ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra aplikované ekologie

Analýza dopadů plastů a bioplastů na životní prostředí

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Lenka Wimmerová, MSc., Ph.D.

Diplomant: Bc. Nikol Lišková

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Nikol Lišková

Krajinné inženýrství
Regionální environmentální správa

Název práce

Analýza dopadů plastů a bioplastů na životní prostředí

Název anglicky

Analysis of Environmental Impacts of Plastics and Bioplastics

---

Cíle práce

Cílem práce je kritické posouzení environmentálních dopadů vybraných skupin plastů a bioplastů. Pozornost bude věnována jak konvenčním plastům, tak bioplastům vyrobeným z obnovitelných zdrojů, plastům biodegradabilním a plastům kompostovatelným. Posouzení bude provedeno hodnocením environmentálních dopadů pro jejich výrobní fázi a pro fázi likvidace či recyklace.

Metodika

Diplomová práce má charakter studie. Metodicky půjde o vytvoření aktuálního literárního přehledu z oblasti plastových a bioplastových materiálů a hodnocení jejich environmentálních dopadů se zaměřením na vybrané fáze jejich životního cyklu. Výběr skupin materiálů pro posouzení bude proveden na základě analýzy plastových odpadů produkovaných v rámci konání letního hudebního festivalu a na základě analýzy dat dostupných z centrální evidence odpadů. Hodnocení bude provedeno v souladu s mezinárodními standardy pro posuzování životního cyklu.

Doporučený rozsah práce

cca 80 stran textu a 10 stran příloh

Klíčová slova

analýza, plast, bioplast, životní cyklus, dopad, environmentální, biodegradabilní, kompostovatelný

Doporučené zdroje informací

ČSN EN ISO 14040: Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2006. 34 s.

EC, DG Environment, 2018: Circular economy. Implementation of the Circular Economy Action Plan. Dostupné z <http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm>.

Fitz, J. a kol., 2001: Environmental impacts of biobased/biodegradable packaging. Starch/Stärke 53: 105-109.

Hoekstra, A.Y. a kol., 2011: The water footprint assessment manual: setting the global standard. London, Earthscan, 203 s.

Holmberg, J. a kol., 1999: The ecological footprint from a systems perspective of sustainability. International Journal of Sustainable Development and World Ecology 6:17-33.

Kočí, V., 2009: Posuzování životního cyklu (Life Cycle Assessment – LCA). Ekomonitor, Chrudim, 263 s.

Šalanda, P., 2017: Biodegradabilní plasty v systému nakládání s odpady. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Praha, 43 s (bakalářská práce).

Wright, L.A. a kol., 2011: 'Carbon footprinting': towards a universally accepted definition. Journal of Carbon Management, 2:61-72.

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Lenka Wimmerová, MSc, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 7. 1. 2019

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 1. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 11. 05. 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: *„Analýza dopadů plastů a bioplastů na životní prostředí“* vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzi tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V……..dne…….

…….
(Podpis autora práce)

Poděkování

Děkuji Ing. Lence Wimmerové, MSc., Ph.D. za pomoc a odborné vedení při zpracování této diplomové práce a za poskytnutí jejích znalostí a zkušeností. Dále bych také chtěla poděkovat organizátorům festivalu Let It Roll a společnosti Augiášův chlév za poskytnutí informací pro tuto diplomovou práci.

