁸

Metodika Eco-indikátor 99 je endpointovou metodikou. Při výpočtu indikátorů využívá všech postupů, které byly popsány. Kategoriemi klasifikace jsou:

- karcinogenní látky
- vliv anorganických látek na dýchací soustavu
- vliv anorganických látek na dýchací soustavu
- změny klimatu
- radiace
- vliv na ozónovou vrstvu
- vliv toxických látek
- okyselení / normální výživa a růst
- spotřeba půdy
- minerály
- fosilní paliva

Tyto klasifikované kategorie jsou seřazeny do tří skupin. Každá skupina má vliv na jinou část životního prostředí:

- **lidské zdraví**
- **kvalita ekosystému**
- **zdroje**

Fáze vážení pak integruje tyto tři skupiny do jediného indikátoru, kterým je právě „**Eco-indikátor 99**“. [lit. 15]

¹⁸ Podrobnější seznámení s metodikou Eco-indikátor 99 je obsahem přílohy 4.

Metodika CML 2¹⁹

Metodika CML 2 je midpointová a z nepovinných prvků používá pouze normalizaci. Výstupem jsou normalizovaná data, která jsou klasifikací rozdělena do deseti kategorií:

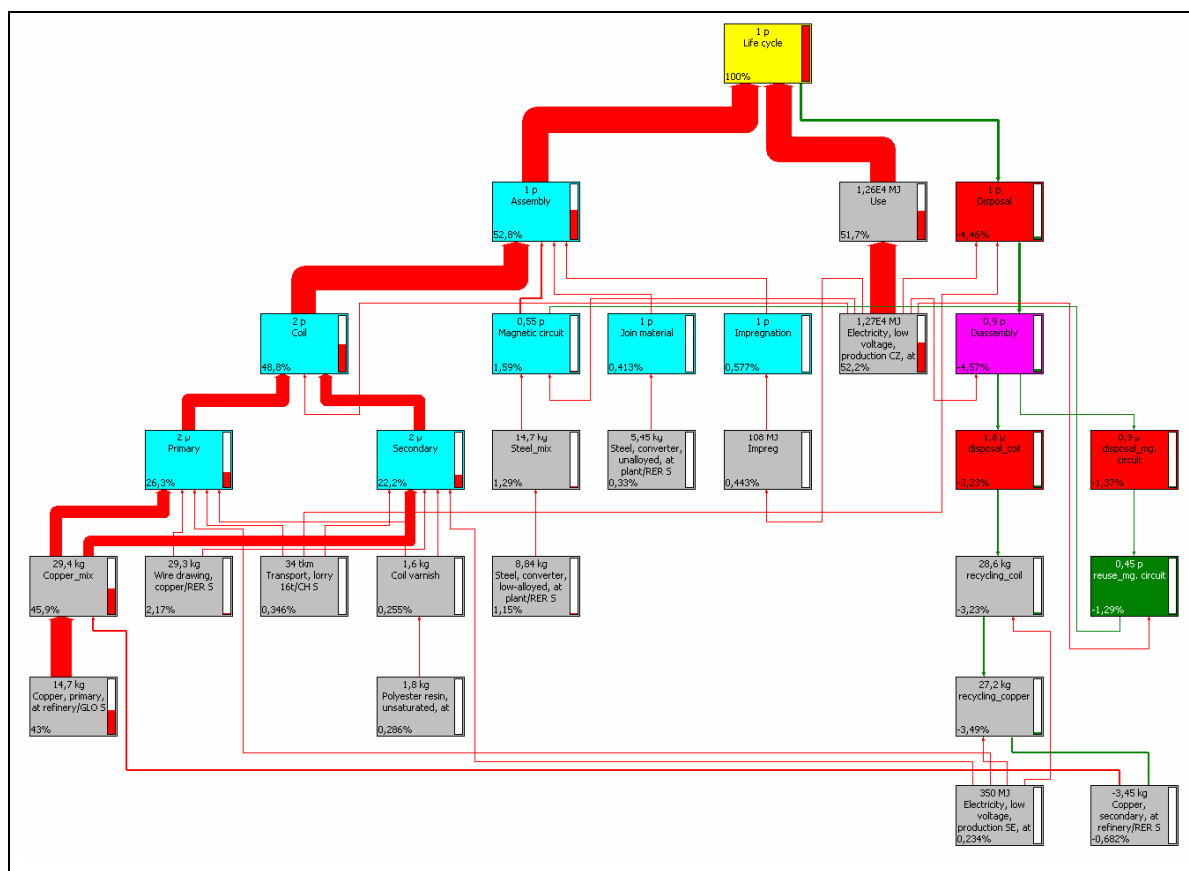
- vyčerpání nerostných surovin
- globální oteplování
- narušování ozónové vrstvy
- vliv toxických látek na lidský organismus
- vliv toxických látek na pitnou vodu
- vliv toxických látek na mořskou vodu
- vliv toxických látek na půdy
- fotochemická oxidace
- okyselení půd
- vliv na normální výživu a růst [lit. 15]

Citlivostní analýza

Spolu s výsledky obou metodik jsou v práci uvedeny navíc výsledky tzv. citlivostní analýzy, která udává rozdělení podílu jednotlivých procesů na celkový ekologický dopad výrobku. [lit. 13]

¹⁹ Podrobnější seznámení s metodikou CML 2 je obsahem přílohy 4.

2.3.3. Model LCA transformátoru²⁰



Obr. 15: Zjednodušené stromové schéma modelu LCA transformátoru²¹

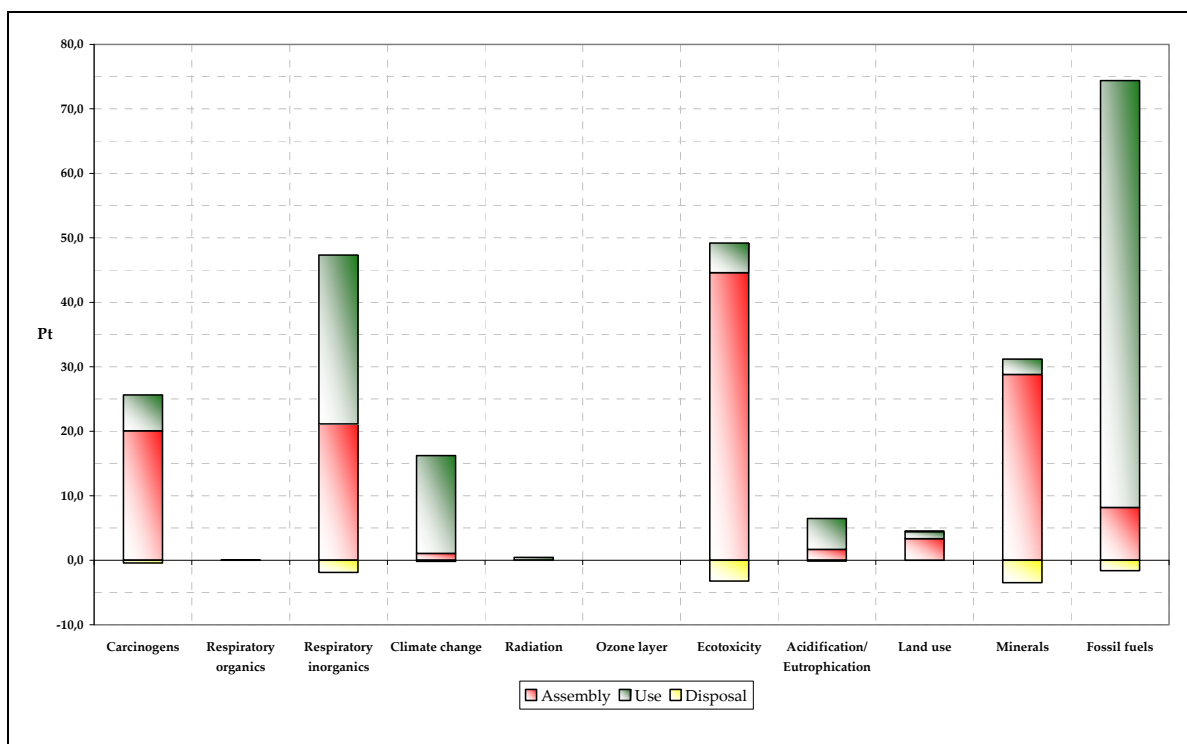
Zdroj: výstup softwaru SimaPro

Impact category	Unit	Total	Assembly	Use	Disposal
abiotic depletion	kg Sb eq	23,51	1,98	21,93	-0,40
global warming	kg CO ₂ eq	3938,04	256,21	3725,84	-44,01
ozone layer depletion	kg CFC-11 eq	0,00	0,00	0,00	0,00
human toxicity	kg 1,4-DB eq	7512,36	6933,46	701,80	-122,90
fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	435,94	157,85	302,89	-24,81
marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	2247236,73	388120,33	1908314,50	-49198,10
terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	62,92	29,57	33,87	-0,51
photochemical oxidation	kg C ₂ H ₄	0,77	0,38	0,41	-0,03
acidification	kg SO ₂ eq	21,13	9,39	12,21	-0,47
eutrophication	kg PO ₄ eq	1,28	0,29	1,01	-0,02

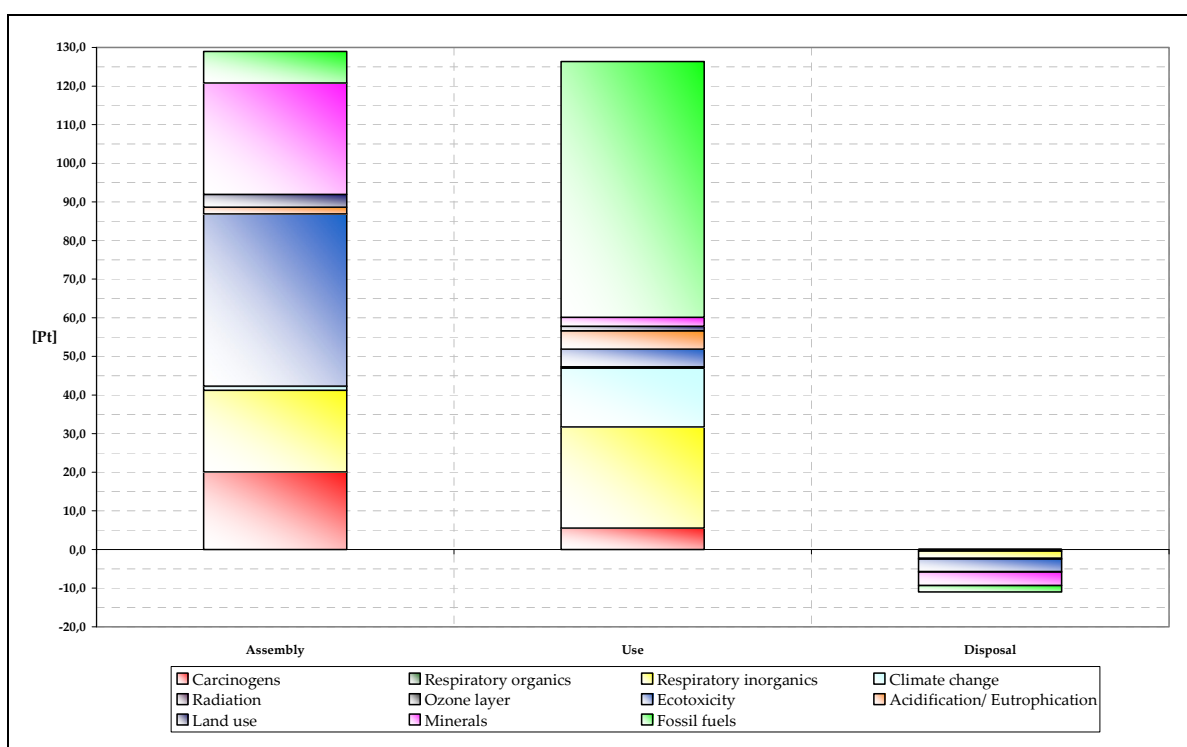
Tab. 5: Charakterizovaná data modelu LCA, kategorie (CML 2)

²⁰ Podrobná analýza LCA modelu transformátoru je obsahem přílohy 5.

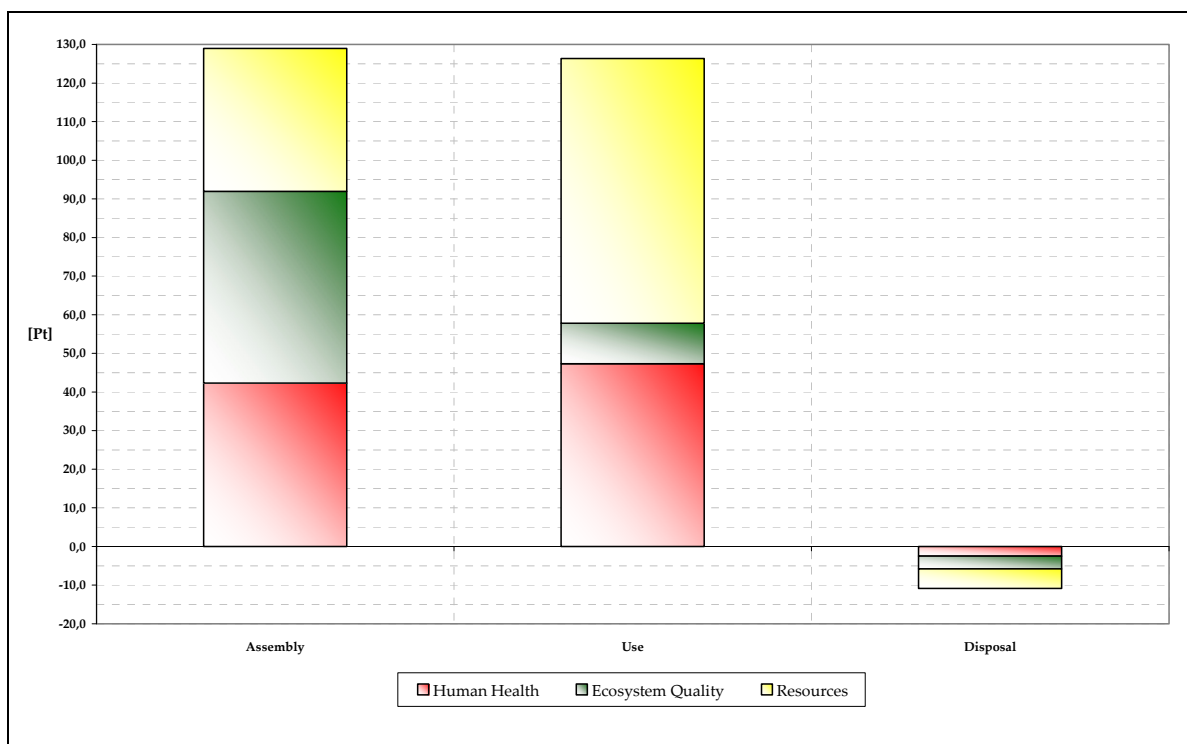
²¹ Podrobnější stromové schéma modelu transformátoru je obsahem přílohy 8 – externí.



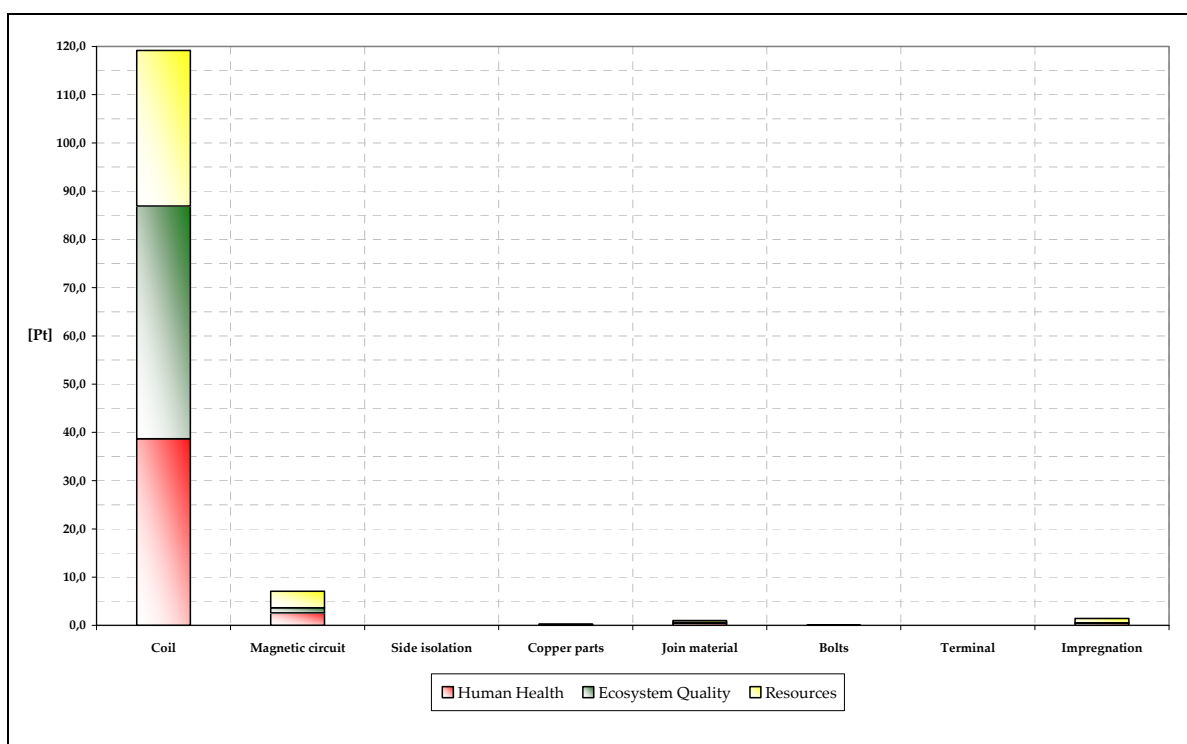
Graf. 1: Vážená data modelu LCA, kategorie (Eco-indikátor 99)



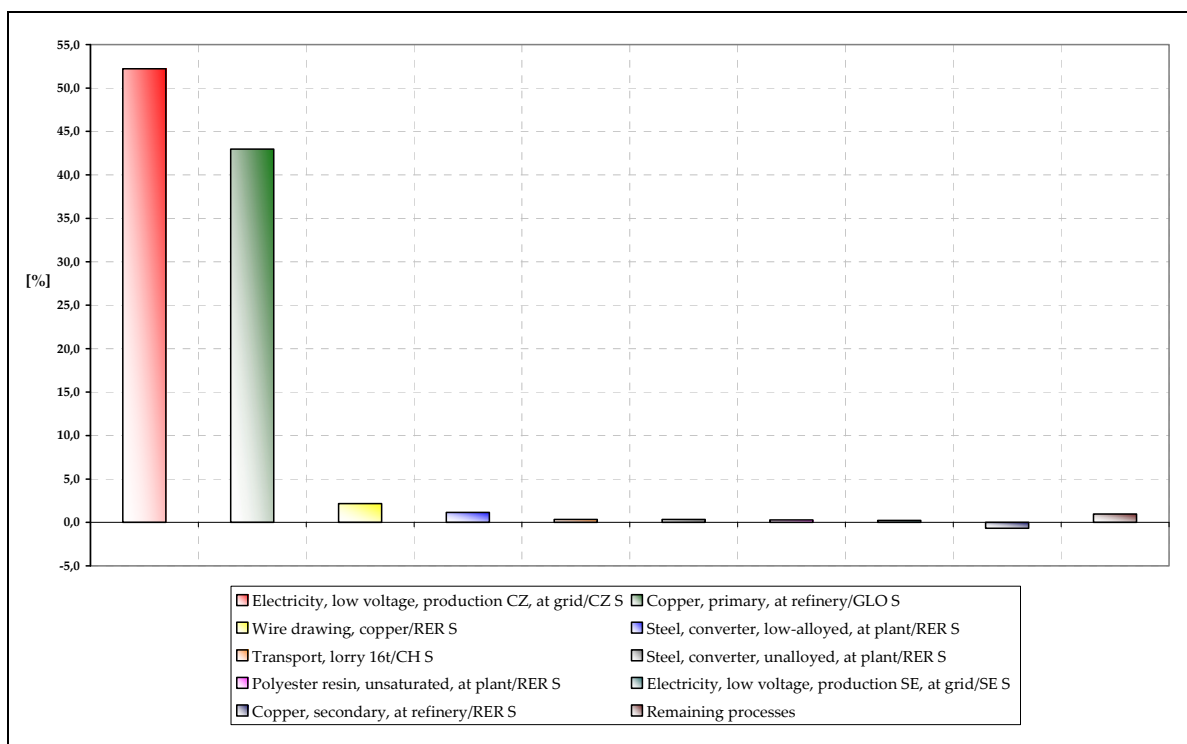
Graf. 2: Dopad na životní prostředí, model LCA, kategorie (Eco-indikátor 99)



Graf. 3: Dopad na životní prostředí, model LCA, skupiny (Eco-indikátor 99)



Graf. 4: Dopad na životní prostředí, výroba, kategorie (Eco-indikátor 99)



Graf. 5: Citlivostní analýza, model LCA, vliv 0,2 % a vyšší

2.3.4. Zhodnocení modelu

Podle metodiky CML 2 (Tab. 5) je patrné, že nejvíce zatíženou kategorií je vliv toxicity na mořskou vodu. Metodika Eco-indikátoru 99 ukazuje (Graf. 1 až Graf. 4), že fáze **VÝROBY** a fáze **UŽITÍ** mají zhruba stejný negativní ekologický dopad na životní prostředí. Každá z fází však zatěžuje jinou skupinu životního prostředí. Zatímco fáze výroby negativně působí především na kvalitu ekosystému, spotřeba energie ve fázi užití přináší velké nároky na spotřebovanou energii, s čímž souvisí i majoritní dopad na skupinu zdrojů, konkrétně kategorii fosilních paliv. Oproti těmto dvěma fázím přináší díky recyklaci hlavních částí transformátoru fáze **ZPRACOVÁNÍ** přínos životnímu prostředí a hodnoty Eco-indikátoru 99 se tak pohybují v záporných číslech.

Citlivostní analýza (Graf. 5) navíc ukázala, že zdaleka největší podíl na ekologickém dopadu transformátoru zapříčiňuje spotřeba energie a procesy, které jsou spojené s výrobou mědi ze surových materiálů.

2.4. FÁZE 4 – Návrh inovací dle zásad ekodesignu

2.4.1. Inovace v materiálové oblasti

Magnetický obvod

V této oblasti je navržena změna použití materiálu izolace bočnice. Sklotextit ARV používá jako pojidla epoxid. Předpokládá se, že právě epoxid má silný negativní dopad na životní prostředí. Namísto Sklotextitu ARV je navržena Sklotextit SI, ve kterém jako pojidlo slouží silikonová živice. Ten má podle předpokladů příznivější ekologické vlastnosti.

Vinutí

Jako jediná alternativa k měděnému vodiči se nabízí vodič hliníkový, ten však má horší elektrické vlastnosti a nároky na výrobu hliníku představují větší zátěž, než je tomu u mědi. Z toho důvodu nejsou navrženy v oblasti vodičů žádné změny. Změny rovněž nejsou provedeny ani u kostry, která je dodávána již v hotovém stavu. Izolace mezi vinutími a vrchní bandáže ze skelné tkaniny jsou ponechány beze změny.

Ostatní části

Zde je navržena změna použitých konstrukčních dílů. L-Profily, šrouby a matice jsou vyrobeny z pozinkované oceli. Nižší ekologickou zátěž ovšem podle všech předpokladů představuje ocel nerezová. Z toho důvodu je navržena právě tato inovace.

Další možnou oblastí inovace je impregnační lak, charakteristika laku 1K-NAH 99 je však taková, že nepředstavuje přílišnou zátěž k životnímu prostředí, a tak v této oblasti změnu nevrženy nejsou.

2.4.2. Inovace ve výrobních procesech

Celá výroba probíhá ve výrobní hale sledem operací, které mají ve firmě ESH&F spol. s.r.o. dlouhou tradici. Vzhledem k tomu, že zde vyrábějí

transformátory především na zakázku, je nutná variabilita výrobního systému. Z toho důvodu se během přípravy částí a montáže nepoužívá velké množství automatických strojů. Doporučení výrobního systému by tak muselo obsahovat především zvýšení výkonnosti pracovníků, a to není cílem této studie.

2.4.3. Inovace přepravy a distribuce

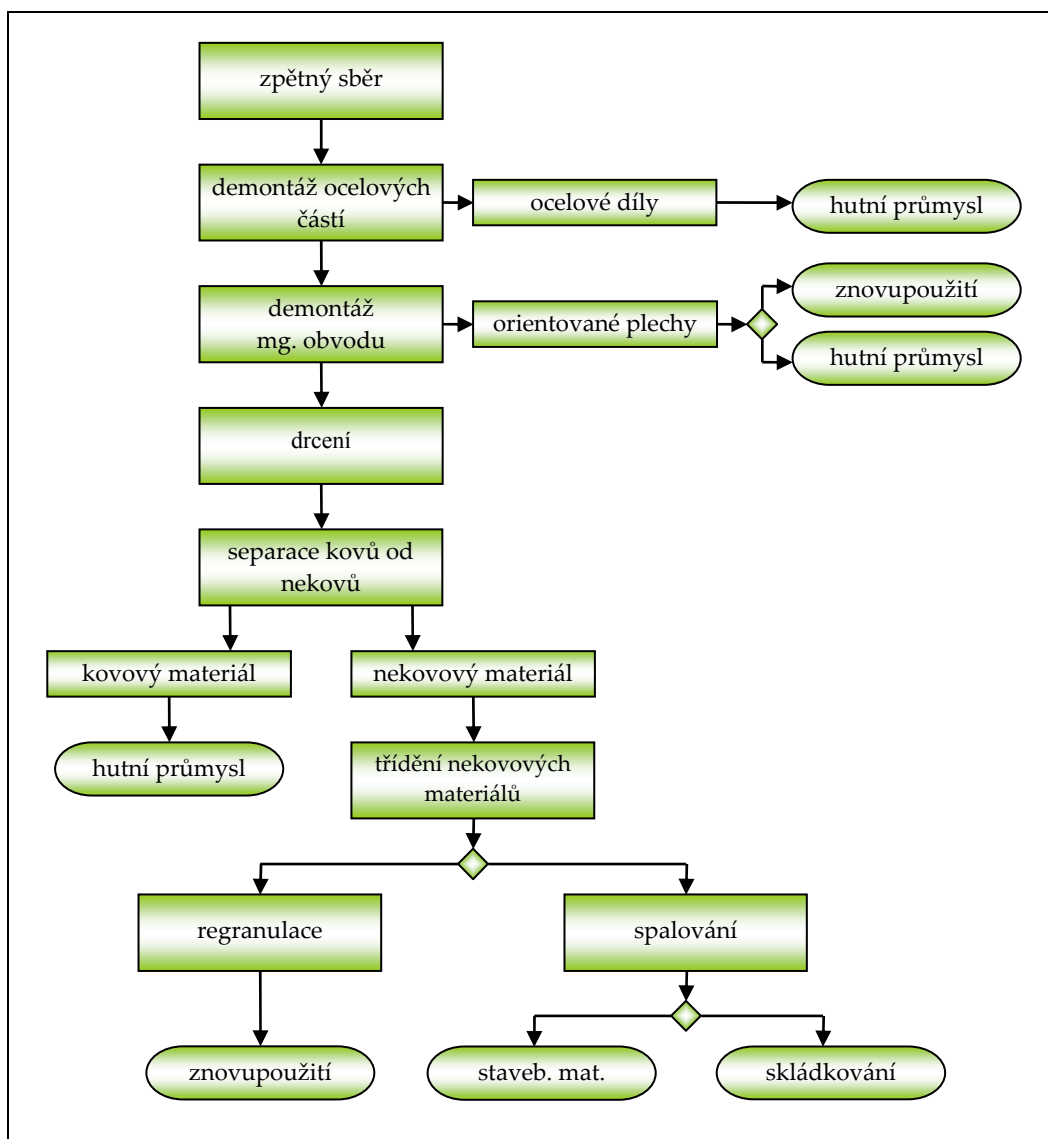
Používání kamionové dopravy představuje velký negativní vliv na životní prostředí. Z toho důvodu doporučuji pro přepravu částí na velké vzdálenosti (zejména při dovozu dílů ze zahraničí) použití železniční dopravy.

2.4.4. Inovace v oblasti užívání a životnosti

Jediné zlepšení v této části života transformátoru je možné v optimalizaci jeho životnosti. Kritickým místem v tomto ohledu je izolace. Předpokládejme použití většího množství NEN-F fólie, která slouží k izolaci mezi primárním a sekundárním vinutím. To by mělo vést k delší životnosti transformátoru.

2.4.5. Inovace recyklace a likvidace transformátoru

V podkapitole 2.2.5 bylo řečeno, že k recyklaci a znovuužití je určen pouze magnetický obvod a měděné vinutí. Ostatní části transformátoru jsou určeny ke skládkování. Navržena je tedy recyklace ostatních částí podle následujícího schématu (**Obr. 16**).



Obr. 16: Zjednodušené schéma návrhu recyklace transformátoru

Vlastní konstrukce

Drcení probíhá v nejrůznějších druzích drtičů a granulačních mlýnů. Technologií určených k **separaci kovových a nekovových materiálů** je několik. Příkladem budiž metoda magnetické separace (bubnové magnetické separátory, pásové magnetické separátory) nebo separace na bázi specifické hmotnosti (vibrační třídění). Velice složitou a náročnou operací je **třídění nekovových materiálů**. K tomu účelu se používá technologií, které jsou založeny na fluidaci (třídění vzduchem), odstředivých silách, flotaci (separace ve vodní lázni dle

hustoty materiálu) nebo elektrostatickém třídění. [lit. 16]

2.4.6. Shrnutí navrhovaných inovací transformátoru

Všechny výše zmíněné inovace jsou přehledně seřazeny v následující tabulce (**Tab. 6**).

