ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2301 – Strojní inženýrství
Studijní zaměření: 2301R016 – Stavba výrobních strojů a zařízení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vliv výběru konstrukčních materiálů na životní prostředí

Autor: **Tomáš BLÁHA**

Vedoucí práce: **Ing. Ivana MAZÍNOVÁ, Ph.D.**

Akademický rok 2017/2018

Oficiální zadání práce

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.
Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne: ……. . . . . .
podpis autora

Autorská práva

Podle zákona o právu autorském č. 35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků diplomové práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků nebo jakékoli nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	**Příjmení** Bláha	**Jméno** Tomáš
STUDIJNÍ OBOR	2301R016 – Stavba výrobních strojů a zařízení	
VEDOUCÍ PRÁCE	**Příjmení (včetně titulů)** Ing. Mazínová, Ph.D.	**Jméno** Ivana
PRACOVIŠTĚ	ZČU – FST – KKS	

DRUH PRÁCE	~~**DIPLOMOVÁ**~~	**BAKALÁŘSKÁ**	**Nehodící se škrtněte**
NÁZEV PRÁCE	Vliv výběru konstrukčních materiálů na životní prostředí		

FAKULTA	strojní		**KATEDRA**	KKS		**ROK ODEVZDÁNÍ**	2018

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	66		**TEXTOVÁ ČÁST**	66		**GRAFICKÁ ČÁST**	0

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) **ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY**	Tato práce se zaměřuje na zkoumání vlivu volby výběru materiálu na životní prostředí. Jejím cílem je seznámit čtenáře s možností navrhovat a produkovat kvalitní výrobky, které nebudou zatěžovat přírodní prostředí.
KLÍČOVÁ SLOVA **ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE**	ekologičnost, jednoduchost, objektivní rozhodování, eko-data , LCA, eko-audit

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	**Surname** Bláha	**Name** Tomáš
FIELD OF STUDY	2301R016 – Design of Manufacturing Machines and Equipment	
SUPERVISOR	**Surname (Inclusive of Degrees)** Ing. Mazínová, Ph.D.	**Name** Ivana
INSTITUTION	ZČU – FST – KKS	

TYPE OF WORK	~~**DIPLOMA**~~	**BACHELOR**	**Delete when not applicable**
TITLE OF THE WORK	Influence of Engineering Materials Selection on Environment		

FACULTY	Mechanical Engineering		**DEPARTMENT**	KKS		**SUBMITTED IN**	2018

NUMBER OF PAGES (A4 and eg. A4)

TOTALLY	66		**TEXT PART**	66		**GRAPHICAL PART**	0

BRIEF DESCRIPTION (MAX 10 ŘÁDEK) **TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS**	This bachelor thesis focuses on the study of the influence of choice of material on the environment. Its aim is to familiarize the reader with the possibility to design and produce quality products that will not burden the natural environment.
KEY WORDS	ecology, simplicity, making objective decisions, eco-data, LCA, eco-audit

Poděkování

Zde bych chtěl poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Ing. Ivaně Mazínové, Ph.D. za vstřícnost a nápomocnost při zpracovávání. Dále bych chtěl poděkovat Pavlíně Vodičkové za korekturu textu a občasné konzultace. Nakonec bych chtěl poděkovat své rodině za podporu při studiu.

Obsah

1 Úvod ... 11
2 Materiály a jejich zdroje ... 12
2.1 Zdroje materiálů ... 12
2.2 Spotřeba materiálů ... 12
2.3 Zdroje energie a její spotřeba ... 13
2.4 Spotřeba vody ... 14
2.5 Rezervy a zdroje ... 15
3 Proces návrhu ... 17
4 Životní cyklus materiálu ... 18
4.1 Úvod ... 18
4.2 Metody analýzy životního cyklu materiálu ... 18
4.3 Postup návrhu. ... 18
4.4 Životní cyklus materiálu. ... 19
4.5 Posuzování životního cyklu materiálu (LCA) ... 20
4.5.1 Cíle a rozsah ... 20
4.5.2 Spojená opatření: Eko-indikátory ... 22
4.5.3 Zefektivnění (zjednodušení) LCA a eko-kontroly ... 22
4.5.4 Maticová metoda. ... 23
4.6 Strategie ... 23
5 Eko-data ... 25
5.1 Přesnost dat ... 25
5.2 Eko-vlastnosti materiálů ... 25
5.2.1 Eko-vlastnosti: materiál ... 25
5.2.2 Eko-vlastnosti: zpracování ... 26
5.2.3 Eko-vlastnosti: Recyklace a konec života ... 26
5.3 Výjimky v datech ... 27
5.3.1 Drahé kovy ... 27
5.3.2 Elektronika ... 27
5.3.3 Materiály používané ve stavitelství ... 27
5.4 Práce s daty ... 27
5.4.1 Energetická intenzita fosilních paliv a jejich uhlíková stopa ... 27
5.4.2 Ropná a uhlíková ekvivalence elektrické energie ... 27

5.4.3 Transport ... 28
5.4.4 Energetická a uhlíková stopa při používání. ... 28
5.4.5 Používání přírodních materiálů ... 28
5.5 Data, jejich zkoumání a grafy vlastností. ... 29
6 Eko – audit ... 31
7 Udržitelnost ... 33
8 Případová studie – Kuličkové pero ... 35
1.1 První návrh. ... 36
1.1.1 Obsažené materiály: ... 39
1.1.2 Celková hmotnost produktu: ... 39
1.1.3 Energetická stopa produktu ... 39
1.1.4 CO_2 stopa produktu: ... 40
1.2 Druhý návrh. ... 42
1.2.1 Obsažené materiály: ... 43
1.2.2 Celková hmotnost produktu: ... 43
1.2.3 Energetická stopa produktu: ... 43
1.2.4 CO_2 stopa produktu: ... 45
1.3 Porovnání variant ... 46
1.3.1 První návrh (varianta č. 1) ... 46
A. Energetická stopa ... 46
1.3.2 Druhý návrh (varianta č. 2) ... 50
1.3.3 Porovnání ... 53
9 Závěr ... 55
10 Citovaná literatura ... 56

Seznam zkratek

LCA – Life Cycle Assessment (Posuzování životního cyklu)

ISO – International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)

CO_2 – Oxid uhličitý

PET – Polyethylentereftalát

H_2O – Voda

Pozn.: Běžně používané či dodatečně vysvětlené zkratky mohou v seznamu chybět.

Seznam obrázků

Obrázek 1 Graf zobrazující roční produkci 27 materiálů, které jsou podstatné pro průmysl (ASHBY, Materials and the Environment, 2012) 13
Obrázek 2 Graf zobrazující roční spotřebu energie podle zdrojů (ASHBY, Materials and the Environment, 2012) 14
Obrázek 3 Grafické znázornění zásob vody 15
Obrázek 4 Rozlišení rezerv a zdrojů (ASHBY, Materials and the Environment, 2012) 16
Obrázek 5 Životní cyklus materiálu 19
Obrázek 6 Ukázka maticové metody (ASHBY, Materials and the Environment, 2012) 23
Obrázek 7 Sloupcový graf zobrazující hodnoty Youngova modulu (E) pro jednotlivé rodiny (ASHBY, Materials and the Environment, 2012) 29
Obrázek 8 Bublinový diagram zobrazující modul E a hustotu (ASHBY, Materials and the Environment, 2012) 30
Obrázek 9 Vyobrazení pilířů udržitelného rozvoje 34
Obrázek 10 Kuličkové pero 35
Obrázek 11 Rozložené kuličkové pero 35
Obrázek 12 Hrot kuličkového pera a kulička 36
Obrázek 13 Kryt na zásobník na náplň kuličkového pera 36
Obrázek 14 Držák hrotu kuličkového pera 37
Obrázek 15 Zásobník na náplň kuličkového pera 38
Obrázek 16 Víčko kuličkového pera 38
Obrázek 17 Graf energetické stopy v jednotlivých fázích života produktu 47
Obrázek 18 Graf CO2 stopy v jednotlivých fázích života produktu (varianta č. 1) 49
Obrázek 19 Graf energetické stopy v jednotlivých fázích života produktu (varianta č. 2) 51
Obrázek 20 Graf CO2 stopy v jednotlivých fázích života produktu (varianta č. 2) 53
Obrázek 21 Grafické porovnání energetických stop obou variant 54
Obrázek 22 Grafické porovnání CO2 stop obou variant 54

Seznam tabulek

Tabulka 1 Energetická stopa v jednotlivých fázích života produktu (varianta č. 1) 46
Tabulka 2 Energetická stopa ve fázi výroby materiálu (varianta č. 1) 46
Tabulka 3 Energetická stopa ve fázi výroby produktu (varianta č. 1) 46
Tabulka 4 Energetická stopa ve fázi konce života produktu (varianta č. 1) 47
Tabulka 5 CO2 stopa ve fázi výroby materiálu (varianta č. 1) 48
Tabulka 6 CO2 stopa v jednotlivých fázích života produktu (varianta č. 1) 48
Tabulka 7 CO2 stopa ve fázi konce života produktu (varianta č. 1) 48
Tabulka 8 CO2 stopa ve fázi výroby produktu (varianta č. 1) 48
Tabulka 9 Energetická stopa v jednotlivých fázích života (varianta č. 2) 50
Tabulka 10 Energetická stopa ve fázi výroby materiálu (varianta č. 2) 50
Tabulka 11 Energetická stopa ve fázi výroby produktu (varianta č. 2) 50
Tabulka 12 Energetická stopa ve fázi konce života produktu (varianta č. 2) 50
Tabulka 13 CO2 stopa v jednotlivých fázích života materiálu (varianta č. 2) 52
Tabulka 14 CO2 stopa ve fázi výroby materiálu (varianta č. 2) 52
Tabulka 15 CO2 stopa ve fázi výroby produktu (varianta č. 2) 52
Tabulka 16 CO2 stopa ve fázi konce života produktu (varianta č. 2) 52
Tabulka 17 Porovnání energetických stop obou variant 53
Tabulka 18 Porovnání CO2 stop obou variant 54

Seznam příloh

Příloha č. 1: Použité materiálové listy 56

Příloha č. 2: Vypracovaný slovník 63

1 Úvod

Technický vývoj civilizace stále exponenciálně roste a každým novým pokrokem či objevem se otevírají nové a nové možnosti. Populace vyspělých zemí si zvyká na stále větší a větší komfort života, ale mnohdy na úkor ostatních populací rozvojových zemí. Technický vývoj roste až příliš rychle a už dlouho je přehlížen dopad lidského jednání na planetu a na životní prostředí. To začíná být s technickým vývojem stále více zatěžováno, a také likvidováno. Stále se, kvůli zvyšující se produkci odpadu, hledají nové způsoby jeho zpracování, ale ani dosavadní metody toto množství nedokážou zpracovat. Odpad se tedy začíná dostávat do ekosystému, který ho v takovém množství nezpracuje, a proto se odpadem zanáší stále víc.

Tato práce je věnována problematice vlivu výběru konstrukčního materiálu na životní prostředí, jejím cílem je seznámit čtenáře s problémy spojenými s volbou materiálu a s jeho zpracováváním. Práce je koncipovaná tak, ať zahrne problematiku pokud možno celého životního cyklu materiálu. Je zde poměrně široce řešeno téma získávání materiálů, jejich zdroje a rezervy, a jaké dopady má získávání materiálů na životní prostředí.

Dále je zde uveden stručný proces samotného navrhování, který má pouze ujasnit postup při návrhu. Práce pokračuje kapitolou zabývající se životním cyklem materiálu, kdy se jedná o jednu z nejpodstatnějších částí této práce, neboť její znalost je potřebná ke zmírňování dopadu na životní prostředí a je zde též vysvětlena metoda LCA, která je jednou z nejdůležitějších metod při zkoumání životního cyklu.

Následně se čtenář seznámí s eko-daty a s jejich používáním, bez čehož by zkoumání dané problematiky nebylo možné. Čtenáři jsou dále představeny různé zdroje dat a forma zpracování a zobrazení dat za účelem přehlednosti a snadnosti jejich použití. Za tímto tématem je popsán průběh eko-auditu s jednotlivými vstupy a výstupy. Proč jsou ale všechna tato témata diskutována, a proč by se jimi měl člověk zabývat, je vysvětleno v následující kapitole zabývající se udržitelností.

Na konci této práce je uvedena případová studie, jejímž cílem je demonstrovat ukázku používání získaných informací a postupů. Objektem studie je kuličkové pero, u kterého si požadavky na něj kladené představí prakticky kdokoli. Cílem studie není navrhnout takový produkt, který by splňoval určité pevnostní, či jiné technické požadavky, ale ukázat jak volba jednotlivých materiálů, či jiné rozhodnutí týkající se životního cyklu (např. doprava) dokáže radiálně změnit ekologičnost návrhu.

2 Materiály a jejich zdroje

2.1 Zdroje materiálů

Dnes jsou převážnou většinou používaných materiálů kovy, ty lze však získávat pouze ze surovin, ve kterých se požadovaný kov vyskytuje. Zvolené materiály je pak potřeba vytěžit, oddělit od ostatních materiálů a nakonec až proběhne extrakce kovu. Zde hraje silnou roli bohatost rudy (obsah kovu v rudě), neboť čím je ruda méně bohatá, tím více jí musíme vytěžit a vytřídit. Z čehož vyplývá nárůst energie. Bohatost rudy je určována třídou rudy označována písmenem G. Tato třída se používá pro výpočet ceny materiálu podle vzorce $C_m \approx \frac{10}{G}$ $[\$/kg]$. Avšak takto určená cena zpravidla neodpovídá reálné cenně. Reálná cena je ve většině případů řádově menší, což je způsobeno tím, že zdroj je těžen z lokálního (koncentrovaného) zdroje. Podle uvedeného vztahu totiž dostaneme cenu extrakce, která vychází z celkové bohatosti v zemské kůře, ale reálná cena je počítána pouze z nákladů na extrakci v místě koncentrovaného výskytu.

Materiály se mohu vyplavovat a přemisťovat díky čtyřem stále probíhajícím procesům, které jsou však velice pomalé.

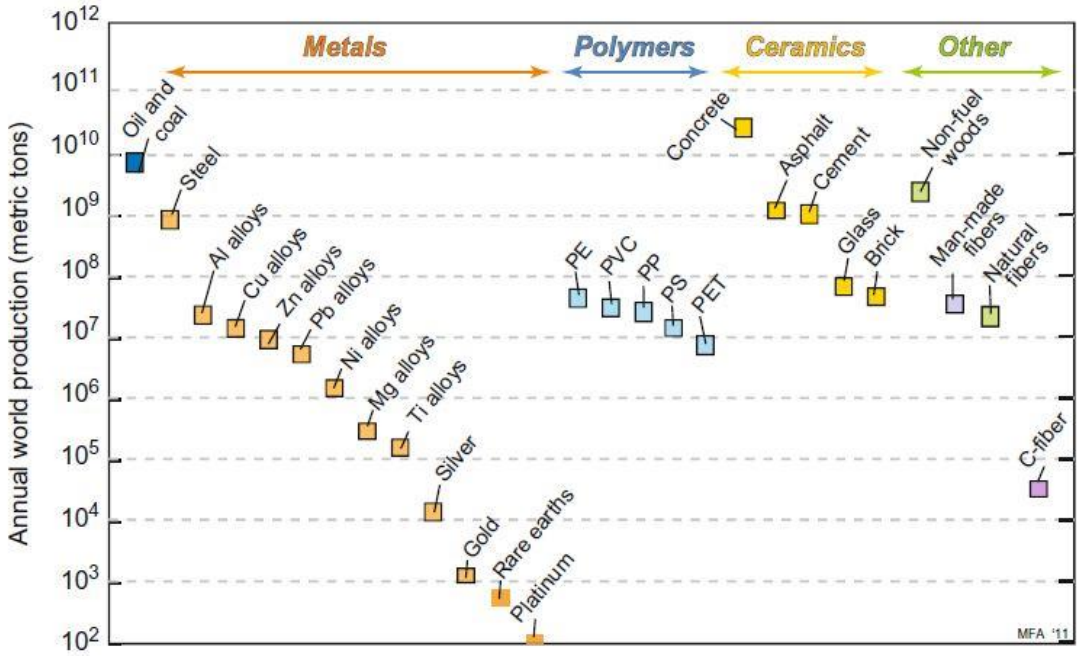
1. Vulkanická činnost – destiluje spodní roztavené materiály, odpařuje těkavé látky, následně látky kondenzují a usazují se.
2. Eroze – pomocí větru a vody jsou rozmělňovány části zemské kůry, a poté jsou vzniklé částice přemístěny na klidnější (bezvětrná) místa, kde se postupně díky gravitaci a vlastní hustotě usadí a oddělí.
3. Voda – rozpouští materiály, které jsou ve vodě rozpustné, a při jejich koncentrovanosti je ukládá vlivem vypařování.
4. Přírodní organismy – jsou schopny v sobě koncentrovat určité látky. Díky tomu mohou vznikat ložiska plynu, uhlí a ropy.

2.2 Spotřeba materiálů

V dnešní době si bez přesného číselně vyjádřeného množství nedokážeme představit, jaké může být množství zdrojů, které spotřebujeme za libovolný časový úsek. Hospodářství je totiž primárně ovlivněno spotřebiteli. Pokud neprobíhá hospodářský růst, pak je hospodářství buďto stagnační, nebo slábnoucí. Na tomto růstu je závislá spotřeba materiálů a energie, která se zvyšuje s jeho zvyšováním. Tato závislost se však může měnit. V posledních 100 letech je například velice dobře viditelné, že závislost růstu na spotřebě materiálu a energií stále roste.

Některé z materiálových zdrojů jsou bohaté, a tedy se u nich nemusíme obávat vzrůstu jejich spotřeby, zde lze jako příklad uvést zdroje hliníku a železa. Jsou však také zdroje, které nejsou tolik bohaté, a to kvůli tomu, že se vyskytují pouze lokálně, náklady na jejich získání jsou často vysoké a omezené. Zde se pak zvyšování spotřeby materiálu mění na znepokojení z toho, že jejich zásoby nebudou věčné. Dále však musíme brát v úvahu, že jakákoliv těžba a zpracování materiálů (ať už vzácných, nebo bohatých) spotřebovává energii, což je také využívaný zdroj.

Spotřeba materiálů stále roste, průměrně na jednu osobu za rok je spotřebováno 1.5 metrické tuny technického materiálu což je zhruba 10 miliard metrických tun za rok. Dále je také za rok spotřebováno 9 bilionů metrických tun ropy a uhlí.



Obrázek 1 Graf zobrazující roční produkci 27 materiálů, které jsou podstatné pro průmysl (ASHBY, Materials and the Environment, 2012)

Na prvním místě je v rodinné spotřebě (na tuny) spotřeba keramických materiálů (přibližně 84%). Druhé místo zaujímá spotřeba přírodních materiálů (přibližně 9%). Na třetím místě pak spotřeba kovů (přibližně 6%) a na posledním místě spotřeba plastů (přibližně 1%). Tato informace se samozřejmě může stále měnit, neboť jedny materiály nahrazují druhé, a stále jsou objevovány nové materiály s novými vlastnostmi.

2.3 Zdroje energie a její spotřeba

Jak již bylo dříve uvedeno, energie je neoddělitelnou částí procesu získávání materiálů, nemluvě o její další roli v cyklu života výrobku. Energii uvádíme v jednotkách joule (J), práci uvádíme ve wattech. Díky vysokým hodnotám však obvykle používáme předponu kilo (kJ, kW), mega (MJ, MW), giga (GJ, GW).