Abstrakt

Diplomová práce analyzuje vybrané environmentální dopady nejpoužívanějších plastových a biologicky rozložitelných výrobků používaných na letním festivalu Let It Roll. Práce je rozdělena literární rešerši a metodickou část. V literární rešerši jsou popsány nejvýznamnější plastové materiály dnešní doby spolu s historií a vývojem plastů, příslušnou legislativou a cirkulární ekonomikou, která s plasty úzce souvisí. Praktická část se věnuje festivalu a čtyřem plastovým produktům, které se na festivalu používají. Jedná se o vratné kelímky z PP, PVC bannery, plastové láhve a talíře z palmových listů. V rámci této části práce je každý produkt posuzován podle zásad LCA analýzy pro čtyři fáze životního cyklu – fáze výroby, dopravy, užití na festivalu a likvidace. Bylo zjištěno, že k největší produkci skleníkových plynů dochází používáním PVC bannerů, jejichž výroba zatěžuje životní prostředí. Další šetření ukázalo, že vratné kelímky mají na festivalu až o 92,5 % menší životnost, než udává dodavatel a že tyto výrobky zatěžuje nutnost dopravy na mytí do průmyslové myčky, které je v současnosti k dispozici jediná v České republice. Obdobný případ je i v případě talířů z palmových listů, které jsou sice environmentálně šetrné ve výrobní a užitné fázi i fázi likvidace, ale jejich doprava z Asie produkuje značné množství CO_2e. Celková zátěž CO_2e způsobená výrobou, dopravou, užitím a likvidací hodnocených plastových výrobků na festivalu LIR v roce 2019 činila 60,132 tun.

Klíčová slova: Analýza, plast, bioplast, životní cyklus, dopad, environmentální, biodegradabilní, kompostovatelný

Abstract

This thesis analyzes the environmental impact of the most used plastic and biodegradable products at the summer festival Let It Roll. The paper is divided into literature research and methodology sections. The literature research describes the most important plastic materials of today along with the history of plastic development, relevant legislation, and circular economy, which is closely related to plastics. The methodology section is devoted to the festival and four plastic products that are used there. These are returnable cups made of PP, PVC banners, plastic bottles, and plates made of palm leaves. Within the methodology section, each of these products is assessed according to the principles of LCA analysis for four phases of the cycle – the phase of production, transport, use at the festival, and disposal. It was found that most of the greenhouse gas production occurs due to the use of PVC banners. Further investigation showed that the returnable cups have up to 92.5 % shorter life at the festival than stated by the supplier and that the environmental impact of these products is exacerbated by the need for transport to an industrial dishwasher, which is currently available only on a single place in the Czech Republic. The situation is similar in the case of palm leaf plates, which are environmentally friendly in the production, utility, and disposal phases, but their transport from Asia produces a significant amount of CO2e. The total CO2e load caused by the production, transport, use, and disposal of the considered plastic products at the LIR festival in 2019 was 60,132 tonnes.

Keywords: Analysis, plastic, bioplastic, life cycle, impact, environmental, biodegradable, compostable

OBSAH

1 ÚVOD 1
2 CÍLE PRÁCE 2
3 LITERÁRNÍ REŠERŠE 3
3.1 Historie vývoje plastů 3
3.2 Druhy plastů – podle polymerů 6
3.3 Druhy plastů – podle tepelné zpracovatelnosti 12
3.4 Druhy bioplastů 13
3.5 Legislativa 16
3.6 Cirkulární ekonomika 19
3.7 Plast jako odpad 21
3.8 Posuzování životní cyklu plastu 28
4 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ A SLEDOVANÉHO FESTIVALU 34
4.1 Letiště Boží dar 34
4.2 Milovice 35
4.3 Festival Let It Roll 35
5 METODIKA 37
6 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY 38
6.1 PP vratné kelímky 38
6.2 PVC bannery 41
6.3 PET lahve 43
6.4 Talíře z palmových listů 44
7 VÝSLEDKY 47
7.1 PP vratné kelímky 47
7.2 PVC bannery 48
7.3 PET lahve 49
7.4 Talíře z palmových listů 50
7.5 Srovnání výrobků a fází LCA 51
8 DISKUZE 53
9 ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE 55
10 PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ 56

SEZNAM ZKRATEK

BO	biologický odpad
BPI	Institut biologicky rozložitelných produktů
BRO	biologicky rozložitelný odpad
BRKO	biologicky rozložitelný komunální odpad
CBA	analýza nákladů a přínosů
ČOV	čistírna odpadních vod
EK	Evropská komise
EP	Evropský parlament
EU	Evropská unie
HDP	hrubý domácí produkt
LCA	posuzování životního cyklu
LCC	analýza nákladů životního cyklu
LDPE	nízkohustotní polyethylen
LIR	Let It Roll
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
PBAT	polybutylenadipáttereftalát
PBS	polybutylensukcinát
PDK	polydiketoenamin
PE	polyethylen
PEF	polyethylenfuranoát
PES	polyestery
PET	polyethylentereftalát
PHA	polyhydroxyalkanoát
PHB	polyhydroxybutyrát
PLA	kyselina polymléčná
PMMA	polymethylmethakrylát
PP	polypropylen
PS	polystyren
PUR	polyuretan
PVC	polyvinylchlorid
TPS	termoplastické škrobové polymery
UV	ultrafialový
VC	vynilchlorid