Oblast zájmu	Současný stav	Návrh inovace
Materiály		
Izolace bočnice	Sklotextit ARV	Sklotextit SI
Konstrukční části	Pozinkovaná ocel	Nerezová ocel
Přeprava		
Doprava (VUKI)	Kamion 16t	Elektrická železnice
Doprava (Weidmüller)	Kamion 16t	Elektrická železnice
Doprava (ZAO 'Electroisolit')	Kamion 16t	Elektrická železnice
Doprava (Weisser)	Kamion 16t	Elektrická železnice
Doprava (AB Dahrendrad)	Kamion 16t	Elektrická železnice
Užívání a životnost		
Životnost	0,266 kg NEN-F	0,532 kg NEN-F
Recyklace a likvidace		
Recyklace	Mg. obvod a vinutí	Dle kap. 2.4.5

Tab. 6: Návrh inovací transformátoru

2.5. FÁZE 5 – Vyhodnocení LCA inovovaného návrhu a srovnání

2.5.1. Model LCA inovovaného návrhu²²

Funkční jednotka

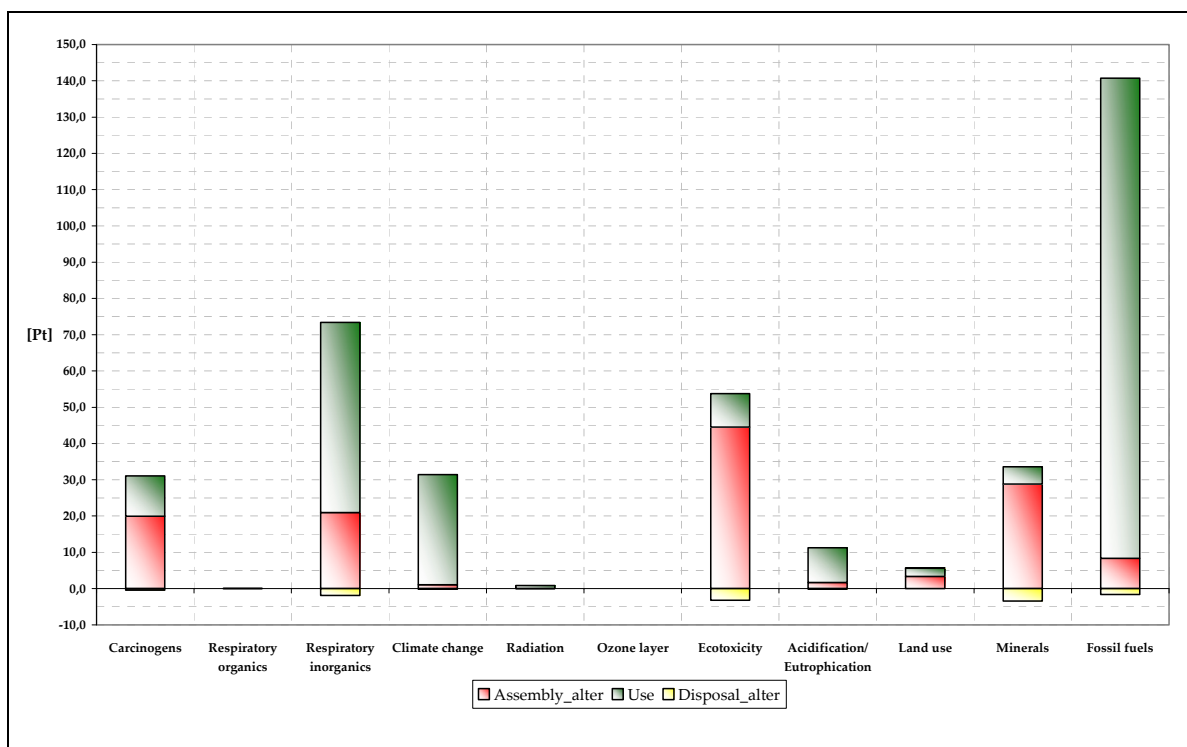
U hodnocení inovovaného modelu se vychází z jiné funkční jednotky. Ta se ve většině aspektů shoduje se stávajícím transformátorem²³. Jediným rozdílem je technická doba života, která se po navrhovaných inovacích prodloužila na **dvacet let**.

²² Podrobná analýza LCA modelu transformátoru je obsahem přílohy 6.

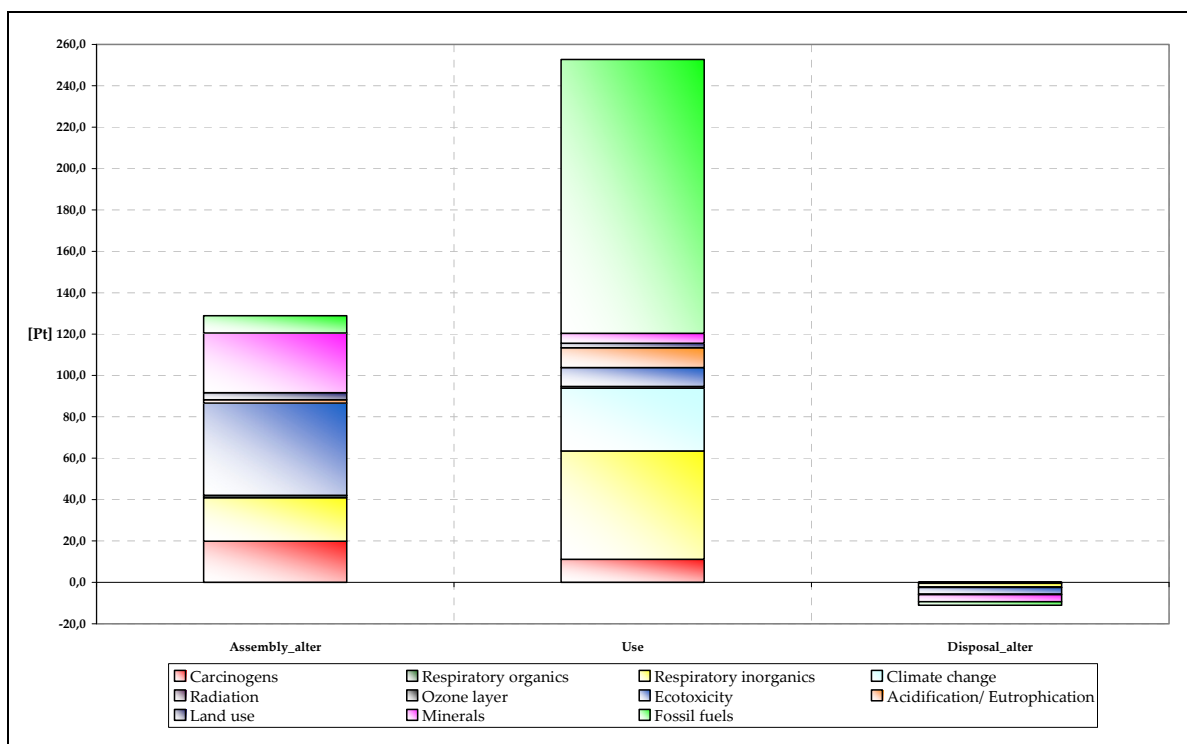
²³ viz. kapitola 2.1.4

Impact category	Unit	Total	Assembly	Use	Disposal
abiotic depletion	kg Sb eq	45,43	1,99	43,85	-0,41
global warming	kg CO ₂ eq	7667,70	260,75	7451,69	-44,73
ozone layer depletion	kg CFC-11 eq	0,00	0,00	0,00	0,00
human toxicity	kg 1,4-DB eq	8211,42	6931,49	1403,61	-123,68
fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	734,59	155,33	605,78	-26,52
marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	4148704,16	383766,91	3816628,99	-51691,74
terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	96,67	29,55	67,73	-0,62
photochemical oxidation	kg C ₂ H ₄	1,17	0,39	0,82	-0,03
acidification	kg SO ₂ eq	33,38	9,43	24,43	-0,48
eutrophication	kg PO ₄ eq	2,29	0,29	2,03	-0,02

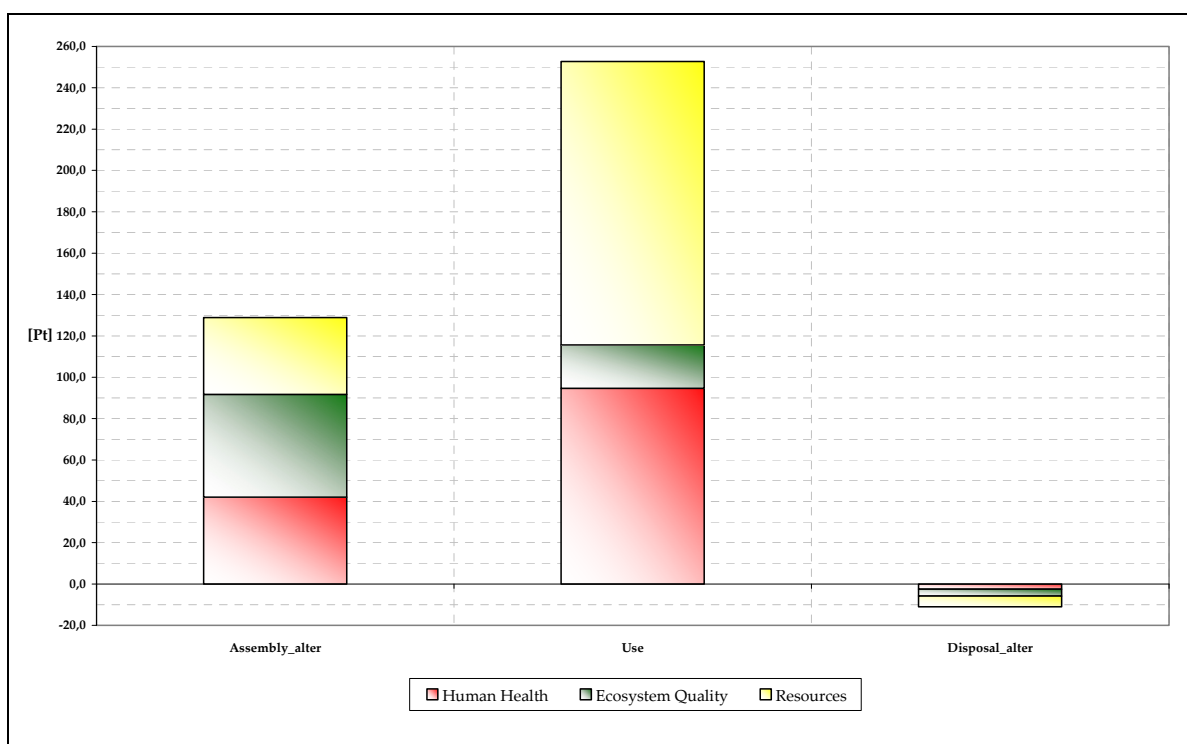
Tab. 7: Charakterizovaná data inovovaného modelu LCA, kategorie (CML 2)



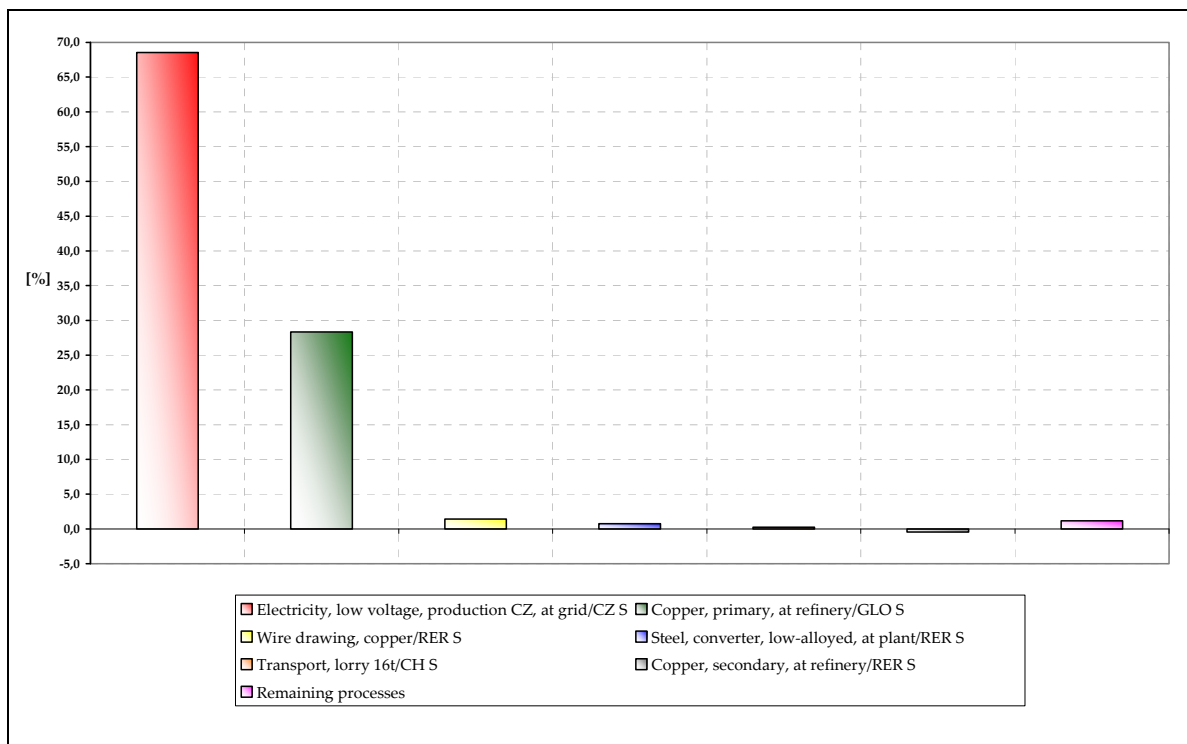
Graf. 6: Vážená data inovovaného modelu LCA, kategorie (Eco-indikátor 99)



Graf. 7: Dopad na živ. prostředí, inov. model LCA, kategorie (Eco-indikátor 99)



Graf. 8: Dopad na živ. prostředí, inov. model LCA, skupiny (Eco-indikátor 99)



Graf. 9: Citlivostní analýza, inovovaný model LCA, vliv 0,2 % a vyšší

2.5.2. Zhodnocení inovovaného modelu

Výsledky modelu inovovaného transformátoru jsou v mnohém podobné s výsledky modelu transformátoru stávajícího. Zásadní rozdíl je v rozdělení ekologické zátěže mezi jednotlivými fázemi života transformátoru. Výrazně dominantní je u inovovaného modelu fáze **UŽITÍ**. Tento výsledek je způsoben tím, že technická doba života modelu inovovaného transformátoru je určena na dvacet let, a proto jsou logicky kladeny větší nároky na spotřebovanou energii.

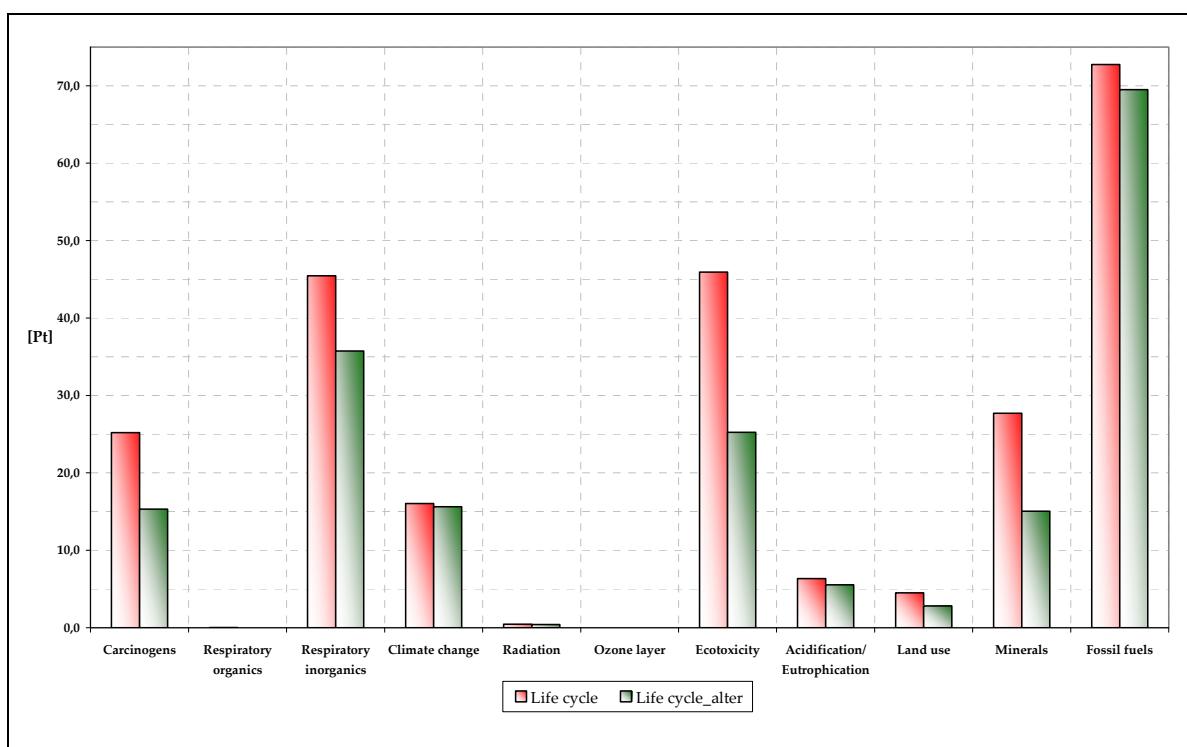
2.5.3. Srovnání stávajícího a inovovaného návrhu²⁴

Funkční jednotka

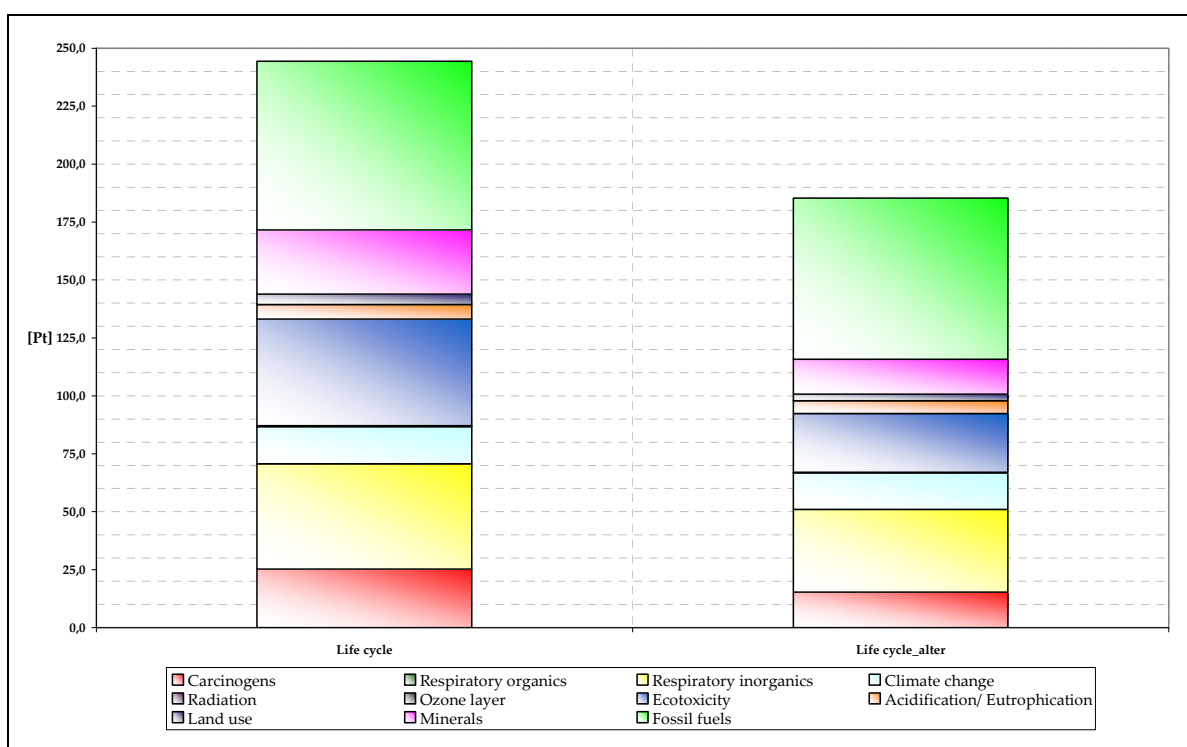
Aby bylo možno oba modely srovnávat, musí být zvolena stejná funkční jednotka. Pro srovnání byla proto zvolena funkční jednotka, kterou byl hodnocen stávající návrh. Z toho plyne, že doba technického života činí **deset let**. Srovnání

²⁴ Podrobná srovnání obou modelů transformátoru je obsahem přílohy 7.

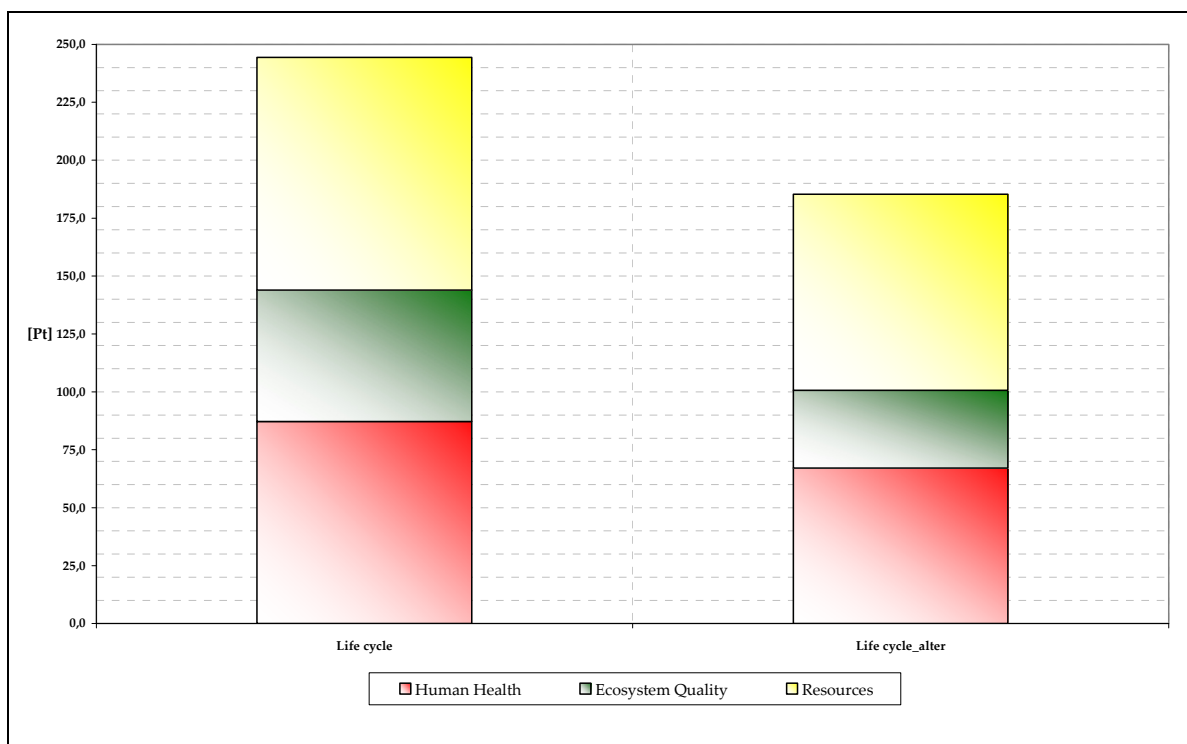
z toho důvodu bylo provedeno mezi **1 kusem** modelu stávajícího návrhu transformátoru a **½ kusu** modelu návrhu inovovaného.



Graf. 10: Vážená data, srovnání, modely LCA, kategorie (Eco-indikátor 99)



Graf. 11: Dopad na živ. prostředí, srovnání, modely LCA, kat. (Eco-indikátor 99)



Graf. 12: Dopad na živ. prostředí, srovnání, modelů LCA, skup. (Eco-indikátor 99)

2.5.4. Zhodnocení srovnání obou modelů

Z výsledků srovnávací analýzy vyplývá, že inovovaný výrobek má nižší ekologický dopad na životní prostředí. To je způsobeno především delší životností inovovaného modelu transformátoru. Tento výsledek potvrzuje jednu ze zásad ekodesignu, totiž že prodloužení životnosti všeobecně vede ke zlepšení ekologického profilu výrobku.

Výsledky dílčích studií potvrdily předpoklady. Využití železniční dopravy představuje několikanásobně nižší ekologický dopad na životní prostředí, než je tomu u dopravy kamionové. Stejně tak i sklotextit Si zatěžuje životní prostředí méně, než sklotextit ARV. Inovovaná fáze zpracování transformátoru po jeho dožití příliš velké snížení ekologického dopadu nepřináší. To je způsobeno tím, že už u stávajícího modelu se hlavní části transformátoru recyklovaly či byly znovu použity. Nejméně jednoznačné výsledky byly zjištěny u porovnání pozinkované a nerezové oceli, která je použita jako spojovací materiál. Rozhodnutí o použití

jedné nebo druhé oceli závisí na samotném výrobcí transformátoru podle toho, jaký poměr jednotlivých skupin vážení se rozhodne při hodnocení environmentálního dopadu použít. Při standardním nastavení Eco-indikátoru 99 vyšlo vůči životnímu prostředí šetrnější použití oceli nerezové.

2.6. FÁZE 6 – Ekonomická analýza a zhodnocení

2.6.1. Ekonomická náročnost

Jak už bylo napsáno výše, nebylo možno shromáždit data týkající se ekonomické náročnosti výroby transformátoru či jeho částí. Z toho důvodu zde není uveden ekonomický rozbor výroby stávajícího případně inovovaného modelu transformátoru. V praxi by však podobný postup měl být nedílnou součástí ekodesignového postupu.

V každém případě environmentální pohled musí respektovat pohled ekonomický, měl by tedy být efektivní z ekonomického hlediska. Jinými slovy „předražený ohled“ na životní prostředí není žádoucí, ani by s největší pravděpodobností nezískal podporu managementu podniku.

V tomto projektu ekonomické aspekty nejlépe ilustruje výběr spojovacího materiálu. Environmentální dopad pozinkované oceli je přibližně stejný jako u oceli nerezové. Náklady na výrobu a výrobní procesy jsou u pozinkované oceli mnohem nižší. Z toho vyplývá, že bude při výběru spojovacího materiálu určité upřednostněna.

2.6.2. Zhodnocení celého projektu

Dílčí zhodnocení jsou už uvedena výše u jednotlivých kroků metodického postupu (kap. 2.3.4, 2.5.2, 2.5.4).

Zásadní závěry studie jsou tyto:

- U modelu stávajícího transformátoru má fáze **VÝROBY** a fáze **UŽITÍ** téměř stejný ekologický dopad.

- U modelu inovovaného návrhu transformátoru má kvůli delší technické době života největší ekologický dopad fáze **UŽITÍ**.
- Prodloužení životnosti vede k celkovému snížení negativního ekologického dopadu na životní prostředí.
- Hlavní podíl na ekologickém dopadu je způsobena spotřebou elektrické energie během užívání a procesy, které jsou spojeny s výrobou mědi.
- K životnímu prostředí je šetrnější použití železniční dopravy namísto kamionové.
- Sklotextit SI přináší nižší ekologický dopad než sklotextit ARV.
- Recyklace drobných částí transformátoru nevede k příliš velkému zlepšení ekologického profilu.
- Pozinkovaná ocel má srovnatelný vliv na životní prostředí jako ocel nerezová.

Závěr

V této diplomové práci je podán ucelený pohled na problematiku ekodesignu způsobem, který vede ke konkrétní a jasné představě o tom, co pojem EKODESIGN znamená, jak a kde ho lze využít a které nástroje jsou v dnešní době nejvíce používány při jeho aplikaci.

V první, teoretické, části jsou podrobně rozebrány postupy a strategie, které se při ekodesignovém návrhu výrobků používají. Rovněž jsou popsány kroky, díky kterým se ekodesignové návrhy zavádějí do praxe. Tato část diplomové práce bude použita jako podklad pro manuál ekodesignu projektu EUREKA Σ!3517.

V druhé, praktické, části byl navržen metodický postup pro ekodesignový návrh transformátoru. Jeho nosnou částí je podrobná analýza životního cyklu daného transformátoru, návrh inovací dle zásad ekodesignu a samozřejmě i následné vyhodnocení navrhovaných změn. Celá analýza je provedena pomocí softwarového produktu SimaPro, který je určen pro hodnocení životního cyklu výrobků.

Výsledky studie ukázaly, že největším přínosem životnímu prostředí je prodloužení životnosti transformátoru. Z tohoto výsledku se dá učinit obecný závěr, že **délka technické doby života elektrotechnického výrobku je nepřímě úměrná jeho environmentálnímu dopadu**. Studie dále potvrdila dílčí předpoklady, tedy že využití železniční dopravy je k přírodě mnohem šetrnější, nežli je tomu u dopravy kamionové, nebo že místo epoxidu je u sklotextitu výhodnější použít jako pojivo silikonovou živici. Oproti tomu zavedení kvalitnější technologie pro recyklaci a použití nerezové oceli namísto pozinkované se jako výrazné zlepšení environmentálního profilu neukázalo. V každém případě však environmentální pohled musí respektovat pohled ekonomický, měl by tedy být efektivní z ekonomického hlediska. V opačném případě by výrobek, který sice

splňuje veškeré environmentální požadavky, ale nerespektuje ekonomické hledisko, byl s největší pravděpodobností vzhledem k jeho ekonomické náročnosti neprodejný.

Tato diplomová práce shrnula veškeré poznatky týkající se ekodesignu, byl navržen metodický postup pro ekodesign elektrotechnického výrobku, konkrétně transformátoru a provedena byla podrobná analýza životního cyklu výrobku transformátoru pomocí softwaru SimaPro. Tím byly splněny cíle, které byly uvedeny v úvodu této diplomové práce.

Věřme, že v budoucnu se budou nejen elektrotechnické spotřebiče, ale i všechny ostatní výrobky ubírat tímto směrem a ekodesignové myšlení se stane běžnou rutinou při návrhu výrobků nových a při inovacích produktů stávajících.

Summary

This diploma thesis renders an account of the ecodesign issue. It leads to concrete concept. It describes the term, the usage and the tools often used in the ecodesign broad field.

The first part focused on theory and policy used in an ecodesign process. The implementation steps are mentioned there.

There is the methodical plan shaped in the second part. The main passages are following - the Life Cycle Assessment of given transformer, innovation proposal and subsequent change evaluation. The whole analysis is carried out by software SimaPro.

Service life of transformer is significant factor. The longer is the more benefits for the environment. In the other words, the duration of service life of electrotechnical product is inversely proportional to its negative environmental impact.

The study also confirmed sub-expectations. These were the usage of railway service (seen as more friendly to the environment in comparison with haulage) and the usage of silicone bitumen (seen as more friendly in comparison with epoxide). There was found that superior technology for recycling or the usage of stainless steel instead of galvanized steel does not lead to the improvement in the environmental profile.

Let us hope, all products in future will be designed in an ecodesign way and this thinking style will be as common as possible.