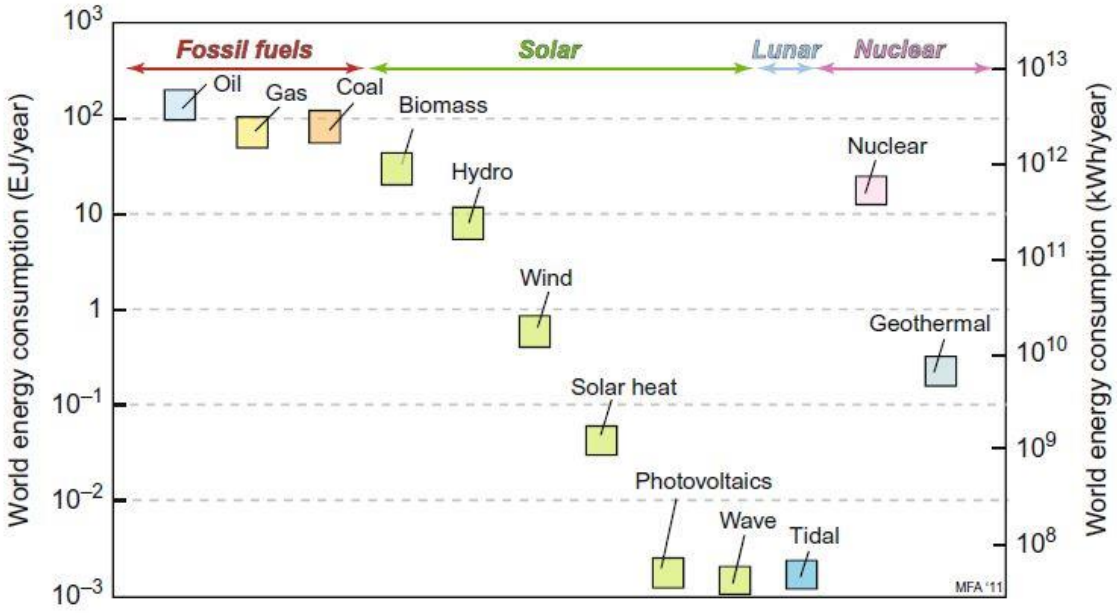
Zdroje energie jsou:

1. Slunce – ovlivňuje vanutí větru, vodu, a jevy podporující tvorbu biomasy.
2. Měsíc – ovlivňuje příliv.
3. Nukleární rozklad nestabilních látek – umožňuje produkci jaderné energie.
4. Uhlovodíková paliva – zdroj sluneční energie uložené ve zkamenělých organismech.

Z určitého pohledu jsou všechny zmíněné zdroje vyčerpatelné, ale podle doby jejich předpokládaného vyčerpání, můžeme považovat slunce, nukleární rozklad a měsíc

za nevyčerpatelné. Přibližná hodnota roční světové spotřeby energie (pro rok 2012) je 500 EJ/rok, kdy 1EJ je miliarda miliard joulů.

Přibližně 86% celkových zdrojů energie zaujímají fosilní paliva. Dalších 7% jaderná paliva a zbylých 7% sluncem řízené zdroje jako voda, vítr, biomasa, solární teplo, atd. Celkem 21% z celkové světové energie je spotřebováno na získávání materiálů. A stejným procentem se podílí na produkci emisí uhlíku do atmosféry. Zbytek energie je využit na dopravu, vytápění, svícení, apod.



Obrázek 2 Graf zobrazující roční spotřebu energie podle zdrojů (ASHBY, Materials and the Environment, 2012)

Různé druhy energie lze přeměnit na jiné, vznikají při tom však ztráty, a to převážně ztráty teplem v nízkých teplotách. Při vysokých teplotách je možnost vznikající teplo využít na produkci energie, ale u nízkých hodnot těchto unikajících teplených ztrát využít většinou nelze. Proto se u transformace energie zavádí účinnost přeměny η, která symbolizuje procento využitelné energie.

Obecně se vyjadřuje jako:

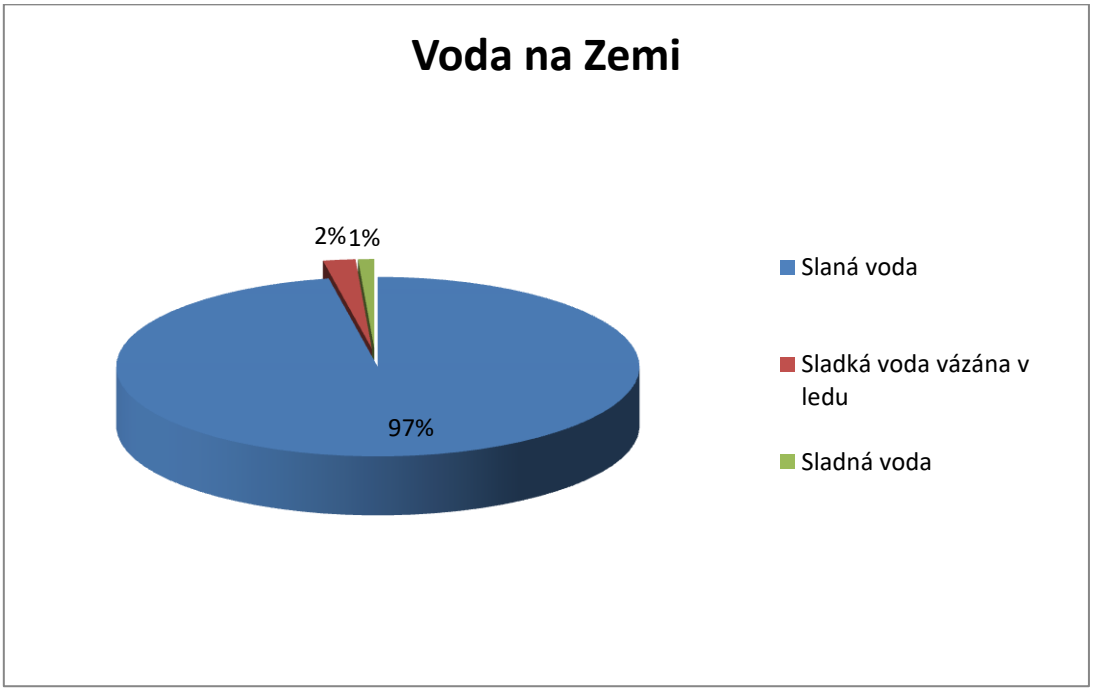
$$\eta = \frac{Energie\ získaná}{Energie\ vložená}\ [-]$$

Takto můžeme lehce určit, jaké jsou energetické ztráty při výrobě, přeměně, přenosu a konečné přeměně energie.

2.4 Spotřeba vody

Může se zdát, že voda s popisovanou tématikou příliš nesouvisí. Opak je však pravdou. Z celkové vody na Zemi je 97% slané vody, zbylé 3% je voda sladká. Dvě třetiny sladké vody vázány ve formě ledu. Průmysl spotřebuje 10% z celkového podílu nezmrzlé sladké vody. Polovina z vody spotřebované průmyslem je potřebná na výrobu energie. To při současném

růstu spotřeby zdrojů naznačuje, že v budoucnu by se i produkce materiálů mohla stát jednou z hlavních členů řídících spotřebu vody.

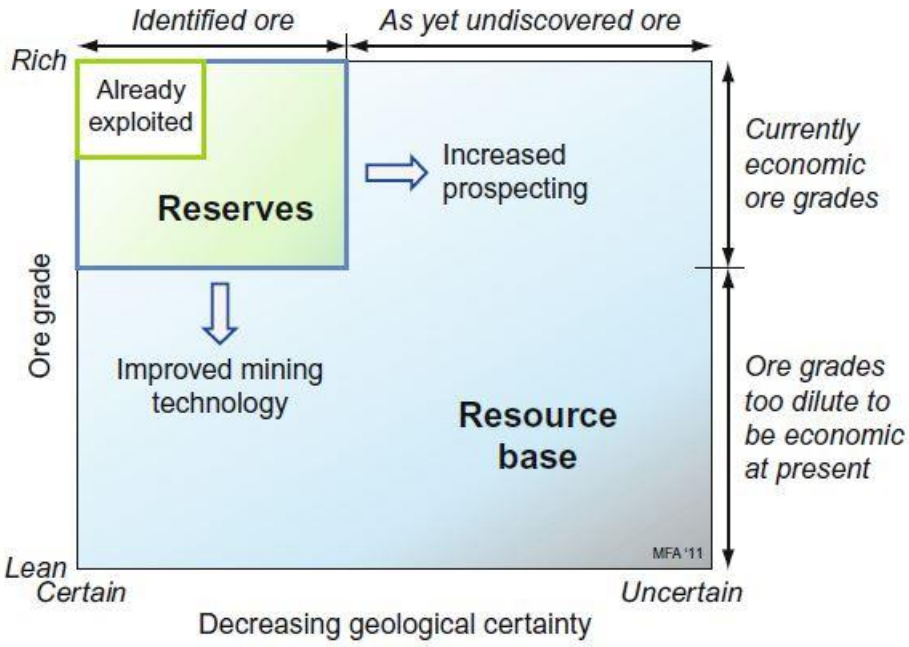


Obrázek 3 Grafické znázornění zásob vody

2.5 Rezervy a zdroje

Rezervy materiálů jsou definovány jako části materiálových nalezišť, která jsou již známá, a mohou být legálně, ekonomicky a s použitím dnešních technologií vytěžena. Rezervy materiálů se značí písmenem R. Nelze se tedy předpokládat, že rezervy jsou veškeré materiály uložené v zemi. Rezervy se mění s ohledem na technickou vyspělost, stav ekonomiky a také na právní předpis. Vyjmenované vlivy je mohou jak rozšiřovat, tak zužovat. Proto jsou rezervy považovány za pružné.

Zdroje materiálů představují skutečný celkový součet, a jsou výrazně větší. Započítávají se sem jak současné rezervy, tak i naleziště, která by mohla být v budoucnu objevena s pomocí průzkumných zařízení. Z čehož vyplývá, že jsou zde zahrnuty jak veškerá již objevená naleziště materiálů, která ovšem nejsou, díky technické vyspělosti, prozatím dostupná, tak i naleziště, která doposud nebyla objevena. Proto je stav zdrojů dosti nejistý.



Obrázek 4 Rozlišení rezerv a zdrojů (ASHBY, Materials and the Environment, 2012)

Faktory, které ovlivňují velikost rezerv, jsou:

1. Cena materiálu – při jejím zvýšení se již vyplatí těžit i z méně výnosnějších rud.
2. Zlepšení technologie – může zvýšit ekonomickou výnosnost rudy.
3. Cena výroby – může ovlivnit ekonomičnost nalezišť.
4. Zákonodárství – změna zákonů ohledně životního prostředí.
5. Vyčerpání – pokud produkce přesáhne průzkum, pak se rezervy zúží.
6. Omezený export – pokud se omezí vývoz určitého potřebného materiálu ze země, která jej dováží, pak se dříve neekonomická naleziště, mohou stát znovu ekonomickými.

Nedá se dobře odhadnout, kdy začnou být zdroje kritické, ačkoliv známe roční produkci a velikost rezerv.

3 Proces návrhu

Nejlepším počátečním bodem ve vývoji výrobku je dobrý mechanický návrh, založený na správné volbě materiálů a procesů. Je tedy snaha o vytvoření či rozvinutí metodiky pro volbu materiálu a procesu, kdy budou jako vstupy brány funkční požadavky návrhu.

Začátkem každého návrhu je buď nový nápad, nebo potřeba trhu. Koncovým bodem pak je specifikace produktu zaplňující potřebu trhu, či ztělesňující nový nápad. Pro zjištění potřeb je však nutné formulovat výkaz potřeb, čili soubor s požadavky na návrh. Pro udržení různorodosti řešení, by neměl tento výkaz obsahovat informace o tom, jak má být úkol vykonán. Dále následují další stádia:

1. Koncept
2. Ztělesnění
3. Detailní návrh

V procesu návrhu je produkt označován za technický systém, ten se dále dělí do podskupin (podsestav) a do jednotlivých komponent. Tento popis je výhodný, leč použitelný jen u již existujícího produktu, u doposud nenavržených produktů je těžko použitelný. Proto je výhodnější funkční struktura, která zvažuje vstupy a výstupy materiálu, energie a informací. Jedná se vlastně o systémovou analýzu (systém je zde rozdělen na funkční podsystémy) technického systému, která umožňuje alternativní myšlení.

Následně se v návrhu separují jednotlivé funkce a jsou k nim vytvořeny návrhy, jak mohou být splňovány či prováděny. Tyto návrhy se následně vzájemně propojují a kombinují s cílem získání nejlepší varianty.

Dále se pokračuje rozvíjením konceptů, které mají plnit funkce udané ve funkční struktuře. Zde je stále možné různě kombinovat a upravovat jednotlivé alternativní koncepty.

V následujícím kroku „Ztělesnění“ se analyzují nejslibnější koncepty a je snaha o jejich přibližné zhodnocení. V tomto kroku se dále provádí volba materiálu, dimenzování jednotlivých komponent s ohledem na teploty a prostředí, ve kterém bude produkt používán. Informace o prostředí a teplotách čerpáme z požadavků na návrh. Výstupem z tohoto kroku je proveditelný projekt. Následuje krok nazývaný detailní návrh, ve kterém jsou vypracovány specifikace pro každou komponentu. Nejkritičtější komponenty jsou podrobeny termální a mechanické analýze a zároveň jsou na ně použity optimalizační metody. Následně se provedou konečné volby materiálů, rozměrů, tvarů a jsou navrhnuty a naceněny výrobní postupy. Výstupem z tohoto kroku je detailní výrobní specifikace.

Zmíněné tři kroky jsou silně vzájemně provázány, ale je zde jeden nedostatek. Tím je nutnost se při zkoumání detailu vracet do zkoumání alternativ.

4 Životní cyklus materiálu

4.1 Úvod

Materiály jsou získávány, aby byly následně použity pro produkci výrobku. Výrobky jsou potom prodávány a následně používány jejich majiteli. Na konci funkčního období však musí být vyřazeny a odvezeny k likvidaci. Zde pak lze pozorovat, že (na rozdíl od živých bytostí) mohou být materiály obsažené ve výrobku po vyřazení znovu zpracovány na nové výrobky. V průběhu uvedených etap se spotřebovává energie a materiály různých druhů (na provoz, výrobu, likvidaci, atd.).

4.2 Metody analýzy životního cyklu materiálu

Pro popsání a zmapování životního cyklu materiálu se používá metoda „Posuzování životního cyklu“, se označuje anglickou zkratkou „LCA“. Může mít i několik forem zpracování. Některé mohou být formou stručného nákresu, nebo může být velice podrobná, zahrnující veškeré detaily. Cílem, pro který je používaná, je zaznamenat v jednotlivých fázích životního cyklu materiálu spotřebu zdrojů a množství vyloučených emisí. Ve výsledku by metoda měla popisovat život materiálů. Přesněji znázorňuje, kde materiály byly, co s nimi bylo provedeno a jaký to mělo vliv (dopad) na jejich okolí. Tato LCA metoda napomáhá konstruktérům dosáhnout bezpečného a cenově dostupného návrhu. Zároveň napomáhá minimalizovat čerpání zdrojů a vypouštění nežádoucích emisí. Pro tuto potřebu však nejsou příliš dobře použitelné kompletní LCA analýzy, díky vysoké náročnosti jak cenové, tak časové. Častěji se proto používají efektivnější stručné verze LCA, které obsahují méně informací, ale zároveň dostatečné množství pro umožnění správného výběru materiálu.

4.3 Postup návrhu.

Aby bylo něco navrhnuto, musí se objevit spouštěč. V tomto případě může být spouštěčem buďto nový nápad, nebo potřeby trhu. Následně se provede návrh, podle kterého se vyrobí produkt, který by měl tyto potřeby uspokojit, nebo by měl ztělesnit nový nápad. K tomu je nutné přesně definovat potřeby (tzv. přehled potřeb). Proces pak prochází přes tři základní stupně.

Prvním stupněm je koncept, kdy konstruktér vybírá různé alternativní koncepty, které budou splňovat hlavní požadovaný funkční princip. Tyto koncepty pak mezi sebou různě kombinuje a snaží se složit nejvhodnější variantu.

Druhý stupeň je ztělesnění, kdy se vychází z nejslibnějšího konceptu. Další částí ztělesnění je dimenzování a volba matriálu jednotlivých součástí tak, aby nejlépe splňovaly kladené nároky. Dále se také zkoumají dopady na výkon a cenu výrobku. Na konci tohoto stupně je vytvořen realizovatelný návrh.

Po vytvoření návrhu následuje třetí stupeň, kterým je detail. Zde je navrhnuta specifikace jednotlivých součástí. Které jsou následně zkoumány a podrobeny mechanickým a termálním analýzám (pouze součásti, u kterých je to nutné). Dále jsou podrobeny optimalizačním metodám. Následně proběhne konečná volba geometrií, materiálů a upřesnění výroby. Dopady výrobku na životní prostředí jsou určeny jednotlivými rozhodnutími

v průběhu návrhu, je však velmi důležité provádět detailní zkoumání dopadů celého životního cyklu.

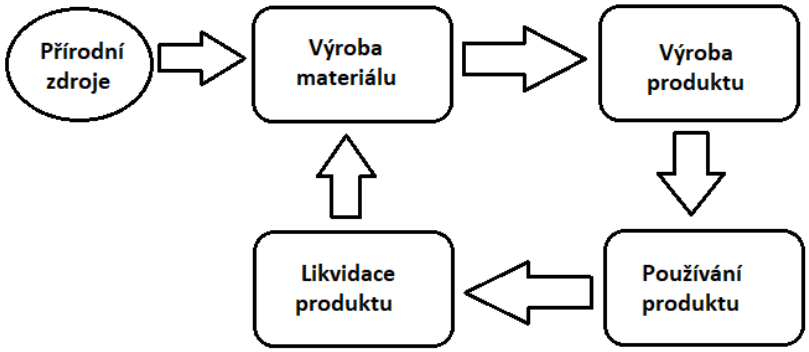
4.4 Životní cyklus materiálu.

Životní cyklus lze názorně popsat na živých organismech. Organismus se narodí, vyvíjí, dospívá, roste a nakonec stárne a umírá. Ovšem během všech těchto etap je možné sledovat, že jejich chování, žití a vliv závisí na vztahu k prostředí kolem nich. Myšlenka životního cyklu byla již použita v managementu, v sociálních vědách, v produktovém designu. U výrobků se tedy pojem životní cyklus také používá, ale v dnešní době se řeší převážně vztah a interakce s přírodním prostředím. Výrobky jsou vyrobeny z určitých materiálů, které jsou hlavním předmětem interakce s přírodním prostředím. Aby bylo možné studovat výrobek a jeho životní cyklus, je nutné posuzovat dopady na prostředí spojené s jeho životními etapami

Životní etapy výrobku:

1. Výroba materiálu
2. Výroba produktu
3. Používání výrobku
4. Konec života produktu – likvidace

Jednotlivé etapy mohou být dále rozděleny do více podetap, ale různé druhy výrobků mohou mít odlišné etapy. Proto budou použity tyto obecné etapy, které jsou u jakéhokoliv výrobku.



Obrázek 5 Životní cyklus materiálu

V průběhu všech etap životního cyklu materiálu je spotřebováváno určité množství energií a materiálu, ale zároveň je produkováno určité množství nežádoucích vedlejších produktů.

Na vytvoření jakéhokoliv výrobku je potřeba energie a materiál, které jsou čerpány z určitých přírodních zdrojů. Každý výrobek nakonec doslouží a již nemůže plnit funkci, pro kterou je určen, pak je rozebrán a roztřízen na jednotlivé materiály. Jen zlomek těchto materiálů je zařazen do recyklační smyčky. Zbytek putuje do spaloven nebo na skládky.

Během všech životních etap výrobku jsou spotřebovávány energie a materiál, ale také jsou produkovány nechtěné (přidružené) produkty. Ty mohou být ve formě plynů, kapalin, pevných částic a uniklého tepla. Některé vedlejší produkty mohou být v určitém množství neškodné, ale pokud je překročena hranice, do které se s tím prostředí vyrovná, tak již začnou být nebezpečné. Někdy je hranice překročena pouze lokálně, pak je původce takového převýšení pokutován a je možné jej určitými prostředky omezit. Avšak pokud se překročení hranice stane v globálním měřítku, pak je těžké najít viníka a převýšení je přičteno na účet celé společnosti. Studium spotřeby zdrojů, produkce emisí a dopadů na prostředí se nazývá „Posuzování životního cyklu“ (LCA).