DEFINICE POJMŮ

Plast

Plasty jsou skupinou syntetických materiálů, který se skládá z monomerů a polymerů. Plast je materiál, který se vyznačuje svou plasticitou a velkou možností měnit svůj tvar. U plastu nalezneme různé druhy výroby jako například lisování, vstřikování, vyfukování nebo lití (Černý, 2019).

Konvenční plast

Konvenční plast je takový plast, který je vyroben z fosilních paliv, pryskyřic a syntetických aditiv (Dohnal, 2008).

Bioplast

Bioplasty jsou novodobé plasty, které se stále vyvíjí, a můžeme očekávat jejich stále širší využívání. Jsou to plasty, které degradují v životním prostředí. Pro bioplast je typické buďto jeho složení (zda je plast vyroben z obnovitelných zdrojů) nebo způsob konečného nakládání s odpadem (kompostovatelné plasty a biodegradabilní procesy) (Vaněk a kol., 2013).

Kompostovatelný plast

Kompostovatelný plast, je takový plast, který podléhá biodegradaci, ale za řízených podmínek. Musí se dodržet tyto podmínky: správná intenzita UV záření, dostatečný přísun vzduchu, správná vlhkost a teplota (Kale a kol., 2007).

Biodegradovatelný plast

Jedná se o plast, který v běžných podmínkách životního prostředí samovolně degraduje, a to za aerobních podmínek, bez lidské pomoci. Rozklad uhlíkového řetězce těchto polymerů způsobují především přirozené se vyskytující mikroorganismy (Růžička a kol., 2005).

Likvidace

Podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, v pozdějším znění je likvidace neboli odstraňování odpadu posledním způsobem, jak s odpadem nakládat. Odstranění odpadu je v současné době prováděno skládkováním nebo jeho energetickým využitím.

Recyklace

Recyklace je jeden ze způsobů materiálového využití odpadů. Je to zpracování odpadních materiálů tak, aby po technologické úpravě mohl být materiál znovu použit ve výrobě. Odpad tedy může sloužit jako druhotná surovina ve výrobním procesu a může nahradit primární suroviny (Fiedor, 2012).

Mikroplasty

Velké množství plastů končí v životním prostředí. Tím, že se plasty částečně degradují, rozpadají se na menší částečky nebo mikroplasty, je obtížné je dále odstranit a dochází ke kontaminaci životního prostředí. Kromě velkého znečištění moří a oceánů plasty, nalezneme mikroplasty také v půdě nebo ovzduší (Nieslsen a kol. 2019).

1 ÚVOD

Nacházíme se v době plastové, kde plasty jsou všude kolem nás. V roce 2018 činila produkce plastů v Evropě 61,8 milionů tun. Celosvětově v roce 2018 činila produkce plastů 359 miliónů tun. Největším producentem je Asie, která se na plastové produkci podílí 51 %, Evropa zaujímá 17 % celkové produkce plastů (PlasticsEurope, ©2019). Kvůli špatné recyklaci a nízkému oběhu plastových výrobků se v životním prostředí hromadí miliony tun plastového odpadu. Plastový odpad má negativní vliv jak na životní prostředí, tak na lidské zdraví (Danso a kol., 2019). Do prostředí se z plastového odpadu uvolňují mikroplasty, které mohou ovlivnit funkci půdy a ohrozit organismy (Helmberger a kol., 2019). Do popředí se naštěstí čím dál více dostává snaha o ochranu životního prostředí. Důležitým nástrojem v ochraně životního prostředí je cirkulární ekonomika, která odpad, tedy i plast vnímá jako druhotnou surovinu, která se tak vrací do oběhu. Jedním z nástrojů, které mohou vést ke zlepšení životní prostředí a vytvářet tlak na výrobce i spotřebitele je legislativa. V roce 2019 se Evropská unie dohodla na omezení jednorázových plastových výrobků.