Přílohy

Příloha 1 – Ekodesignový slovníček

Anglicko-český a český výkladový

1. BIOSPHERE.....	67
2. CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY (CSR).....	68
3. DESIGN FOR ENVIRONMENT (DfE).....	68
4. ECO-EFFICIENCY.....	68
5. ECO-LABEL.....	68
6. ECO-DESIGN.....	68
7. ECO-MATERIALS.....	69
8. ECOLOGICAL FOOTPRINT.....	69
9. EMBODIED ENERGY.....	69
10. END-OF-LIFE (EOL).....	69
11. ENVIRONMANETAL MANAGEMENT SYSTÉM (EMS).....	70
12. ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION (EPD).....	70
13. GREEN DESIGN.....	70
14. GREENHOUSE GASES.....	71
15. LIFE CYCLE ANALYSIS OR LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA).....	71
16. LIFECYCLE INVENTORY.....	71
17. LITHOSPHERE.....	72
18. NON-RENEWABLE RESOURCES.....	72
19. PRODUCT ENVIRONMENTAL PROFILE (PEP).....	72
20. PRODUCT STEWARDSHIP.....	72
21. REBOUND EFFECT.....	73
22. RENEWABLE RESOURCES.....	73
23. TECHNOSPHERE.....	73

1. Biosphere

Biosféra

Obecně se používají tyto tři definice:

- Ta část Země a její atmosféry, v níž existují žijící organizmy nebo která je schopna život podpořit.
- Ekosystém složený ze Země a žijících organismů, které ji obývají.
- Souhrn všech živých látek na Zemi.

2. Corporate Social Responsibility (CSR)

Společná sociální odpovědnost (CSR)

Zavedení sociální a environmentální politiky v každodenním obchodování firmy a povinnost tuzemských i zahraničních akcionářů společnosti tyto přístupy zastávat.

3. Design for Environment (DfE)

Design pro životní prostředí (DfE)

Je synonymem pro „ekodesign“.

4. Eco-efficiency

Eko-efektivita

Produktivita nějakého statku ve srovnání se spotřebou zdrojů na jeho výrobu a s dopadem na životní prostředí. Nebo-li účinnost, efektivita, s níž se zdroje Země používají, aby naplnily lidské potřeby.

5. Eco-label

Eko-označení

Označení výrobku nebo materiálu jako projev jeho souladu s environmentálními standardy, které je udělováno nezávislými organizacemi. Existují národní i mezinárodní označení.

6. Eco-design

Ekodesign

Výrobkové provedení, které bere v potaz environmentální dopad výrobku v průběhu celého jeho životního cyklu, tedy od dobytí surovin, přes výrobu, dopravu, použití, recyklaci a konečné odstranění. Ekodesign je založen na metodě LCA, ale současně zahrnuje změny provedení v závislosti na sociálních a etnických potřebách.

Ekodesign je synonymem k Designu pro životní prostředí (DfE).

7. Eco-materials

Eko-materiály

Materiály, které poskytují maximální výkonnost a minimální dopad na životní prostředí. Materiály pocházející z biosféry by měly být biologicky rozložitelné tak, aby se do biosféry mohly vrátit. Materiály pocházející z technosféry by měly být snadno recyklovatelné tak, aby mohly zůstat uvnitř uzavřeného cyklu.

8. Ecological footprint

Ekologická stopa

Půda, vzduch a voda, kterou potřebuje město či národ, aby byly vytěženy všechny zdroje a uložen všechn odpad. Je to způsob, jak vymezit udržitelnost životního stylu společenství. Ukazuje, zda město či národ využívá více či méně ze zdrojů Země než je jeho udržitelný podíl.

9. Embodied energy

Vtělená energie

Celková energie potřebná k vytvoření výrobku nebo materiálu až do jeho současného stádia životního cyklu. Zahrnuje energii potřebnou k vytěžení či vyrobení surovin, k jejich přepravě do místa výroby a také energii potřebnou k opracování a výrobě samé. Může rovněž zahrnovat energii potřebnou k distribuci obchodním řetězcům, k údržbě vývoje, k opravám, atd. Je měřena v MJ na kg nebo GJ na tunu.

10. End-of-Life (EoL)

Moment dosloužení výrobku (EoL)

Je to moment, kdy výrobek přestává naplňovat požadavky, pro které byl

vytvořen. Jakýsi „konec života“ výrobku není totéž jako konec jeho životního cyklu, protože nenastal jeho dopad na životní prostředí. Demontáž, recyklace, spálení anebo fáze odstranění stále zbývají.

11. Environmanetal Management Systém (EMS)

Environmentální systém řízení (EMS)

Nástroje, prostřednictvím nichž organizace zastává systematický přístup k rozpoznání, sledování a kontrole dopadu jejích aktivit, výrobků nebo služeb na životní prostředí. Mezinárodní standard, resp. značka pro EMS je ISO 14001. Spolu se standardem ISO, existuje ještě pár místních, národních označení pro EMS (např. BS 7750 ve Velké Británii), stejně tak existují nezávislé certifikační systémy (např. EMAS v Evropské unii).

12. Environmental Product Declaration (EPD)

Environmentální prohlášení o výrobku (EPD)

Toto prohlášení obsahuje kvantifikovatelná data o dopadu výrobku během jeho celého životního cyklu na životní prostředí. Jsou známá jako „zelená technická vyčíslení“. Obsahuje předem stanovené parametry založené na standardu ISO 14040 a může občas obsahovat doplňující environmentální informace. Umožňuje potencionálním zákazníkům porovnat environmentální provedení dvou konkurujících si výrobků. EPD je rovněž velmi užitečné pro doložení environmentálních pokroků, vylepšení výrobku v průběhu času.

13. Green design

Zelený design

Termín používaný v oborech jako architektura, stavební inženýrství a interiérový design. Je to jakékoliv provedení, které usiluje o to být environmentálně přijatelné, bez toho, aby nezbytně zkoumalo celý životní cyklus. Základní principy jsou jednoduché: vybrat efektivně energii, pracovat v souladu

s přírodními rysy a zdroji, používat materiály schopné recyklace nebo přirozené obnovy v přírodě namísto materiálů z neobnovitelných zdrojů.

14. Greenhouse gases

Skleníkové plyny

Emise plynů přispívají ke globálnímu oteplování skrze skleníkový efekt. Těmito plyny jsou:

- CO₂ (oxid uhličitý) ze spalování uhlí a jiných paliv
- CH₄ (methan) ze zemědělství, zavážkových ploch, výroby koksu
- CFC, HCFC, HFC (freony) používané v chladničkách a aerosolech
- N₂O (oxid dusný) z výroby nylonu, kyseliny dusné, spalování fosilních paliv a zemědělství
- SF₆ (fluorid sírový) z chemického průmyslu

15. Life Cycle Analysis or Life Cycle Assessment (LCA)

Metoda LCA (Analýza životního cyklu, resp. Dopad životního cyklu)

Výpočet toho, jaký dopad má výrobek během svého celého životního cyklu na životní prostředí. Začíná soupisem vstupů (všechny zdroje a spotřeba energie) a výstupů (emise, pevný odpad, odpadní voda). Prvky v seznamu jsou roztrženy do environmentálních kategorií, které jsou vyčísleny podle jejich environmentálního dopadu. Cílem je porovnat různé výrobní strategie v rámci kategorií.

16. Lifecycle inventory

Seznam životního cyklu (LCI)

Evidence energetických vstupů a odpadních výstupů během životního cyklu výrobku.

17. Lithosphere

Litosféra

Geologická vrstva, která tvoří zemskou kůru a nadloží.

18. Non-renewable resources

Neobnovitelné zdroje

Vyčerpatelné zdroje, které nemohou být znovu vytvořeny nebo obnoveny pomocí přímé či nepřímé sluneční energie. Patří sem fosilní paliva, kovy a umělé hmoty. Vzrůstající množství recyklací zvyšuje dlouhověkost těchto zdrojů.

19. Product Environmental Profile (PEP)

Environmentální profil výrobku (PEP)

Environmentální profil výrobku je dokument, který popisuje environmentální vlastnosti nového či pozměněného výrobku. PEP dokument obvykle sestává ze šesti oblastí:

- Identifikace a popis výrobku
- Informace o energii výrobku
- Složení výrobku
- Informace o použitelnosti a o obalu
- Environmentální design a charakteristické vlastnosti
- Shoda se standardy a informace o emisích

20. Product stewardship

Výrobková hodnota

Výrobce odpovídá za to, že výrobek dodržuje nejen běžné obchodní očekávání a představuje standard, ale také bere ohledy na zdraví, bezpečnost a životní prostředí během celého životního cyklu výrobku (např. je zajištěn odběr

vysloužilého výrobku ke zneškodnění).

21. Rebound effect

Efekt odrazu

Nežádoucí environmentální dopad způsobený přímo či nepřímo díky uvedení tak zvaného eko-efektivního výrobku. Např. jako vzrůst poptávky po výrobku či službě, která je s eko-efektivním výrobkem spojena, či se na něj nějak váže, nebo nové tendence v chování spotřebitelů.

22. Renewable resources

Obnovitelné zdroje

Zdroje, které pocházejí ze zásob energie vytvářené sluncem v žijících organizmech nebo z cyklů vody, větru (systém počasí). Když je dostatek vody, živin a světla, pak se tyto zdroje průběžně obnovují.

23. Technosphere

Technosféra

Souhrn všech syntetických a složených materiálů vyrobených přeměnou složek a materiálů biosféry, geosféry a atmosféry. Nemohou být ale do biosféry vráceny pouhým procesem biodegradace (biologického rozložení).

[lit. 17]

Příloha 2 – První ekovýrobek



Obr. 17: Otočná židle firmy Wilkhahn Ltd (program Picto 20)

Zdroj: Wilkhahn Picto Brochure

Podkapitola 1.4 byla věnována vzniku ekodesignu. V této příloze je představen vůbec první **první ekovýrobek**. V roce 1992 byla na veletrhu v Hannoveru představena otočná kancelářská židle vyrobená německou firmou Wilkhahn Ltd v rámci programu Picto 20 (Obr. 17). [lit. 1]

Židle byla zkonstruována podle zásad ekodesignu. Do nejvyšší míry byl potlačen obsah škodlivých látek. Namísto lepidel byly použity mechanické spoje, polyuretanová pěna byla vyrobena bez použití freonů, pigmenty neobsahovaly těžké kovy apod. Navíc bylo 95% částí schopných recyklace.

Projekt Picto 20 měl veliký úspěch nejen u ekologů, ale také u spotřebitelů, kteří ocenili jednoduchou údržbu židle, snadnou opravitelnost a vzhled. [lit. 1]

Příloha 3 – Kusovník analyzovaného transformátoru

KUSOVNÍK – SEZNAM POUŽITÝCH DÍLŮ – NEOBSAHUJE PODSESTAVY

Poz.	Název	Rozměr	Materiál	Číslo výkresu kóma	Ks	Číslo kóma	-----
Změna	Jméno		Index	Číslo kóma	63.198	-----	-----
			Stav výkresu:		E.S.H.& F. s.r.o.		
			Výpracoval: Vojtěch		Dne: 1.11.2007		
			Schválil:		Dne:		
					2:5		
Název: SESTAVA TRANSFORMÁTORU			Číslo výkresu		3 - 7227		
Typ: TR1U 60.78, 7kVA, 400 V // 25 V			List: 1		List: 1		

25	PRÁPOREC	20x4 DL40	MĚD	4-2473A/3	2	0,025	0,03
24	ZÁVĚSNÉ OKO	M8	OCEL	DIN 580	2	0,010	0,010
23	KOSTŘIČÍ PLECH	40x20 TL 0,5	MĚD		1	0,003	0,004
22	KONCOVÁ SVĚRKA	EW 35	WEDMÜLLER	O.Č. 038566	2	---	---
21	ŘADOVÁ SVORKA	EW 6	WEDMÜLLER		1	---	---
20	BOČNICE	AP SAK 4-10	WEDMÜLLER	O.Č. 011796	1	---	---
19	ŘADOVÁ SVORKA	SAK 6	WEDMÜLLER	O.Č. 038566	2	---	---
18	ÚDAJOVÝ ŠTÍTEK		AL		1	0,003	---
17	SVORKNÍ SVAZEK	Ø8 DL 246	NEREZOVÁ OCEL	SEST.	2	0,099	0,099
16	ŠROUB	M8-110	OCEL	ČSN 02 1101	4	0,006	0,006
15	MATICE	M8	OCEL	ČSN 02 1401	11	---	---
14	PODLOŽKA VĚTRÁVÁ	Ø84	OCEL	ČSN 02 174505-B,4	13	0,001	0,001
13	PODLOŽKA	Ø84	OCEL	ČSN 02 1721	13	---	---
12	L PROFIL HORNÍ	L 60x40x6 DL 252	OCEL	4-6594	2	1,350	1,434
11	VŘCHNÍ BANDAŽ	SKLENÁ TIANICE	BANDAŽ		2	0,097	0,097
10	IZOLACE MEZI P-S	2xNENF 300 / 190-REFEPA	NENF		2	0,133	0,133
9	SEKUNDÁRNÍ VINUTÍ	15x3,33mm drát P-2000 drát P-2000	H*2xLAK		2	6,698	6,698
8	PRIMÁRNÍ VINUTÍ	Ø335	VODIČ LCI-A-1		2	7,957	7,957
7	KOSTRA WEISSER	UI 180 / 78 / 100	POLYAMID B	SEST.	2	0,312	0,312
6	DIN LÍŠTA	DL 110	OCEL PLECH	SEST.	1	0,035	---
5	KONZOLA MB45	47x45x3	OCEL	4-5418	4	0,047	0,051
4	L PROFIL DOLNÍ	L 60x40x6 DL 252	OCEL	4-6593	2	1,336	1,434
3	IZOLACE BOČNICE	54x187 TL 0,5	SKLOTEKIT ARV	4-6592	4	0,009	0,010
2	PLECH 2	60x125	Eo1.110,3	SEST.	2	4,575	1,050
1	PLECH 1	60x240	Eo1.110,3	SEST.	2	8,793	1,050

Obr. 18: Kusovník transformátoru TR1U 60.78, 7kVA, 400 V // 25 V

Zdroj: Podklady firmy E.S.H.& F, spol. s r.o.

Příloha 4 – Ekoindikátory

Eco-indikátor 99

Obecná charakteristika

Výsledkem metodiky Eco-indikátor 99 je jediné číslo, které charakterizuje dopad materiálu, procesu anebo celého výrobku na životní prostředí. Výpočet tohoto indikátoru je poměrně složitou záležitostí, jak je vidět z obrázku (**Obr. 19**). Svými vlastnostmi je Eco-indikátor vhodný především pro srovnávací studie nebo pro sledování ekologických dopadů výrobků na jednotlivé části životního prostředí.

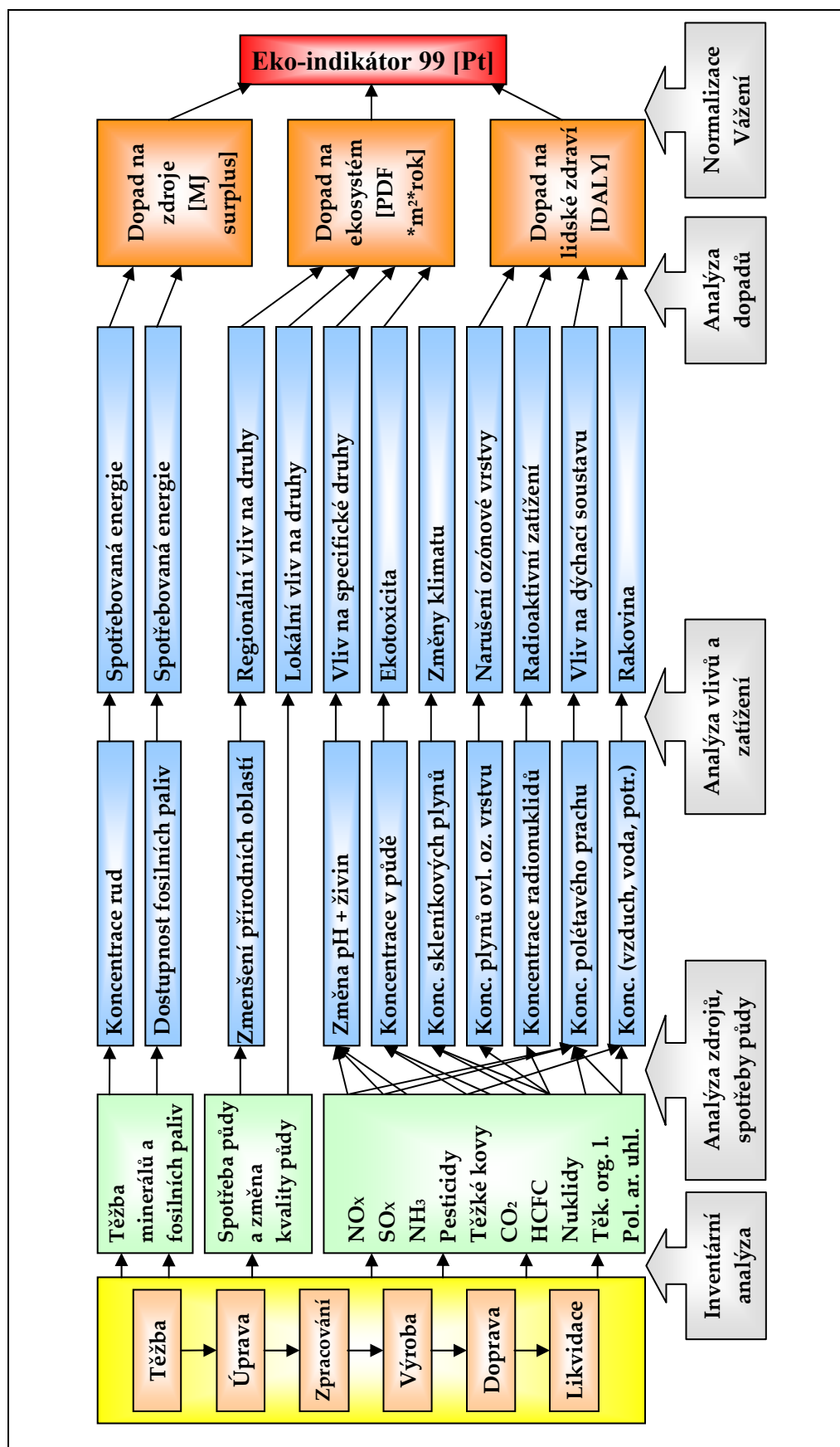
Ekoindikátor, skupiny a jednotky

Eco-indikátor 99 má jednotku **Point [Pt]**. Hodnoty jednotlivých procesů a vlivů jsou tabelovány. Celková hodnota je tak dána součtem jednotlivých hodnot, které přísluší jednotlivým procesům nebo vlivům, které daná analýza obsahuje.

Eco-indikátor je integrován ze tří skupin, které rovněž mají své specifické jednotky:

- **lidské zdraví [DALY]**
 - karcinogenní látky [DALY]
 - vliv anorganických látek na dýchací soustavu [DALY]
 - vliv anorganických látek na dýchací soustavu [DALY]
 - změny klimatu [DALY]
 - radiace [DALY]
 - vliv na ozónovou vrstvu [DALY]
 - vliv toxických látek [DALY]

Jednotka [DALY] – „Disability adjusted life years“ udává, jaký vliv má



Obr. 19: Postup při tvorbě Eco-indikátoru 99

Zdroj: Introduction to LCA with SimaPro (vlastní konstrukce)

celá skupina i její jednotlivé kategorie na délku lidského života. Přesněji, o kolik let se zkrátí délka života člověka, bude-li vystaven environmentálním dopadům této skupiny či jednotlivým kategoriím.

- **kvalita ekosystému [PDF.m².rok]**
 - vliv toxických látek [PDF.m².rok]
 - okyselení / normální výživa a růst [PDF.m².rok]
 - spotřeba půdy [PDF.m².rok]

Zkratka PDF v **jednotce [PDF.m².rok]** znamená „**Potentially Disappeared Fraction of plant species**“. Ve volném překladu tedy „Možné vymření částí rostlinných druhů. Celá jednotka tedy udává, jaký vliv má celá skupina nebo její jednotlivé kategorie na potenciální vymření rostlinných druhů na ploše jednoho metru v průběhu jednoho roku.

- **zdroje [MJ Surplus]**
 - minerály [MJ Surplus]
 - fosilní paliva [MJ Surplus]

Jednotka **[MJ Surplus]** je definována jako energie, která je zapotřebí k tomu, aby nahradila budoucí menší množství nerostných surovin, ať už se týká celé skupiny nebo jejich jednotlivých kategorií.

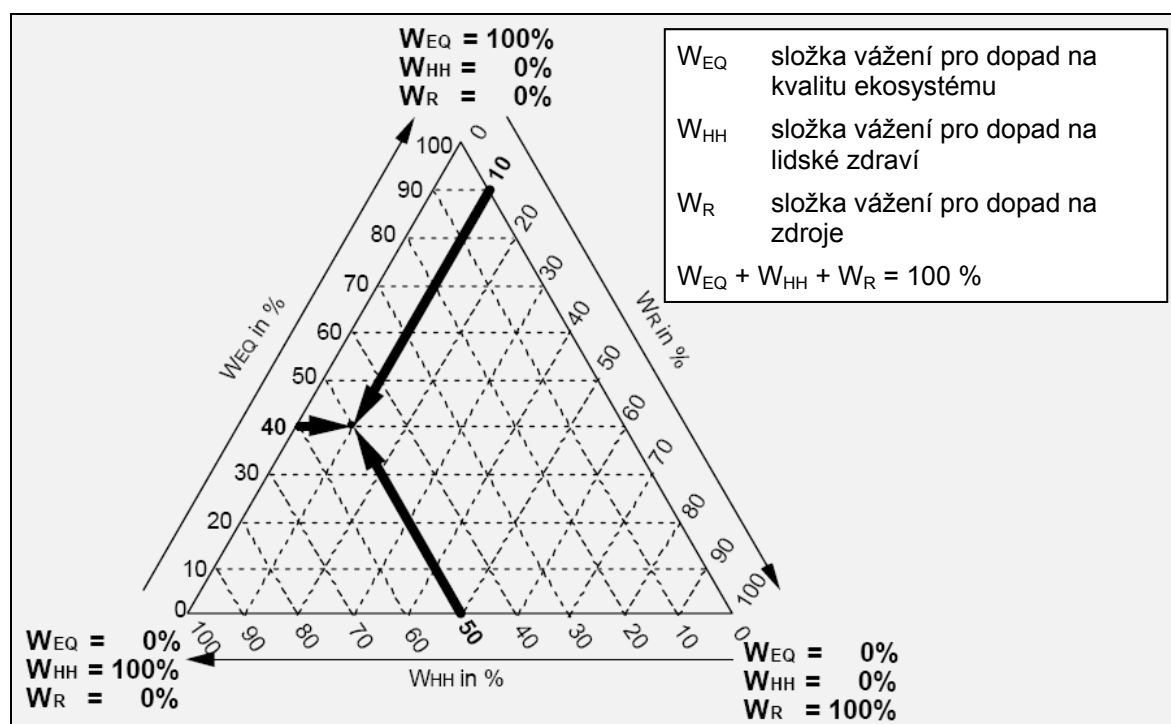
Normalizace, vážení

Normalizací se rozumí výpočet velikosti výsledků indikátoru kategorie vztažené k referenční informaci. V případě Eco-indikátoru 99 se jako referenční, tedy normální hodnota bere stav jednotlivých kategorií v Evropě v roce 1993.

Výsledkem **vážení** je právě finální produkt této metodiky, tedy Eco-indikátor 99 [Pt]. Vliv od jednotlivých skupin není zvolen rovnoměrně, ale je rozdělen v poměru:

- lidské zdraví – 40 %
- kvalita ekosystému – 40 %
- zdroje – 20 %

V případě, že z jakéhokoli důvodu toto rozdělení nevyhovuje, používá se tzv. „trojúhelníkový nástroj“ (Obr. 20), pomocí kterého lze snadno v porovnání vyčíst, který ze dvou porovnávaných dopadů je v dané situaci výhodnější.



Obr. 20: Trojúhelníkový nástroj pro vážení při srovnávání dvou analýz

Zdroj: SimaPro 7 Introduction into LCA

Tento nástroj se používá výhradně při srovnávání dvou výrobků nebo procesů, kdy trojúhelník protne mezní přímka, která rozdělí trojúhelník na část, ve které má nižší environmentální dopad jeden výrobek či proces a část, kde je tomu právě naopak. Na samotném výrobcí je pak rozhodnutí, která kritéria jsou pro něj důležitá a podle kterých se rozhodne zvolit první nebo druhý výrobek či proces. Tento nástroj byl použit i v jedné části analýzy transformátoru, konkrétně při srovnání dopadů spojovacího materiálu (Obr. 21, str. 108). [lit. 13, 15]

CML 2

Obecná charakteristika

CML 2 je jednou z nejpoužívanějších midpointových metodik. Jejím výsledkem jsou normalizovaná data jednotlivých klasifikovaných kategorií.

Skupiny a jednotky

Získaná data jsou rozdělena do deseti kategorií, přičemž každá z kategorií má svou specifickou jednotku, která vždy přepočítává naměřené hodnoty na ekvivalentní hodnotu.

- vyčerpání nerostných surovin [kg Sb eq]
 - přepočet škodlivých vlivů na ekvivalentní hodnotu antimonu
- globální oteplování [kg CO₂ eq]
 - přepočet vlivů jednotlivých látek na ekvivalentní hodnotu CO₂
- narušování ozónové vrstvy [kg CFC-11 eq]
 - přepočet vlivů jednotlivých látek na ekvivalentní hodnotu CFC-11²⁵
- vliv toxických látek na lidský organismus [kg 1,4-DB eq]
 - přepočet vlivů jednotlivých látek na ekvivalentní hodnotu 1,4-DB²⁶
- vliv toxických látek na pitnou vodu [kg 1,4-DB eq]
- vliv toxických látek na mořskou vodu [kg 1,4-DB eq]
- vliv toxických látek na půdy [kg 1,4-DB eq]

²⁵ CFC-11 je plyn, který velkou měrou narušuje ozónovou vrstvu, chemicky se nazývá trichlorfluormetan a patří do skupiny freonů

²⁶ 1,4-DB, 1,4 dichlorbenzen, je vysoce toxická látka, která se v průmyslu používá zejména jako rozpouštědla nebo na výrobu pesticidů

- fotochemická oxidace [kg C₂H₄]
 - přepočet vlivů jednotlivých látek na ekvivalentní hodnotu C₂H₄, tedy etylenu
- okyselení půd [kg SO₂ eq]
 - přepočet vlivů jednotlivých látek na ekvivalentní hodnotu SO₂
- vliv na normální výživu a růst [kg PO₄ eq]
 - přepočet vlivů jednotlivých látek na ekvivalentní hodnotu fosfátu PO₄

Normalizace

Jako referenční hodnota **normalizace** se v metodice CML 2 se bere stav dopadů jednotlivých kategorií v Evropě v roce 1995. [lit. 15]

Příloha 5 – Analýza LCA modelu transformátoru

Analýza kompletního LCA modelu stávajícího transformátoru

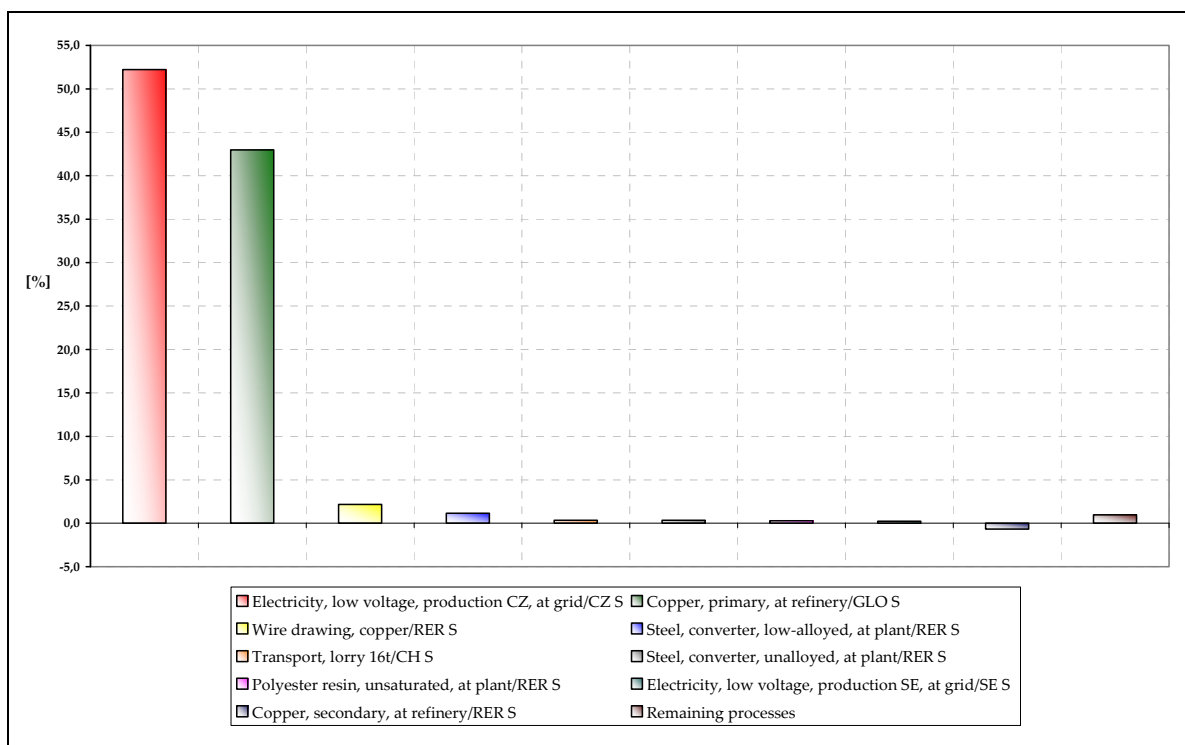
Impact category	Unit	Total	Assembly	Use	Disposal
abiotic depletion	kg Sb eq	23,51	1,98	21,93	-0,40
global warming	kg CO ₂ eq	3938,04	256,21	3725,84	-44,01
ozone layer depletion	kg CFC-11 eq	0,00	0,00	0,00	0,00
human toxicity	kg 1,4-DB eq	7512,36	6933,46	701,80	-122,90
fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	435,94	157,85	302,89	-24,81
marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	2247236,73	388120,33	1908314,50	-49198,10
terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	62,92	29,57	33,87	-0,51
photochemical oxidation	kg C ₂ H ₄	0,77	0,38	0,41	-0,03
acidification	kg SO ₂ eq	21,13	9,39	12,21	-0,47
eutrophication	kg PO ₄ eq	1,28	0,29	1,01	-0,02

Tab. 8: Charakterizovaná data modelu LCA, kategorie (CML 2)

Impact category	Total	Assembly	Use	Disposal
abiotic depletion	1,58E-09	1,33E-10	1,48E-09	-2,68E-11
global warming	8,19E-10	5,33E-11	7,75E-10	-9,15E-12
ozone layer depletion	7,43E-13	1,87E-13	5,83E-13	-2,74E-14
human toxicity	9,92E-10	9,15E-10	9,26E-11	-1,62E-11
fresh water aquatic ecotox.	8,63E-10	3,13E-10	6,00E-10	-4,91E-11
marine aquatic ecotoxicity	1,98E-08	3,42E-09	1,68E-08	-4,33E-10
terrestrial ecotoxicity	1,33E-09	6,27E-10	7,18E-10	-1,09E-11
photochemical oxidation	9,26E-11	4,66E-11	4,94E-11	-3,30E-12
acidification	7,74E-10	3,44E-10	4,47E-10	-1,73E-11
eutrophication	1,03E-10	2,34E-11	8,13E-11	-1,80E-12

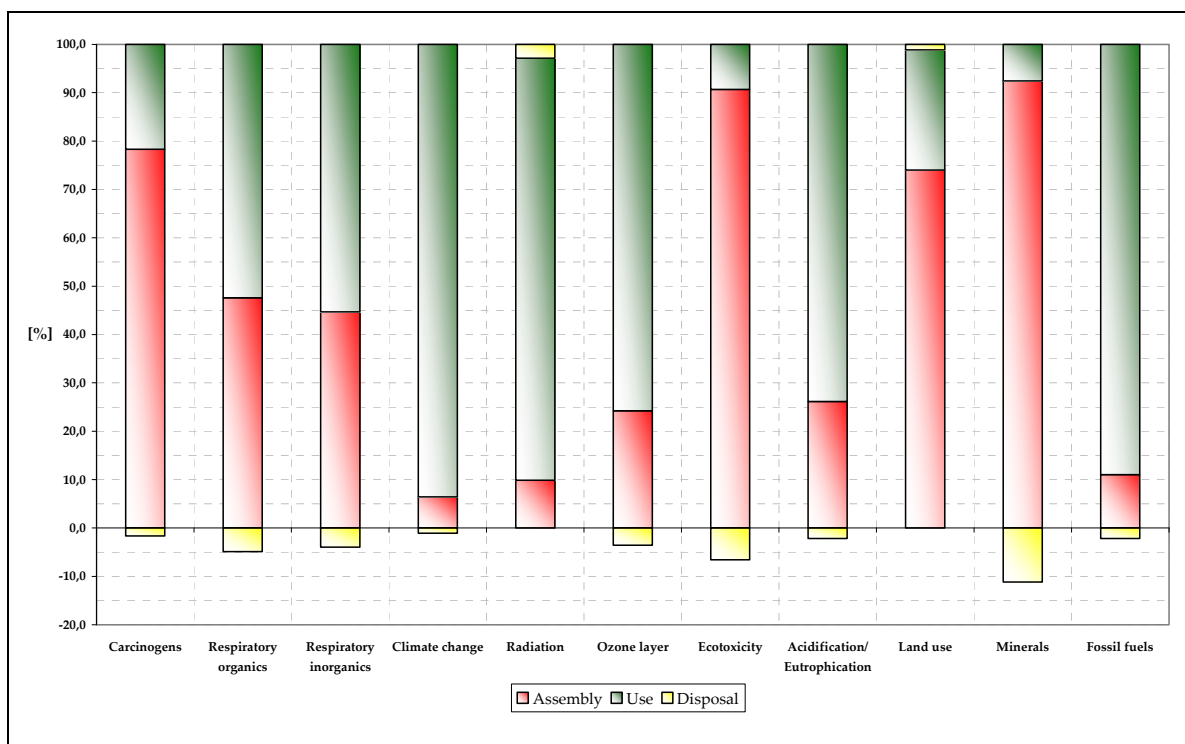
Tab. 9: Normalizovaná data modelu LCA, kategorie (CML 2)

Z tabulek (**Tab. 8**, **Tab. 9**) vyplývá, že nejmarkantnější kategorií je podle metodiky CML 2 vliv toxických látek na mořskou vodu, naopak nejméně zatíženou kategorií je vliv na fotochemickou oxidaci živých organismů.