4.5 Posuzování životního cyklu materiálu (LCA)

Oficiálně byla, v roce 1997 mezinárodní standardizační (normovací) organizací, vydána norma pro vedení LCA (ISO 14040 spolu s jejími přidruženými podsoubory 14041, 14042, 14043). Tato norma předepisuje postupy jak tvořit LCA.

Studie musí zkoumat toky energie a materiálu do:

- Získávání surového materiálu
- Výroby a zpracování
- Distribuce a uskladnění
- Použití, údržby a oprav
- Možností recyklace
- Zpracování odpadů

Postup je možné shrnout do následujících kroků

4.5.1 Cíle a rozsah

- *Proč posuzujeme?*
- *Co posuzujeme?*
- *Jaké životní etapy jsou posuzovány?*

1. **Stanovení hranic.**
   Problémem této fáze je určit rozsah posuzování. Je možné posuzovat jednotlivé etapy života výrobku, ale to může mít za následek zvyšování spotřeby zdrojů a energie v ostatních fázích. Posuzování jednotlivých etap (např. výroby) je nazýváno studií „od brány k bráně“, což znamená, že výrobce posuzuje pouze to, nad čím má kontrolu. Podle šíře rozsahu lze hranice systému rozdělit na 3 druhy:

a) Hranice systému A – Zde je sledována pouze jedna životní etapa.

b) Hranice systému B – Zde je sledován celý životní cyklus (Produkce materiálu, Výroba produktu, Používání produktu, Likvidace produktu). Dále jsou zde začleněny zdroje a energie potřebné k zrození produktu.
c) Hranice systému C – Zde jsou již sledovány všechny etapy životního cyklu materiálu, zdroje materiálu i energie, zdroje na výrobu zařízení pro těžbu atd. Jedná se tedy v podstatě o nekonečnou rešerši.

Problém nekonečné rešerše je důvod, proč se hranice C nedají využívat.

2. Shrnutí seznamu (inventáře)

- *Jaké jsou spotřebovány zdroje?*
- *Jaké jsou vypuštěny emise?*

Po prvním kroku (zvolení hranic) přichází krok druhý: sběr dat a vytvoření inventáře – nahromadění dat o zdrojích procházejících do systému a emisích ze systému vycházejících. Zde se vyskytuje problém se způsobem, jak správně měřit množství. Toto množství vždy nelze měřit na kila, či metry krychlové výsledného produktu, ale nejčastěji je měřeno na jednotku funkce. Například u plastových lahví na limonádu by se mohlo měřit na objem obsažené limonády.

Dalším problémem však je, že v jednotlivých životních fázích se jednotky různě mění. Například, pokud vycházející materiál z fáze 1. a vstupující materiál do fáze 2. je nakupován (obchodován) na hmotnost. Je patrné, že funkční jednotkou je zde váha, proto používáme jako měřítko váhu. Výstup z fáze 2. je produkt, proto zde může být použit, jako funkční jednotka, počet. Ve fázi použití je pak nejdůležitější funkční jednotka produktu, zde by bylo nejlepší použít za měřítko funkční jednotku.

K detailnímu (podrobnému) rozhodnutí je nezbytné provést analýzu inventáře, posouzení spotřeby zdrojů a produkce emisí za funkční jednotku. Mnohdy není smysluplné se zaobírat každým šroubkem, proto je zde možnost stanovit si, že zahrneme pouze komponenty, které tvoří 95% hmotnosti výrobku, zde je však riziko, že budou zanedbány malé, avšak náročné a nezbytné součástky (např. v elektronice).

3. Stanovení dopadů (vlivů)

- *Jaký má spotřeba materiálu a vypouštění emisí dopad na prostředí?*

Čerpání zdrojů a vypouštění emisí nejsou vždy stejně závažné dopady, mohou být více či méně vážné. Do kategorií dopadů patří: Vyčerpání zdrojů, Globální oteplování, Vyčerpání ozonu, Okyselení, Eutrofizace, Lidská toxicita a další. Jednotlivé dopady jsou násobeny množstvím položek inventáře podle „faktoru posouzení dopadů“, což je měřítko toho, jak hluboce položka inventáře ovlivňuje jednotlivé kategorie dopadů. Celkové ovlivnění každé kategorie je nalezeno násobením množství emisí odpovídajícím faktorem posouzení dopadů a součtem podílů jednotlivých komponent produktu.

4. Interpretace

- *Co jsme se dozvěděli?*
- *Co lze udělat s případnými špatnými výsledky?*

Je potřeba zodpovědět určité otázky vyžadované normami ISO, na zodpovězení těchto otázek je však potřeba specialistů.

Všechny uvedené korky utvářejí kompletní LCA analýzu, která je náročná na čas i na náklady a jsou k ní potřeba experti. Ačkoli je velice podrobná, tak přílišná preciznost není nezbytná.

Výsledky jsou však často velmi neurčité. Vstupy zdrojů a energií mohou být monitorovány přímou a rozumně precizní cestou. Výstupy emisí však spíše spoléhají na sofistikované sledovací vybavení, které však není vždy úplně přesné. Dále je zde problém posouzení dopadů jednotlivých emisí, které ovlivňují dopadové kategorie kvůli okrajovým efektům, které však také obsahují určitou neurčitost. Díky těmto neurčitostem mohou vznikat nepříjemné chyby.

LCA má svou hodnotu jako nástroj na posuzování výrobku, ale není konstrukčním nástrojem.

4.5.2 Spojená opatření: Eko-indikátory

Výstupy z LCA lze zestručnit do jednotlivých opatření, které se často nazývají eko-indikátory. Zestručnění je prováděno díky neurčitostem v LCA.

Tvorba eko-indikátorů probíhá ve čtyřech nezbytných fázích:

1. Třídění dat (emise, energie, čerpání materiálů) podle dopadu, které způsobují.
2. Normalizace pro odstranění jednotlivých dat a redukování do běžné škály.
3. Přiřazování váhy podle závažnosti dopadů (vážnější dopad má větší váhu).
4. Součet normalizovaných opatření s přidanou vahou.

Eko-indikátory jsou nejvíce používány v první fázi životního cyklu (produkce materiálu). Hodnoty eko-indikátorů pro materiály se ukládají do datových tabulek (datových listů), jsou však kritizovány kvůli normou nepodloženému přidělování vah, a také kvůli fyzikálně neopodstatněné povaze indikátorů. Za více směrodatná se považují konstrukční rozhodnutí, která jsou založena na měřitelném množství, jako například spotřeba energie, produkce uhlíku do atmosféry.

Ve výsledku je kompletní LCA nejúplnější, ale také vyčerpávající analýzou dopadu produktu na životní prostředí. Pro provedení konstrukčních rozhodnutí, speciálně volby materiálu, je potřeba jiný nástroj, který umožní rychlou „co když?“ kontrolu, zpřístupňující konstruktérovi alternativní možnosti.

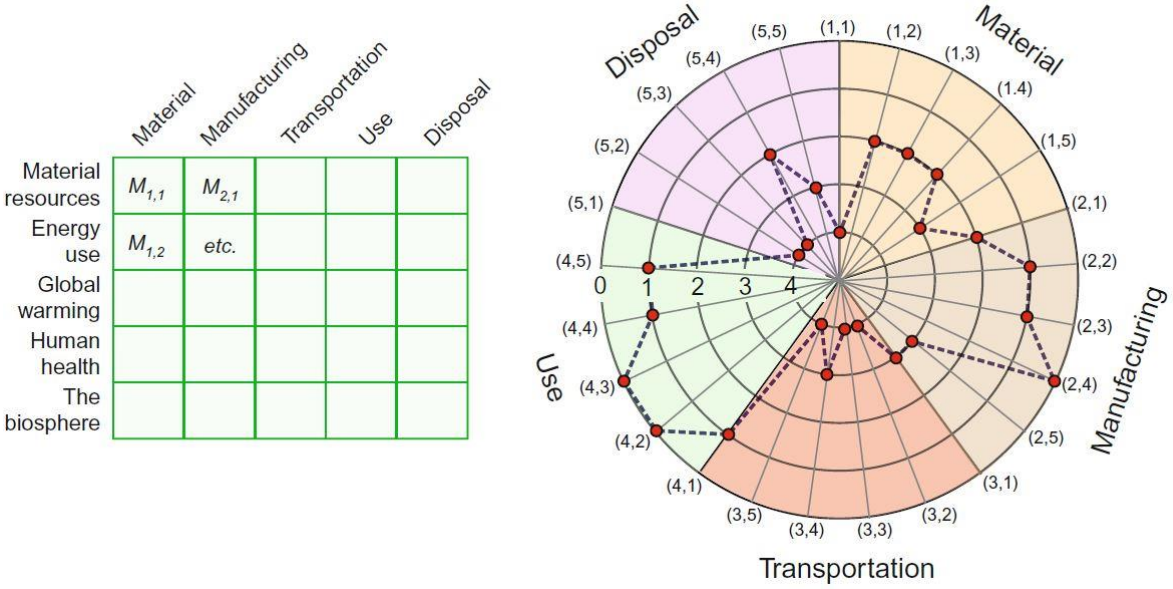
4.5.3 Zefektivnění (zjednodušení) LCA a eko-kontroly

Dochází ke zvyšování tlaku od zákonodárných orgánů na výrobce, kteří jsou nuceni přijímat odpovědnost za ovlivňování životního prostředí. Podle evropské směrnice 2005/32/EC týkající se výrobku využívajících energii, musí firmy prokazovat, že „zvážili“ použití energie v materiálu, výrobě, balení, transportu, použití a konci života. Z toho lze usuzovat, že by výrobci museli provádět kompletní LCA pro všechny své výrobky, což by bylo silně omezující. To dalo popud k rozvoji a ulehčení metodiky LCA. Byly vytvořeny dva

druhy metod. První vznikla zjednodušením, a soustřeďuje se na nejvýznamnější vstupy, zatímco ostatní zanedbává. Druhá metoda jsou softwarové nástroje, které mají za úkol ulehčit tvorbu LCA. Práce bude zaměřena na zjednodušené metody.

4.5.4 Maticová metoda.

Kompletní LCA je kvůli své komplexnosti špatně použitelná jako konstrukční nástroj. Stručná LCA má své základy založené na redukci seznamu zdrojů s tím, že přijímá stupeň odhadu. Jeden z pokusů je zjednodušit, ale zároveň se pokusit zachovat kvantitativní analýzu, ten pracuje s čísly. Další pokus řeší spíše kvalitativní analýzu.



Obrázek 6 Ukázka maticové metody (ASHBY, Materials and the Environment, 2012)

Maticová metoda má různé varianty. Její výhoda však spočívá v tom, že je flexibilní a lehce přizpůsobitelná různým produktům a samozřejmě také v nízkých nákladech. Dokáže zahrnout i méně výrazné emise i s jejich dopady. Její nevýhodou jsou její zdroje ve zkušenostech a posouzení, což jí dělá nepoužitelnou v rukou začátečníka.

4.6 Strategie

Je potřeba zvolit strategii hodnocení tak, aby nebyla příliš nákladná, ale zároveň zajistila dostatečnou přesnost pro vedení rozhodování. A dále by měla být flexibilní, dostatečně jednoduchá a umožnit rychlé „co když?“ zkoumání alternativ. K dosažení tohoto cíle je nutné se zbavit mnoha detailů, komplexnosti předpisů metod LCA a zaměřování se na vícero cílů. Za tímto účelem byl vyvinut postup, který se skládá ze tří částí.

1. **Zavedení jednoduchých jednotek zatěžování životního prostředí.**
2. **Rozlišování jednotlivých fází života.**

To prováníme za účelem zpřehlednění toho, jaká fáze je nejvíce dominantní a tedy kterou je nutno se zaměřit nejprve. Dále určuje, s jakou přesností je třeba měřit data, pokud známe hodnoty jednotlivých etap.

3. **Založit další akci za účelem snížení energie, nebo uhlíku.**
   Podle dominance jednotlivých fází života v produkci emisí a spotřebě energie je potřeba volit jednotlivé návrhy na redukci těchto faktorů. Tyto postupy bývají u každé fáze jiné a bývá obvyklé, že jeden ovlivňuje druhý.

5 Eko-data

Pro každý rozhodovací proces a pro jakoukoli volbu je potřeba získat data. Bez nichž rozhodovat (pokud nepůjde o metodu pokus omyl). Je však také potřeba, aby data byla vyobrazena v číslech, neboť při absenci hodnot (pro porovnání) lze pouze spekulovat a nelze svůj závěr stavět na pevném základu. Problém u těchto dat však je, že ne vždy jsou dostatečně přesná, na druhou stranu i z méně přesných dat lze povést přesné rozhodnutí. Data se musejí dlouho uchovávat, jelikož při jejich ztrátě se můžou v případě opravy, či výměně součástí v produktu, objevit silné komplikace.

5.1 Přesnost dat

Jakékoliv technické vlastnosti bývají měřeny sofistikovanými zařízeními a jsou pro ně sepsány mezinárodně uznávané standardy. Tyto vlastnosti lze najít v tabulkách a databázích. Jejich přesnost se často pohybuje i na tři desetinná místa a více, což informacím přidává na důvěryhodnosti, neboli se jim dá věřit.

Pro začlenění eko-cílů do procesu návrhu, však potřebujeme další vlastnosti. Pro měření některých z nich však neexistují žádné sofistikované měřicí zařízení. Odchylka hodnot takových vlastností je mnohdy ±10%, z čehož vyplývá, že datům mnozí nevěří.

Z tohoto není těžké vyvodit závěr, že se podle těchto hodnot rozhodovat nedá. Tak to ale nemusí být. Pro metody výběru materiálu stačí, aby rozdíl hodnot byl významný a to natolik, aby bylo jasné, že i přes nepřesnost lze provézt zodpovědnou volbu. Proto se v některých zdrojích uvádí rozsahy hodnot v rozpětí (například 200-220 MJ/kg). Často v takových případech bývá jako bodová hodnota brán průměr rozsahu.

U dat je potřeba si uvědomit, že mohou pocházet z různých dob, z různých zdrojů a mohly být měřena různými zařízeními a různými lidmi. Proto je u dat potřeba rozlišovat které hodnoty brát jako důvěryhodné a které méně. Např. bude-li energie na ztělesnění 210MJ/kg, pak první číslici je možné věřit, s druhou je možné uvažovat, ale třetí je již bezvýznamná. Zde je názorně viditelná nepřesnost dat, a proto je potřeba při porovnávání dvou materiálu získat významný rozdíl hodnot, pro zodpovědné a přesvědčivé rozhodnutí.

5.2 Eko-vlastnosti materiálů

5.2.1 Eko-vlastnosti: materiál

- **Roční světová produkce** – vyjadřuje hmotnost materiálu ročně získaného z rud a surovin. Je vyjádřena v metrických tunách materiálu, který je z rud získán.
- **Rezerva** – vyjadřuje množství materiálu uloženého v známých (objevených) nalezištích, vyjádřené v metrických tunách.
- **Energie na ztělesnění (spotřebovaná energie)** – vyjadřuje energii, která musí být použita na vytvoření jednoho kilogramu použitelného matriálu, je vyjádřena v MJ_{oe}/kg (kdy MJ = megajoule, ropný ekvivalent), tato jednotka vyjadřuje energii převedenou na její zdroj (fosilní paliva) a je zavedena za

účelem možnosti srovnání energií na ztělesnění. Proto od nynějška budou uváděny chemické energie v MJ a elektrické energie v kWh.

- **Stopa CO_2** – vyjadřuje hmotnost CO_2 vypuštěného do atmosféry na jednu hmotnostní jednotku materiálu (kg/kg). Z důvodu zahrnutí i ostatních emisí, které mají také určitý potenciál způsobovat globální oteplování (tedy jsou schopné absorbovat a uchovat infračervené záření ze slunce) je zde zaveden uhlíkový ekvivalent $CO_{2.eq}$, který vyjadřuje hmotnost CO_2 o stejném potenciálu způsobovat globální oteplování jako reálné emise. Obecně je dáno, že 1 kg CO_2 se rovná 1.06 $CO_{2.eq}$ což však může být pro každý materiál částečně rozdílné. Tento rozdíl je však ve spoustě případů zanedbáván a uvažuje se pouze CO_2. V datových listech používaných pro tvorbu této práce jsou hodnoty uhlíkové stopy vztahovány na $CO_{2.eq}$.
- **Spotřeba vody** – Vyjadřuje množství vody (v litech) použité na 1kg materiálu.
- **Eko-indikátory** – Vyjadřují pokus o shrnutí energie, tuhých nebo kapalných emisí a vody, a vyjádření těchto dat v jedné hodnotě.

Při zjišťování vstupních energií a materiálů je nutné zaměřit se na preciznost a začleňovat do těchto vstupů i takové detaily, jako je například osvětlení v továrně a podobné, na první pohled nenápadné, vstupy. Je zde však potřeba vzít na vědomí druh použití vstupu. Například pokud se uhlovodík použije jako palivo, pak je definitivně zničen. Pokud je ale použit při výrobě plastů, pak jeho energie není ztracena, ale pouze uložena do produktu. Oba druhy tohoto využití jsou čerpáním zdrojů, ale pouze při spalování je produkován uhlík do atmosféry, kdežto při užití jako suroviny ne. Stejná preciznost je zapotřebí při určování vyprodukovaných emisí CO_2.

5.2.2 Eko-vlastnosti: zpracování

- **Energetická a CO_2 stopa** – Energie zpracování je energie vynaložená na dodání tvaru materiálu. Její hodnota se vyjadřuje v MJ/kg, do výsledné hodnoty energie musí být začleněna jakákoliv spotřebovaná energie při výrobě (osvětlení, údržba). Stejným postupem se získává stopa CO_2.

5.2.3 Eko-vlastnosti: Recyklace a konec života

- **Energie na ztělesnění (recyklace)** – Jedná se o energii vydanou na recyklaci produktu tak, aby se materiál obsažený v produktu dal znovu využít. Tato hodnota se udává v MJ/kg a je důležitá pro rozhodování, zda je výhodnější materiál znovu vytěžit a vyrobit, či recyklovat.
- **CO_2 stopa při recyklaci** - Tato hodnota vyznačuje, kolik spalin je vyprodukováno při recyklaci materiálu produktu. Vyjadřuje se v kg/kg.
- **Teplo získané hořením** – Toto teplo je vyprodukované při hoření materiálu, který je likvidován pomocí spalování. Jeho množství se udává v MJ/kg a toto teplo představuje navrácení zlomku energie, která byla do produktu vložena.
- **CO_2 stopa při spalování** – Jedná se o spaliny vyprodukované při procesu spalování. Udávají se v kg/kg.

Některé materiály lze recyklovat, což je výhodou zvláště tehdy, pokud je náročnost recyklace menší, nežli zpracování materiálu. Další výhodou je, že se při recyklaci nečerpají zdroje, ale používají se již vysloužilé produkty. V dnešní době se recyklace provádí převážně u kovů, papíru, skla a PET. U ostatních plastů se recyklace příliš často neprovádí, jelikož nejsou, na rozdíl od kovů, lehce rozeznatelné a tříditelné a energetická úspora při recyklaci není nijak vysoká. U takových materiálů (pokud jsou hořlavé) se místo recyklace provádí spalování. U většiny materiálů se provádí na konci života drcení, které samo o sobě dosahuje hodnot 0,1MJ/kg spotřebované energie.

5.3 Výjimky v datech

5.3.1 Drahé kovy

Tyto kovy jsou při získávání dat jistou výjimkou. Jak již bylo poznamenáno, tak při určování celkové energetické stopy a uhlíkové stopy produktu je možné zanedbat materiály, jejichž hmotnost v produktu nepřesahuje 5% celkového produktu. Toto pravidlo však u drahých kovů neplatí. Produkce drahých kovů je totiž velmi cenově, energeticky a emisně náročná, a proto by jejich vynechání mohlo způsobit výrazné nepřesnosti a chyby v datech.