O zmírnění odpadů na životní prostředí se také snaží festival Let It Roll. Na festival Let It Roll každoročně vyrazí okolo 23 tisíc návštěvníků z České republiky, a především ze zahraničí. Festival proto do svého programu zařadil novou kampaň „*Roll in Green*“. Festival se touto aktivitou snaží zmírnit své negativní dopady, co se týká množství produkovaného odpadu, který na festivalu vzniká. Mezi hlavní body výše zmíněné kampaně patří zařazení zálohovaných kelímků z polypropylenu a nádobí z palmových listů. Diplomová práce se proto zaměřuje na dopady těchto nově zařazených výrobků na festival a pomocí analýzy životního cyklu se snaží zjistit, zda používání těchto výrobků má na životní prostředí pozitivní dopad. (LIR, ©2019)

2 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je kritické posouzení environmentálních dopadů a životního cyklu vybraných plastových a biodegradabilních výrobků na modelovém případu letního hudebního festivalu LIR.

Cíle práce bylo dosaženo pomocí naplnění následujících kroků:

1. Zpracováním teoretické části práce, kdy byla pozornost věnována jak konvenčním plastům, tak bioplastům, legislativní problematice této oblasti, technologických způsobům jejich současné likvidace a zásadám hodnocení životního cyklu.
2. Provedením sběru dostupných dat od organizátorů festivalu LIR a výrobců vybraných produktů, které byly v rámci práce posuzovány a kritické zhodnocení kvality poskytnutých dat.
3. Vypracování analýzy životního cyklu pro vybrané druhy produktů, používaných na festivalu LIR, jejich vzájemné srovnání a zhodnocení dopadů vybraných fází jejich životního cyklu na životní prostředí.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Historie vývoje plastů

3.1.1 Historie konvenčních plastů

Již v pravěku začal člověk využívat přírodní plastové hmoty. První známky používání přírodní plastové hmoty tak pocházejí z pravěku. Chemickou analýzou vědci zjistili, že se jednalo o tmel, který vzniká suchou destilací. Jednalo se o hmotu z břízy (Raab, 2008). Anglický vynálezce Alexander Parkes (1813–1890) představil v roce 1862 na mezinárodní výstavě v Londýně svůj vynález, který nazval Parkesin. Parkesin se skládal z nitrátu celulózy, chloridu vápenatého s příměsí olejů a destilátu dřevného dehtu. Tento materiál nebyl tvárný, ale v budoucnu měl nahradit kaučuk. V roce 1866 byla založena v Londýně firma Parkesine company, které měla zajistit konkurenci schopnost Parkesinu z kaučuku. Firma ale nebyla velmi úspěšná a po dvou letech zanikla. I přes to byl tento vynález velmi zásadní a později na základě Parkesinu vyvinul americký vynálezce John Weslay Hyatt (1837–1920) nový materiál Celuloid. Celuloid se skládá v podstatě z kafru a tuhého roztoku střelné bavlny (neboli nitrátu celulózy, který je vyroben pomocí kyseliny dusičné). Původně vyvinul John Weslay Hyatt tuto látku pro výrobu kulečníkových koulí namísto slonoviny. Celuloid je velmi hořlavý, netrvanlivý a po tom, co vyprchá kafr, křehne.

Jeden z prvních materiálů, který byl opravdu syntetický je bakelit. Bakelit vynalezl belgický vynálezce Leo Hendrik Baekeland (1863–1944) v roce 1907 v USA. Bakelit je tvrdý reaktoplast, který se používal především v elektrotechnice a domácích produktech, jako např. telefon (Gruber, 2003).

Dalším plastem, se kterým se i obchodovalo, byla Gutaperča. Jednalo se o pryskyřici vytékající z kůry stromů. Později v 60. letech 19. století zjistil známý fyzik Michael Faraday (1791–1867), že tato plastová hmota výborným izolantem elektrického proudu (Cídlová, 2011).