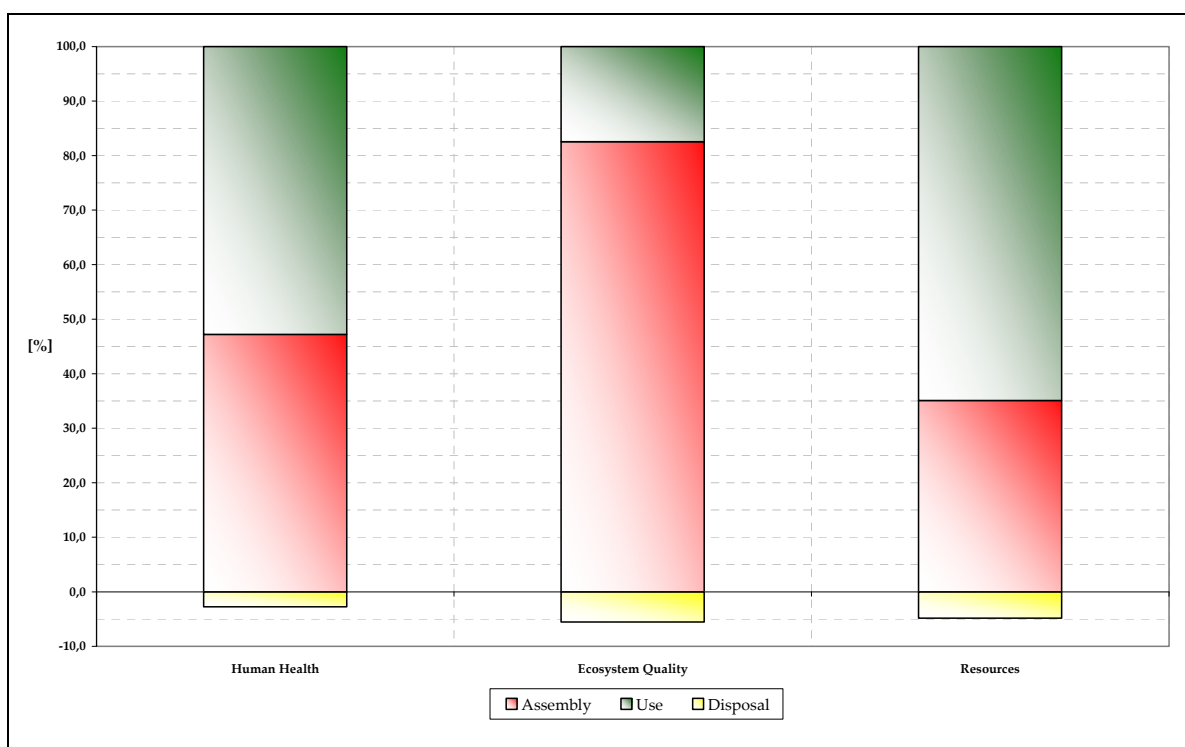


Graf. 13: Citlivostní analýza, model LCA, vliv 0,2 % a vyšší

Výsledky citlivostní analýzy (Graf. 13) ukazují, že největší podíl na ekologickém dopadu transformátoru nese spotřeba energie, která se ve fázi užití zmaří přeměnou na teplo Jouleovými ztrátami. Druhý největší podíl na ekologické zátěži jsou technologie, které jsou potřebné k výrobě mědi ze surových materiálů.

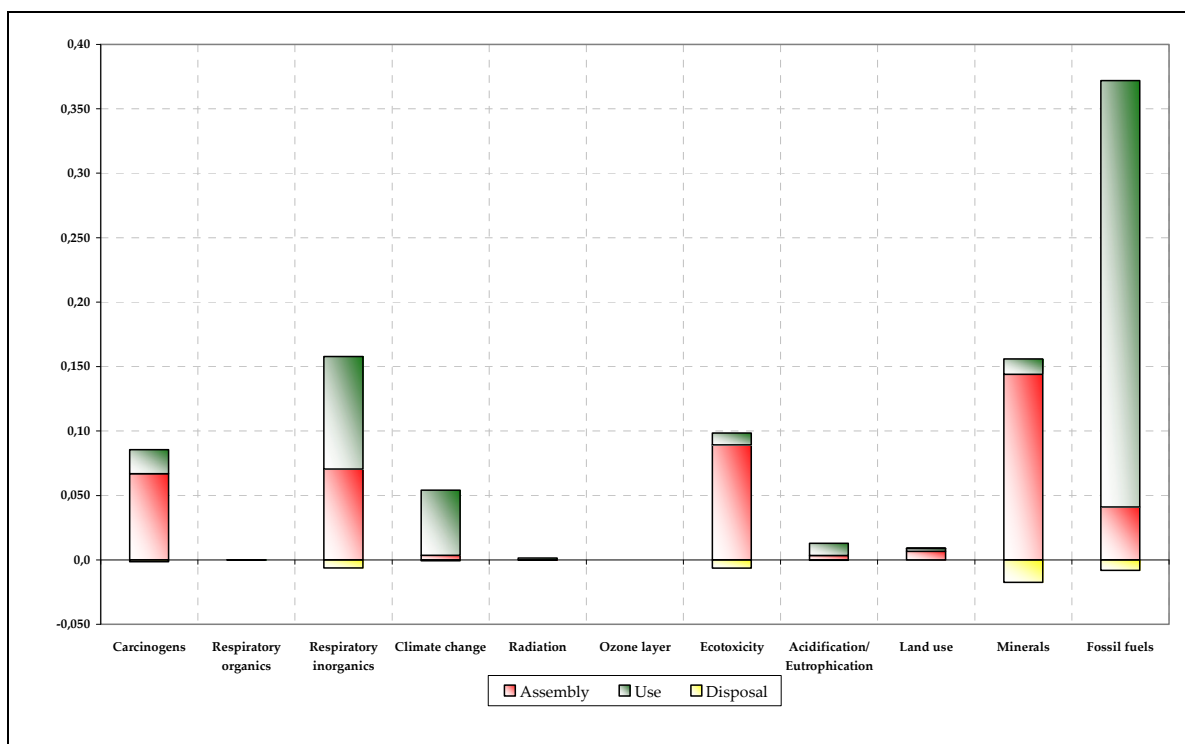


Graf. 14: Charakterizovaná data modelu LCA, kategorie (Eco-indikátor 99)

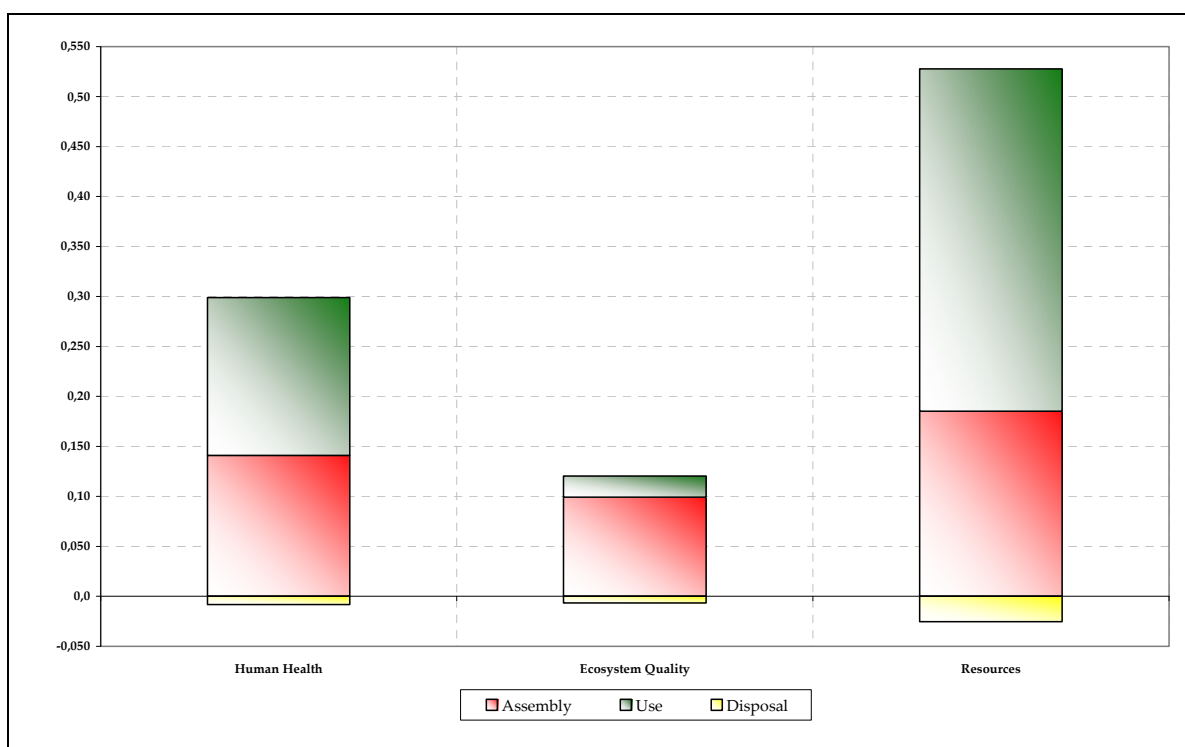


Graf. 15: Charakterizovaná data modelu LCA, skupiny (Eco-indikátor 99)

Grafy charakterizovaných dat (Graf. 15, Graf. 16) ukazují vliv jednotlivých kategorií a skupin na jednotlivé složky životního prostředí podle metodiky Eco-indikátoru 99.

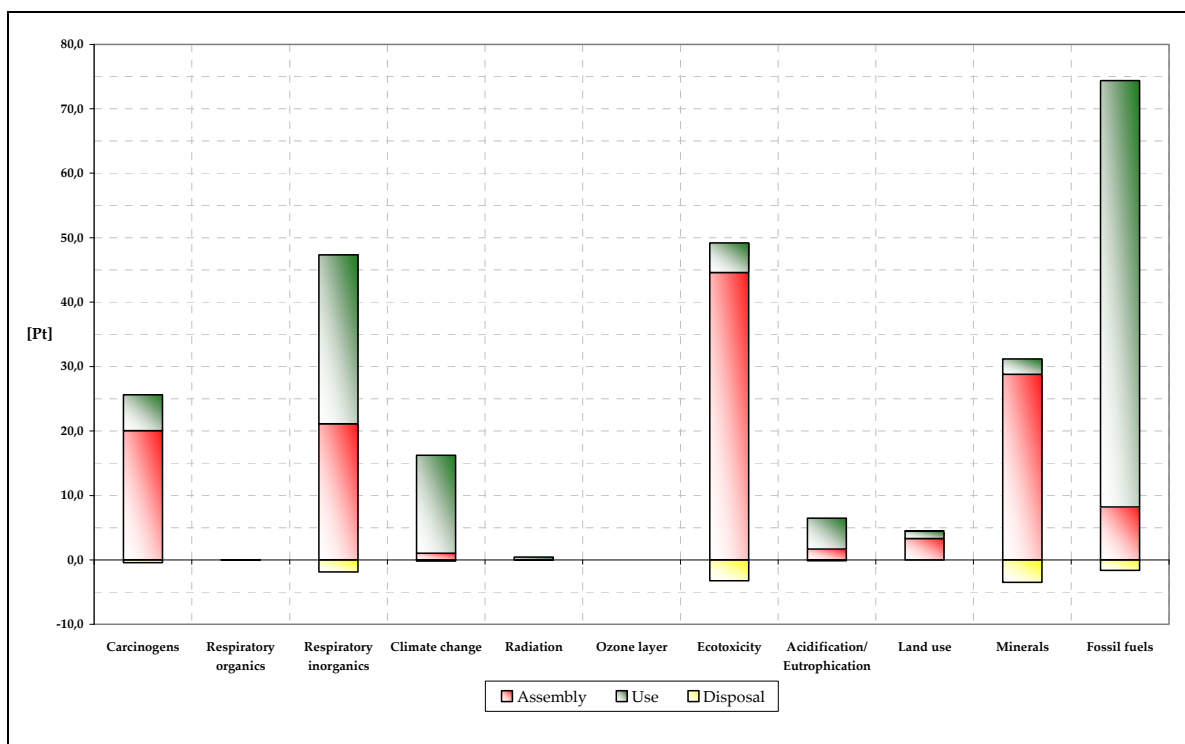


Graf. 16: Normalizovaná data modelu LCA, kategorie (Eco-indikátor 99)

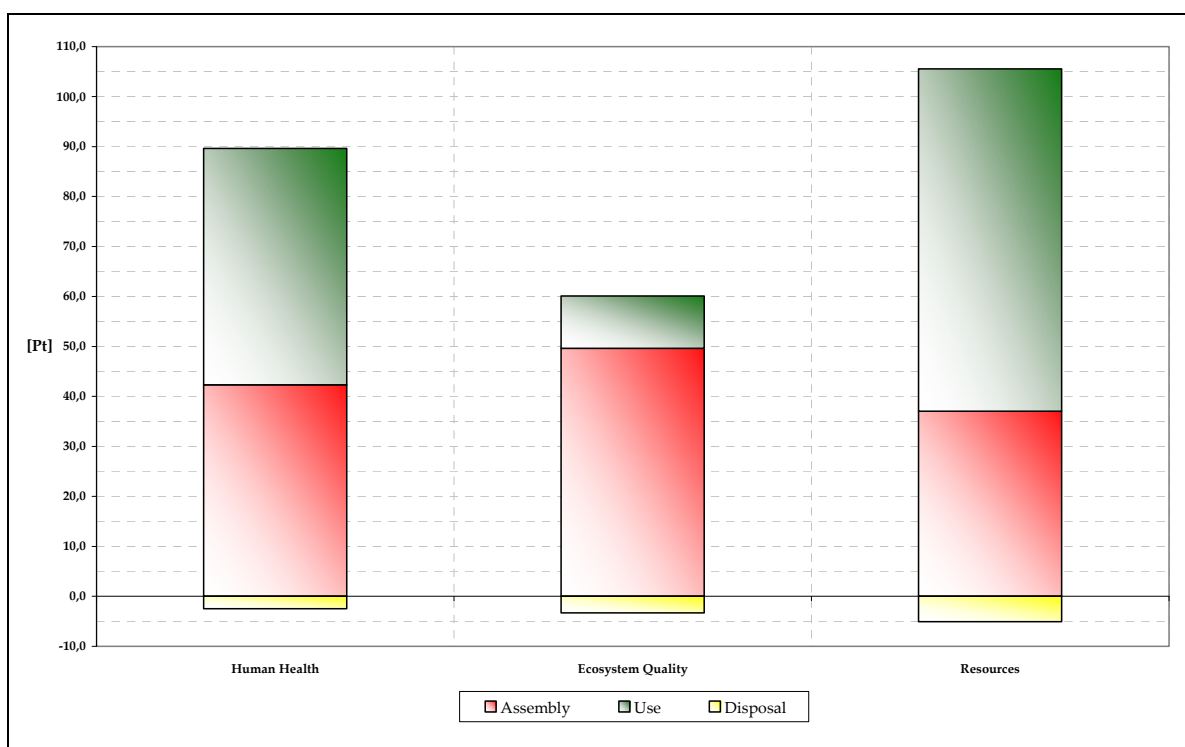


Graf. 17: Normalizovaná data modelu LCA, skupiny (Eco-indikátor 99)

Z grafů normalizovaných dat (Graf. 16, Graf. 17) lze vyčíst, že nejzatíženější kategorií je spotřeba fosilních paliv. S tím souvisí i nejzatíženější skupina, kterou jsou zdroje.

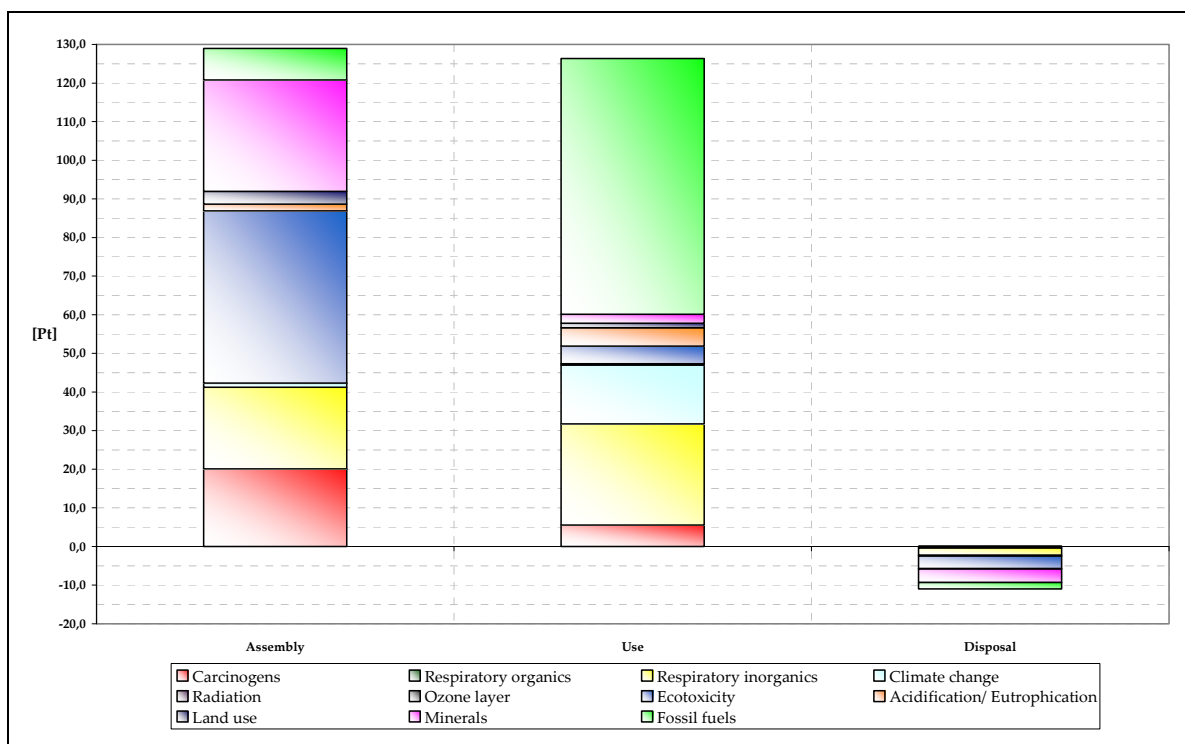


Graf. 18: Vážená data modelu LCA, kategorie (Eco-indikátor 99)

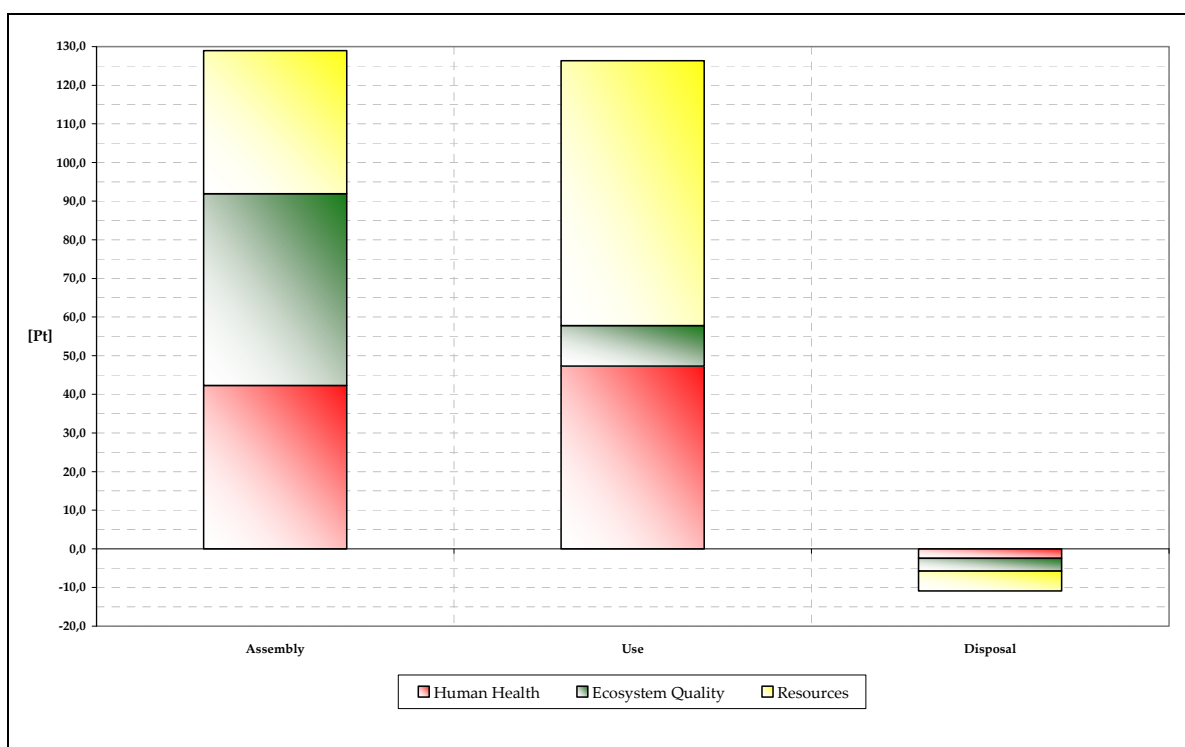


Graf. 19: Vážená data modelu LCA, skupiny (Eco-indikátor 99)

Po kroku vážení se kromě kategorie fosilních paliv zvýraznily i negativní vlivy na některé další kategorie (**Graf. 18**), s čímž souvisí i relativní zvýšení negativního dopadu na skupinu lidského zdraví (**Graf. 19**).



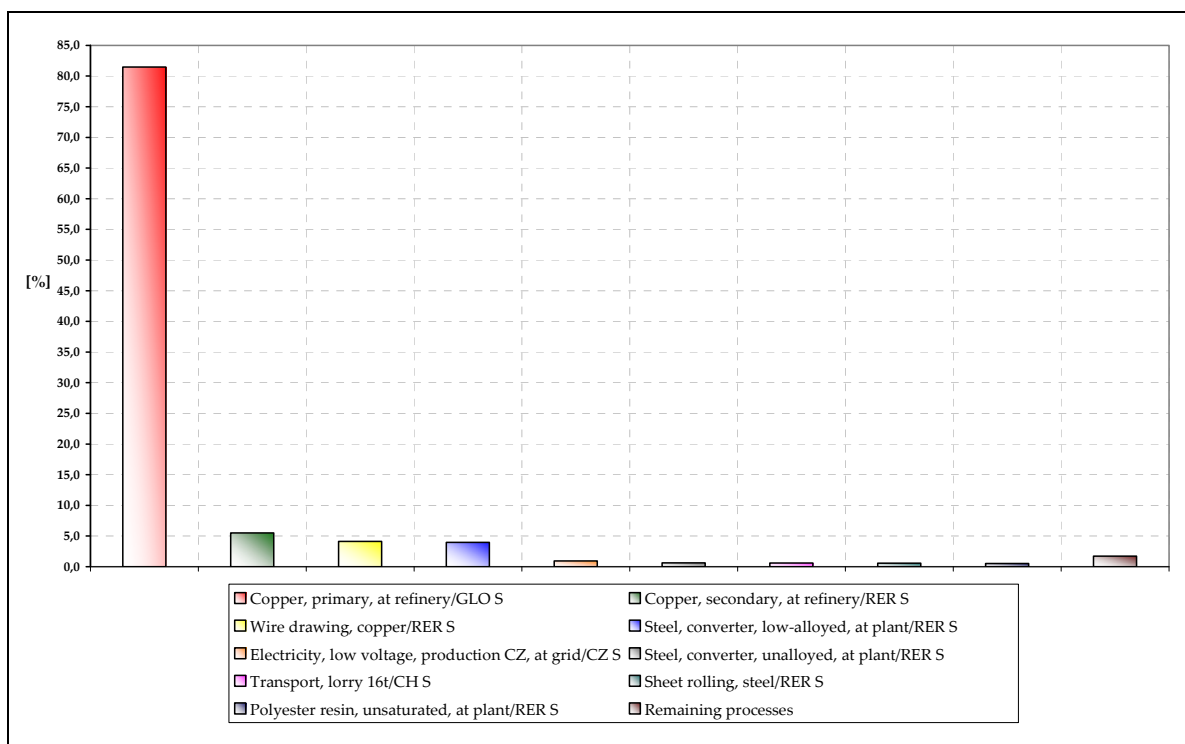
Graf. 20: Dopad na životní prostředí, model LCA, kategorie (Eco-indikátor 99)



Graf. 21: Dopad na životní prostředí, model LCA, skupiny (Eco-indikátor 99)

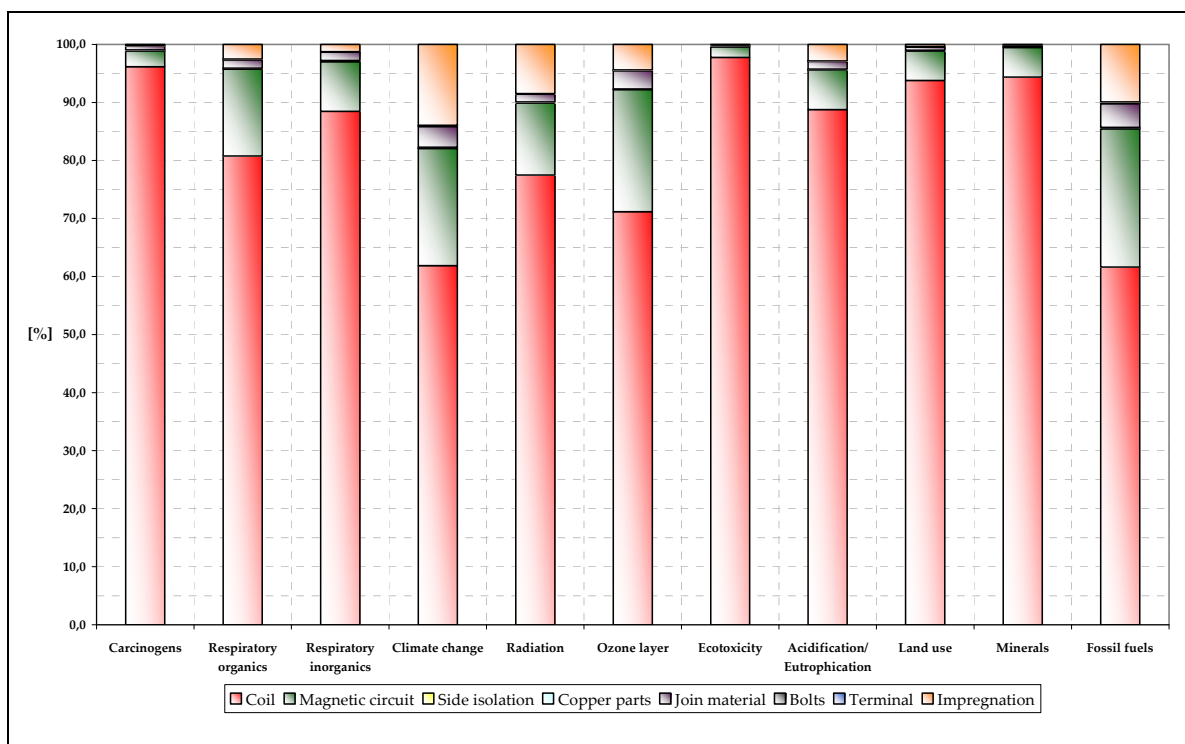
Konečným výstupem je dopad na životní prostředí. Z grafů je patrné (Graf. 20, Graf. 21), že fáze výroby a užití mají zhruba stejný ekologický dopad. Oproti tomu díky recyklaci je fáze zpracování přínosem pro životní prostředí.