5.3.2 Elektronika

U elektroniky, jako jsou například baterie, integrované obvody apod., které jsou v dnešní době součástí velkého množství zařízení, je skoro nemožné pro veškeré materiály spočítat energetickou stopu. Elektronika má totiž jak energetickou, tak uhlíkovou stopu 10 – 50x větší než obvyklé technické materiály. Proto se data o těchto produktech čerpají převážně z jejich životních cyklů. Pro tyto data jsou sice zhotoveny určité tabulky, ale hodnoty u nich jsou pouze přibližné.

5.3.3 Materiály používané ve stavitelství

Pro stavební materiály jsou zhotoveny speciální tabulky, tyto materiály je totiž nutné specifikovat o trochu více než běžné materiály. V tabulkách jsou rozděleny do tří částí a to: primární stavba, servisy, interiér.

5.4 Práce s daty

5.4.1 Energetická intenzita fosilních paliv a jejich uhlíková stopa

Tato data se zapisují do tabulek, ve kterých je možné nalézt typ paliva, ropný ekvivalent, energii použitou na jednotku množství a na jednotku hmotnosti, CO_2 vyprodukovaný za litr, za kg a za MJ. Ropný ekvivalent vyjadřuje množství surové ropy se stejnou energií jako 1 kg daného paliva.

5.4.2 Ropná a uhlíková ekvivalence elektrické energie

Každá země vyrábí elektrickou energii několika způsoby, které vzájemně kombinuje. Podle toho, jakou kombinaci energií používá, je možné zjistit: účinnost, ropný ekvivalent spotřebované energie (na 1 kWh), uvolněný CO_2 (na 1 kWh). Tyto hodnoty jsou zaneseny do tabulek. Z těchto tabulek lze například zjistit, že Norsko, při produkci elektrické energie, z 99% spoléhá na obnovitelné zdroje (přesněji na vodní elektrárny) a z 1% na fosilní paliva. Pravým opakem je Austrálie, která spoléhá z 92% na fosilní paliva a z 8% na obnovitelné

zdroje. Právě díky uvedené účinnosti, která vyjadřuje účinnost výroby elektrické energie z fosilních paliv, je možné zjistit, že největším zatěžovatelem vzhledem k produkci CO_2 a spotřebované energie je Indie.

5.4.3 Transport

Jakýkoliv produkt musí být někde vyroben, někde používán, někde na něj musí být vytěžen a zpracován materiál. Mezi všemi těmito místy musí být proveden určitý druh transportu, který je založen na spotřebě ropy, plynu a uhlí. Transport obvykle probíhá na principu přeměny ropy, uhlí a plynu na mechanickou energii. Někdy je zde ještě vložena přeměna na elektrickou energii a následně až na mechanickou energii. Tyto data jsou též zpracována do tabulek, které vyobrazují druh dopravy, energii spotřebovanou na jednu metrickou tunu * kilometry (MJ/(metrickou tunu*km)), CO_2 stopu (kg/(metrickou tunu*km)). Tyto data jsou však brána pouze z úzkého pohledu, jelikož pokud by bylo zahrnuto vše, pak by bylo nutné zahrnout i energii a emise na výstavbu silnic, kolejí, atd., a na stroje používané při výstavbě atd..

5.4.4 Energetická a uhlíková stopa při používání.

Velké procento produktů během svého života spotřebovává určité materiály (paliva, mazadla atd.). U těchto produktů je potřeba pro fázi používání stanovit uhlíkovou a energetickou stopu, jelikož někdy tato fáze svým vlivem na životní prostředí může předčit i ostatní fáze života. Zde tedy budeme uvažovat, že primárně jsou využívána a spotřebovávána fosilní paliva. V takovém případě je možné informace o energetické a uhlíkové stopě získat přímo z tabulek, ve kterých jsou uvedeny data o energetické a uhlíkové stopě pro jednotlivé druhy paliv. Často ale také bývají fosilní paliva napřed přeměněny na jiný druh energie, nejčastěji na elektrickou energii. V takovém případě je nutné energii, která je spotřebována během užívání produktu převést na energetickou a uhlíkovou stopu, které se liší podle země, ve které je produkt používán. Je tedy nutné čerpat data z tabulek pro jednotlivé země. Speciálním případem jsou auta, ve kterých se energetická a uhlíková stopa mění s rostoucí či klesající hmotností. U těchto změn se data čerpají z grafů, které vyjadřují závislost mezi spotřebou energie a hmotností vozidla a následně i z grafů, které vyjadřují závislost spotřeby energie na odhadu CO_2.

5.4.5 Používání přírodních materiálů

U přírodních materiálů (jako například dřevo) je třeba určovat, zda je jeho uhlíková stopa pozitivní či negativní. Stromy berou CO_2 z atmosféry a H_2O ze země, za účelem vytváření uhlovodíků (celulóza, lignin). Což znamená, že stromy fungují jako zachycovače uhlíku. Ale pokud je spotřeba dřeva větší, než obnovování lesů, pak je jasné, že stopa uhlíků je pozitivní. Uhlík je totiž produkován při spalování a není dostatek rostoucích stromů, které by ho zachytili. Pokud ale je spotřeba menší, než obnova stromů, nebo je dřevo používáno převážně na stavby, kdy neprodukuje CO_2 zpět do atmosféry, pak se dřevo dá považovat za materiál s negativní uhlíkovou stopou.

Dobrým příkladem, na kterém tato problematika lze vysvětlit, je konopí. Konopí totiž i bez hnojení dokáže růst velice rychle a jeho rychlost růstu je dokonce tak vysoká, že dokáže vyrovnat jeho spotřebovávání, které je z menšího procenta na spalování a z většího procenta

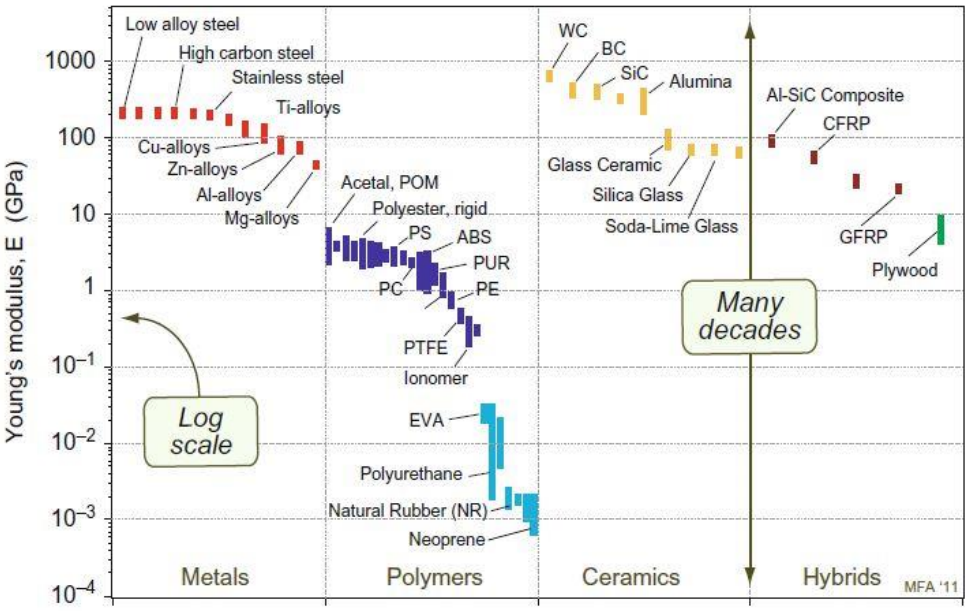
se jedná o použití konopí jako stavebního a průmyslového materiálu. Proto lze o konopí prohlásit, že jeho uhlíková stopa je negativní.

Příkladným rozdílem od konopí je uhlí. Díky tomu, že uhlí nalezlo své uplatnění převážně pro produkci tepla, je spalováno, ale již není obnovováno, jelikož proces jeho vzniku je příliš dlouhý. Z toho důvodu není tedy vyprodukovaný uhlík vykompenzován jeho zachytáváním, a tudíž zůstává v atmosféře. Proto lze o uhlí prohlásit, že jeho uhlíková stopa je pozitivní.

5.5 Data, jejich zkoumání a grafy vlastností.

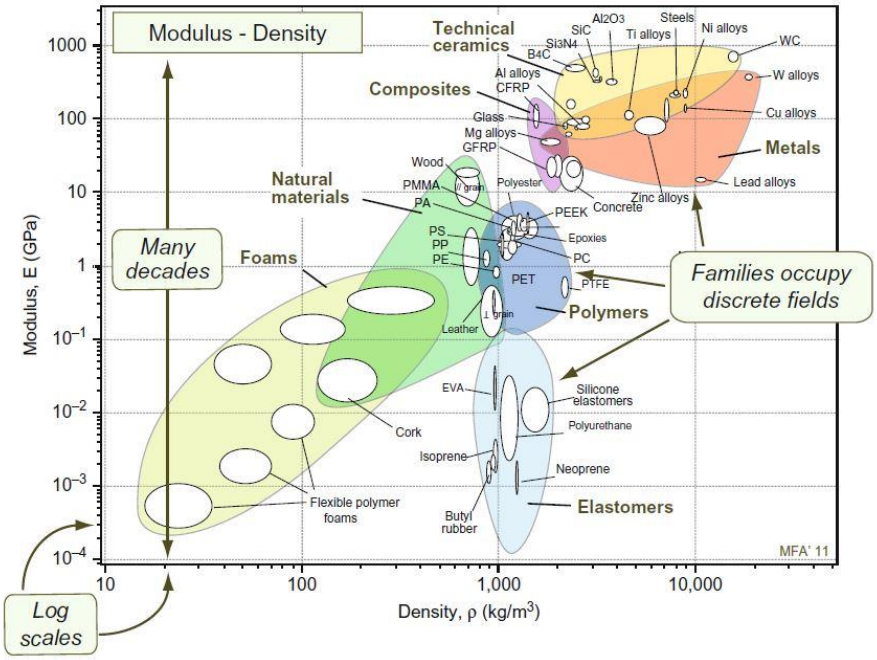
Pro snadnou volbu materiálu, který splňuje požadavky na něj kladené je potřeba co nejpřehlednější a nejsnazší možnost porovnávání. Tabulky obsahující informace k volbě materiálu jsou sice dobrým zdrojem, ale práce s nimi je složitější a pomalejší. Proto jsou vytvářeny tzv. grafy vlastností materiálů. Tyto grafy se dělí do dvou používaných druhů.

1. Sloupcové grafy – v těchto diagramech je zobrazena široká škála hodnot jedné vlastnosti pro různé materiály. Používá se zde logaritmické měřítko za účelem zobrazení větší škály hodnot. Délky jednotlivých sloupců představují rozsah pro určitou vyčleněnou rodinu materiálů (např. nerezové oceli). Díky tomuto zobrazení je možné rychlé porovnání mezi jednotlivými rodinami.



Obrázek 7 Sloupcový graf zobrazující hodnoty Youngova modulu (E) pro jednotlivé rodiny (ASHBY, Materials and the Environment, 2012)

2. Bublinový diagram – tento typ diagramu zobrazuje dvě vlastnosti materiálu. Rodiny jsou zde vyobrazeny v jednotlivých bublinách a jejich porovnávání je stejně jako u předchozího grafu snadné a přehledné. Je zde opět používáno logaritmické měřítko, pro zobrazení velkých rozsahů hodnot.



Obrázek 8 Bublinový diagram zobrazující modul E a hustotu (ASHBY, Materials and the Environment, 2012)

Tyto diagramy jsou vhodným nástrojem pro volbu materiálu a také umožňují rychlou možnost porovnávání jednotlivých materiálů. Jejich významnou výhodou je možnost doplnění nově vyvinutého materiálu a jeho rychlé porovnání s již existujícími materiály.

6 Eko – audit

Jedná se o rychlý nástroj pro prvotní posouzení energetické náročnosti, a produkce uhlíkových emisí. Analyzuje jednotlivé fáze života výrobku a díky němu lze nalézt fáze, ve kterých dochází k největším a nejvážnějším dopadům na životní prostředí. Lze zde tedy jednoduše nalézt, kde se problém nachází. Jeho hlavním účelem je porovnání, které umožňuje rychlé prozkoumání alternativních návrhů. Je zde zbytečné začleňovat do studie každý prvek, postačí pouze 95 % z celého výrobku. Zanedbaným částem je přiřazena přibližná hodnota energie a CO_2. Pak sice již výsledek není naprosto přesný, ale i tak lze vytvořit solidní závěr.

V první řadě je zapotřebí shromáždit kusovník, volbu procesu, požadavky na transport, pracovní cyklus a způsob likvidace. Dále shromáždit informace a data o použitých energiích a intenzitě uhlíku, které jsou obsaženy v tabulkách. Výsledným výstupem jsou energetické a uhlíkové stopy, přiřazené k jednotlivým fázím života zaznamenaných v diagramech.

Eko-Audit je rozdělen do pěti fází:

1. Materiály – Z vypracovaného kusovníku, zjišťování hmotnosti materiálu jednotlivých komponent, ze kterých je výrobek tvořen. Informace o energiích (MJ/kg) a CO_2 (kg/kg) na jednotku hmotnosti lze nalézt v databázi (v materiálových listech). Výsledné hmotnosti jednotlivých komponent se vynásobí příslušnými hodnotami z materiálových listů a jejich součtem je získána celková energie/ CO_2 na materiál.
2. Výroba – Zde jsou zkoumány procesy tvarování, neboť jsou často energeticky nejnáročnější. Informace o náročnosti na energii a CO_2 jsou následně získány z databáze (z materiálových listů). Nalezené hodnoty na jednotku hmotnosti jsou následně vynásobeny hmotností zpracovávané komponenty a po sečtení výsledných hodnot je získán konečný výsledek.
3. Transport – Zde je zkoumána energie vynaložena na převoz výrobku od místa výroby do místa prodeje. Určuje se převážně vzdálenost, na kterou je výrobek převážen a také jakým způsobem. Vynásobením energetické hodnoty druhu transportu, hmotnosti produktu a dráhy převozu vychází výsledná energie na transport. Je ale také třeba uvažovat hmotnost výrobku zabaleného a případně i naplněného.
4. Fáze používání – Zde se rozlišují dva druhy podílu.
    a) Za první podíl jsou považovány produkty, které ke svému provozu potřebují např. elektrickou energii, nebo jiný prostředek potřebný k používání produktu. Patří sem například elektricky poháněné produkty.
    b) Za druhý podíl jsou považovány produkty, které jsou připojeny k nějaké transportační jednotce, nebo jsou její součástí. Produkty jednotce pak přidávají váhu a tudíž i zvyšují spotřebu energie a produkci CO_2.Veškeré energie jsou spojeny se základním zdrojem – ropou, tedy i s ropnými ekvivalentními faktory. Násobením těchto faktorů energiemi je získán odhad ropného ekvivalentu spotřebované energie.
5. Likvidace – Likvidace lze provést celkem pěti způsoby:

- Skládka
- Spalování za účelem znovuzískání energie
- Recyklace

- Reinženýring
- Opětovné použití

Na konci prvního života výrobku lze získat zpět určité procento energie, využité na stvoření výrobku, spalováním, ale díky nízkoteplotním a ostatním ztrátám není toto procento příliš vysoké. Avšak při spalování vzniká silná produkce CO_2. Metoda spalování není použitelná u všech materiálů. Pokud je materiál recyklován, znovupoužit či je proveden reinženýring, pak se tímto materiálem dají pokrýt potřeby nového materiálu, což znamená, že není nutno materiál znovu těžit a upravovat, z čehož vyplývá úspora energie.

7 Udržitelnost

Udržitelnost je vývoj, který pokrývá potřeby současnosti bez ohrožování schopnosti budoucích generací pokrýt své potřeby.

Pojem „Udržitelnost“ si každý vysvětluje odlišným způsobem. Většina firem tento pojem chápe jako schopnost se udržet v stálém růstu. Při přemýšlení v širším měřítku znamená udržitelnost užívání techniky k oddělení hrubého domácího produktu a poškozování životního prostředí emisemi, čerpáním zdrojů a dalšími negativními vlivy na životní prostředí. Zároveň tato technika umožňuje rozvíjení jednoho a redukci druhého. Bohužel však tomuto vysvětlení (pojmu udržitelnost) mnozí nevěří, tito lidé vidí totiž volný trh jako zdroj problémů životního prostředí a ne jako jejich řešení. Pojem udržitelnost si pak překládají jako rovnováhu a ne jako vývoj.

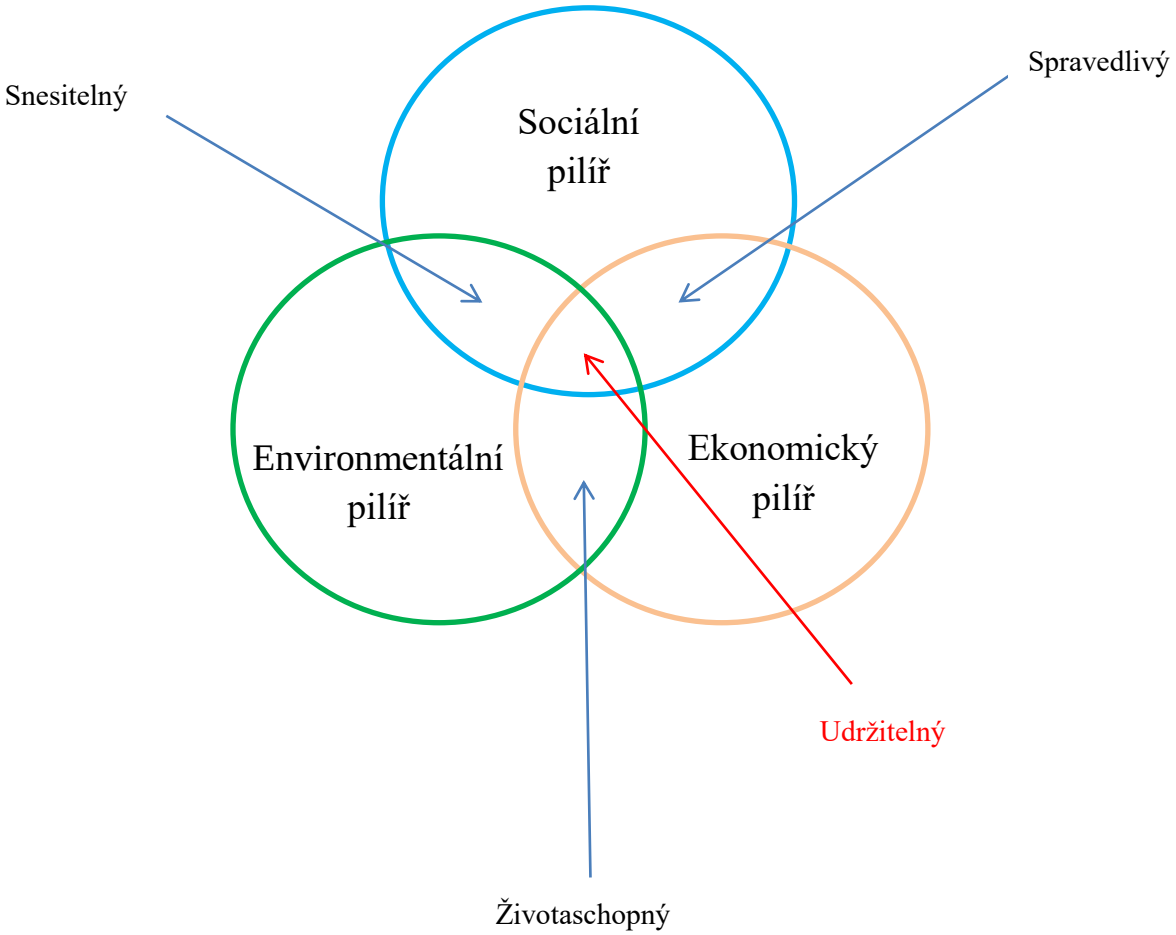
Pozn,: „Dle mého názoru hlavním problémem toho, že je udržitelnost technika, kterou je velice složité se zabývat, není to, že by s problematikou tohoto pojmu lidé nesouhlasili, ale problém vidím v neochotě lidí se přizpůsobit a obětovat část svého pohodlí ve prospěch budoucnosti.“

Podle hloubky řešení ekologických problémů a provádění opatření lze přístupy k problémům rozdělit do čtyř oblastí. Tyto oblasti jsou seřazeny vzestupně podle toho, jakou šíři zabírají z prostorového měřítka (produktový systém, průmyslový systém, sociální systém) a z časového měřítka (doba života produktu, doba života člověka, doba života civilizace).