3.1.2 Vývoj bioplastů

V roce 1897 byl německými vědci vynalezen Galalith, což je biologicky rozložitelný plast, který je vyroben z mléčného kaseinu. Jeho nevýhodou bylo však, že se nedal dobře formovat a mléko v té době bylo vzácné. V dnešní době se Galalith používá k výrobě knoflíku. Francouzský vynálezce Maurice Lemoigne (1883–1967) vyvinul polyhydroxybutyrát (PHB). Jednalo se o první bioplast vyrobený činností bakterií. Maurice Lemoigne použil bakterii *Bacillus megaterium*, která po absorpci cukru, produkuje tento polymer (Barrett, 2018). První známky průmyslového využívání bioplastu bylo zaznamenáno v roce 1920, kdy Henry Ford (1863–1947) začal používat sójové boby na výrobu volantů a vnitřního vybavení aut. V roce 1940 představil na newyorské technické výstavě auto vyrobené pouze z bioplastu. Tato výroba se ale zastavila rozpoutáním druhé světové války (Hanžlová, 2014).

V 70. letech minulého století došlo k ropné a energetické krizi, a to z důvodu embarga arabských zemí produkující ropu. To mělo za následek rostoucí ceny ropy, a díky tomu došlo k dalšímu pokroku ve vývoji bioplastů a společností zabývající se výzkumem a vývojem těchto materiálů. V roce 1975 objevil tým japonských vědců princip degradace biologicky rozložitelných plastů. Objevili totiž bakterie rodu *Flavobacterium* sp., které rozbíjejí nylon v odpadních vodách. V roce 1989 byla založena společnost Foundation of Novamont S.p.A., která je i v dnešní době považována za lídra v oboru bioplastů. Tato společnost podporuje udržitelný rozvoj, užívá obnovitelné suroviny pro výrobu bioplastů a snaží se tak snižovat dopad bioplastů na životní prostředí. Další společností zabývající se bioplasty byla společnost Cargill Dow Chemicals, dnes NatureWorks, která se zaměřila na výrobu bioplastu z kukuřice. V roce 2001 začala tato společnost vyrábět kyselinu polymléčnou (PLA) a dnes je jejím předním výrobcem (Barrett, 2018).

V roce 2010 byla založena francouzská společnost Algopack. Jedná se o první společnost zabývající se výrobou bioplastů z mořských řas. Výhodou mořských řas je to, že nepotřebují hnojivo nebo pesticidy. Bioplast vyrobený z mořských řas degraduje v půdě během dvanácti týdnů a ve vodě během pěti hodin (Sainte-Foie, 2016).

3.1.3 Doba plastová

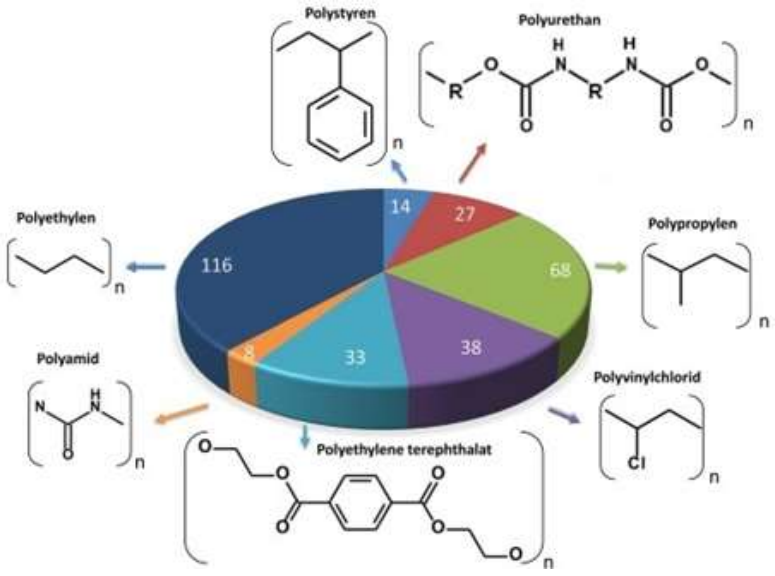
Plasty součástí našeho každodenního života a produkce plastů narůstá v posledních desetiletích neúměrně. Narůstá jak spotřeba plastů, tak znečišťování životního prostředí plasty. Každý den jsme obklopení spotřebním zbožím z plastu, ovoce a zelenina jsou baleny v plastu, pijeme z plastových láhví a veškerá hygiena je balená v plastu. Po tom, co plast splní svůj účel stává se z něj odpad. V lepším případě je plast energeticky využit nebo se dále recykluje. Pokud plast vyhodíme do přírody, trvá řadu let, než se rozloží. Tabulka č. 1 uvádí krátký přehled, o tom, jak dlouho se plastový produkty rozkládají v přírodě.