Analýza výroby modelu stávajícího transformátoru

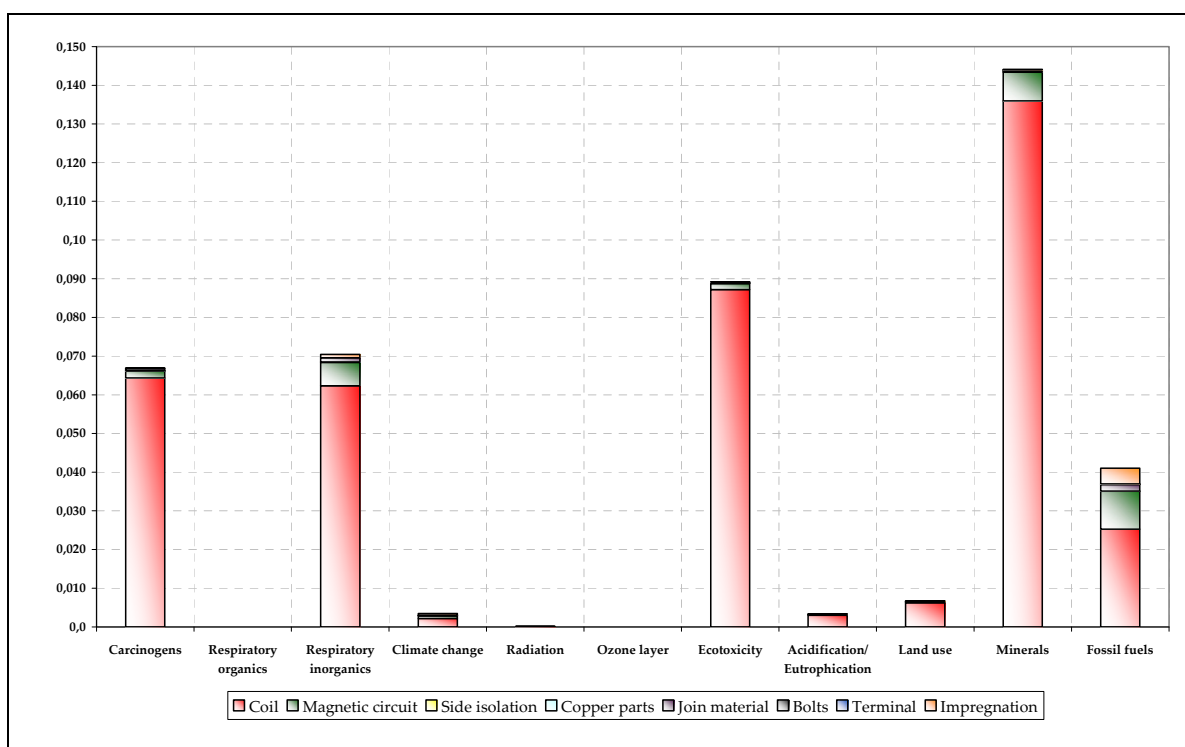


Graf. 22: Citlivostní analýza, výroba, vliv 0,5 % a vyšší

Z citlivostní analýzy modelu výroby transformátoru (**Graf. 22**) je patrné, že výrazně majoritní vliv na celkový ekologický dopad mají procesy spojené s výrobou mědi ze surových materiálů. Zanedbatelné rovněž nejsou procesy spojené s výrobou sekundární mědi, výroby samotného vinutí a magnetického obvodu. Tyto výsledky byly očekávány, protože množství mědi a orientovaných plechů v transformátoru několikanásobně převyšuje množství ostatních materiálů.

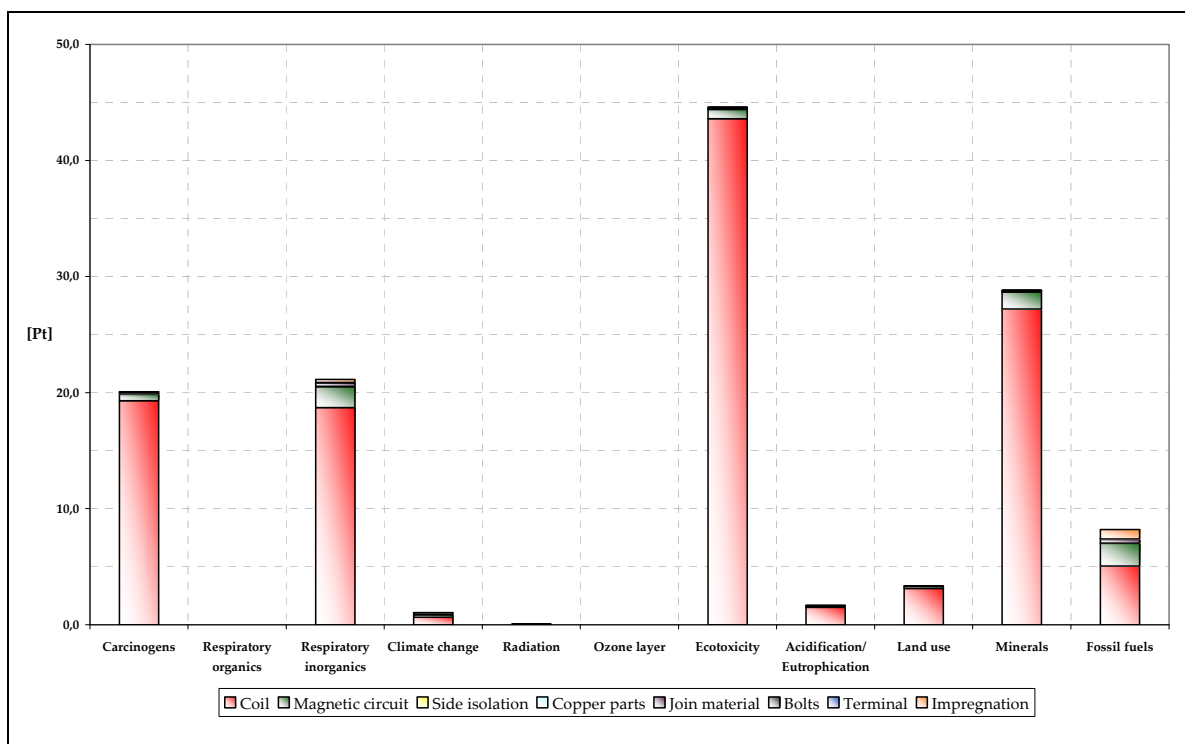


Graf. 23: Charakterizovaná data, výroba, kategorie (Eco-indikátor 99)

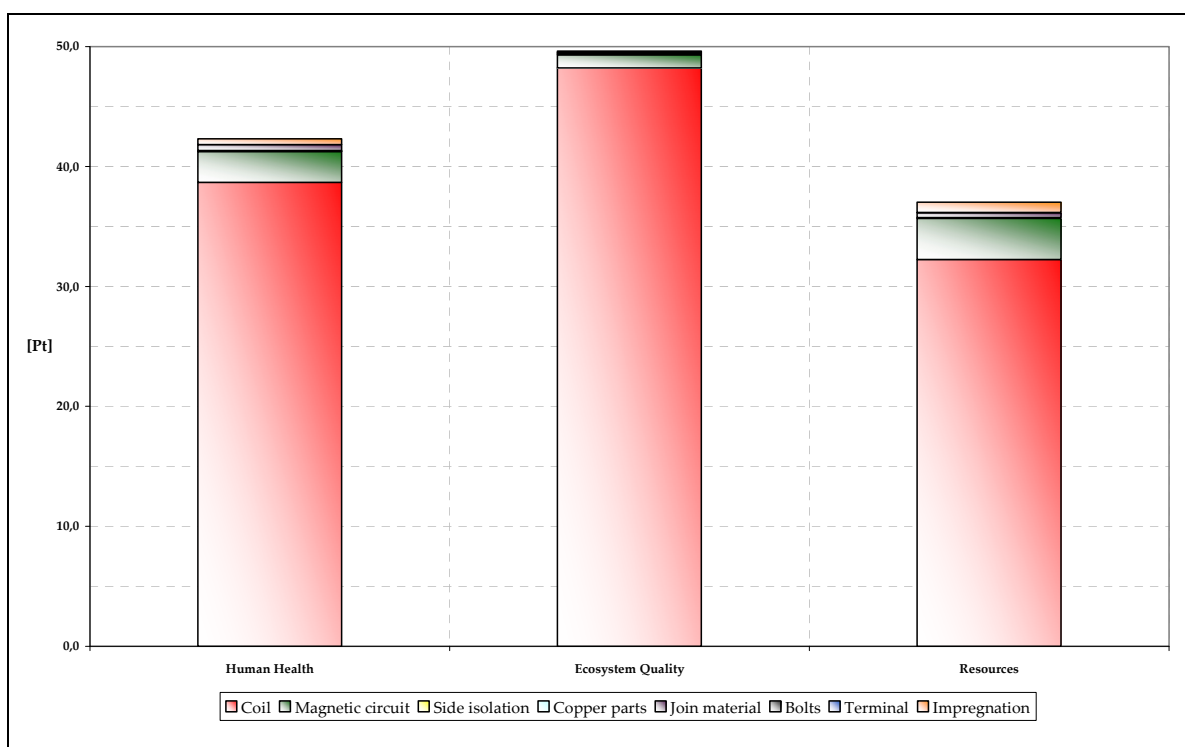


Graf. 24: Normalizovaná data, výroba, kategorie (Eco-indikátor 99)

Grafy (Graf. 23, Graf. 24) potvrzují, že výrazně dominantní zátěž je způsobena při výrobě cívek vinutí.

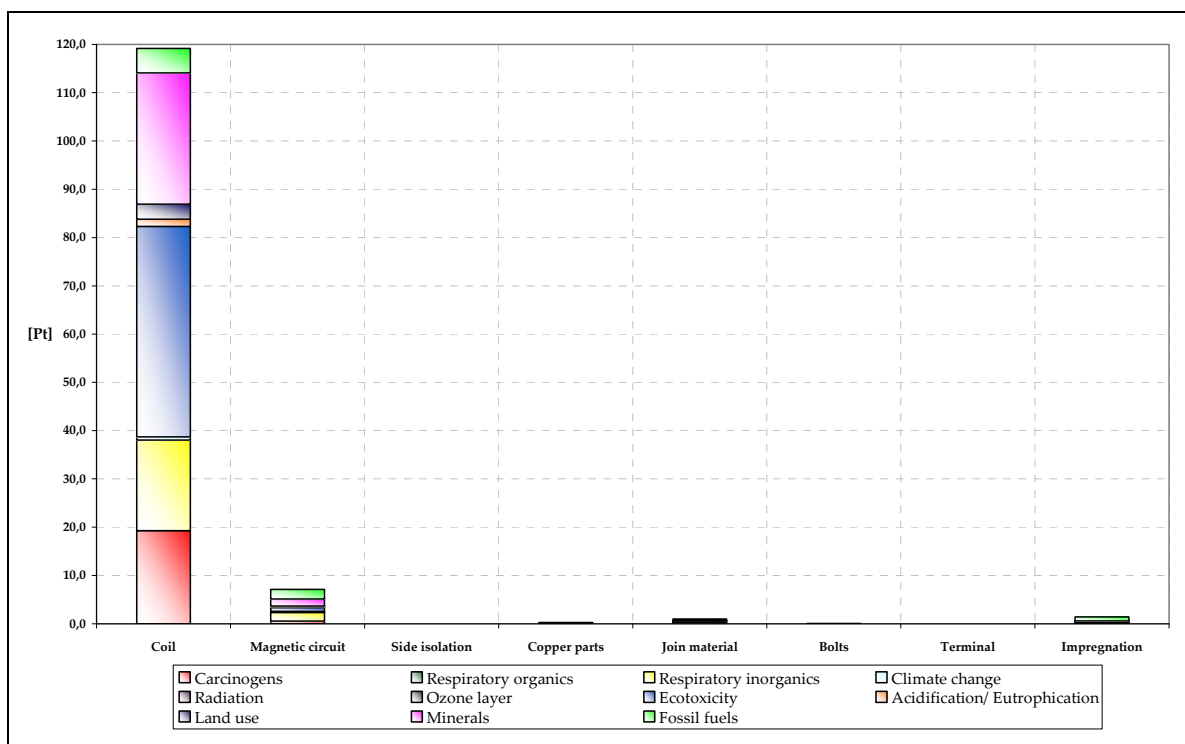


Graf. 25: Vážená data, výroba, kategorie (Eco-indikátor 99)

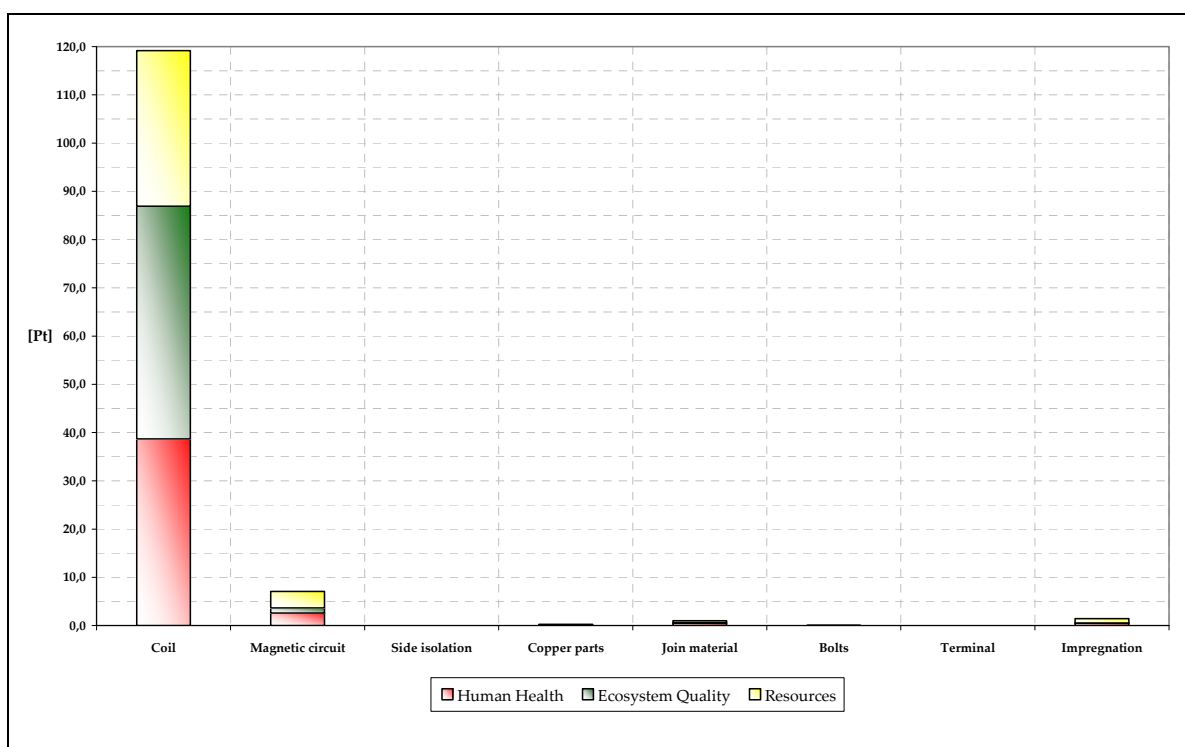


Graf. 26: Vážená dat, výroba, skupiny (Eco-indikátor 99)

Po kroku vážení se ukazuje, že největší zátěž vzniká v kategoriích minerálů a vlivů toxických látek (**Graf. 25**). Po integraci kategorií je vliv na jednotlivé složky životního prostředí vcelku vyrovnaný (**Graf. 26**).



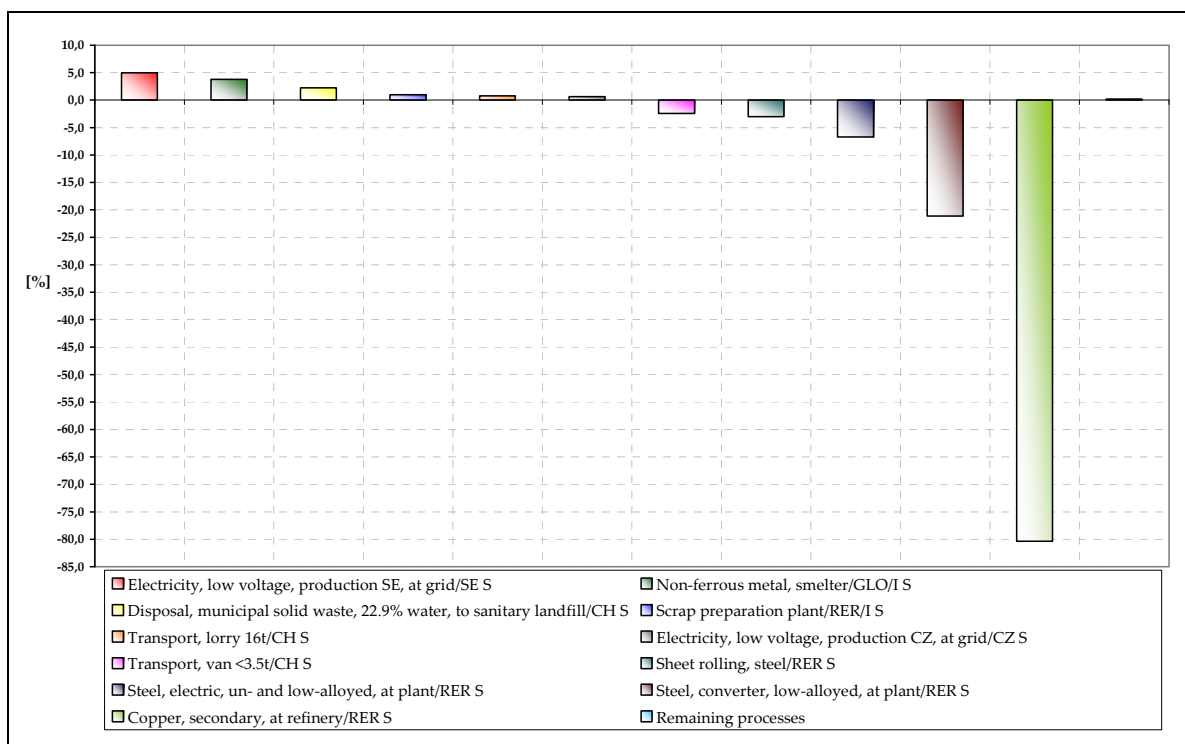
Graf. 27: Dopad na životní prostředí, výroba, kategorie (Eco-indikátor 99)



Graf. 28: Dopad na životní prostředí, výroba, skupiny (Eco-indikátor 99)

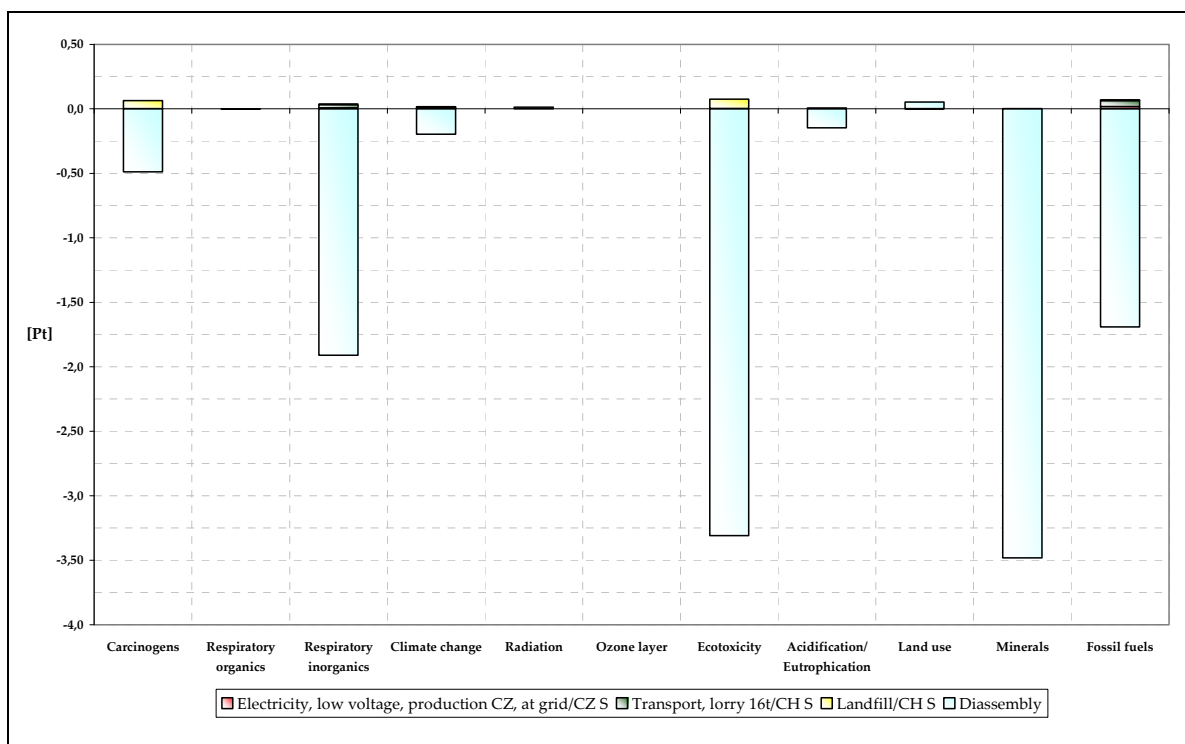
Na grafech (Graf. 27, Graf. 28) se může nejzřetelněji rozeznat, že výrazně dominantní částí ekologické zátěže je výroba cívky, případně výroba magnetického obvodu. Dopad výroby ostatních částí je zanedbatelný.

Analýza modelu zpracování po dožití stávajícího transformátoru

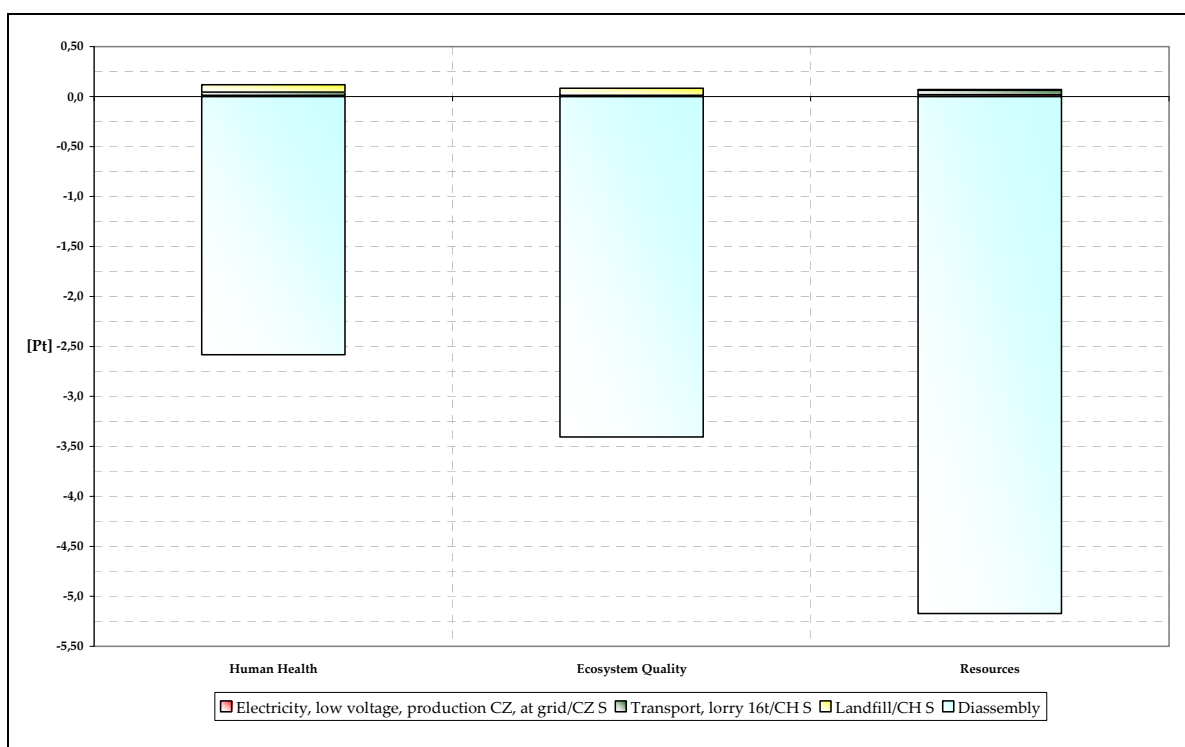


Graf. 29: Citlivostní analýza, zpracování, vliv 0,5 % a vyšší

Při výrobě měly největší negativní dopad procesy spojené s výrobou mědi. To se odráží i na citlivostní analýze zpracování transformátoru po dožití (**Graf. 29**). Vzhledem k tomu, že se cívky recyklují, získanou měď lze hodnotit jako přínos životnímu prostředí. To lze srozumitelně vysvětlit tím, že díky této recyklované mědi se ušetří surové materiály a náročné technologie k jejich zpracování. Prospěch životnímu prostředí přináší rovněž recyklace oceli. Největší negativní vliv v této fázi života transformátoru sebou nese spotřeba elektrické energie, která je k recyklaci a dalším procesům potřebná.

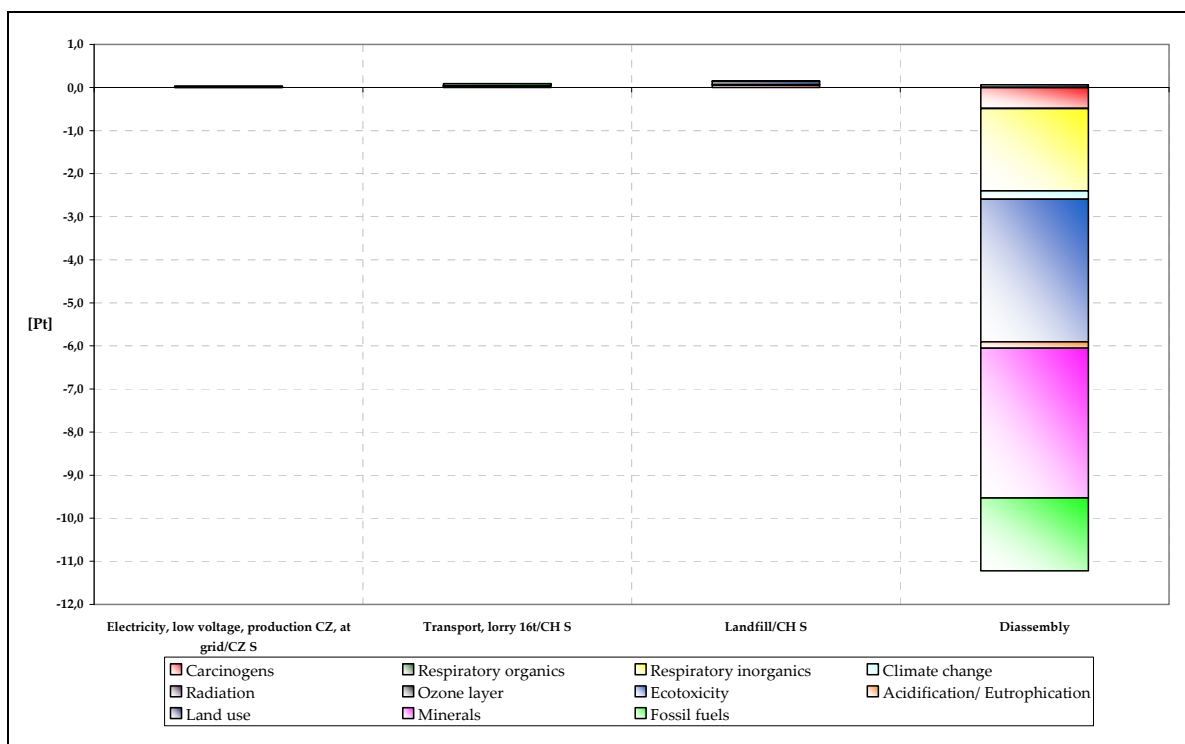


Graf. 30: Vážená data, zpracování, kategorie (Eco-indikátor 99)

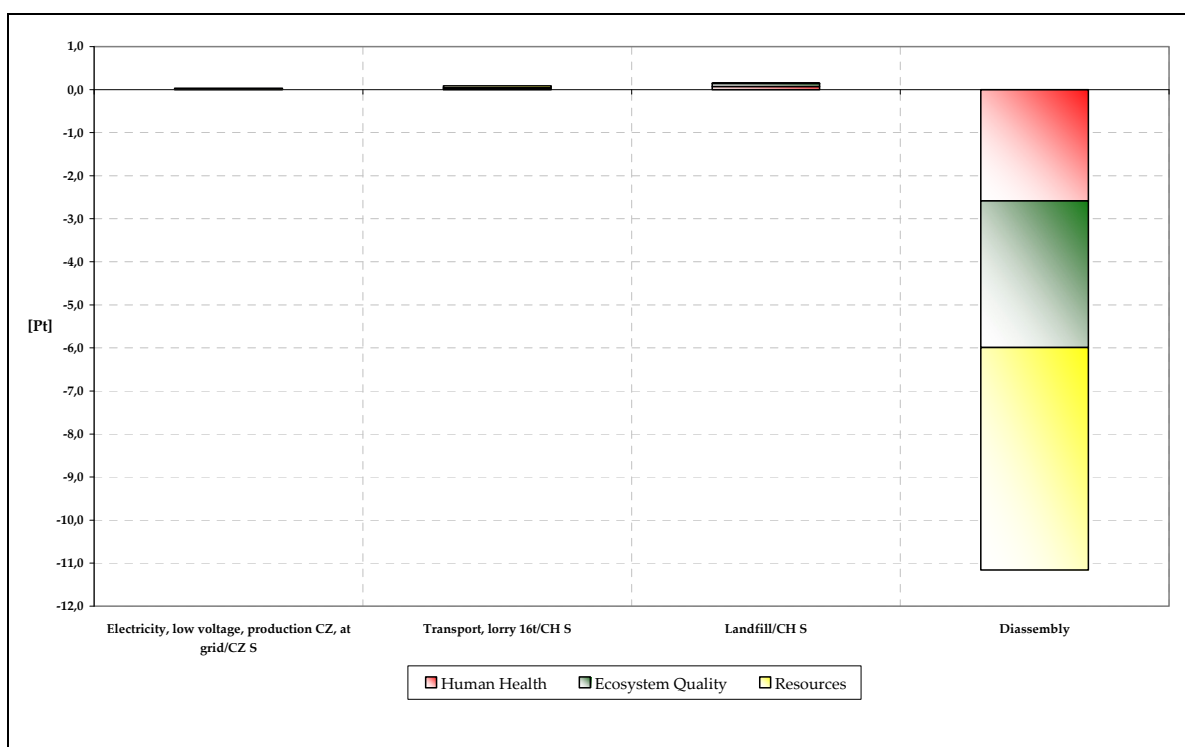


Graf. 31: Vážená data, zpracování, skupiny (Eco-indikátor 99)

Největší přínos životnímu prostředí má fáze demontáže, ve které je zahrnuta recyklace mědi a znovužití či recyklace magnetického obvodu. Ostatní procesy a postupy jsou zanedbatelné. (Graf. 30, Graf. 31)



Graf. 32: Dopad na životní prostředí, zpracování, kategorie (Eco-indikátor 99)



Graf. 33: Dopad na životní prostředí, zpracování, skupiny (Eco-indikátor 99)

Z grafů dopadů na životní prostředí (Graf. 32, Graf. 33) lze vyčíst, že největší přínos demontáže a následné recyklace se týká skupiny zdrojů a konkrétně kategorie minerálů.