1. Kontrola znečištění a prevence – v této oblasti jsou řešeny jednotlivé, obvykle již existující, produkty z hlediska doby jejich života. Jsou to tedy převážně řešení problémů, které mají u daného produktu zmírnit dopad na životní prostředí.
2. Návrh pro životní prostředí – zde se jedná o metody jako například Eko-audit, LCA atd. Řeší se produkt, který je zatím ve fázi návrhu, a je upravován za účelem co největšího snížení dopadu na životní prostředí ve všech jeho fázích života.
3. Průmyslová ekologie – tato oblast se zabývá myšlenkou ekologické metafory, což je myšlenka, která říká, že z přírodně vyvinutých procesů a rovnováhy lze vysledovat cestu k nastolení rovnováhy mezi průmyslovými a přírodními systémy.
4. Udržitelný rozvoj – tato oblast je nejširší oblastí zahrnující všechny tři předchozí oblasti. Pro udržitelný rozvoj existuje soubor zásad, které je třeba dodržovat:
   - Míra využití obnovitelných zdrojů nesmí překročit rychlost regenerace (obnovení).
   - Míra využití neobnovitelných zdrojů nesmí překročit míru, na které je mohou zastoupit udržitelně používané obnovitelné zdroje.
   - Míra vyprodukovaných emisí znečišťujících látek nesmí být větší, než míra recyklování, vstřebávání, pohlcování emisí těchto látek životním prostředím.

Je potřeba si uvědomit, že tyto zásady při dnešní spotřebě materiálů je velice těžké dodržet. Mohou však sloužit jako ideální přístup, podle kterého lze posuzovat a hodnotit současné přístupy.

Dalším existujícím konceptem udržitelného rozvoje je metoda nazývaná „Triple bottom line“ (metoda tří lemovacích čar). Ta se zobrazuje v podobě tří vzájemně se protínajících kruhů, na kterých je metoda postavena., Každý z těchto kruhů znázorňuje jeden pilíř. První kruh znázorňuje „Lidi“ či „Sociální pilíř“, druhý kruh „Planetu“ či „Environmentální pilíř“ a třetí kruh „Profit“ či „Ekonomický pilíř“. Mezi jednotlivými průniky jednotlivých kruhů se nacházejí pole, které ukazují určité vlastnosti rozvoje. Dosáhnout průniku všech tří kruhů, je však velice náročné.



Obrázek 9 Vyobrazení pilířů udržitelného rozvoje

8 Případová studie – Kuličkové pero

Cílem této studie je ukázka aplikace principů a poznatků z tématu bakalářské práce. Kuličkové pero, na kterém budou poznatky demonstrovány, bylo vybráno, díky tomu, že ve spoustě případů jsou kuličková pera vyhazována ihned po vyčerpání první náplně. Což je jasným úkazem silného plýtvání, protože je již tuha nepoužitelná, tak ostatní komponenty pera jsou obvykle stále v dobrém stavu. Jen pro upřesnění zde se hovoří pouze o levnějších kuličkových perech nikoliv o perech, jejichž cena přesahuje trojciferné číslo (je předpoklad že u pera o takové ceně každý náplň vyměňuje). Kuličkové pero, které je předmětem této studie je navrženo pouze k účelům demonstrace postupů. U tohoto případu bude zanedbána náplň a budou uvažovány pouze pevné komponenty, dále budou někdy určovány pouze skupiny materiálů, které mají podobné vlastnosti. U materiálů, které se na konci života buďto spalují, nebo recyklují, bude uvažováno spalování. Pokud by se jednalo o nespalitelný materiál, bude uvažována recyklace.

Obrázek 10 Kuličkové pero

Dále bude uvažováno:

- Jediný transport v životě produktu bude transport mezi místem výroby a místem distribuce.
- V průběhu fáze užívání výrobku nebude potřeba žádná údržba. Tato fáze tedy bude zanedbána.
- Ve studii bude uvažováno, že materiál, který byl recyklován, nadále není použit.

Obrázek 11 Rozložené kuličkové pero

1.1 První návrh.

Kulička hrotu pera a hrot.

Obrázek 12 Hrot kuličkového pera a kulička

Jako materiál těchto dvou komponent byla zvolena nerezová ocel. Tento materiál je volen z důvodu co nejvyšší odolnosti hrotu vůči korozi.

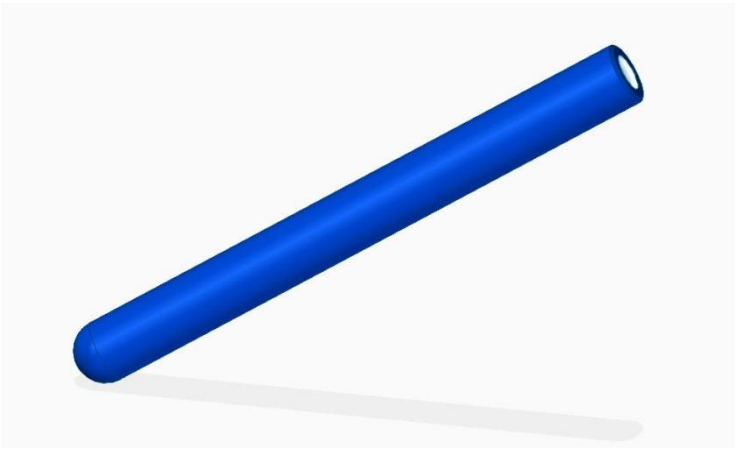
- Hustota: 7850 kg/m^3
- Objem kuličky: 0,102 mm^3 = 1,02*10^{-10} m^3
- Objem hrotu: 14,081 mm^3 = 1,4081*10^{-8} m^3
- Hmotnost kuličky:

$$\text{Hmotnost kuličky} = \text{objem kuličky} * \text{hustota} = (1{,}02 * 10^{-10}) * 7850 = 8{,}007 * 10^{-7}\text{kg}$$

- Hmotnost hrotu:

$$\text{Hmotnost hrotu} = \text{objem hrotu} * \text{hustota} = (1{,}4081 * 10^{-8}) * 7850 = 1{,}1053585 * 10^{-4} \doteq 1{,}105 * 10^{-4}\text{kg}$$

Kryt na zásobník na náplň pera.



Obrázek 13 Kryt na zásobník na náplň kuličkového pera

Jako materiál krytu zásobník na náplň pera byl zvolen polystyren.

- Hustota: 1045 kg/m^3
- Objem komponenty: 5059,898 mm^3 = 5,059898*10^{-6} m^3
- Hmotnost komponenty:

$$\text{Hmotnost komponenty} = \text{objem komponenty} * \text{hustota}$$
$$= (5{,}059898 * 10^{-6}) * 1045$$
$$= 5{,}28759341 * 10^{-3} \doteq 5{,}288 * 10^{-3}\text{kg}$$

Držák hrotu pera.

Obrázek 14 Držák hrotu kuličkového pera

Jako materiál držáku hrotu pera byl zvolen polystyren.

- Hustota: 1045 kg/m^3
- Objem komponenty: 1823,943 mm^3 = 1,823943*10^{-6} m^3
- Hmotnost komponenty:

$$\text{Hmotnost komponenty} = \text{objem komponenty} * \text{hustota}$$
$$= (1{,}823943 * 10^{-6}) * 1045$$
$$= 1{,}906020435 * 10^{-3} \doteq 1{,}906 * 10^{-3}\text{kg}$$

Zásobník na náplň pera.

Obrázek 15 Zásobník na náplň kuličkového pera

Jako materiál zásobníku na náplň pera byl zvolen polyetylen.

- Hustota: 949,5 kg/m^3
- Objem komponenty: 733,717 mm^3 = 7,33717*10^{-7} m^3
- Hmotnost komponenty:

$$\text{Hmotnost komponenty} = \text{objem komponenty} * \text{hustota}$$
$$= (7{,}33717 * 10^{-7}) * 949{,}5$$
$$= 6{,}966642915 * 10^{-4} \doteq 6{,}967 * 10^{-4}\text{kg}$$

Víčko pera.

Obrázek 16 Víčko kuličkového pera

Jako materiál víčka pera byl zvolen polystyren.

- Hustota: 1045 kg/m^3
- Objem komponenty: 5393,209 mm^3 = 5,393209*10^{-6} m^3
- Hmotnost komponenty:

$$\text{Hmotnost komponenty} = \text{objem komponenty} * \text{hustota}$$
$$= (5{,}393209 * 10^{-6}) * 1045$$
$$= 5{,}635903405 * 10^{-3} \doteq 5{,}636 * 10^{-3}\text{kg}$$

1.1.1 Obsažené materiály:

1. **Polystyren.**

$$\text{Celková hmotnost} = (5{,}288 * 10^{-3}) + (1{,}906 * 10^{-3}) + (5{,}636 * 10^{-3}) = 0{,}01283\ \text{kg} \doteq 0{,}013\ \text{kg}$$

2. **Polyetylen.**

$$\text{Celková hmotnost} = 6{,}967 * 10^{-4}\text{kg}$$

3. **Nerezová ocel.**

$$\text{Celková hmotnost} = (8{,}007 * 10^{-7}) + (1{,}105 * 10^{-4}) = 1{,}113007 * 10^{-4}\text{kg} \doteq 1{,}113 * 10^{-4}\text{kg}$$

1.1.2 Celková hmotnost produktu:

$$\text{Celková hmotnost produktu} = 0{,}013 + 6{,}967 * 10^{-4} + 1{,}113 * 10^{-4} = 0{,}013808 \doteq 0{,}014\ kg$$

1.1.3 Energetická stopa produktu

1. **Polystyren**

Výroba materiálu:

Energie ztělesnění, elementární produkce (obecně): 97MJ/kg

$$\text{Energie ztělesnění, elementární produkce (komponent)} = 0{,}013 * 97 = 1{,}261 MJ$$

Výroba produktu:

Energie na zpracování materiálu (obecně):17,4MJ/kg

$$\text{Energie na zpracování materiálu (komponent)} = 0{,}013 * 17{,}4 = 0{,}2262 \doteq 0{,}226\text{MJ}$$

Konec života produktu:

Teplo spalováním (obecně): 41MJ/kg

$$\text{Teplo spalování (komponent)} = 0{,}013 * 41 = 0{,}533 MJ$$

2. **Polyetylen**

Výroba materiálu:

Energie ztělesnění, elementární produkce (obecně): 81MJ/kg

$$\text{Energie ztělesnění, elementární produkce (komponent)} = 6{,}967 * 10^{-4} * 81 = 0{,}0564327 \doteq 0{,}056 MJ$$

Výroba produktu:

Energie na zpracování materiálu (obecně):23,9MJ/kg

$$\text{Energie na zpracování materiálu (komponent)} = 6{,}967 * 10^{-4} * 23{,}9 = 0{,}01665113 \doteq 0{,}017\text{MJ}$$

Konec života produktu:

Teplo spalováním (obecně):45MJ/kg

$$\text{Teplo spalování (komponent)} = 6{,}967 * 10^{-4} * 45 = 0{,}0313515 \doteq 0{,}031 MJ$$

3. **Nerezová ocel**

Výroba materiálu:

Energie ztělesnění, elementární produkce (obecně): 84,5MJ/kg

$$\text{Energie ztělesnění, elementární produkce (komponent)} = 1{,}113 * 10^{-4} * 84{,}5 = 9{,}40485 * 10^{-3} \doteq 0{,}009 MJ$$

Výroba produktu:

Energie na zpracování materiálu (obecně):11MJ/kg

$$\text{Energie na zpracování materiálu (komponent)} = 1{,}113 * 10^{-4} * 11 = 1{,}2243 * 10^{-3} \doteq 0{,}001\text{MJ}$$

Konec života produktu:

Energie potřebná k recyklaci (obecně):12MJ/kg

$$\text{Energie potřebná k recyklaci (komponent)} = 1{,}113 * 10^{-4} * 12 = 1{,}33561{,}113 * 10^{-3} \doteq 0{,}001MJ$$

Distribuce produktu:

Produkt bude vyráběn v Číně (Peking) a distribuován v České republice (Praha). Dopravní vzdálenost bude zajištěna letadlem. Dopravní vzdálenost letadlem je 7457 km. K dopravě je použito letadlo na dlouhé vzdálenosti s petrolejovým pohonem. Váha nákladu bude 43.5 metrických tun. Počet produktů tedy bude 3107142 ks. Hmotnost celé letadla i s nákladem je uvažována 123,5 metrických tun. Pro tento dopravní prostředek je energetická stopa 6,5 MJ/(metrická tuna*km)

$$\text{Energetická stopa transportu (na celou dávku)} = 6{,}5 * (123{,}5 * 7457) = 5986106{,}75\text{MJ}$$

$$\text{Energetická stopa transportu (na jeden kus)} = \frac{\text{Energetická stopa transportu (na celou dávku)}}{\text{Množství převážených produktů}} = \frac{5986106{,}75}{3107142} = 1{,}926563623 \doteq 1{,}927\text{MJ}$$

Celková energetická stopa produktu:

Celková energetická stopa produktu = Součet energií jednotlivých komponent (je nutné rozlišovat, zda energie získáváme, či je spotřebováváme).

$$\text{Celková energetická stopa produktu} = 1{,}261 + 0{,}226 - 0{,}533 + 0{,}056 + 0{,}017 - 0{,}031 + 0{,}009 + 0{,}001 + 0{,}001 + 1{,}927 = 2{,}934\text{MJ}$$

1.1.4 CO_2 stopa produktu:

1. **Polystyren**

Výroba materiálu:

CO_2 stopa elementární produkce (obecně): 3,8kg/kg

$$CO_2\text{ stopa, elementární produkce (komponent)} = 0{,}013 * 3{,}8 = 0{,}0495\text{ kg}$$

Výroba produktu:

CO_2 stopa zpracování materiálu (obecně):1,305 kg/kg

$$CO_2\text{ stopa zpracování materiálu (komponent)} = 0{,}013 * 1{,}305 = 0{,}016965\text{ kg}$$

Konec života produktu:

CO_2 stopa spalování (obecně):3,4 kg/kg

$$CO_2\text{ stopa spalování (komponent)} = 0{,}013 * 3{,}4 = 0{,}0442kg$$

2. **Polyetylen**

Výroba materiálu:

CO_2 stopa, elementární produkce (obecně): 2,75kg/kg

$$CO_2\ stopa, \text{elementární produkce (komponent)} = 6{,}967 * 10^{-4} * 2{,}75 = 1{,}915925 * 10^{-3}\ kg$$

Výroba produktu:

CO_2 stopa zpracování materiálu (obecně):1,8kg/kg

$$CO_2\ stopa \text{ zpracování materiálu (komponent)} = 6{,}967 * 10^{-4} * 1{,}8 = 1{,}25406 * 10^{-3}\text{kg}$$

Konec života produktu:

CO_2 stopa spalování (obecně):3,15 kg/kg

$$CO_2 \text{ stopa spalování (komponent)} = 6{,}967 * 10^{-4} * 3{,}15 = 2{,}194605 * 10^{-3}$$

3. **Nerezová ocel**

Výroba materiálu:

CO_2 stopa elementární produkce (obecně): 4,95kg/kg

$$CO_2 \text{ stopa, elementární produkce (komponent)} = 1{,}113 * 10^{-4} * 4{,}95 = 5{,}50935 * 10^{-4}\ \text{kg}$$

Výroba produktu:

CO_2 stopa zpracování materiálu (obecně):0,85 kg/kg

$$CO_2 \text{ stopa zpracování materiálu (komponent)} = 1{,}113 * 10^{-4} * 0{,}85 = 9{,}4605 * 10^{-5}\text{kg}$$

Konec života produktu:

CO_2 stopa recyklace (obecně):0,725 kg/kg

$$CO_2 \text{ stopa recyklace (komponent)} = 1{,}113 * 10^{-4} * 0{,}725 = 8{,}06925 * 10^{-5}\text{kg}$$

Distribuce produktu:

Pro již dříve zvolený dopravní prostředek je CO_2 stopa 0,45 kg CO_2/(metrická tuna*km)

$$CO_2 \text{ stopa transportu (na celou dávku)} = 0{,}45 * (123{,}5 * 7457) = 414422{,}775\text{kg}$$

$$CO_2 \text{ stopa transportu (na jeden kus)} = \frac{CO_2 \text{ stopa transportu (na celou dávku)}}{\text{Množství převážených produktů}} = \frac{414422.775}{3107142} = 0{,}0133378675\ \text{kg}$$

Celková CO_2 stopa produktu:

Celková CO_2 stopa produktu = Součet CO_2 stop jednotlivých komponent.

$$\text{Celková } CO_2 \text{ stopa produktu} = 0{,}0495 + 0{,}016956 + 0{,}0442 + (1{,}915925 * 10^{-3}) + (1{,}25406 * 10^{-3}) + (2{,}194605 * 10^{-3}) + (5{,}50935 * 10^{-4}) + (9{,}4605 * 10^{-5}) + (8{,}06925 * 10^{-5}) + 0{,}0133378675 = 0{,}13008469kg$$

1.2 Druhý návrh.

V druhém návrhu byla snaha o co největší zmenšení náročnosti produktu na životní prostředí.

Kulička hrotu pera a hrot.

Zde byla opětovně zvolena nerezová ocel. Tento materiál totiž není přílišným zatížením, díky možnosti jeho recyklace a opětovného použití.

- Hustota: 7850 kg/m^3
- Objem kuličky: 0,102 mm^3 = 1,02*10^{-10} m^3
- Objem hrotu: 14,081 mm^3 = 1,4081*10^{-8} m^3
- Hmotnost kuličky:

$$\text{Hmotnost kuličky} = \text{objem kuličky} * \text{hustota} = (1{,}02 * 10^{-10}) * 7850 = 8{,}007 * 10^{-7}\text{kg}$$

- Hmotnost hrotu:

$$\text{Hmotnost hrotu} = \text{objem hrotu} * \text{hustota} = (1{,}4081 * 10^{-8}) * 7850 = 1{,}1053585 * 10^{-4} \doteq 1{,}105 * 10^{-4}\text{kg}$$

Kryt na zásobník na náplň pera.

Jako materiál krytu zásobníku na náplň pera byl zvolen polyvinylchlorid.

- Hustota: 1440 kg/m^3
- Objem komponenty: 5059,898 mm^3 = 5,059898*10^{-6} m^3
- Hmotnost komponenty:

$$\text{Hmotnost komponenty} = \text{objem komponenty} * \text{hustota} = (5{,}059898 * 10^{-6}) * 1440 = 7{,}28625312 * 10^{-3} \doteq 7{,}286 * 10^{-3}\text{kg}$$

Držák hrotu pera.

Jako materiál držáku hrotu pera byl zvolen polyvinylchlorid.

- Hustota: 1440 kg/m^3
- Objem komponenty: 1823,943 mm^3 = 1,823943*10^{-6} m^3
- Hmotnost komponenty:

$$\text{Hmotnost komponenty} = \text{objem komponenty} * \text{hustota} = (1{,}823943 * 10^{-6}) * 1440 = 2{,}62647792 * 10^{-3} \doteq 2{,}626 * 10^{-3}\text{kg}$$

Zásobník na náplň pera .

Jako materiál zásobníku na náplň pera byla zvolena nízkolegovaná ocel.

- Hustota: 7850 kg/m^3
- Objem komponenty: 733,717 mm^3 = 7,33717*10^{-7} m^3
- Hmotnost komponenty:

$$\text{Hmotnost komponenty} = \text{objem komponenty} * \text{hustota} = (7{,}33717 * 10^{-7}) * 7850 = 5{,}75967845 * 10^{-3} \doteq 5{,}760 * 10^{-3}\text{kg}$$

Víčko pera.
Jako materiál víčka pera byl zvolen polyvinylchlorid.