Tabulka 1 - Doba rozkladu vybraných plastových výrobků (ČT, ©2018)

Druh výrobku	Doba rozkladu (roky)
Igelitová taška (LDPE)	25
Plastový kelímek (PP)	70
Láhev (PET)	100
Jednorázová plena (PVC)	250
Deska (PS)	10000+

Většina plastového odpadu se dá recyklovat, ale jsou také výrobky, které nelze recyklovat. Jsou to výrobky z již recyklovaného materiálu, jedná se například o kartáčky na zuby nebo znečištěné plasty (např. mastné obaly) (Gabrhelíková, 2018).

Podle statistik se v roce 2016 prodalo 480 miliard plastových láhví. Předpokládá se, že v roce 2021 se vyhodí 538 miliard plastových láhví, ale pouze polovina těchto lahví se z recykluje (Moniová, 2018).



Graf 1 - Roční objem produkce polymerů na světě (Danso a kol., 2019)

Graf 1 znázorňuje sedm nejvýznamnějších polymerů. Čísla v grafu označují globální roční objem produkce (v milionech tun). Nejvíce vyráběným polymerem je polyethylen, následuje polypropylen, polyvinylchlorid, polyethylentereftalát, polyuretan, polystyren a polyamid (Danso a kol., 2019).

3.2 Druhy plastů – podle polymerů

Plasty můžeme dělit podle polymerů, což jsou látky z dlouhých molekul. Tyto dlouhé molekuly obsahují jednotku, která se stále opakuje a tuto jednotku nazýváme monomer. Pokud se vytvoří řetězec z monomerů, který je pospojovaný, jedná se tak o makromolekulární sloučeninu, kterou můžeme jinak nazvat polymer. Každý polymer má svůj polymerační stupeň, který nám udává počet monomerů v řetězci. Polymery vznikají procesem, který se nazývá polymerizace. Jedná se o přeměnu monomerů na polymery (Prokopová, 2007).

Polymery můžeme dělit na kopolymery a homopolymery. Kopolymery jsou polymery, které jsou tvořeny odlišnými monomerními jednotky. Takovým kopolymerem je například vinylchlorid. Homopolymer je takový polymer, který je tvořen pouze ze stejné stavební jednotky. Jedním z příkladů homopolymeru je například polystyren (Kedrová, 2012). Homopolymery dále dělíme na plasty vinylové, polyamidy, polyestery, fenoplasty a silikony.

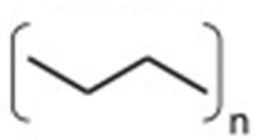
3.2.1 Vinylové plasty

Do skupiny vinylových plastů patří polyethylen (PE), polypropylen (PP), polyvinylchlorid (PVC), polystyren (PS) a polymethylmethakrylát (PMMA).

3.2.1.1 Polyethylen (PE)

Polyethylen (PE) se skládá z polymerů s dlouhými řetězci z ethylenu. Polyethylen se vyrábí buďto s vysokou hustotou, nebo s nízkou hustotou. PE s nízkou hustotou se nazývá LDPE (nízkohustotní polyethylen) a využívá se především na výrobu fólií. Z polyethylen s vysokou hustotou neboli HDPE (vysokohustotní polyethylen) se vyrábí fólie, které mají široké využití v potravinářském průmyslu (Danso a kol., 2019). Polyethylen má různé způsoby využití. Nejčastěji se polyethylen používá

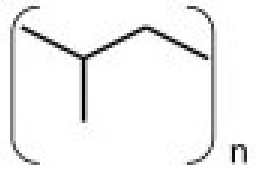
v potravinářském průmyslu na balení potravin nebo jako láhve na nápoje. Polyethylen má také velké využití ve stavebnictví jako potrubní materiál (Siracusa, 2019).