Příloha 6 – Analýza LCA inovovaného modelu transformátoru

Analýza kompletního LCA modelu inovovaného transformátoru

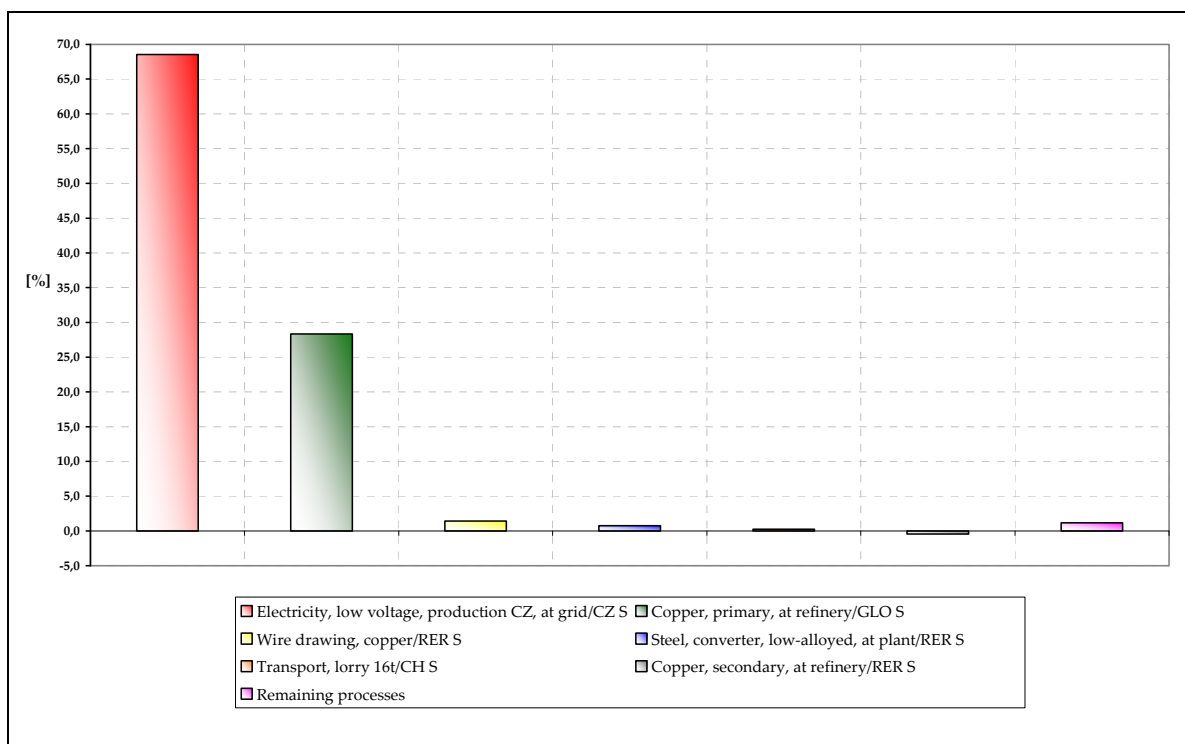
Impact category	Unit	Total	Assembly	Use	Disposal
abiotic depletion	kg Sb eq	45,43	1,99	43,85	-0,41
global warming	kg CO ₂ eq	7667,70	260,75	7451,69	-44,73
ozone layer depletion	kg CFC-11 eq	0,00	0,00	0,00	0,00
human toxicity	kg 1,4-DB eq	8211,42	6931,49	1403,61	-123,68
fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	734,59	155,33	605,78	-26,52
marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	4148704,16	383766,91	3816628,99	-51691,74
terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	96,67	29,55	67,73	-0,62
photochemical oxidation	kg C ₂ H ₄	1,17	0,39	0,82	-0,03
acidification	kg SO ₂ eq	33,38	9,43	24,43	-0,48
eutrophication	kg PO ₄ eq	2,29	0,29	2,03	-0,02

Tab. 10: Charakterizovaná data inov. modelu LCA, kategorie (CML 2)

Impact category	Total	Assembly	Use	Disposal
abiotic depletion	3,06E-09	1,34E-10	2,96E-09	-2,75E-11
global warming	1,59E-09	5,42E-11	1,55E-09	-9,30E-12
ozone layer depletion	1,32E-12	1,85E-13	1,17E-12	-2,85E-14
human toxicity	1,08E-09	9,15E-10	1,85E-10	-1,63E-11
fresh water aquatic ecotox.	1,45E-09	3,08E-10	1,20E-09	-5,25E-11
marine aquatic ecotoxicity	3,66E-08	3,38E-09	3,36E-08	-4,55E-10
terrestrial ecotoxicity	2,05E-09	6,27E-10	1,44E-09	-1,31E-11
photochemical oxidation	1,42E-10	4,66E-11	9,87E-11	-3,34E-12
acidification	1,22E-09	3,45E-10	8,94E-10	-1,75E-11
eutrophication	1,84E-10	2,30E-11	1,63E-10	-1,78E-12

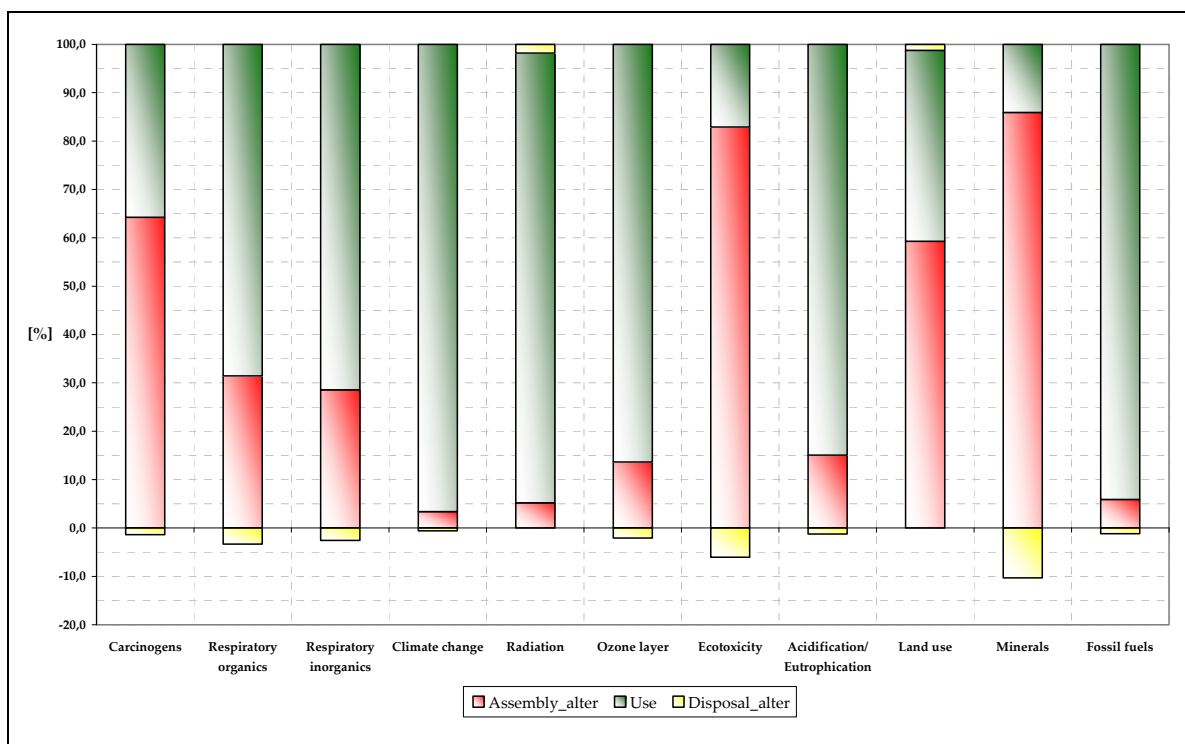
Tab. 11: Normalizovaná data inov. modelu LCA, kategorie (CML 2)

Stejně tak jako u modelu stávajícího transformátoru i inovovaný model podle metodiky CML 2 (Tab. 10, Tab. 11) má největší vliv na toxicitu mořské vody. Největší podíl na tomto dopadu pak má fáze užití transformátoru.

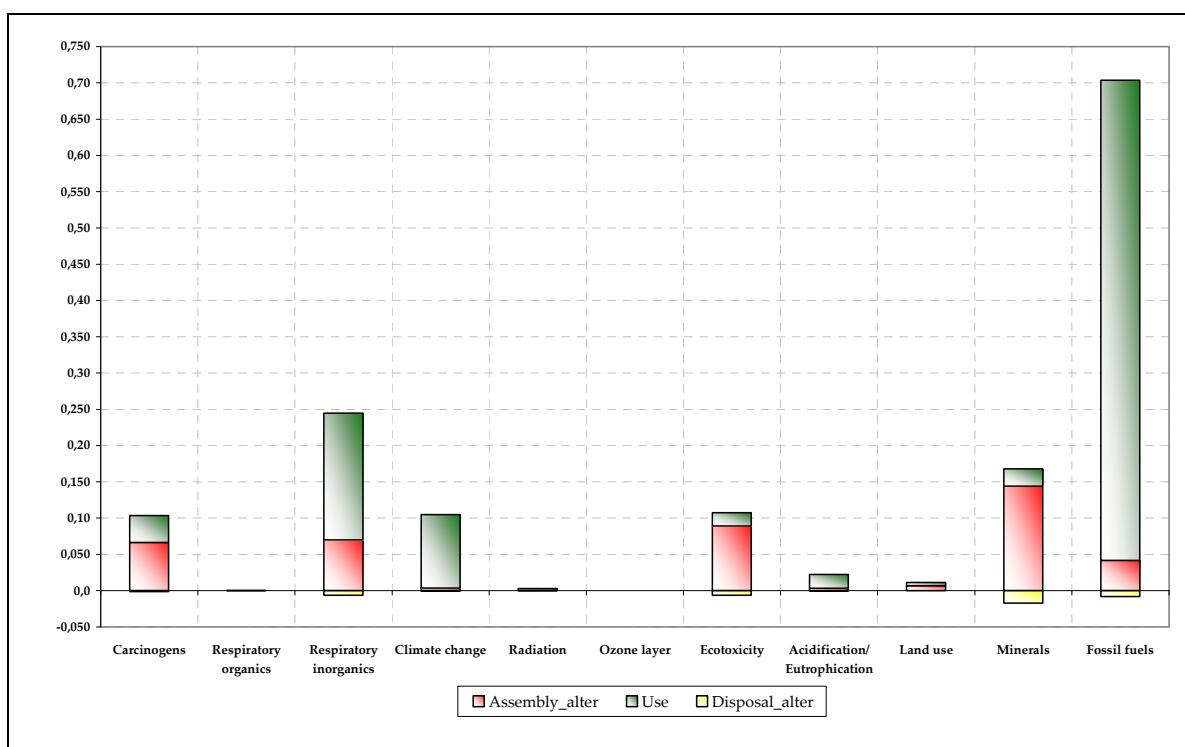


Graf. 34: Citlivostní analýza, inovovaný model LCA, vliv 0,2 % a vyšší

Z citlivostní analýzy modelu inovovaného transformátoru (**Graf. 34**) lze vyčíst, že podíl elektrické energie na celkovém dopadu na životní prostředí je ještě výraznější, než je tomu u modelu transformátoru stávajícího. To je ovšem logický důsledek delší doby života. Druhý největší podíl mají shodně s předchozím modelem procesy spojené s výrobou mědi ze surových materiálů.

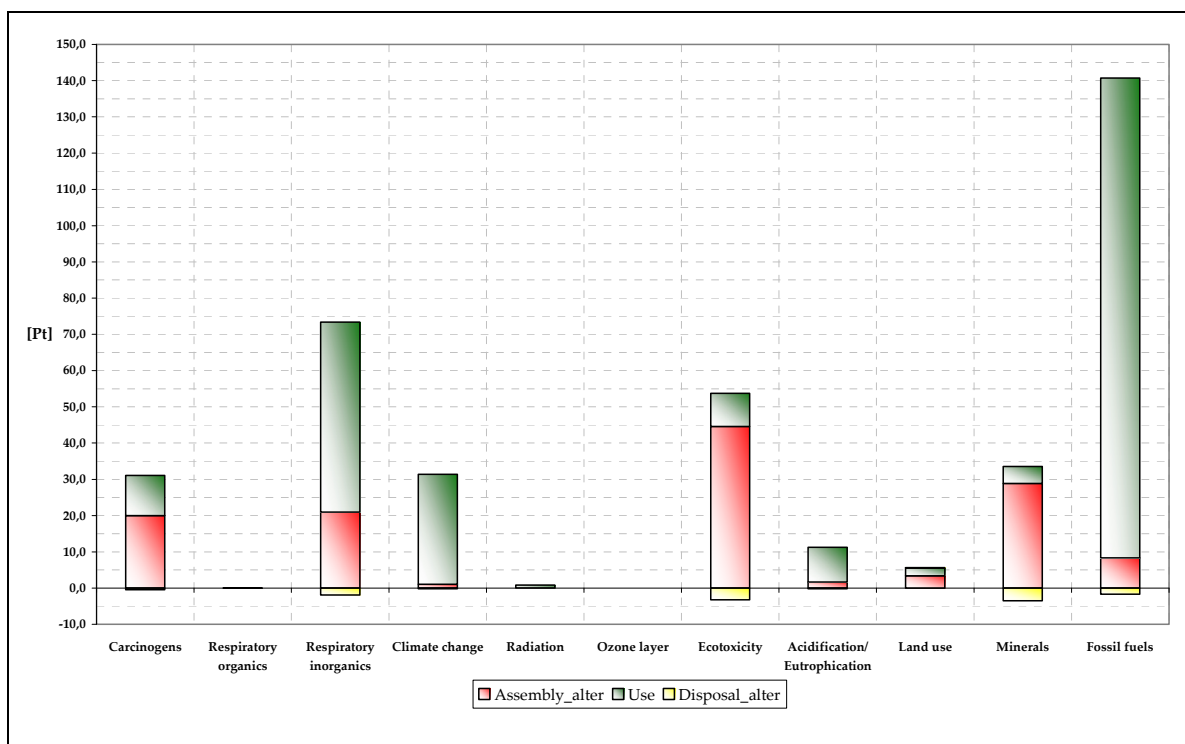


Graf. 35: Charakterizovaná data inov. modelu LCA, kategorie (Eco-indikátor 99)

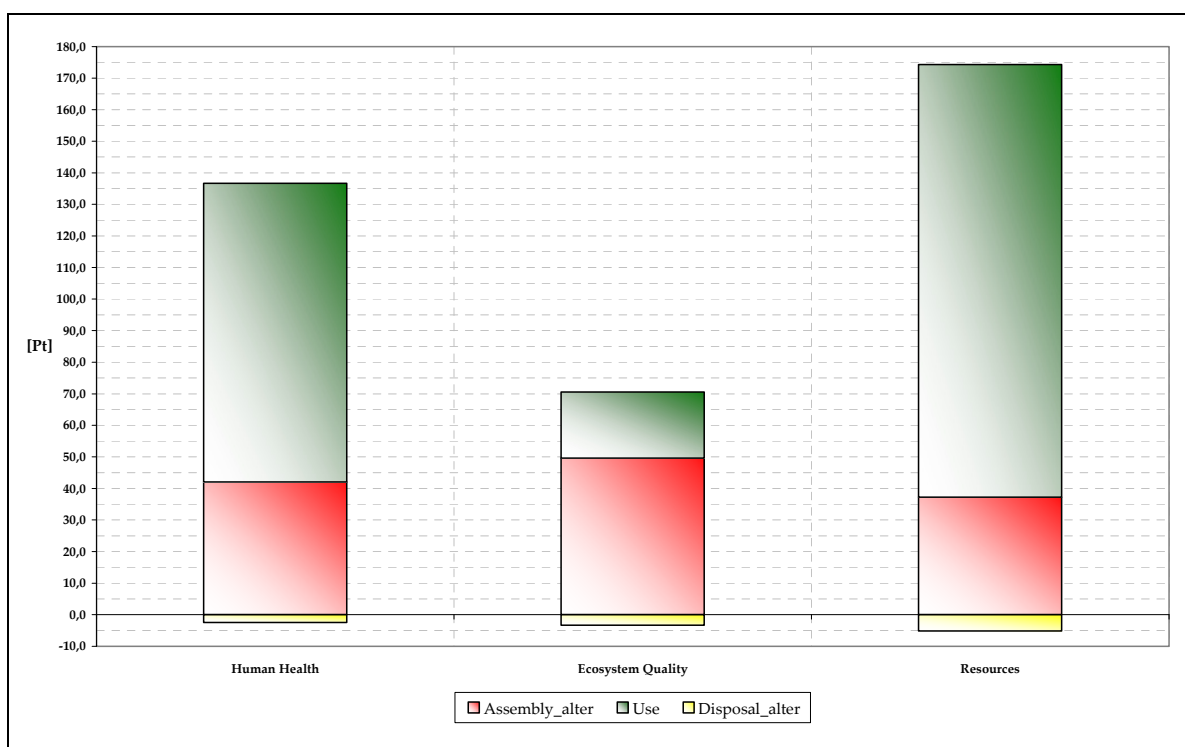


Graf. 36: Normalizovaná data inov. modelu LCA, kategorie (Eco-indikátor 99)

Z grafů (Graf. 35, Graf. 36) je patrné, že nejvíce zatíženou kategorií v případě modelu inov. transformátoru jsou fosilní paliva, která jsou potřebná mj. k výrobě el. energie, jenž nese největší podíl na ekologickém dopadu.

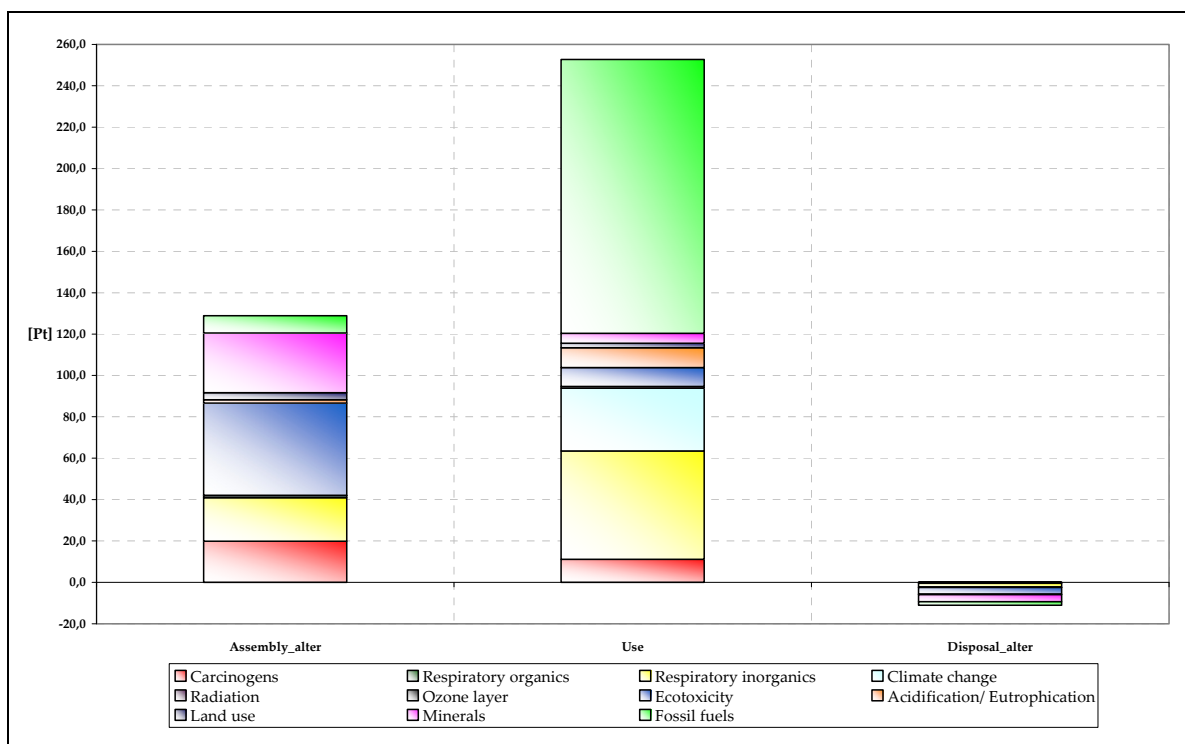


Graf. 37: Vážená data inovovaného modelu LCA, kategorie (Eco-indikátor 99)

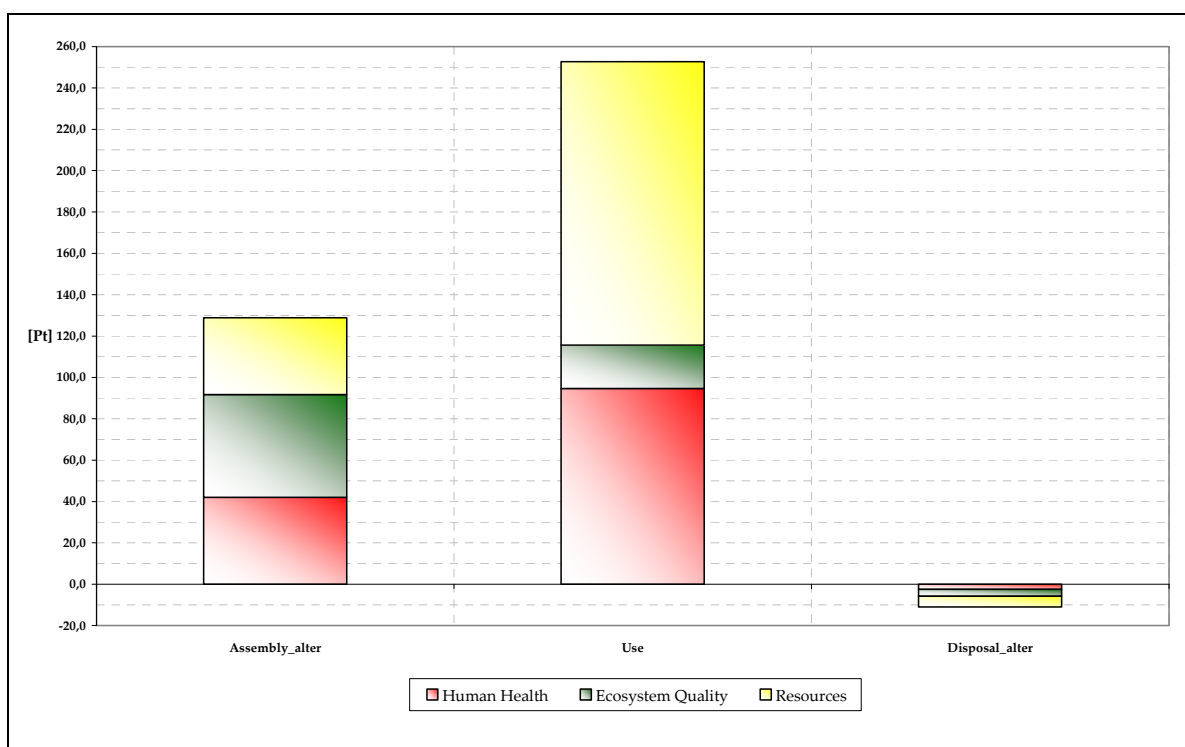


Graf. 38: Vážená data inovovaného modelu LCA, skupiny (Eco-indikátor 99)

Vážená data kategorií (Graf. 37) potvrzují závěry z předchozích kroků postupu. To se promítá i do výsledků zatížení jednotlivých skupin (Graf. 38), ve kterých je majoritní právě skupina zdrojů.



Graf. 39: Dopad na živ. prostředí, inov. model LCA, kategorie (Eco-indikátor 99)



Graf. 40: Dopad na živ. prostředí, inov. model LCA, skupiny (Eco-indikátor 99)

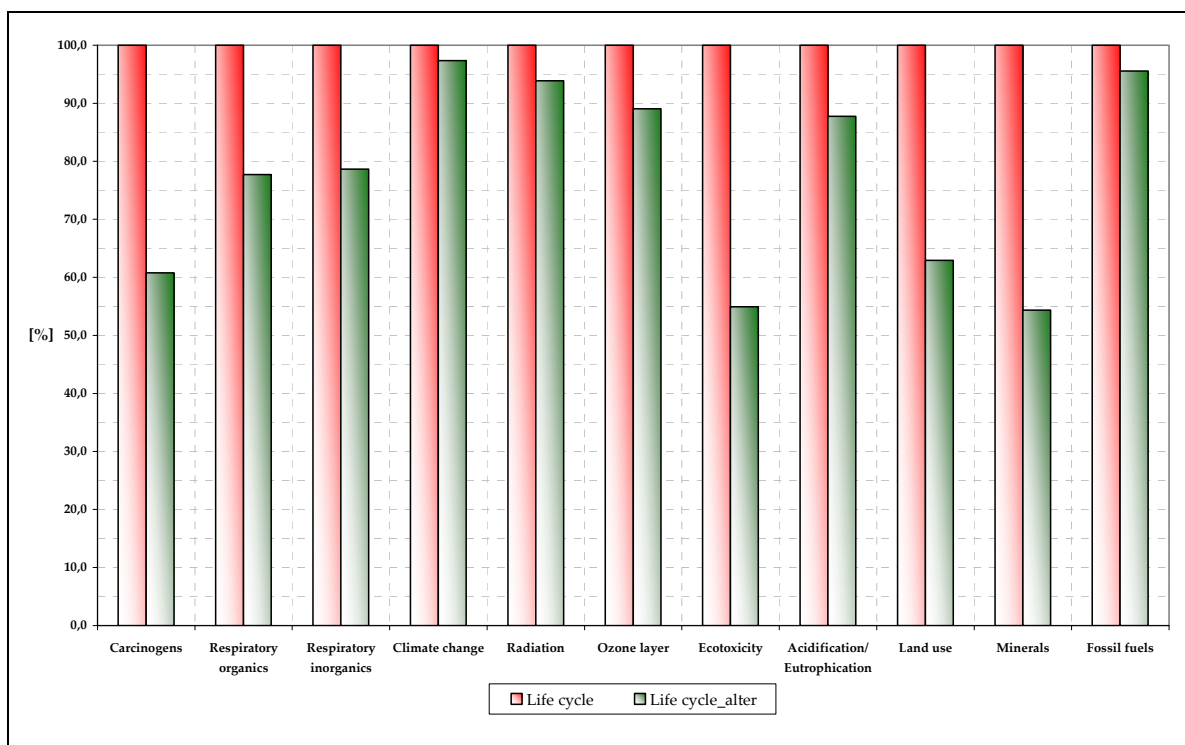
Z grafů dopadů na živ. prostředí (Graf. 39, Graf. 40) je nejzřetelněji patrné, že největší podíl na celkovém zatížení je způsoben fází užití transformátoru. Naopak fáze zpracování je díky recyklaci živ. prostředí prospěšná.