- Hustota: 1440 kg/m^3
- Objem komponenty: 5393,209 mm^3 = 5,393209*10^{-6} m^3
- Hmotnost komponenty:

$$\text{Hmotnost komponenty} = \text{objem komponenty} * \text{hustota}$$
$$= (5{,}393209 * 10^{-6}) * 1440$$
$$= 7{,}76622096 * 10^{-3} \doteq 7{,}766 * 10^{-3}\text{kg}$$

1.2.1 Obsažené materiály:

1. **Polyvinylchlorid**

$$\text{Celková hmotnost} = (7{,}286 * 10^{-3}) + (2{,}626 * 10^{-3}) + (7{,}766 * 10^{-3})$$
$$= 0{,}017678 \doteq 0{,}018 \text{ kg}$$

2. **Nízkolegovaná ocel.**

$$\text{Celková hmotnost} = 5{,}760 * 10^{-3}\text{kg}$$

3. **Nerezová ocel.**

$$\text{Celková hmotnost} = (8{,}007 * 10^{-7}) + (1{,}105 * 10^{-4})$$
$$= 1{,}113007 * 10^{-4} \doteq 1{,}113 * 10^{-4}\text{kg}$$

1.2.2 Celková hmotnost produktu:

$$\text{Celková hmotnost produktu} = 0{,}018 + (1{,}113 * 10^{-4}) + (5{,}760 * 10^{-3})$$
$$= 0{,}0238713 \doteq 0{,}024 \text{ kg}$$

1.2.3 Energetická stopa produktu:

1. **Polyvinylchlorid**

Výroba materiálu:
Energie ztělesnění, elementární produkce (obecně): 59MJ/kg

$$\text{Energie ztělesnění, elementární produkce (komponent)} = 0{,}018 * 59$$
$$= 1{,}062MJ$$

Výroba produktu:
Energie na zpracování materiálu (obecně): 14,65MJ/kg

$$\text{Energie na zpracování materiálu (komponent)} = 0{,}018 * 14{,}65$$
$$= 0{,}2637 \doteq 0{,}264\text{MJ}$$

Konec života produktu:
Teplo spalováním (obecně): 18MJ/kg

$$\text{Teplo spalováním (komponent)} = 0{,}018 * 18 = 0{,}324MJ$$

2. **Nízkolegovaná ocel**

Výroba materiálu:
Energie ztělesnění, elementární produkce (obecně): 32,5MJ/kg

$$\text{Energie ztělesnění, elementární produkce (komponent)} = 5{,}760 * 10^{-3} * 32{,}5$$
$$= 0{,}1872 \doteq 0{,}187MJ$$

Výroba produktu:

Energie na zpracování materiálu (obecně):11,45MJ/kg

$$\text{Energie na zpracování materiálu (komponent)} = 5{,}760 * 10^{-3} * 11{,}45 = 0{,}065952 \doteq 0{,}066\text{MJ}$$

Konec života produktu:

Energie potřebná k recyklaci (obecně):8,6MJ/kg

$$\text{Energie potřebná k recyklaci (komponent)} = 5{,}760 * 10^{-3} * 8{,}6 = 0{,}049536 \doteq 0{,}050MJ$$

3. **Nerezová ocel**

Výroba materiálu:

Energie ztělesnění, elementární produkce (obecně): 84,5MJ/kg

$$\text{Energie ztělesnění, elementární produkce (komponent)} = 1{,}113 * 10^{-4} * 84{,}5 = 9{,}40485 * 10^{-3} \doteq 0{,}009MJ$$

Výroba produktu:

Energie na zpracování materiálu (obecně):11MJ/kg

$$\text{Energie na zpracování materiálu (komponent)} = 1{,}113 * 10^{-4} * 11 = 1{,}2243 * 10^{-3} \doteq 0{,}001\text{MJ}$$

Konec života produktu:

Energie potřebná k recyklaci (obecně):12MJ/kg

$$\text{Energie potřebná k recyklaci (komponent)} = 1{,}113 * 10^{-4} * 12 = 1{,}33561{,}113 * 10^{-3} \doteq 0{,}001MJ$$

Distribuce produktu:

Produkt bude vyráběn v Číně (Peking) a distribuován v České republice (Praha). Dopravní vzdálenost mezi těmito městy je 9583 km. Převoz z místa výroby do místa distribuce bude zajištěn kamionovou dopravou. Kamion bude mít diesel pohon a jeho váha bude 32 metrických tun. Bude uvažováno, že 25 metrických tun zabírá náklad. Pro tento dopravní prostředek je energetická stopa 0,94 MJ/(metrická tuna*km)

$$\text{Množství převážených produktů} = \frac{\text{Hmotnost nákladu}}{\text{Hmotnost jednoho produktu}} = \frac{25000}{0{,}024} = 1041666{,}667 \doteq 1041666 \text{ ks}$$

$$\text{Energetická stopa transportu (na celou dávku)} = 0{,}94 * (32 * 9583) = 288256{,}64\text{MJ}$$

$$\text{Energetická stopa transportu (na jeden kus)} = \frac{\text{Energetická stopa transportu (na celou dávku)}}{\text{Množství převážených produktů}} = \frac{288256{,}64}{1041666} = 0{,}2767265515 \doteq 0{,}277\text{MJ}$$

Celková energetická stopa produktu:

Celková energetická stopa produktu = Součet energií jednotlivých komponent (je nutné rozlišovat, zda energie získáváme, či je spotřebováváme).

$$\text{Celková energetická stopa produktu} = 1{,}062 + 0{,}264 - 0{,}324 + 0{,}187 + 0{,}066 + 0{,}050 + 0{,}009 + 0{,}001 + 0{,}001 + 0{,}277 = 1{,}593\text{MJ}$$

1.2.4 CO_2 stopa produktu:

1. **Polyvinylchlorid**

   Výroba materiálu:

   CO_2 stopa elementární produkce (obecně): 2,5kg/kg

   $$CO_2 \text{ stopa, elementární produkce (komponent)} = 0{,}018 * 2{,}5 = 0{,}045 \text{ kg}$$

   Výroba produktu:

   CO_2 stopa zpracování materiálu (obecně):1,105 kg/kg

   $$CO_2 \text{ stopa zpracování materiálu (komponent)} = 0{,}018 * 1{,}105 = 0{,}01989 \text{ kg}$$

   Konec života produktu:

   CO_2 stopa spalování (obecně):1,405 kg/kg

   $$CO_2 \text{ stopa spalování (komponent)} = 0{,}018 * 1{,}405 = 0{,}02529 kg$$

2. **Nízkolegovaná ocel**

   Výroba materiálu:

   CO_2 stopa, elementární produkce (obecně): 2,0kg/kg

   $$CO_2 \textit{ stopa}, \text{elementární produkce (komponent)} = 5{,}760 * 10^{-3} * 2{,}0 = 0{,}01152 \, kg$$

   Výroba produktu:

   CO_2 stopa zpracování materiálu (obecně):0,85kg/kg

   $$CO_2 \textit{ stopa} \text{ zpracování materiálu (komponent)} = 5{,}760 * 10^{-3} * 0{,}85 = 4{,}896 * 10^{-3} \text{kg}$$

   Konec života produktu:

   CO_2 stopa recyklace (obecně):0,52 kg/kg

   $$CO_2 \text{ stopa recyklace (komponent)} = 5{,}760 * 10^{-3} * 0{,}52 = 2{,}9952 * 10^{-3} kg$$

3. **Nerezová ocel**

   Výroba materiálu:

   CO_2 stopa elementární produkce (obecně): 4,95kg/kg

   $$CO_2 \text{ stopa, elementární produkce (komponent)} = 1{,}113 * 10^{-4} * 4{,}95 = 5{,}50935 * 10^{-4} \text{ kg}$$

   Výroba produktu:

   CO_2 stopa zpracování materiálu (obecně):0,85 kg/kg

   $$CO_2 \text{ stopa zpracování materiálu (komponent)} = 1{,}113 * 10^{-4} * 0{,}85 = 9{,}4605 * 10^{-5} \text{kg}$$

   Konec života produktu:

   CO_2 stopa recyklace (obecně):0,725 kg/kg

   $$CO_2 \text{ stopa recyklace (komponent)} = 1{,}113 * 10^{-4} * 0{,}725 = 8{,}06925 * 10^{-5} \text{kg}$$

   Distribuce produktu:

   Pro již dříve zvolený dopravní prostředek je CO_2 stopa 0,067 kg CO_2/(metrická tuna*km)

   $$CO_2 \text{ stopa transportu (na celou dávku)} = 0{,}067 * (32 * 9583) = 20545{,}952 \text{kg}$$

$$\text{CO}_2 \text{ stopa transportu (na jeden kus)} = \frac{\text{CO}_2 \text{ stopa transportu (na celou dávku)}}{\text{Množství převážených produktů}}$$

$$= \frac{20545{,}952}{1041666} = 0{,}01972412654 \text{ kg}$$

Celková CO_2 stopa produktu:

Celková CO_2 stopa produktu = Součet CO_2 stop jednotlivých komponent.

$$\text{Celková CO}_2 \text{ stopa produktu} = 0{,}045 + 0{,}01989 + 0{,}02529 + 0{,}01152 + (4{,}896 * 10^{-3}) + (2{,}9952 * 10^{-3}) + (5{,}50935 * 10^{-4}) + (9{,}4605 * 10^{-5}) + (8{,}06925 * 10^{-5}) + 0{,}01972412654 = 0{,}130041559\ kg$$

1.3 Porovnání variant

1.3.1 První návrh (varianta č. 1)

A. Energetická stopa

Varianta č. 1	
Fáze života produktu	Energetická stopa (MJ)
Výroba materiálu	1,326
Výroba produktu	0,244
Konec života produktu	-0,563
Distribuce produktu	1,927

Tabulka 1 Energetická stopa v jednotlivých fázích života produktu (varianta č. 1)

Výroba materiálu	
Materiál	Energetická stopa na kus
Polystyren	1,261
Polyetylen	0,056
Nerezová ocel	0,009
Celkem	1,326

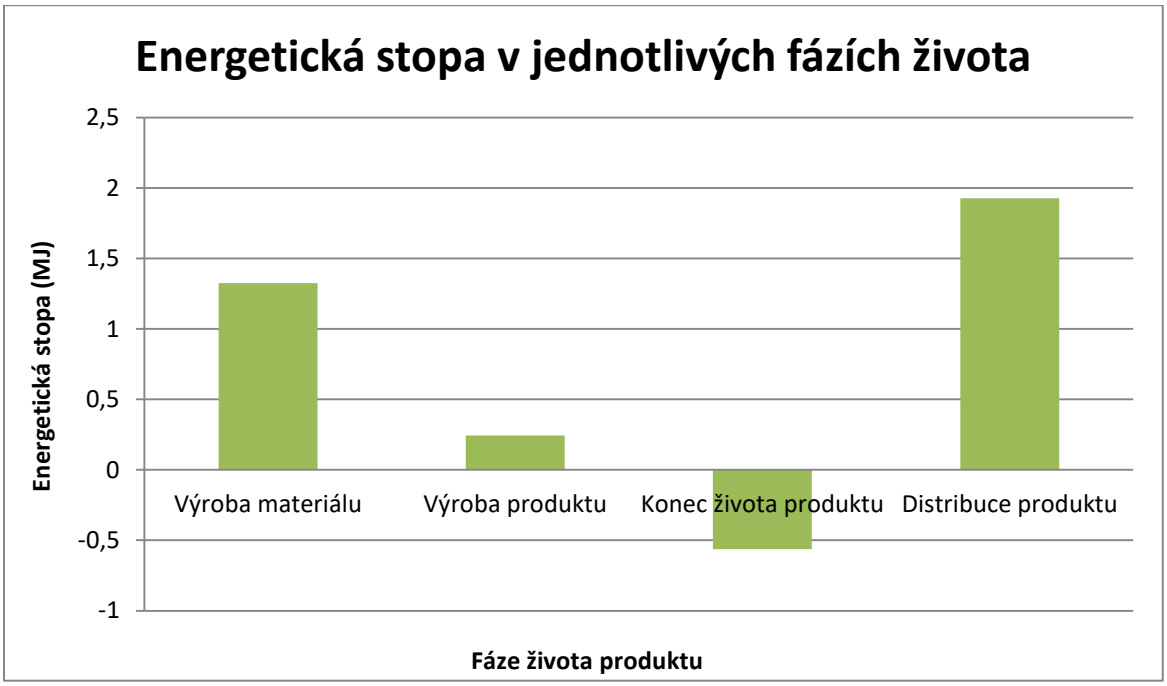
Tabulka 2 Energetická stopa ve fázi výroby materiálu (varianta č. 1)

Výroba produktu	
Materiál	Energetická stopa na kus
Polystyren	0,226
Polyetylen	0,017
Nerezová ocel	0,001
Celkem	0,244

Tabulka 3 Energetická stopa ve fázi výroby produktu (varianta č. 1)

Konce života produktu	
Materiál	Energetická stopa na kus
Polystyren	-0,533
Polyetylen	-0,031
Nerezová ocel	0,001
Celkem	-0,563

Tabulka 4 Energetická stopa ve fázi konce života produktu (varianta č. 1)



Obrázek 17 Graf energetické stopy v jednotlivých fázích života produktu

Z grafického znázornění energetické stopy v jednotlivých fázích života produktu (varianta č. 1) je možné vidět, že nejvyšší spotřeba energie se nalézá ve fázi distribuce produktu. Je to díky faktu, že letecká přeprava je jednou z nejnáročnějších. Hlavní problém je však v tom, že je zbytečné tento produkt vyrábět v Číně, pokud by produkt byl vyráběn přímo v České Republice, pak by se jeho energetická náročnost na přepravu minimalizovala. I při výrobě v České Republice by však mohl vzniknout problém nutné dopravy materiálu na výrobu, proto se je potřeba při návrhu používat převážně materiály z blízkých zdrojů.

B. CO_2 stopa

Varianta č.1	
Fáze života produktu	CO2 stopa (kg)
Výroba materiálu	0,05196686
Výroba produktu	0,017756305
Konec života produktu	0,046475298
Distribuce produktu	0,013337868

Tabulka 5 CO2 stopa ve fázi výroby materiálu (varianta č. 1)

Výroba materiálu	
Materiál	CO2 stopa na kus
Polystyren	0,0495
Polyetylen	1,92E-03[1]
Nerezová ocel	5,51E-04
Celkem	0,05196686

Tabulka 6 CO2 stopa v jednotlivých fázích života produktu (varianta č. 1)

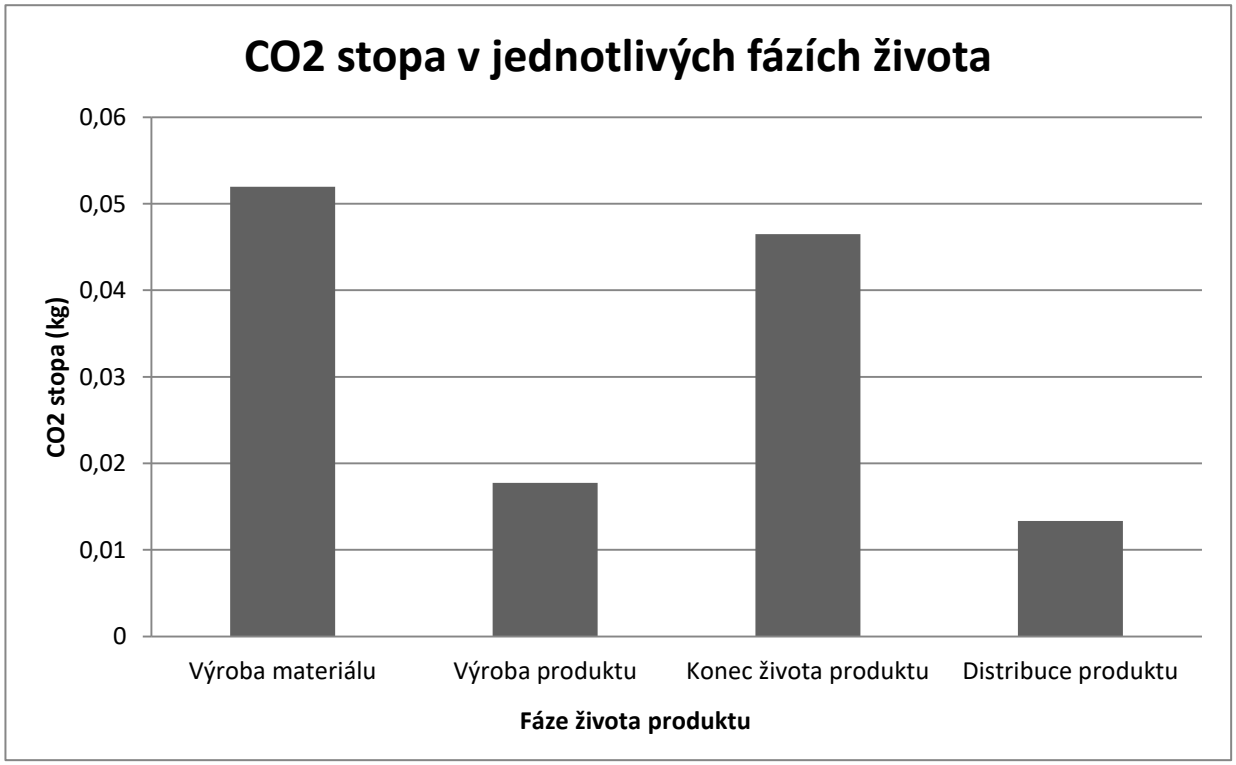
Výroba produktu	
Materiál	CO2 stopa na kus
Polystyren	0,016965
Polyetylen	6,97E-04
Nerezová ocel	9,46E-05
Celkem	0,017756305

Tabulka 8 CO2 stopa ve fázi výroby produktu (varianta č. 1)

Konce života produktu	
Materiál	CO2 stopa na kus
Polystyren	0,0442
Polyetylen	2,19E-03
Nerezová ocel	8,07E-05
Celkem	0,046475298

Tabulka 7 CO2 stopa ve fázi konce života produktu (varianta č. 1)

[1] Tento zápis symbolizuje $6.97*10^{-4}$



Obrázek 18 Graf CO2 stopy v jednotlivých fázích života produktu (varianta č. 1)

CO_2 stopa je v této variantě nejvyšší ve fázi výroby materiálu, což je hlavně způsobeno použitím daných materiálů, které mají v celku vysoké hodnoty emisí uhlíku v jednotlivých fázích. Řešení tohoto problému by tedy bylo použití jiných materiálů s pokud možno co nejnižší hodnotou eko-indikátoru. Toto řešení by nadále také silně zredukovalo CO_2 emise ve fázi konce života produktu.

1.3.2 Druhý návrh (varianta č. 2)

A. Energetická stopa

Varianta č. 2	
Fáze života produktu	Energetická stopa (MJ)
Výroba materiálu	1,258
Výroba produktu	0,331
Konec života produktu	-0,273
Distribuce produktu	0,277

Tabulka 9 Energetická stopa v jednotlivých fázích života (varianta č. 2)

Výroba materiálu	
Materiál	Energetická stopa na kus
Polyvinylchlorid	1,062
Nízkolegovaná ocel	0,187
Nerezová ocel	0,009
Celkem	1,258

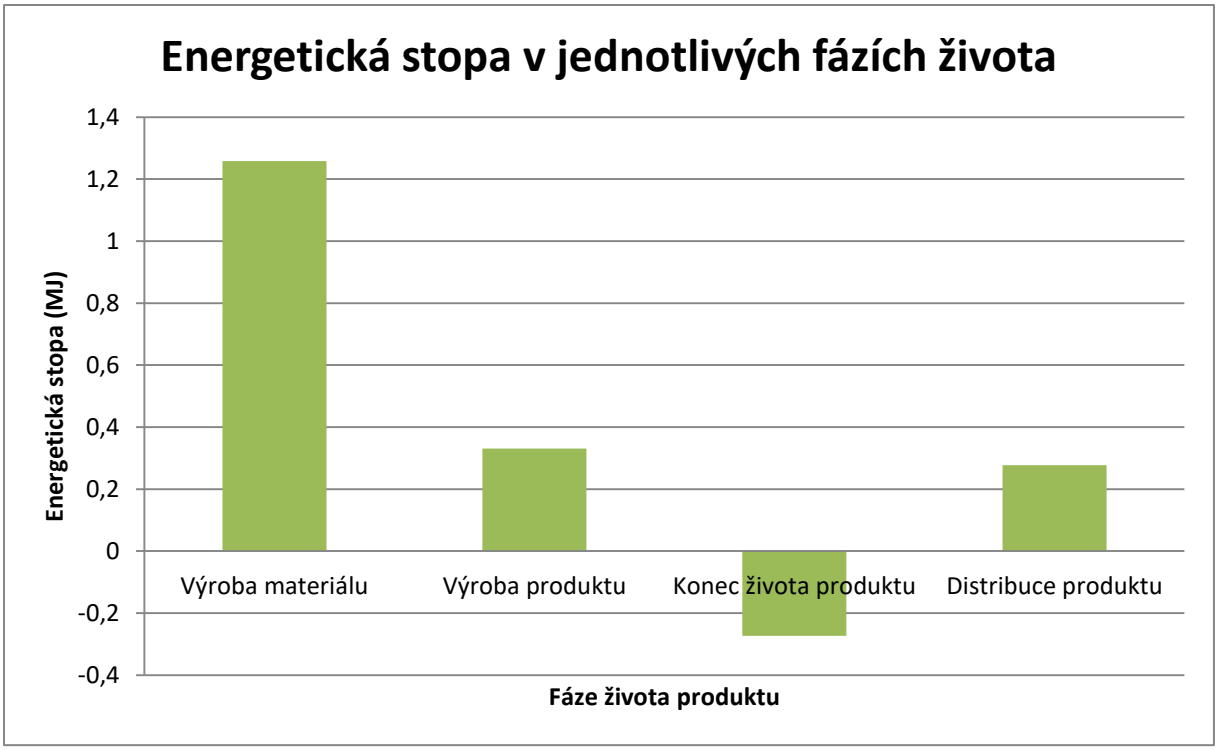
Tabulka 10 Energetická stopa ve fázi výroby materiálu (varianta č. 2)

Výroba produktu	
Materiál	Energetická stopa na kus
Polyvinylchlorid	0,264
Nízkolegovaná ocel	0,066
Nerezová ocel	0,001
Celkem	0,331

Tabulka 11 Energetická stopa ve fázi výroby produktu (varianta č. 2)

Konce života produktu	
Materiál	Energetická stopa na kus
Polyvinylchlorid	-0,324
Nízkolegovaná ocel	0,05
Nerezová ocel	0,001
Celkem	-0,273

Tabulka 12 Energetická stopa ve fázi konce života produktu (varianta č. 2)



Obrázek 19 Graf energetické stopy v jednotlivých fázích života produktu (varianta č. 2)

Z diagramu druhé varianty je patrné, že energetická stopa dosahuje nejvyšších hodnot ve fázi výroby materiálu. Tento fakt lze případně odstranit volbou jiného materiálu, či jiného druhu materiálu.

B. CO_2 stopa

Varianta č. 2	
Fáze života produktu	CO2 stopa (kg)
Výroba materiálu	0,057070935
Výroba produktu	0,024880605
Konec života produktu	0,028365893
Distribuce produktu	0,019724127

Tabulka 13 CO2 stopa v jednotlivých fázích života materiálu (varianta č. 2)

Výroba materiálu	
Materiál	CO2 stopa na kus
Polyvinylchlorid	0,045
Nízkolegovaná ocel	1,15E-02
Nerezová ocel	5,51E-04
Celkem	0,057070935

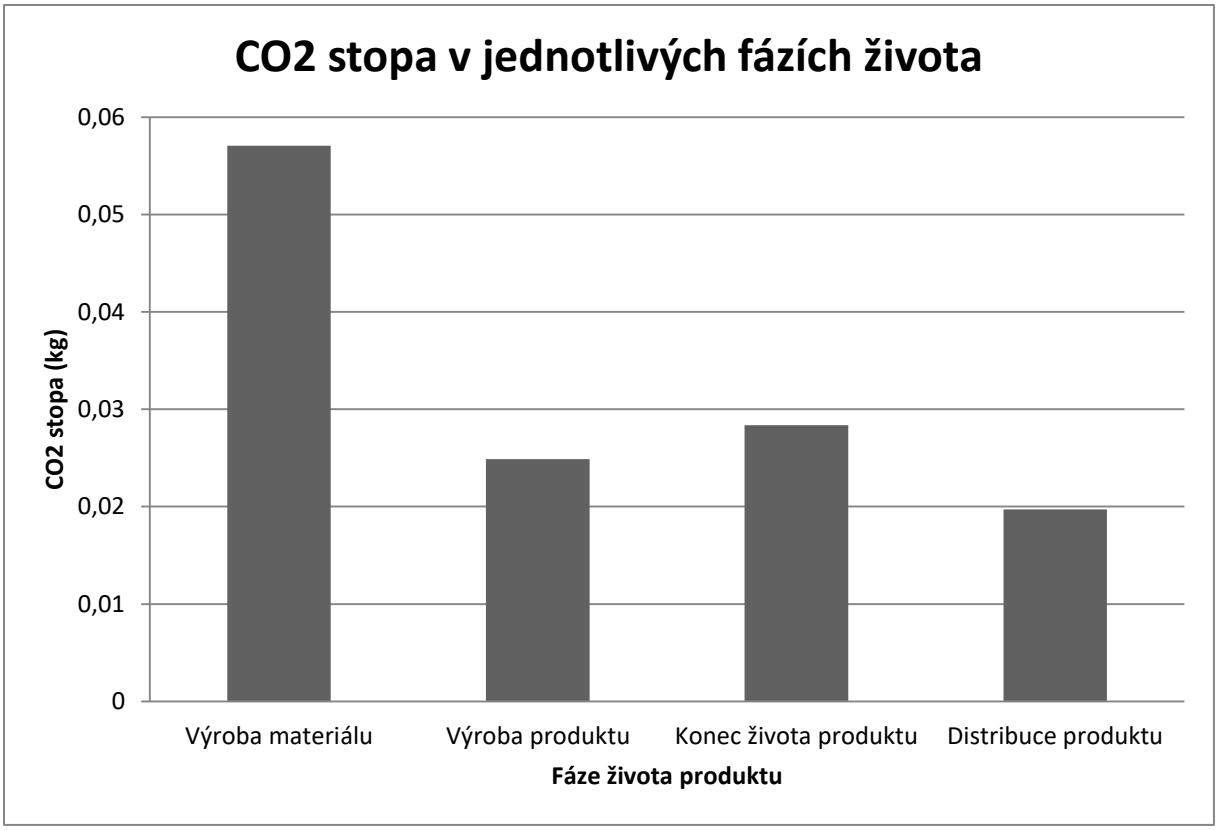
Tabulka 14 CO2 stopa ve fázi výroby materiálu (varianta č. 2)

Výroba produktu	
Materiál	CO2 stopa na kus
Polyvinylchlorid	0,01989
Nízkolegovaná ocel	4,90E-03
Nerezová ocel	9,46E-05
Celkem	0,024880605

Tabulka 15 CO2 stopa ve fázi výroby produktu (varianta č. 2)

Konce života produktu	
Materiál	CO2 stopa na kus
Polyvinylchlorid	0,02529
Nízkolegovaná ocel	3,00E-03
Nerezová ocel	8,07E-05
Celkem	0,028365893

Tabulka 16 CO2 stopa ve fázi konce života produktu (varianta č. 2)



Obrázek 20 Graf CO2 stopy v jednotlivých fázích života produktu (varianta č. 2)

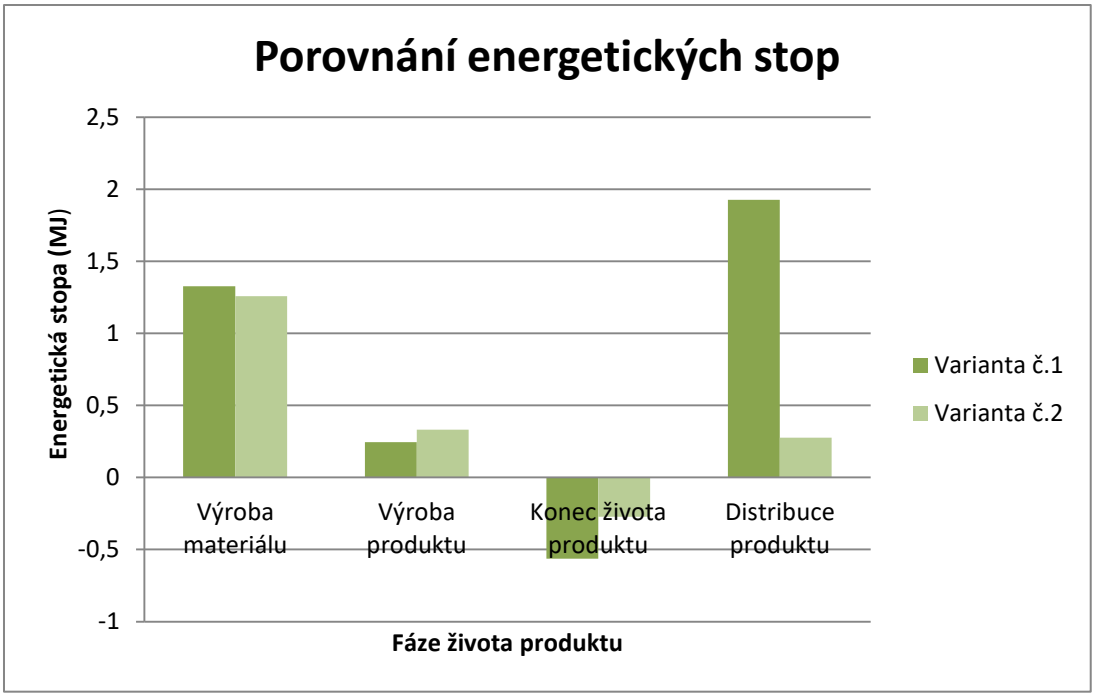
Na grafu, který zobrazuje CO_2 stopu v jednotlivých fázích života produktu, je možné vidět, že zde, stejně jako v případě energetické stopy, je hlavním zdrojem CO_2 stopy fáze výroby materiálu. Pro případné zlepšení je tedy nutná změna používaných materiálů, tedy volba materiálu s nižší hodnotou eko-indikátoru.

1.3.3 Porovnání

Jak je možné vidět z grafického znázornění obou variant, tak hlavní zdroje obou druhů stop jsou odlišné. Ve výsledku ale vyšla výhodněji varianta č. 2, jejíž CO_2 stopa je sice skoro stejná jako u varianty č. 1, ale její energetická stopa je rapidně nižší. Pokud by však nevyla pro rozhodnutí důležitá energetická stopa, ale například spotřebovaná voda, pak by se tyto výsledky mohly lišit. U volby tedy záleží vždy na prioritách, které se pro daný rozhodovací proces stanoví. Pokud by obě varianty vyšly stejně, či s nepatrnými rozdíly, pak by se přistoupilo ke studování dalších faktorů, jako jsou například rezervy použitých materiálů, spotřeba vody atd.

	Varianta č. 1	Varianta č. 2
Fáze života produktu	Energetická stopa (MJ)	Energetická stopa (MJ)
Výroba materiálu	1,326	1,258
Výroba produktu	0,244	0,331
Konec života produktu	-0,563	-0,273
Distribuce produktu	1,927	0,277

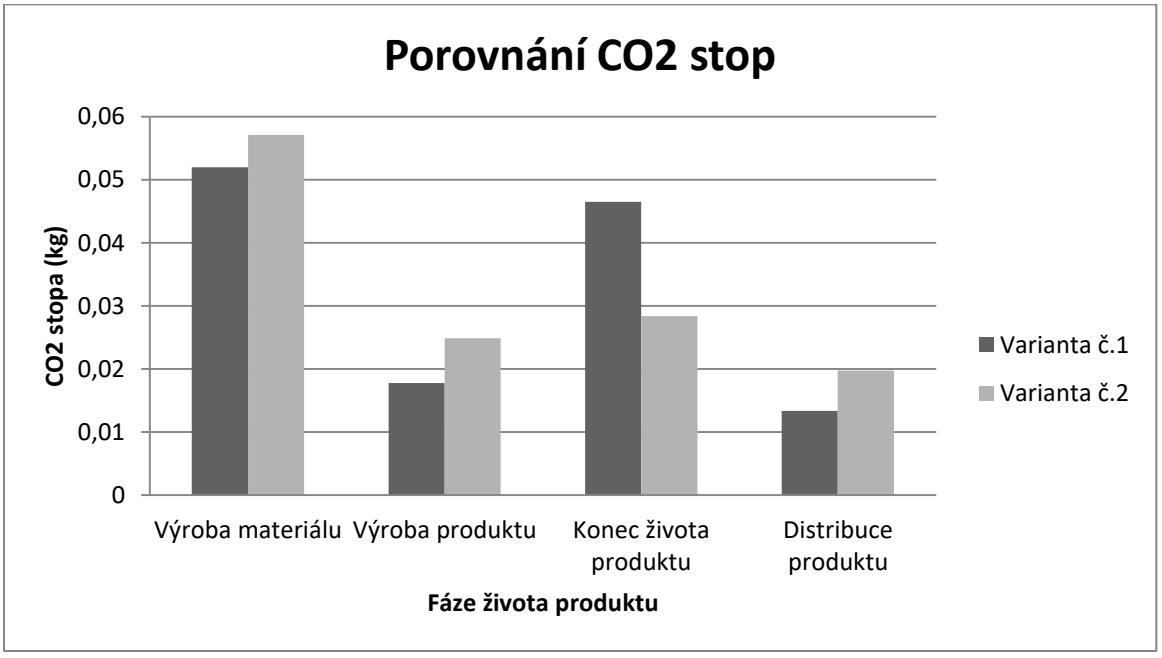
Tabulka 17 Porovnání energetických stop obou variant



Obrázek 21 Grafické porovnání energetických stop obou variant

	Varianta č.1	Varianta č.2
Fáze života produktu	CO2 stopa (kg)	CO2 stopa (kg)
Výroba materiálu	0,05196686	0,057070935
Výroba produktu	0,017756305	0,024880605
Konec života produktu	0,046475298	0,028365893
Distribuce produktu	0,013337868	0,019724127

Tabulka 18 Porovnání CO2 stop obou variant



Obrázek 22 Grafické porovnání CO2 stop obou variant

9 Závěr

V této práci bylo seznámeno se způsobem navrhování nových produktů takovým způsobem, aby bylo co nejméně poškozováno životní prostředí. Čtenář se zde mohl dozvědět informace o nebezpečí vyčerpání zdrojů a dalších současných problémech způsobených silnou expanzí technického růstu. Vysvětlena byla i problematika pojmů rezerv, zdrojů a spotřeby vody. Dále byl popsán životní cyklus materiálu a z něj vycházející metoda LCA analýzy a její jednotlivé varianty. Pro ulehčení orientace v datech potřebných k provádění eko-auditů zde byla věnována celá kapitola eko-datům, preciznosti jejich měření, možnostem práce s nimi a nakonec jejich přehlednému zobrazování. Čtenář by měl dále chápat, jaký je průběh provádění eko-auditu a také by si měl být schopen správně vyložit pojem udržitelnost.

V případové studii byly demonstrovány poznatky z rešerše dané problematiky na produktu, kterým v této studii bylo kuličkové pero. Byly vytvořeny dvě možné varianty voleb materiálů jednotlivých komponent a na základě této volby bylo vypracováno porovnání energetických a CO_2 stop obou variant (pomocí materiálových listů uvedených v příloze práce). Ačkoliv rozdíly mezi variantami byly v jednotlivých fázích života obou variant poměrně významné, tak nejvýznamnější z nich byl ve fázi distribuce produktu, kdy se projevil rozdíl mezi dopravou kamionem a dopravou letadlem. Ve výsledku však bylo zjištěno, že ačkoliv energetická stopa byla u varianty č. 2 nižší, tak CO_2 stopa byla u obou variant prakticky stejná.

Přínosem této práce pro konstruktéra je možnost navrhovat ekologicky a snížit náklad na recyklaci a výdaje na likvidaci vedlejších produktů (emisí). Dále také ukazuje, že výběr materiálů je potřeba zakládat i na místě produkce tohoto materiálu, aby se nevyskytly vysoké náklady na transport, a tedy je mnohdy výhodnější volit materiál dostupný v blízkém okolí.

Práce ukazuje, že běžnou praxí konstruktéra by mělo také být provádění eko-auditů a LCA analýz za účelem snížení dopadu vlivu výběru materiálu na životní prostředí. Zároveň by měl být konstruktér částečně zodpovědný za čerpání zdrojů a při návrhu by se měl zaměřit na zachování životních podmínek a zdrojů pro budoucí generace.

Pro popsání této problematiky je omezení rozsahem práce příliš úzké, téma by šlo rozvíjet v markantně větším měřítku, přesto bylo do práce, podle mého názoru, včleněno seznámení se všemi důležitými kapitolami.

10 Citovaná literatura

Airbus A310. (nedatováno). Získáno 4. Květen 2018, z Wikipedie: https://cs.wikipedia.org/wiki/Airbus_A310

Analýza životního cyklu (LCA). (nedatováno). Získáno 12. Prosinec 2017, z ekonet: http://eko-net.cir.cz/analyza-zivotniho-cyklu-lca-

ASHBY, M. (2010). *Materials Selection in Mechanical Design.* Burlington: Butterworth-Heinemann.

ASHBY, M. (2012). *Materials and the Environment.* Waltham: Butterworth-Heinemann.

DIETER, G. (2008). *Engineering Design (Fourth Edition).* New York: McGraw-Hill.

Druhy hrotů u plnících per. (nedatováno). Získáno 2. Květen 2018, z Pen Shop: http://www.penshop.cz/druhy-hrotu/mn-84/

LCA ANALÝZA. (nedatováno). Získáno 12. Prosinec 2017, z Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p.: http://www.tzus.cz/certifikace-budov/prohlaseni-epd-lca-analyza/lca-analyza

Plánování tras. (nedatováno). Získáno 4. Květen 2018, z Mapy.cz: https://mapy.cz/zakladni?planovani-trasy&x=58.8255121&y=48.5807012&z=4&rc=9hBZ4xXzfay4kSRwc-xr&rs=muni&rs=osm&ri=3468&ri=137384485&mrp=%7B%22c%22%3A111%7D&mrp=%7B%22c%22%3A111%7D&rt=&rt=

Plánování tras. (nedatováno). Získáno 4. Květen 2018, z Mapy.cz: https://mapy.cz/zakladni?mereni-vzdalenosti&x=68.2421686&y=58.0369201&z=3&rm=9hDsxxXwsPyIH5Cwbyd0

Udržitelný rozvoj. (nedatováno). Získáno 10. Květen 2018, z Wikipedie: https://cs.wikipedia.org/wiki/Udr%C5%BEiteln%C3%BD_rozvoj

Použitý software:

1. Solid Edge ST9 (studentská verze programu)

PŘÍLOHA č. 1

Použité materiálové listy

(ASHBY, Materials and the Environment, 2012)

Low alloy steel

The material. Addition of manganese (Mn), nickel (Ni), molybdenum (Mo), or chromium (Cr) to steel lowers the critical quench rate comes to create martensite, allowing thick sections to be hardened and then tempered. By adding some vanadium, V, as well, dispersion of carbides can be created that provides strength while retaining toughness and ductility. Chrome-molybdenum steels such as AIS 4140 are used for aircraft tubing and other high-strength parts. Chrome-vanadium steels are used for crank and propeller shafts and high-quality tools. Steels alloyed for this purpose are called *low-alloy steels*, and the property they have is called *hardenability*.