Příloha 7 – Srovnání obou modelů

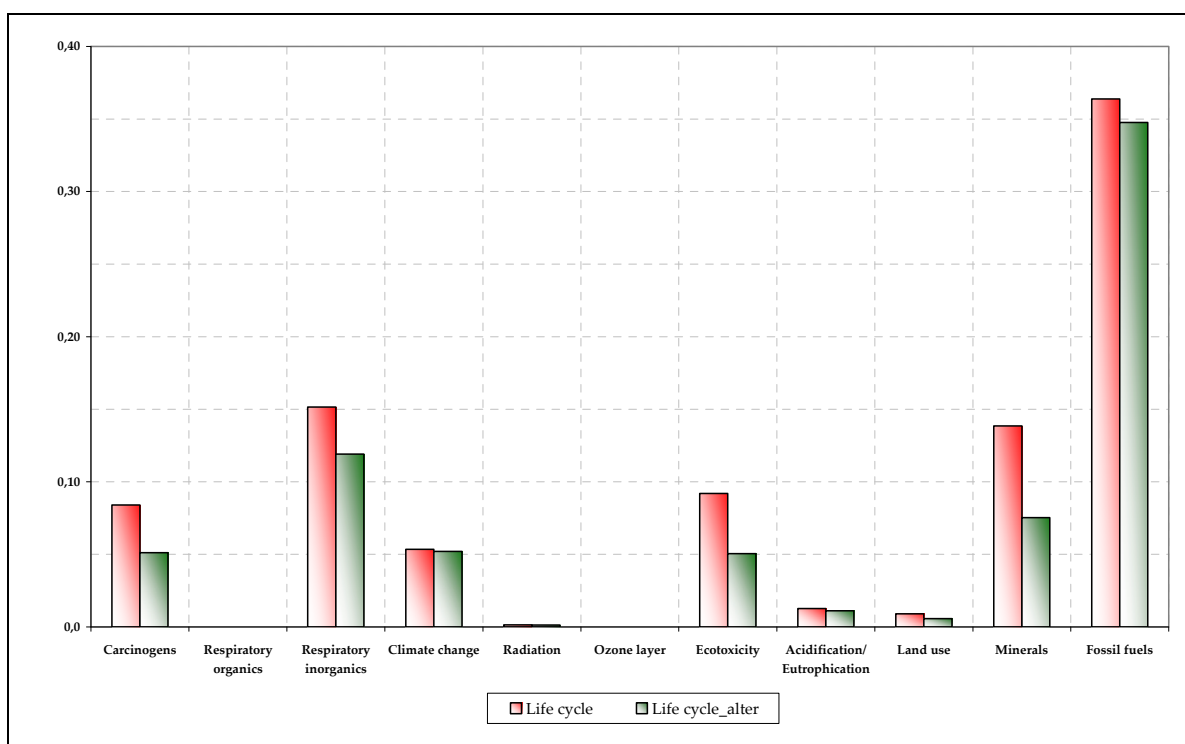
Tato část celé studie se zaměřuje nejen na srovnání celkového dopadu obou modelů transformátoru na životní prostředí, ale rovněž na srovnání jednotlivých materiálů či procesů, které byly inovovány. Pro srovnání je nejdůležitější zvolit shodnou funkční jednotku. V této analýze byly jednotlivé funkční jednotky zvoleny takto:

- **LCA**
 - Délka technické doby transformátoru je určena na deset let. Z toho plyne, že srovnání podléhá 1 kus modelu stávajícího transformátoru a ½ kusu inovovaného.
- **Doprava**
 - Zatížení spojené s dopravou měděného vinutí.
- **Zpracování**
 - Procesy spojené se zpracováním odpadů 1 ks modelu stávajícího i inovovaného transformátoru.
- **Sklotextit**
 - Množství potřebné k výrobě 1 ks transformátoru.
- **Spojovací materiál**
 - Množství potřebné k výrobě 1 ks transformátoru.

Srovnání LCA obou modelů transformátoru

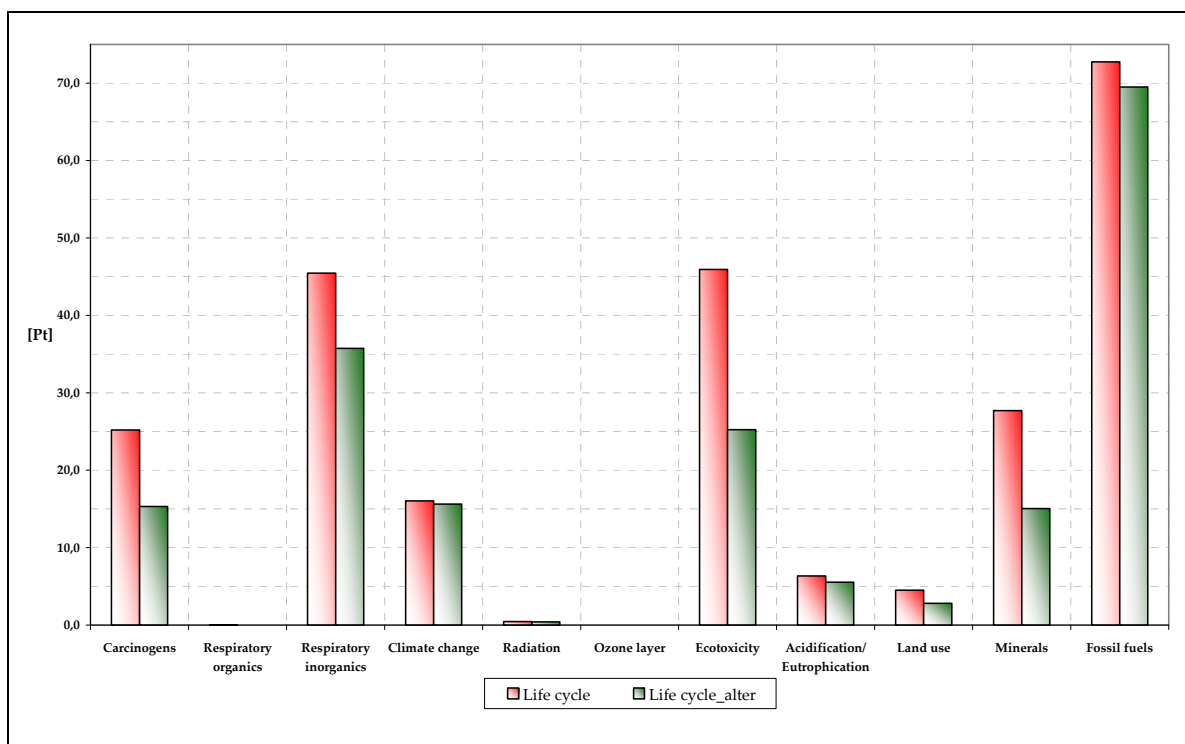


Graf. 41: Charakterizovaná data, srovnání, modely LCA, kat. (Eco-indikátor 99)

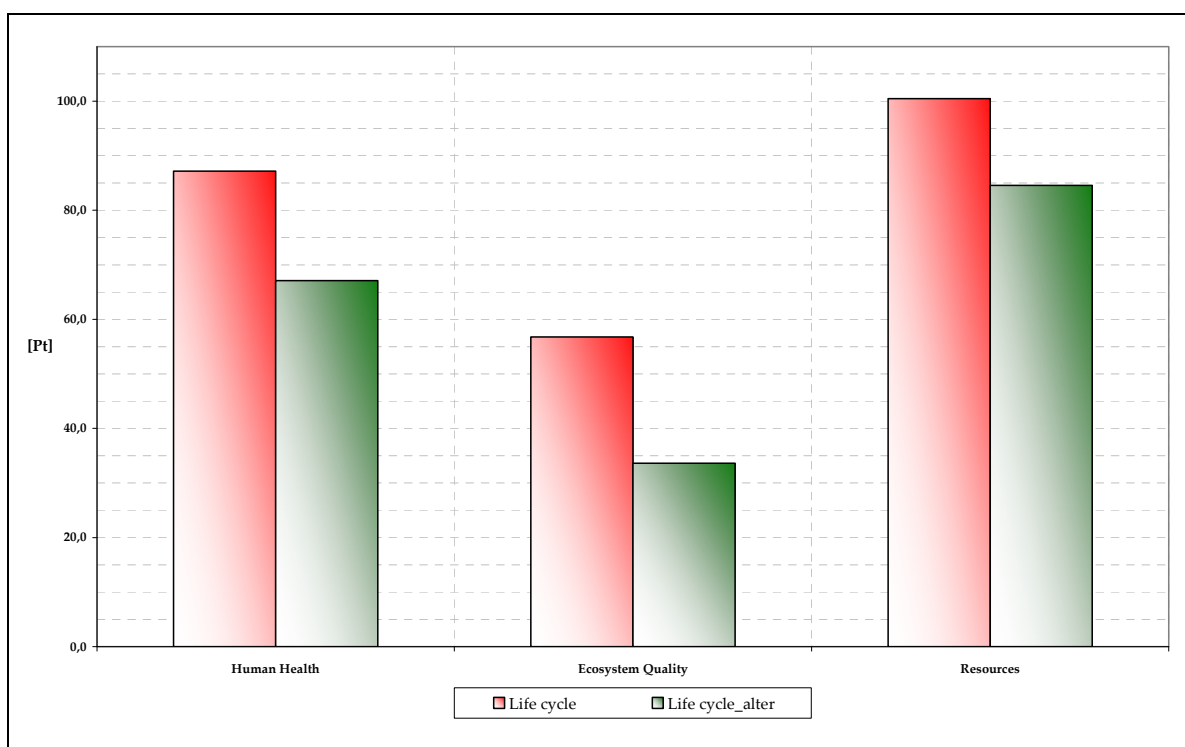


Graf. 42: Normalizovaná data, srovnání, modely LCA, kat. (Eco-indikátor 99)

Grafy (Graf. 41, Graf. 42) ukazují, že model inovovaného transformátoru ve všech kategoriích představuje nižší zatížení životnímu prostředí.

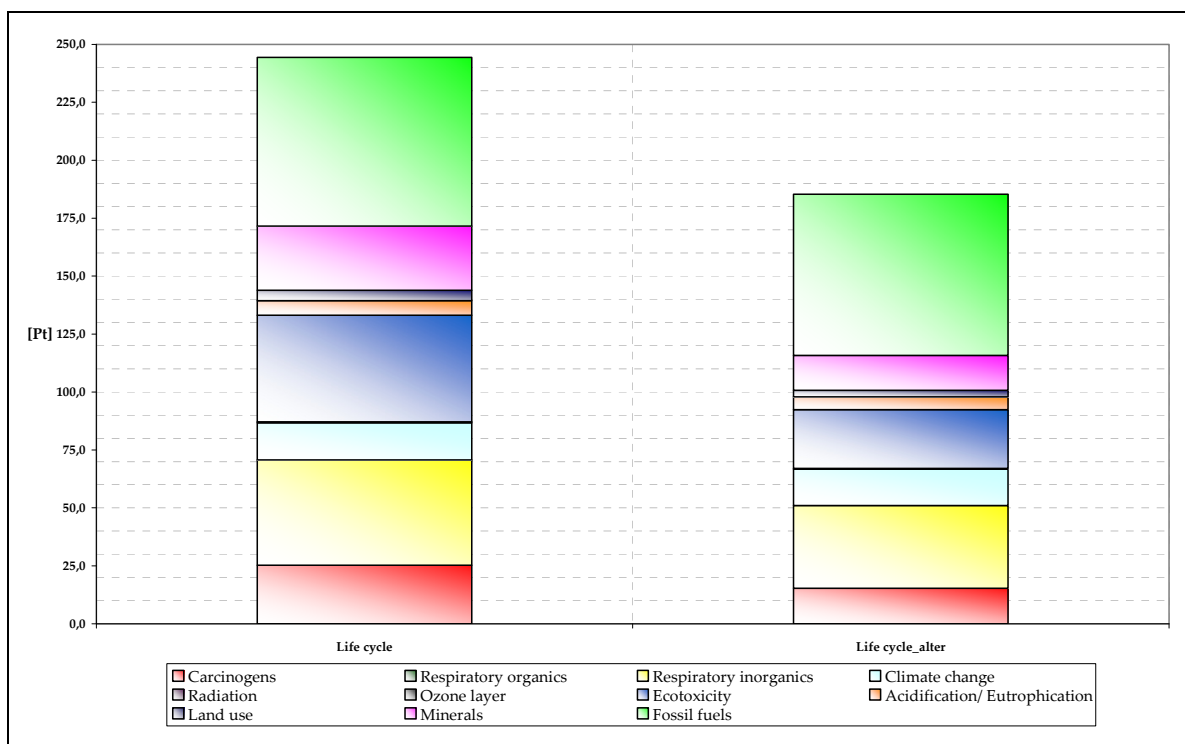


Graf. 43: Vážená data, srovnání, modely LCA, kategorie (Eco-indikátor 99)

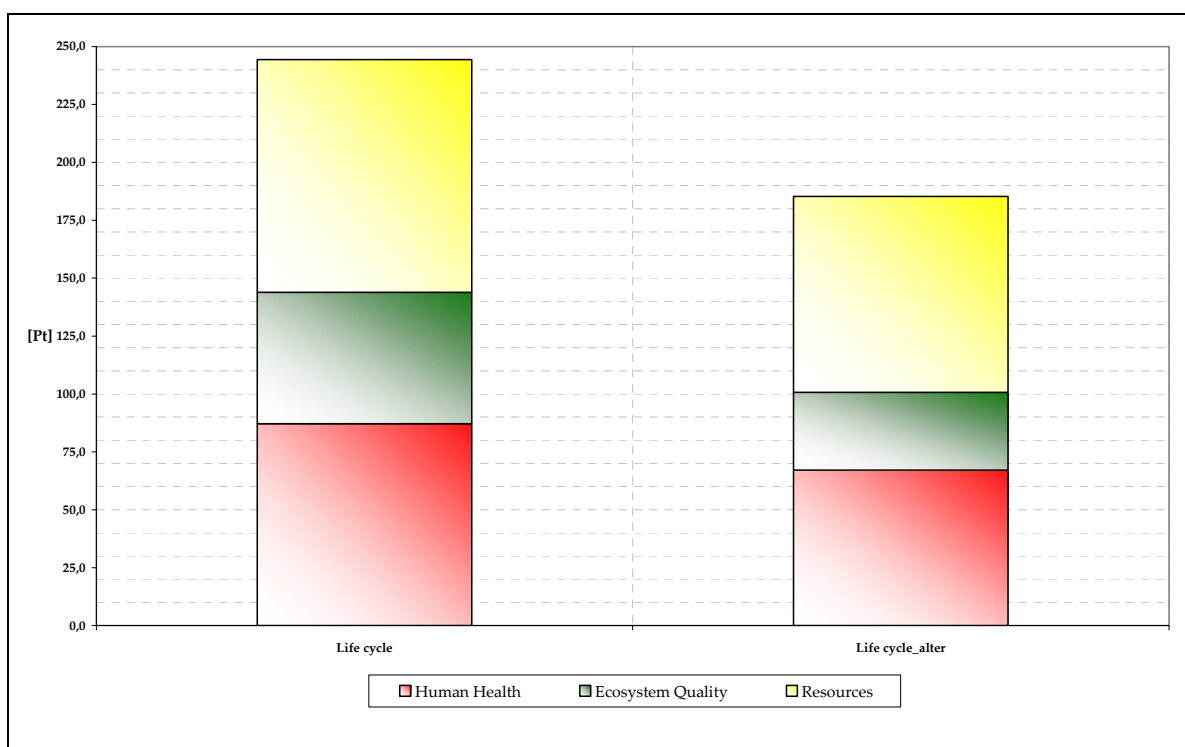


Graf. 44: Vážená data, srovnání, modely LCA, skupiny (Eco-indikátor 99)

Předchozí závěr potvrzuje i graf vážených dat kategorií (Graf. 43) a po integraci i graf skupin (Graf. 44).



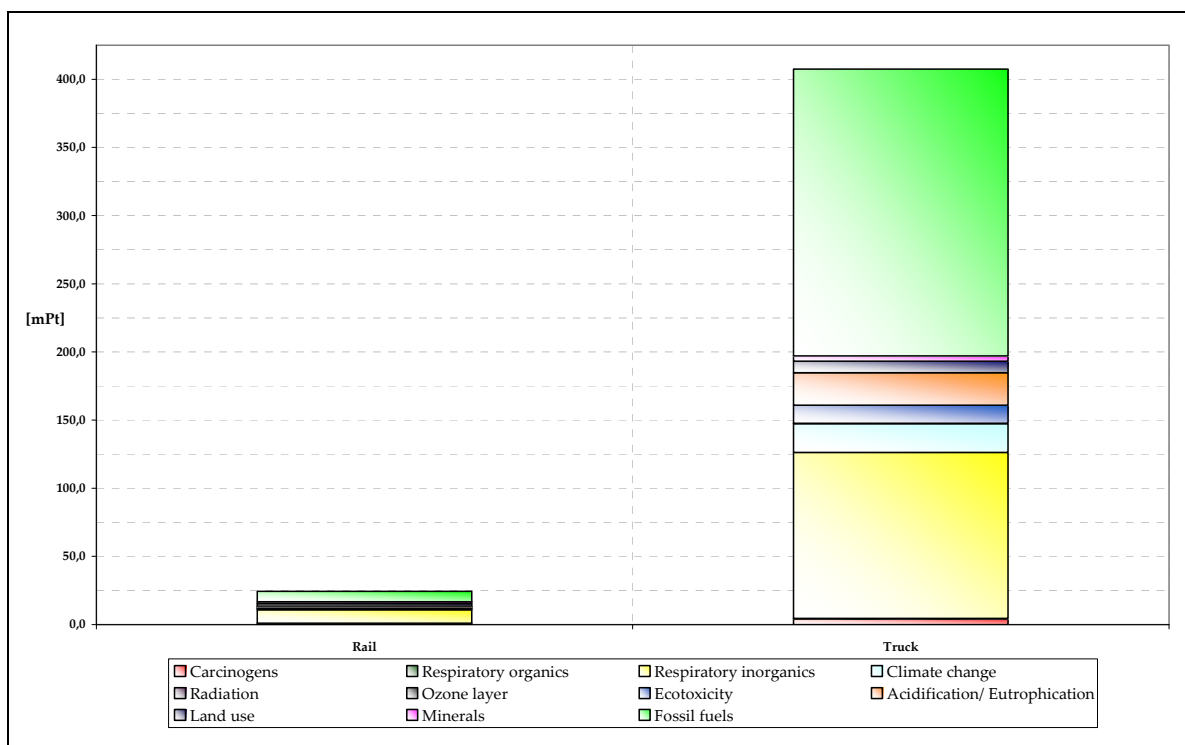
Graf. 45: Dopad na živ. prostředí, srovnání, modely LCA, kat. (Eco-indikátor 99)



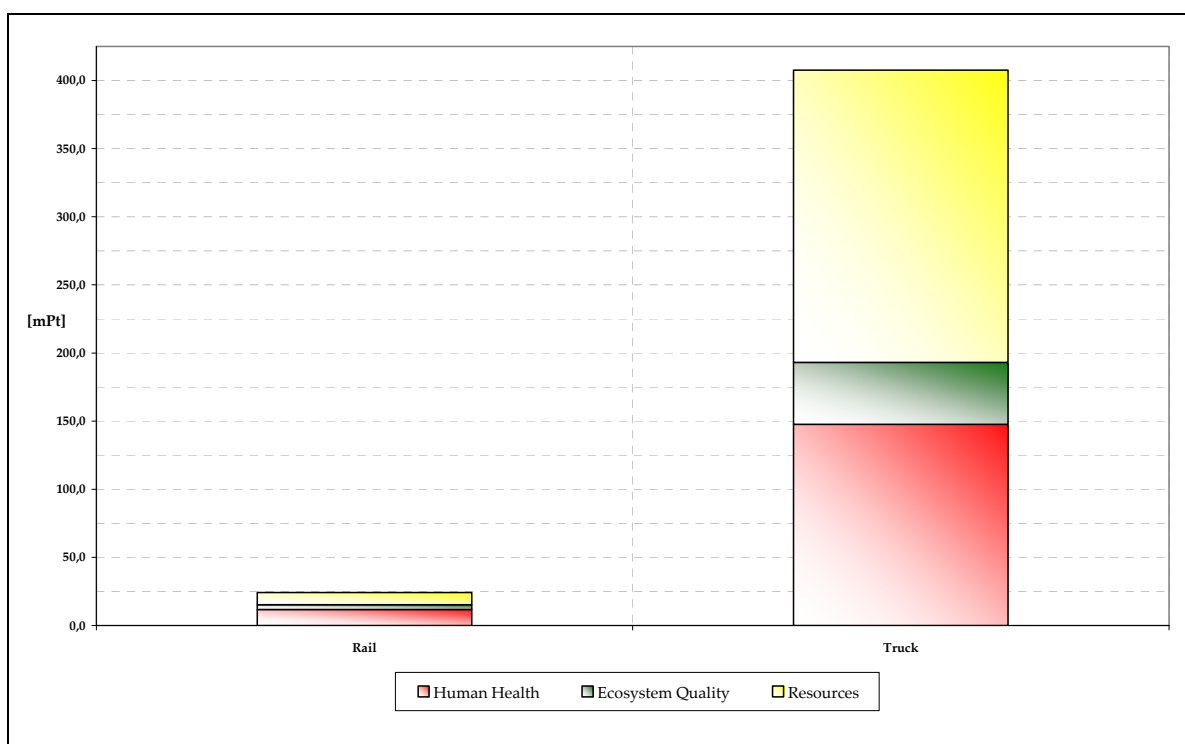
Graf. 46: Dopad na živ. prostředí, srovnání, modely LCA, skup. (Eco-indikátor 99)

Grafy dopadů na živ. prostředí ukazují, že největší rozdíl mezi oběma modely je v dopadu na kvalitu ekosystému (**Graf. 45**), čemuž odpovídají i jednotlivé kategorie (**Graf. 46**).

Srovnání kamionové a železniční dopravy



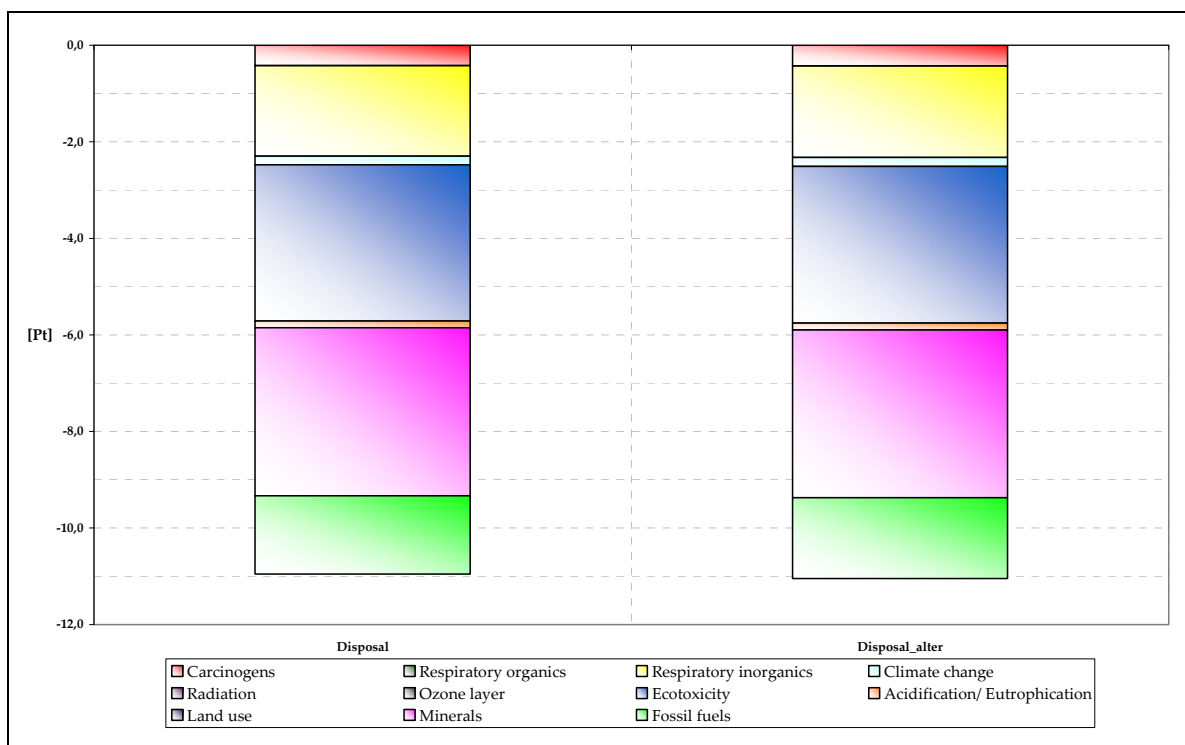
Graf. 47: Dopad na živ. prostředí, srovnání, doprava, kat. (Eco-indikátor 99)



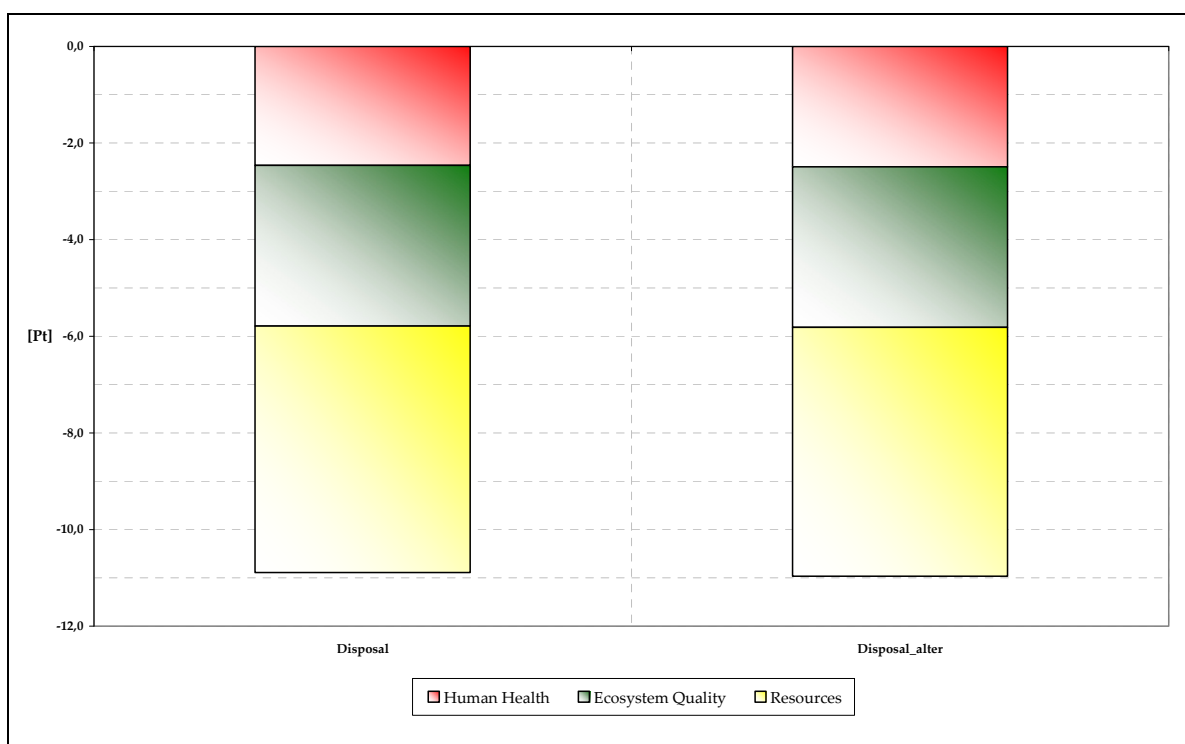
Graf. 48: Dopad na živ. prostředí, srovnání, doprava, skup. (Eco-indikátor 99)

Na první pohled je zřejmé, že železniční doprava má mnohem menší negativní dopad na životní prostředí (Graf. 47, Graf. 48).

Srovnání zpracování po dožití transformátoru



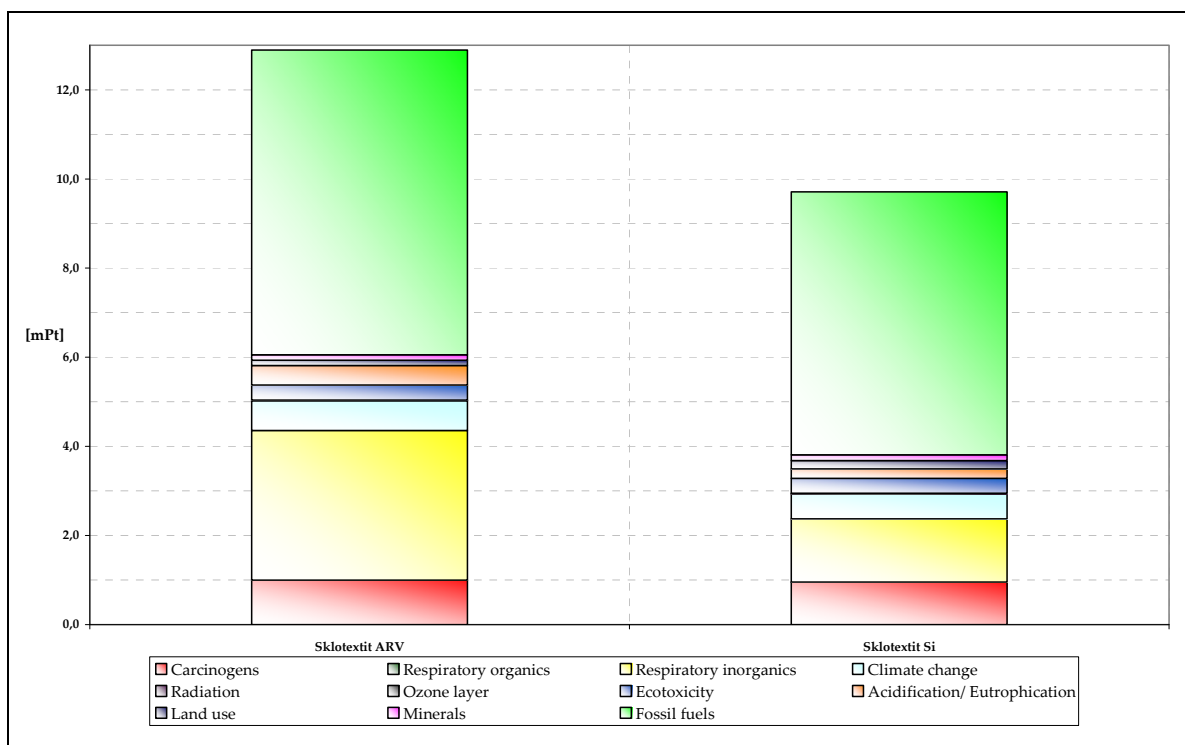
Graf. 49: Dopad na živ. prostředí, srovnání, zpracování, kat. (Eco-indikátor 99)



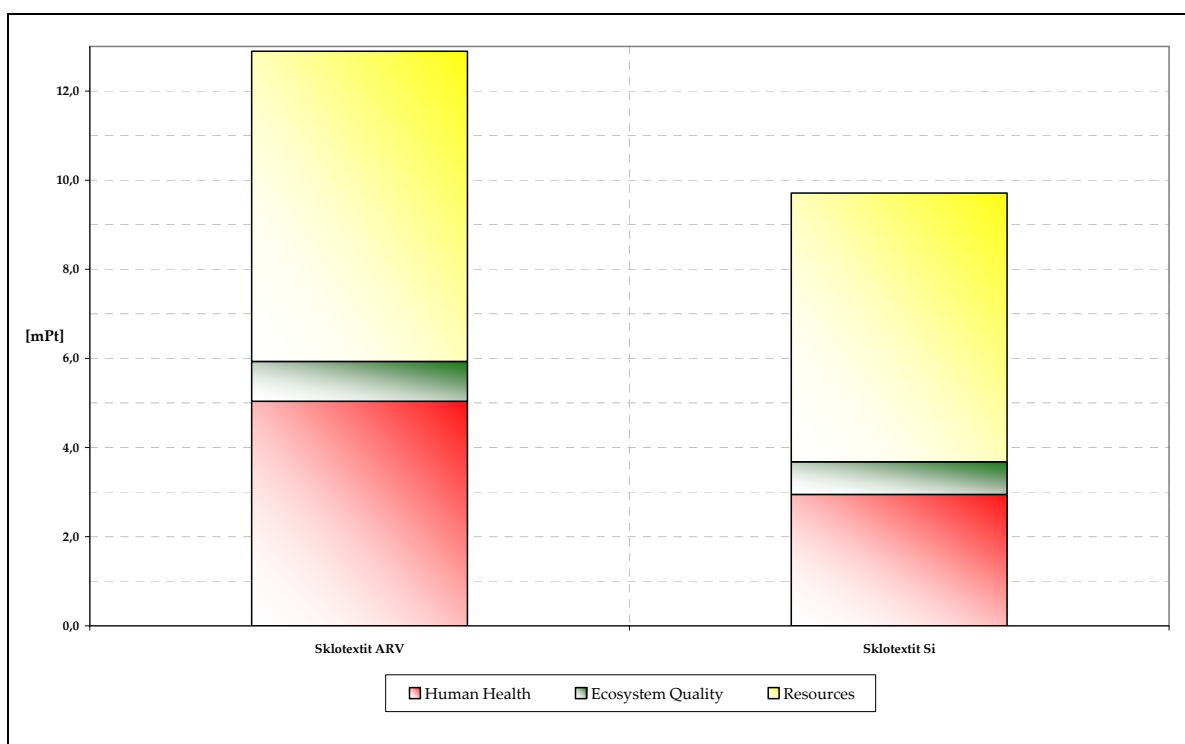
Graf. 50: Dopad na živ. prostředí, srovnání, zpracování, skup. (Eco-indikátor 99)

Už u modelu stávajícího modelu podléhaly podstatné části recyklaci, proto se další inovace na zlepšení příliš nepodílejí (**Graf. 49, Graf. 50**).

Srovnání sklotextitu ARV se sklotextitem SI



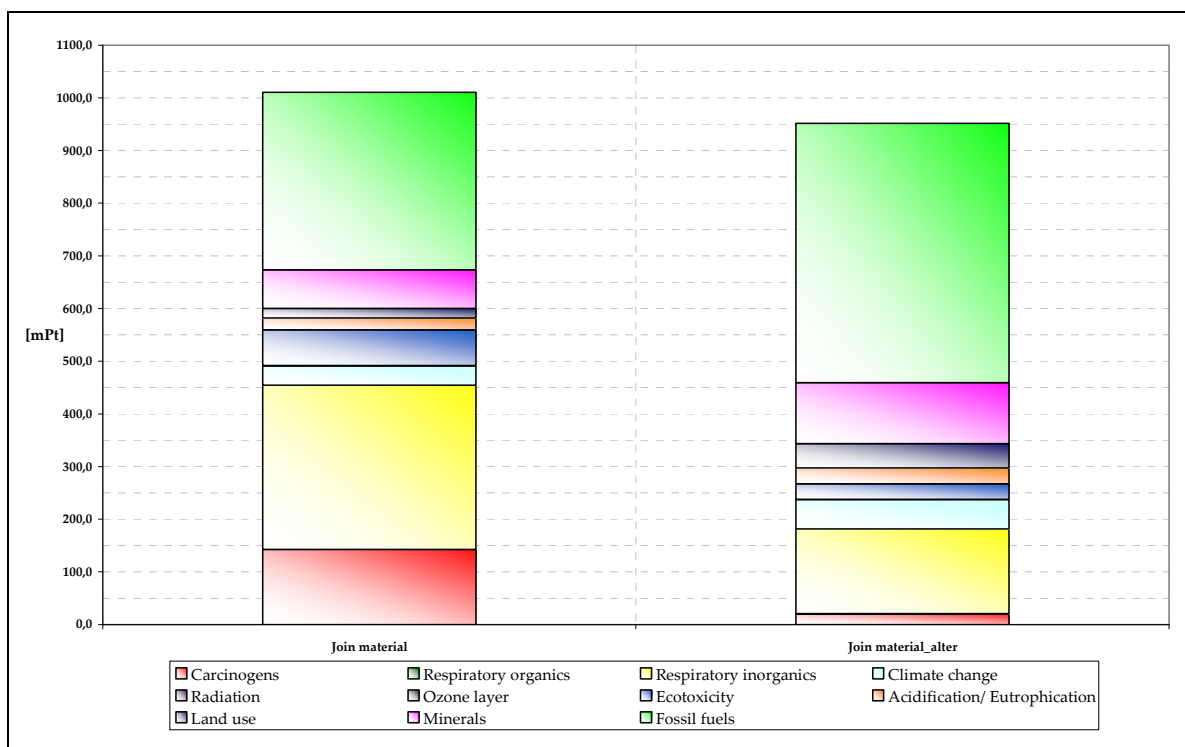
Graf. 51: Dopad na živ. prostředí, srovnání, sklotextit, kat. (Eco-indikátor 99)



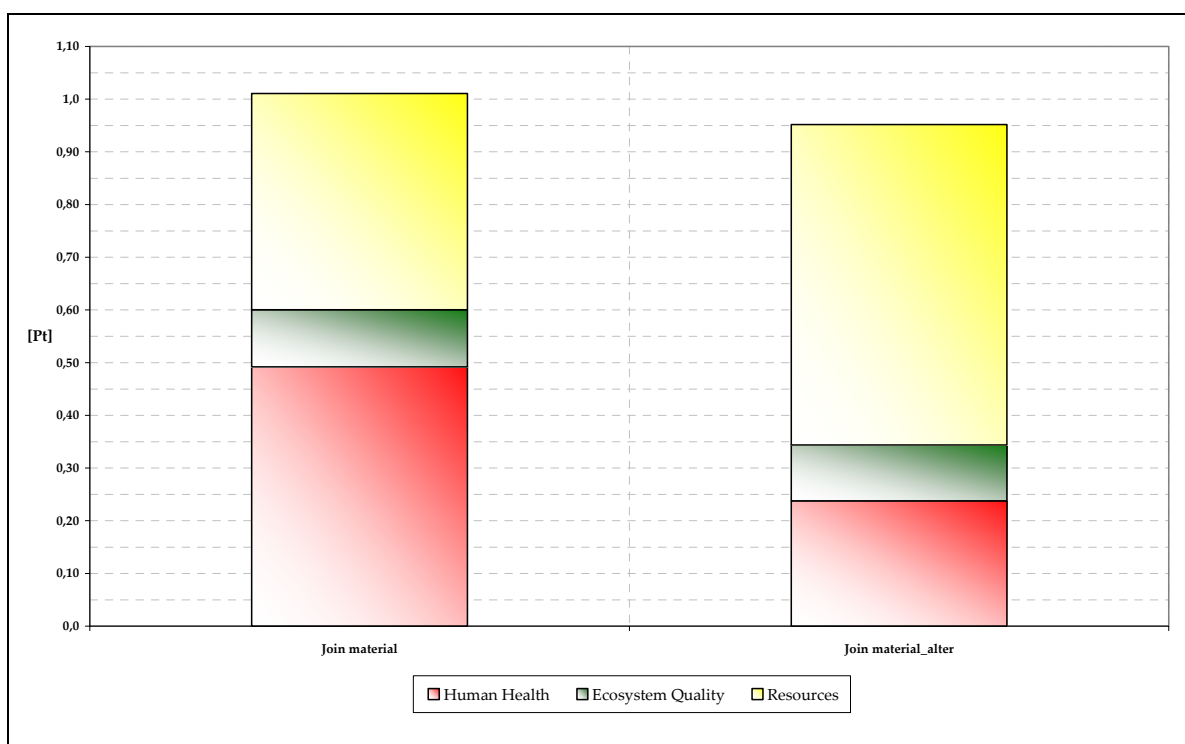
Graf. 52: Dopad na živ. prostředí, srovnání, sklotextit, skup. (Eco-indikátor 99)

Podle předpokladu představuje sklotextit SI nižší ekologickou zátěž než je tomu u sklotextitu ARV (Graf. 51, Graf. 52).

Srovnání spojovacího materiálu, pozinkované a nerezové oceli



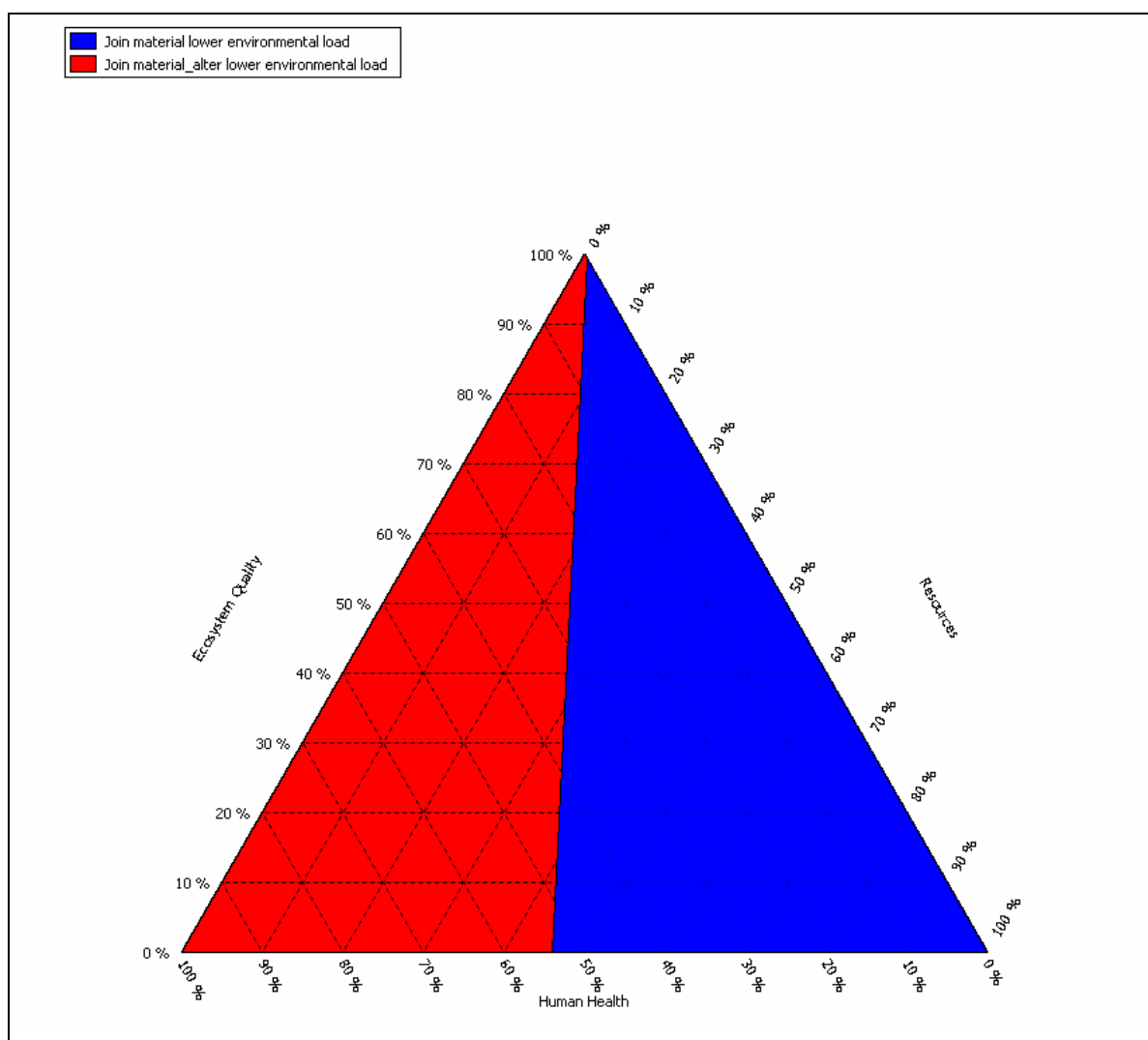
Graf. 53: Dopad na živ. prostředí, srovnání, ocel, kat. (Eco-indikátor 99)



Graf. 54: Dopad na živ. prostředí, srovnání, ocel, skup. (Eco-indikátor 99)

Rozdíl v celkovém dopadu není příliš markantní (Graf. 53, Graf. 54). Při standardně nastaveném vážení představuje použití nerezové oceli nižší ekologický

dopad. V případě, že by se vedení firmy rozhodlo zvolit jiné nastavení vážících parametrů, mohl by být výsledek opačný. Pro lepší představu je uveden obrázek (Obr. 21), na kterém je jasně patrné v jakém poměru parametrů je vhodnější zvolit jako spojovací materiál pozinkovanou ocel a v jakém poměru ocel nerezovou.

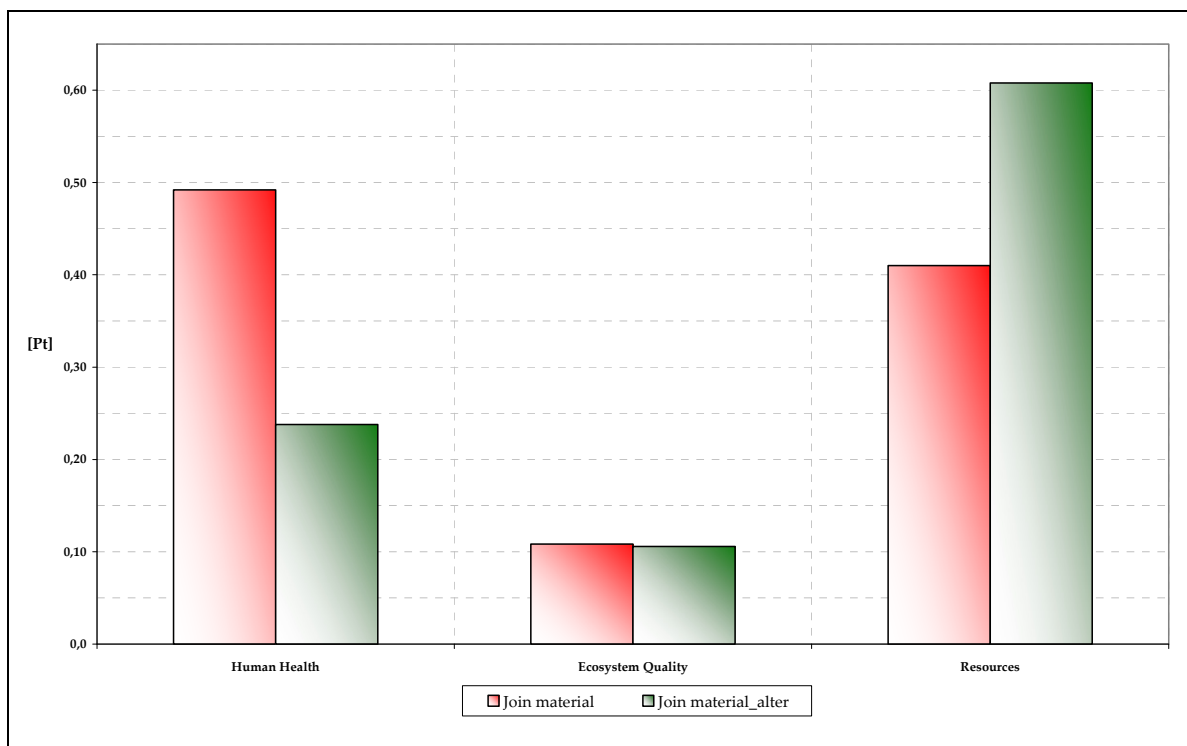


Obr. 21: Využití trojúhelníkového nástroje při volbě spojovacího materiálu

Zdroj: výstup softwaru SimaPro

Tento relativně nerozhodný výsledek, ne jehož základě se samotný výrobce transformátoru musí rozhodnout, který ze dvou materiálů použít, je způsoben tím, že negativní dopad na životní prostředí některých skupin je vyšší u oceli

nerezové a u jiných skupin zase u oceli pozinkované (Graf. 55).



Graf. 55: Vážená data, oceli, modely LCA, skupiny (Eco-indikátor 99)

Na grafu je jasně patrné, že v případě skupiny lidského zdraví má větší negativní dopad nerez pozinkovaná, zatímco u skupiny zdrojů je tomu právě naopak.

Seznam obrázků

OBR.1: ŽIVOTNÍ CYKLUS VÝROBKU	12
OBR.2: KOLO STRATEGIÍ EKODESIGNU	15
OBR.3: GRAFICKÝ VÝSTUP Z LOGISTICKÉHO SOFTWARE PRO DISTRIBUCI	18
OBR.4: MARKETINGOVÁ APLIKACE KOLA STRATEGIÍ EKODESIGNU	21
OBR.5: METODICKÝ POSTUP PŘI ZAVÁDĚNÍ EKODESIGNU	22
OBR.6: ZNAČKA EKOLOGICKY ŠETRNÉHO VÝROBKU	28
OBR.7: PODLAHOVÝ VYSAVAČ ETA 1450 PROXIMO	32
OBR. 8: METODICKÝ POSTUP PRO EKODESIGNOVÝ NÁVRH TRANSFORMÁTORU	34
OBR. 9: SESTAVA TRANSFORMÁTORU TR1U 60.78, 7kVA, 400 V // 25 V	35
OBR. 10: MAGNETICKÝ OBVOD SE SKLOTEXTITOVOU IZOLACÍ	38
OBR. 11: VINUTÍ TRANSFORMÁTORU	39
OBR. 12: OSTATNÍ ČÁSTI TRANSFORMÁTORU	40
OBR. 13: STROMOVÁ STRUKTURA MODELU VÝROBKU V SOFTWARE SIMAPRO	44
OBR. 14: OBECNÉ SCHÉMA METODIKY VÝPOČTU ENVIRONMENTÁLNÍHO PROFILU VÝROBKU	45
OBR. 15: ZJEDNODUŠENÉ STROMOVÉ SCHÉMA MODELU LCA TRANSFORMÁTORU	49
OBR. 16: ZJEDNODUŠENÉ SCHÉMA NÁVRHU RECYKLACE TRANSFORMÁTORU	55
OBR. 17: OTOČNÁ ŽIDLE FIRMY WILKHAHN LTD (PROGRAM PICTO 20)	74
OBR. 18: KUSOVNÍK TRANSFORMÁTORU TR1U 60.78, 7kVA, 400 V // 25 V	75
OBR. 19: POSTUP PŘI TVORBĚ ECO-INDIKÁTORU 99	77
OBR. 20: TROJÚHELNÍKOVÝ NÁSTROJ PRO VÁŽENÍ PŘI SROVNÁVÁNÍ DVOU ANALÝZ	79
OBR. 21: VYUŽITÍ TROJÚHELNÍKOVÉHO NÁSTROJE PŘI VOLBĚ SPOJOVACÍHO MATERIÁLU	108

Seznam tabulek

TAB. 1: MNOŽSTVÍ POUŽITÝCH MATERIÁLŮ U MAGNETICKÉHO OBVODU	38
TAB. 2: MNOŽSTVÍ POUŽITÝCH MATERIÁLŮ VINUTÍ	39
TAB. 3: MNOŽSTVÍ POUŽITÝCH MATERIÁLŮ OSTATNÍCH ČÁSTÍ.....	40
TAB. 4: DOJEZDOVÉ VZDÁLENOSTI OD JEDNOTLIVÝCH DODAVATELŮ.....	41
TAB. 5: CHARAKTERIZOVANÁ DATA MODELU LCA, KATEGORIE (CML 2)	49
TAB. 6: NÁVRH INOVACÍ TRANSFORMÁTORU	56
TAB. 7: CHARAKTERIZOVANÁ DATA INOVOVANÉHO MODELU LCA, KATEGORIE (CML 2).....	57
TAB. 8: CHARAKTERIZOVANÁ DATA MODELU LCA, KATEGORIE (CML 2)	82
TAB. 9: NORMALIZOVANÁ DATA MODELU LCA, KATEGORIE (CML 2).....	82
TAB. 10: CHARAKTERIZOVANÁ DATA INOV. MODELU LCA, KATEGORIE (CML 2)	95
TAB. 11: NORMALIZOVANÁ DATA INOV. MODELU LCA, KATEGORIE (CML 2)	95

Seznam grafů

GRAF. 1: VÁŽENÁ DATA MODELU LCA, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99)	50
GRAF. 2: DOPAD NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ, MODEL LCA, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99)	50
GRAF. 3: DOPAD NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ, MODEL LCA, SKUPINY (ECO-INDIKÁTOR 99)	51
GRAF. 4: DOPAD NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ, VÝROBA, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99)	51
GRAF. 5: CITLIVOSTNÍ ANALÝZA, MODEL LCA, VLIV 0,2 % A VYŠŠÍ.....	52
GRAF. 6: VÁŽENÁ DATA INOVOVANÉHO MODELU LCA, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99)	57
GRAF. 7: DOPAD NA ŽIV. PROSTŘEDÍ, INOV. MODEL LCA, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99)	58
GRAF. 8: DOPAD NA ŽIV. PROSTŘEDÍ, INOV. MODEL LCA, SKUPINY (ECO-INDIKÁTOR 99)	58
GRAF. 9: CITLIVOSTNÍ ANALÝZA, INOVOVANÝ MODEL LCA, VLIV 0,2 % A VYŠŠÍ.....	59
GRAF. 10: VÁŽENÁ DATA, SROVNÁNÍ, MODEL LCA, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99).....	60
GRAF. 11: DOPAD NA ŽIV. PROSTR., SROVNÁNÍ, MODEL LCA, KAT. (ECO-INDIKÁTOR 99)	60
GRAF. 12: DOPAD NA ŽIV. PROSTR., SROVNÁNÍ, MODEL LCA, SKUP. (ECO-INDIKÁTOR 99)	61
GRAF. 13: CITLIVOSTNÍ ANALÝZA, MODEL LCA, VLIV 0,2 % A VYŠŠÍ.....	83
GRAF. 14: CHARAKTERIZOVANÁ DATA MODELU LCA, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99)	84
GRAF. 15: CHARAKTERIZOVANÁ DATA MODELU LCA, SKUPINY (ECO-INDIKÁTOR 99)	84
GRAF. 16: NORMALIZOVANÁ DATA MODELU LCA, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99)	85
GRAF. 17: NORMALIZOVANÁ DATA MODELU LCA, SKUPINY (ECO-INDIKÁTOR 99)	85
GRAF. 18: VÁŽENÁ DATA MODELU LCA, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99)	86
GRAF. 19: VÁŽENÁ DATA MODELU LCA, SKUPINY (ECO-INDIKÁTOR 99)	86
GRAF. 20: DOPAD NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ, MODEL LCA, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99)	87
GRAF. 21: DOPAD NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ, MODEL LCA, SKUPINY (ECO-INDIKÁTOR 99)	87
GRAF. 22: CITLIVOSTNÍ ANALÝZA, VÝROBA, VLIV 0,5 % A VYŠŠÍ	88
GRAF. 23: CHARAKTERIZOVANÁ DATA, VÝROBA, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99)	89
GRAF. 24: NORMALIZOVANÁ DATA, VÝROBA, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99)	89
GRAF. 25: VÁŽENÁ DATA, VÝROBA, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99)	90
GRAF. 26: VÁŽENÁ DAT, VÝROBA, SKUPINY (ECO-INDIKÁTOR 99)	90
GRAF. 27: DOPAD NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ, VÝROBA, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99)	91
GRAF. 28: DOPAD NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ, VÝROBA, SKUPINY (ECO-INDIKÁTOR 99)	91
GRAF. 29: CITLIVOSTNÍ ANALÝZA, ZPRACOVÁNÍ, VLIV 0,5 % A VYŠŠÍ.....	92
GRAF. 30: VÁŽENÁ DATA, ZPRACOVÁNÍ, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99).....	93

GRAF. 31: VÁŽENÁ DATA, ZPRACOVÁNÍ, SKUPINY (ECO-INDIKÁTOR 99).....	93
GRAF. 32: DOPAD NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ, ZPRACOVÁNÍ, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99)	94
GRAF. 33: DOPAD NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ, ZPRACOVÁNÍ, SKUPINY (ECO-INDIKÁTOR 99).....	94
GRAF. 34: CITLIVOSTNÍ ANALÝZA, INOVOVANÝ MODEL LCA, VLIV 0,2 % A VYŠŠÍ.....	96
GRAF. 35: CHARAKTERIZOVANÁ DATA INOV. MODELU LCA, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99).....	97
GRAF. 36: NORMALIZOVANÁ DATA INOV. MODELU LCA, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99)	97
GRAF. 37: VÁŽENÁ DATA INOVOVANÉHO MODELU LCA, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99)	98
GRAF. 38: VÁŽENÁ DATA INOVOVANÉHO MODELU LCA, SKUPINY (ECO-INDIKÁTOR 99)	98
GRAF. 39: DOPAD NA ŽIV. PROSTŘEDÍ, INOV. MODEL LCA, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99)	99
GRAF. 40: DOPAD NA ŽIV. PROSTŘEDÍ, INOV. MODEL LCA, SKUPINY (ECO-INDIKÁTOR 99)	99
GRAF. 41: CHARAKTERIZOVANÁ DATA, SROVNÁNÍ, MODELY LCA, KAT. (ECO-INDIKÁTOR 99)	101
GRAF. 42: NORMALIZOVANÁ DATA, SROVNÁNÍ, MODELY LCA, KAT. (ECO-INDIKÁTOR 99)	101
GRAF. 43: VÁŽENÁ DATA, SROVNÁNÍ, MODELY LCA, KATEGORIE (ECO-INDIKÁTOR 99).....	102
GRAF. 44: VÁŽENÁ DATA, SROVNÁNÍ, MODELY LCA, SKUPINY (ECO-INDIKÁTOR 99)	102
GRAF. 45: DOPAD NA ŽIV. PROSTŘ., SROVNÁNÍ, MODELY LCA, KAT. (ECO-INDIKÁTOR 99)	103
GRAF. 46: DOPAD NA ŽIV. PROSTŘ., SROVNÁNÍ, MODELY LCA, SKUP. (ECO-INDIKÁTOR 99)	103
GRAF. 47: DOPAD NA ŽIV. PROSTŘ., SROVNÁNÍ, DOPRAVA, KAT. (ECO-INDIKÁTOR 99).....	104
GRAF. 48: DOPAD NA ŽIV. PROSTŘ., SROVNÁNÍ, DOPRAVA, SKUP. (ECO-INDIKÁTOR 99).....	104
GRAF. 49: DOPAD NA ŽIV. PROSTŘ., SROVNÁNÍ, ZPRACOVÁNÍ, KAT. (ECO-INDIKÁTOR 99)	105
GRAF. 50: DOPAD NA ŽIV. PROSTŘ., SROVNÁNÍ, ZPRACOVÁNÍ, SKUP. (ECO-INDIKÁTOR 99)	105
GRAF. 51: DOPAD NA ŽIV. PROSTŘ., SROVNÁNÍ, SKLOTEXTIT, KAT. (ECO-INDIKÁTOR 99)	106
GRAF. 52: DOPAD NA ŽIV. PROSTŘ., SROVNÁNÍ, SKLOTEXTIT, SKUP. (ECO-INDIKÁTOR 99)	106
GRAF. 53: DOPAD NA ŽIV. PROSTŘ., SROVNÁNÍ, OCEL, KAT. (ECO-INDIKÁTOR 99).....	107
GRAF. 54: DOPAD NA ŽIV. PROSTŘ., SROVNÁNÍ, OCEL, SKUP. (ECO-INDIKÁTOR 99)	107
GRAF. 55: VÁŽENÁ DATA, OCELI, MODELY LCA, SKUPINY (ECO-INDIKÁTOR 99).....	109

Seznam použité literatury

- [1] REMTOVÁ, Květoslava. *EKODESIGN*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2003. 16s. ISBN 80-7212-230-4
- [2] ÚŘEDNÍ VĚSTNÍK EVROPSKÉ UNIE. *SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2005/32/ES ze dne 6.července 2005 o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign energetických spotřebičů a o změně směrnic Rady 92/42/EHS a Evropského parlamentu a Rady 96/57/ES a 2000/55/ES* [CD-ROM].
- [3] ECOLIFE Network. *ECO-DESIGN GUIDE* [online]. Dostupný na:
<www.ihrt.tuwien.ac.at/sat/base/ecolife/Ecodesign%20guide%20version_31_07_2002.pdf>
- [4] Centrum inovací a rozvoje. *Ecodesignový projekt* [online]. Dostupný na:
<http://www.cir.cz/issphp/upload/domain_961442/71542184a55a149996cac6cd4a525be9.pdf>
- [5] Centrum inovací a rozvoje. *Příručka pro výrobce EEZ* [online]. Dostupný na:
<http://www.cir.cz/issphp/upload/domain_961442/da57c27b6e9c00e6c8e48b37a5dd7c53.pdf>
- [6] Portál veřejné správy České republiky. *Ekologicky šetrný výrobek* [online]. Dostupný na:
<http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701/_s.155/708?POSTUP_ID=34&PRVEK_ID=342>
- [7] Portál veřejné správy České republiky. *Změna zákona o hospodaření energií* [online]. Dostupný na:
<http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701/.cmd/ad/.c/313/.ce/10821/.p/8411/_s.155/701?PC_8411_l=393/2007&PC_8411_ps=10&PC_8411_text=ekodesign#10821>
- [8] ČERNÍK, Bohumil aj. *Studie hodnocení životního cyklu výrobku (podle ISO 14040/43LCA) Podlahový vysavač ETA 1450 Proximo* [CD-ROM].
- [9] ČERNÍK, Bohumil aj. *Environmentální deklarace výrobku (EDP): Podlahový vysavač ETA 1450 Proximo* [CD-ROM]
- [10] Česká technická norma. ČSN EN ISO 14040 *Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova*.

- [11] Česká technická norma. ČSN EN ISO 14044 *Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Požadavky a směrnice*.
- [12] GOEDKOOOP, Mark. PRé Consultants. *Short Introduction to SimaPro 7* [CD-ROM].
- [13] GOEDKOOOP, Mark; DE SCHRYVER, An; OELE, Michiel. PRé Consultants. *Introduction to LCA with SimaPro 7* [CD-ROM].
- [14] GOEDKOOOP, Mark; DE SCHRYVER, An; OELE, Michiel. PRé Consultants. *SimaPro 7 Tutorial* [CD-ROM].
- [15] GOEDKOOOP, Mark; OELE, Michiel; EFFTING Suzanne. PRé Consultants. *SimaPro Database Manual Methods library* [CD-ROM].
- [16] BENEŠ, David. *Technologie zpracování elektroodpadu – všeobecně* [online]. Dostupný na: <http://www.waste.cz/pdf/12-03/TecEIVseobec.pdf>
- [17] Efficiency & Eco-design. *Ecodesign Glossary* [online]. Dostupný na: <http://www.leonardo-energy.org/ecodesign/Files/glossary.pdf>
- [18] Wilkhahn. *Picto 20* [online]. Dostupný na: <http://pdf.archiexpo.com/pdf/wilkhahn/picto-9881-6234.html>