Composition

Fe/< 1.0 C/< 2.5 Cr/< 2.5 Ni/< 2.5 Mo/< 2.5 V

General properties

Density	7,800	–	7,900	kg/m^3
Price	0.9	–	1.1	USD/kg

Mechanical properties

Young's modulus	205	–	217	GPa
Yield strength (elastic limit)	400	–	1,500	MPa
Tensile strength	550	–	1,760	MPa
Elongation	3	–	38	%
Hardness—Vickers	140	–	692	HV
Fatigue strength at 10^7 cycles	248	–	700	MPa
Fracture toughness	14	–	200	$MPa \cdot m^{1/2}$

Thermal properties

Melting point	1,380	–	1,530	°C
Maximum service temperature	500	–	550	°C
Thermal conductor or insulator?	Good conductor			
Thermal conductivity	34	–	55	$W/m \cdot K$
Specific heat capacity	410	–	530	$J/kg \cdot K$
Thermal expansion coefficient	10.5	–	13.5	μstrain/°C

Electrical properties

Electrical conductor or insulator?	Good conductor			
Electrical resistivity	15	–	35	$\mu ohm \cdot cm$

Eco properties: material

Global production, main component	2.3×10^9			metric ton/yr
Reserves	159×10^9			metric ton
Embodied energy, primary production	31	–	34	MJ/kg
CO_2 footprint, primary production	1.9	–	2.1	kg/kg
Water usage	37	–	111	L/kg
Eco-indicator	200			millipoints/kg

Eco properties: processing

Casting energy	10.9	–	12	MJ/kg
Casting CO_2 footprint	0.8	–	0.9	kg/kg
Deformation processing energy	7	–	14	MJ/kg
Deformation processing CO_2 footprint	0.5	–	1.1	kg/kg

End of life

Embodied energy, recycling	7.7	–	9.5	MJ/kg
CO_2 footprint, recycling	0.47	–	0.57	kg/kg
Recycle fraction in current supply	40	–	44	%

Typical uses. Springs, tools, ball bearings, rollers, crankshafts, gears, connecting rods, knives and scissors, pressure vessels.

Stainless steel

The material. Stainless steels are alloys of iron with chromium, nickel, and—often—four or five other elements. The alloying transmutes plain carbon steel that rusts and is prone to brittleness below room temperature into a material that does neither. Indeed, most stainless steels resist corrosion in most normal environments, and those that are "austenitic" (like AISI 302, 304, and 316) remain ductile to the lowest of temperatures.

Composition

Fe/< 0.25 C/16–30 Cr/3.5–37 Ni/< 10 Mn+ Si,P,S (+N for 200 series)

General properties

Density	7,600	–	8,100	kg/m^3
Price	8.2	–	9.1	USD/kg

Mechanical properties

Young's modulus	189	–	210	GPa
Yield strength (elastic limit)	170	–	1,000	MPa
Tensile strength	480	–	2,240	MPa
Elongation	5	–	70	%
Hardness—Vickers	130	–	570	HV
Fatigue strength at 10^7 cycles	175	–	753	MPa
Fracture toughness	62	–	150	MPa · m$^{1/2}$

Thermal properties

Melting point	1,370	–	1,450	°C
Maximum service temperature	750	–	820	°C
Thermal conductor or insulator?	Poor conductor			
Thermal conductivity	12	–	24	W/m · K
Specific heat capacity	450	–	530	J/kg · K
Thermal expansion coefficient	13	–	20	μstrain/°C

Electrical properties

Electrical conductor or insulator?	Good conductor			
Electrical resistivity	64	–	107	μohm · cm

Eco properties: material

Global production, main component	30×10^6			metric ton/yr
Reserves	2.5×10^9			metric ton
Embodied energy, primary production	81	–	88	MJ/kg
CO_2 footprint, primary production	4.7	–	5.2	kg/kg
Water usage	112	–	336	L/kg
Eco-indicator	310			millipoints/kg

Eco properties: processing

Casting energy	10.0	–	12.0	MJ/kg
Casting CO_2 footprint	0.8	–	0.9	kg/kg
Deformation processing energy	5.0	–	11.4	MJ/kg
Deformation processing CO_2 footprint	0.4	–	0.8	kg/kg

End of life

Embodied energy, recycling	11	–	13	MJ/kg
CO_2 footprint, recycling	0.65	–	0.8	kg/kg
Recycle fraction in current supply	35	–	40	%

Typical uses. Railway cars, trucks, trailers, food-processing equipment, sinks, stoves, cooking utensils, cutlery, flatware, scissors and knives, architectural metalwork, laundry equipment, chemical-processing equipment, jet-engine parts, surgical tools, furnace and boiler components, oil-burner parts, petroleum-processing equipment, dairy equipment, heat-treating equipment, automotive trim. Structural uses in corrosive environments—for example, nuclear plants, ships, offshore oil installations, underwater cables, and pipes.

Polyethylene (PE)

The material. Polyethylene, $(-CH_2-)_n$, first synthesized in 1933, looks like the simplest of molecules, but the number of ways in which the—CH_2—units can be linked is large. It is the first of the polyolefins, the bulk thermoplastic polymers that account for a dominant fraction of all polymer consumption. Polyethylene is inert, and extremely resistant to fresh and salt water, food, and most water-based solutions. Because of this it is widely used in household products, food containers, and chopping boards. Polyethylene is cheap, and particularly easy to mold and fabricate. It accepts a wide range of colors, can be transparent, translucent, or opaque, has a pleasant, slightly waxy feel, can be textured or metal coated, but is difficult to print on.

Composition

$(-CH_2-CH_2-)_n$

General properties

Density	939	–	960	kg/m^3
Price	1.7	–	1.9	USD/kg

Mechanical properties

Young's modulus	0.62	–	0.86	GPa
Yield strength (elastic limit)	18	–	29	MPa
Tensile strength	21	–	45	MPa
Elongation	200	–	800	%
Hardness—Vickers	5.4	–	8.7	HV
Fatigue strength at 10^7 cycles	21	–	23	MPa
Fracture toughness	1.4	–	1.7	MPa·m$^{1/2}$

Thermal properties

Melting point	125	–	132	°C
Maximum service temperature	90	–	110	°C
Thermal conductor or insulator?	Good insulator			
Thermal conductivity	0.4	–	0.44	W/m·K
Specific heat capacity	1,810	–	1,880	J/kg·K
Thermal expansion coefficient	126	–	198	μstrain/°C

Electrical properties

Electrical conductor or insulator?	Good insulator			
Electrical resistivity	3.3×10^{22}	–	3×10^{24}	μohm·cm
Dielectric constant	2.2	–	2.4	
Dissipation factor	3×10^{-4}	–	6×10^{-4}	
Dielectric strength	17.7	–	19.7	10^6 V/m

Eco properties: material

Global production, main component	69×10^6			metric ton/yr
Embodied energy, primary production	77	–	85	MJ/kg
CO_2 footprint, primary production	2.6	–	2.9	kg/kg
Water usage	38	–	114	L/kg
Eco-indicator	287			millipoints/kg

Eco properties: processing

Polymer molding energy	22.7	–	25.1	MJ/kg
Polymer molding CO_2 footprint	1.7	–	1.9	kg/kg
Polymer extrusion energy	6.0	–	6.6	MJ/kg
Polymer extrusion CO_2 footprint	0.45	–	0.49	kg/kg

End of life

Embodied energy, recycling	45	–	55	MJ/kg
CO_2 footprint, recycling	2.7	–	3.0	kg/kg
Recycle fraction in current supply	8	–	9.5	%
Heat of combustion	44	–	46	MJ/kg
Combustion CO_2	3.1	–	3.2	kg/kg

Recycle mark

Typical uses. Oil container, milk bottles, toys, beer crates, food packaging, shrink wrap, squeeze tubes, disposable clothing, plastic bags, paper coatings, cable insulation, artificial joints, and as fibers—low cost ropes and packing tape reinforcement.

Polyvinylchloride (tpPVC)

The material. PVC—vinyl—is one of the cheapest, most versatile and—with polyethylene—the most widely used of polymers and epitomizes their multifaceted character. In its pure form—as a thermoplastic, tpPVC—it is rigid, and not very tough; its low price makes it a cost-effective engineering plastic where extremes of service are not encountered. Incorporating plasticizers creates flexible PVC, elPVC, a material with leather-like or rubber-like properties, and used as a substitute for both. By contrast, reinforcement with glass fibers gives a material that is sufficiently stiff, strong, and tough to be used for roofs, flooring, and building panels.

Composition

$(CH_2CHCl)_n$

General properties

Density	1,300	–	1,580	kg/m^3
Price	1.36	–	1.5	USD/kg

Mechanical properties

Young's modulus	2.14	–	4.14	GPa
Yield strength (elastic limit)	35.4	–	52.1	MPa
Tensile strength	40.7	–	65.1	MPa
Compressive strength	42.5	–	89.6	MPa
Elongation	11.9	–	80	%
Hardness—Vickers	10.6	–	15.6	HV
Fatigue strength at 10^7 cycles	16.2	–	26.1	MPa
Fracture toughness	1.46	–	5.12	$MPa \cdot m^{1/2}$

Thermal properties

Glass temperature	74.9	–	105	°C
Maximum service temperature	60	–	70	°C
Thermal conductor or insulator?	Good insulator			
Thermal conductivity	0.147	–	0.293	$W/m \cdot K$
Specific heat capacity	1,360	–	1,440	$J/kg \cdot K$
Thermal expansion coefficient	100	–	150	μstrain/°C

Electrical properties

Electrical conductor or insulator?	Good insulator			
Electrical resistivity	1×10^{20}	–	1×10^{22}	$\mu ohm \cdot cm$
Dielectric constant	3.1	–	4.4	
Dissipation factor	0.03	–	0.1	
Dielectric strength	13.8	–	19.7	10^6 V/m

Eco properties: material

Global production, main component	51×10^6			metric ton/yr
Embodied energy, primary production	56	–	62	MJ/kg
CO_2 footprint, primary production	2.4	–	2.6	kg/kg
Water usage	77	–	85	L/kg
Eco-indicator	170			millipoints/kg

Eco properties: processing

Polymer molding energy	13.9	–	15.4	MJ/kg
Polymer molding CO_2	1.05	–	1.16	kg/kg
Polymer extrusion energy	5.6	–	6.3	MJ/kg
Polymer extrusion CO_2	0.42	–	0.47	kg/kg

End of life

Embodied energy, recycling	32	–	40	MJ/kg
CO_2 footprint, recycling	1.9	–	2.4	kg/kg
Recycle fraction in current supply	1.5	–	2.0	%
Heat of combustion	17.5	–	18.5	MJ/kg
Combustion CO_2	1.37	–	1.44	kg/kg

Recycle mark

Typical uses. tpPVC: pipes, fittings, profiles, road signs, cosmetic packaging, canoes, garden hoses, vinyl flooring, windows and cladding, vinyl records, dolls, medical tubes. elPVC: artificial leather, wire insulation, film, sheet, fabric, car upholstery.

Polystyrene (PS)

The material. Polystyrene is an optically clear, cheap, easily molded polymer, familiar as the standard "jewel" CD case. In its simplest form, PS is brittle. Its mechanical properties are dramatically improved by blending with polybutadiene, but with a loss of optical transparency. High-impact PS (10% polybutadiene) is much stronger even at low temperatures (meaning strength down to −12°C). The single largest use of PS is a foam packaging.

Composition

$(CH(C_6H_5)–CH_2)_n$

General properties

Density	1,040	–	1,050	kg/m^3
Price	2.1	–	2.3	USD/kg

Mechanical properties

Young's modulus	1.2	–	2.6	GPa
Yield strength (elastic limit)	28.7	–	56.2	MPa
Tensile strength	35.9	–	56.5	MPa
Compressive strength	31.6	–	61.8	MPa
Elongation	1.2	–	3.6	%
Hardness—Vickers	8.6	–	16.9	HV
Fatigue strength at 10^7 cycles	14.4	–	23	MPa
Fracture toughness	0.7	–	1.1	MPa·m$^{1/2}$

Thermal properties

Glass temperature	73.9	–	110	°C
Maximum service temperature	76.9	–	103	°C
Thermal conductor or insulator?	Good insulator			
Thermal conductivity	0.121	–	0.131	W/m·K
Specific heat capacity	1,690	–	1,760	J/kg·K
Thermal expansion coefficient	90	–	153	μstrain/°C

Electrical properties

Electrical conductor or insulator?	Good insulator			
Electrical resistivity	1×10^{25}	–	1×10^{27}	μohm·cm
Dielectric constant	3	–	3.2	
Dissipation factor	0.001	–	0.003	
Dielectric strength	19.7	–	22.6	10^6 V/m

Eco properties: material

Global production, main component	12.6×10^6			metric ton/yr
Embodied energy, primary production	92	–	102	MJ/kg
CO_2 footprint, primary production	3.6	–	4.0	kg/kg
Water usage	108	–	323	L/kg
Eco-indicator	320			millipoints/kg

Eco properties: processing

Polymer molding energy	16.5	–	18.3	MJ/kg
Polymer molding CO_2	1.24	–	1.37	kg/kg
Polymer extrusion energy	5.7	–	6.4	MJ/kg
Polymer extrusion CO_2	0.43	–	0.48	kg/kg

End of life

Embodied energy, recycling	43	–	52	MJ/kg
CO_2 footprint, recycling	2.6	–	3.1	kg/kg
Recycle fraction in current supply	5	–	6	%
Heat of combustion	40	–	42	MJ/kg
Combustion CO_2	3.3	–	3.5	kg/kg

Recycle mark

Typical uses. Toys; light diffusers; lenses and mirrors; beakers; cutlery; general household appliances; video/audio cassette cases; electronic housings; refrigerator liners.

PŘÍLOHA č. 2

Vypracovaný slovník

(K překladu použity anglicko-české slovníky)

SLOVÍČKA BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

above all – především
Accommodate – přizpůsobit
According – podle
Acidification – okyselení
Acquisition – přínos, nabytí, pořízení
Adapted – přizpůsobený
adopt – zavést
Affordable – cenově dostupný.
aggregated – agregované
Aims to – má za cíl
Amass – hromadit
ambiguity – dvojznačnost
annual – roční
apparently – zřejmě
approach – postup
Appropriate – odpovídající
Approximate – přibližný
Arduous – náročný (pracný, namáhavý)
assemble – shromáždit
Assess – ohodnotit, stanovit
Assessed – ohodnocený, odhadnutý
Assessment – posouzení
assessment – stanovení (posouzení, ohodnocení)
assign – přiřadit, přidělit
Associate – přidružený
attach – připojit
base – základ, výchozí bod, založit
behalf of – jménem
Beyond – na druhé straně
bill of materials – kusovník
Bit – kousek
boundaries – hranice
Brief – stručný
broader – širší, výrazný
broadly – široce
burden – břímě
burden – zátěž
bypass – obejít, vyhnout se
Carry – nést
Claim – nárokovat si, vymáhat
Classification – třídění
Comlying – vyhovující
committed to – zavazuje se
common sense – selský rozum
Compilation – složení, sbírka, shrnutí
Compiling – zpracování, sbírání
computer-aided – počítačem podporované
Concern – znepokojení
condense – zestručnit
Conducting – vodící, vodivý
Conformity – přizpůsobení
Consequences – důsledky
considerable – značný, nemalý, velký
Considers – uvažovat o
Contain – obsahovat
containing – obsahující
Contribute – přispět, podílet se
contribution – podíl
Contribution – příspěvek
conversion- přeměna
Conviction – přesvědčení, rozsudek
cope – poradit si
Cost – náklady, cena
Cradle – kolébka
data sheets – datové listy
decision – rozhodnutí
decision – rozhodnutí
decisions – rozhodnutí, verdikt
depend – záviset
depletion – vyčerpání
despite – i přes
Determined – rozhodný
determined by – určený
develop – rozvíjet
difficulties – potíže
dilution effect – ředící účinek
Drain – vyčerpat
Draw – čerpat
draw up – vypracovat, navrhnout, sestavit
Each - každý
each – každý
efforts – úsilí
embark on lightly – jít lehce
embodies – ztělesňuje
Emerge – vzejít, objevit se
emerged – objevený se, vyplynul
Enclose – oplotit, ohradit
Enterprice – podnik
entire – celý
Equally – rovnoměrně
essential – nezbytný
Eutrophication – eutrofizace
Evaluating – ohodnocení
Examine – zkoumat, ověřovat

Examining – zkoumání
Excrete – vyměšovat
Exploration – průzkum
Explore – prozkoumat
expressed – vyjádřený
Feasible – realizovatelný
Feedstock – suroviny
focuse - soustředit
formalism – formalismus
Fraction – zlomek
Further – dále
gain – zisk
Gap – mezera
Goal – cíl
Guidance – vedení, řízení
harmless – neškodný
have evolved to – se vyvinuli do
idea – myšlenka
Impact – dopad
Impacts – dopady
implementing – provádění
Implications – důsledky
inaccessible – nepřístupný
incineration – spalování
indeed – opravdu, vskutku
inevitably – nevyhnutelně
initial – počáteční
Instance – příklad
interdependent – vzájemně závislé
Internalize – internalizovat – vnitřně osvojit
Interpretation – výklad
Inventory – inventář
Involve – vyžadovat
is said to be – se říká, že je
Issue – vydatný
Judgment – odhad, rozsudek
Labelled – popsán
landfill – skládka
Layout – nákresem, projektem
lead – vést, vede
Listed – v seznamu
Loop – smyčka
Maintain – udržovat
Maintenance – udržování, údržba
Malignant – zhoubný
marginal – okrajový
mass – hmotnost
Matter – důvod
mature – zralý, vyspělý
measures – opatření
Merely – pouze
Might – moci
Multiplying – násobení
nature – povaha
necessarily – nezbytně
Neither – žádný
Notional – pomyslný
Ongoing – aktuální (pokračující)
Opaque - matný, neprůhledný
Operation – působení
originator – původce
Particularly – zejména
particulate – částice
Pass – schválit, přejde, stát se
path – cesta
Perform – provést
Performance – výkon
Plainer – jednodušší, obyčejnější
Plant – továrna, strojní zařízení
precise – přesný
precise – přesný
Principle – podstata, zásada
Profoundly – hluboký
Progresses – postupuje
Progression – postupy
Promising – nadějný
Properly – správně
Proposal – návrh, nabídka
Provide – poskytnout
Provide – poskytnout
Purpose – cíl, záměr
purpose – účel
Ranges – rozsahy
ranking – roztřídit
Refinement – upřesnění
Refrigerator – lednička
Relation – závislost, souvislost, vztah
rely – spoléhat se
Remote – vzdálený
Resolution – rozlišení
Responsible – odpovědný
Resurrected – vzkříšený
retrieving – vrátit, získat zpět
Scope – rozsah
Scrap – šrot
scrutiny – kontrola
scrutiny of - zkoumání
Self-contained – soběstačný
self-optimizing – samooptimalizace
Sense – smysl
Separated – oddělené
severity – vážnost
significant – důležitý, podstatný
Sizing – dimenzování

so to speak – abych tak řekl
sophisticated – sofistikovaný
Specification – upřesnění
Spontaneously – Spontánně
Spread – rozptyl, rozpětí
stage – etapa
Standpoint – stanovisko, hledisko
Statement – přehled
straightforward – přímý
Streamlined – efektivnější
strip off – zbavit se
Structurises – strukturalizuje
Subcontractor – subdodavatel
subjected to – podrobit
Subselections – dílčích výběrů
subsequent – následující, další
Subtle – přesněji
Sufficient – dostatečný
Supplier – dodavatel
Surrounding – okolí
Task – úkol
tend – směřovat, mít sklon
Therefore – proto
Thus – tím pádem
to do so – udělat to tak
to guide – provázet
Trace – sleduje
Track – sledovat
Trade – obchodovat
trade-off – kompromis, porovnávání
troublesome – nepříjemný
Unavailable – nedosažitelný
uncertainty – nejistota, neurčitost
unnecessary – zbytečné
vague – nejasný, neurčitý
Vague – vágní, neurčitý
via – přes
Volume – objem
Wide – široký