Obrázek 1 - Vzorec polyethylenu (Danso a kol., 2019)

3.2.1.2 Polypropylen (PP)

Polypropylen (PP) je velmi pevným, tvrdým a mechanicky odolným plastem. Ze všech významných plastů má polypropylen nejmenší hustotu. Díky jeho vlastnostem je částečně používán jako náhrada za kovových materiálů (Prokopová, 2007). Celosvětový výroba PP činí cca 30 milionů tun ročně. Polypropylen lze poměrně dobře recyklovat. Většinou se recykluje spolu se směsí polyethylenu (Šuta, 2008). Polypropylen se používá v obalovém průmyslu na balení potravin. Dalšími velmi používanými produkty z polypropylenu jsou kelímky na nápoje, láhve nebo brčka. V automobilovém průmyslu se tento materiál používá na výrobu nárazníku nebo baterií (Siracusa, 2019).

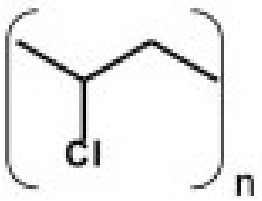


Obrázek 2 - Vzorec polypropylenu (Danso a kol., 2019)

3.2.1.3 Polyvinylchlorid (PVC)

Polyvinylchlorid (PVC) je získáván polymerizací vinylchloridu (VC), který má karcinogenní účinky na organismus. Surové PVC má po výrobě formu bílého prášku, který má termoplastický charakter. Při zpracování se používají pomocné látky, aby bylo dosaženo vhodných vlastností tohoto polymeru. Při výrobě se tedy používají také stabilizátory, které brání odštěpování chlorovodíku. Při zpracování tvrdého PVC se používají dále maziva, která brání vzniku tepla při tření, které vzniká při výrobě. Další pomocnou látkou ve výrobě jsou aditiva, která zlepšují vlastnosti tohoto polymeru. Díky přidaným aditivům má PVC lepší pružnost v tahu, odolnost proti mrazu a zlepšuje se tím zpracovatelnost. PVC může být zpracován jako tvrdý, měkčený,

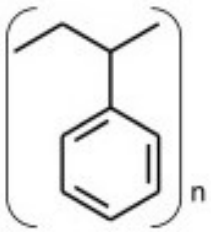
houževnatý nebo lehčený plast. Nejvíce se ale na světe vyprodukuje tvrdý a měkký PVC. Tvrdý PVC materiál se používá například na trubky a armatury pro pitnou a odpadní vodu. Používá se také ve stavebnictví na výrobu oken nebo nábytku. Uplatnění tvrdého plastu nalezneme také v obalovém hospodářství jako obaly na kosmetické produkty. Měkký PVC se zpracovává hlavně na fólie, desky. Používá se dále v domácnostech jako podlahová krytina a tapety. Z PVC jsou také vyráběny pleny a hračky pro děti. V textilním průmyslu se používá jako syntetická kůže (Mleziva, 1993).



Obrázek 3 - Vzorec polyvinylchloridu (Danso a kol., 2019)

3.2.1.4 Polystyren (PS)

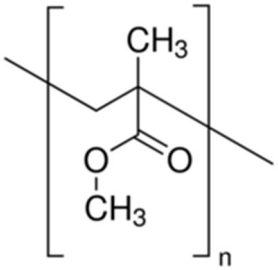
Polystyren (PS) se vyrábí polymerizací styrenu neboli vinylbenzenu. Styren se běžně vyskytuje v přírodě, ale dá se také získávat z ropy. Ve výrobě se používá polyesterem ve formě perlí, který se dodává se několika velikostních skupinách. Tyto perle se zpěňují. Zpěněním perle nabudou objem až padesátinásobně. Polystyren se lze upravit tak, aby byl nesnadno hořlavý. Díky této vlastnosti se používá ve stavebním průmyslu jako izolace. Polystyren má také dobré tepelně izolační vlastnosti. Tato vlastnost je dána tím, že PS se tvořen mnoha uzavřenými buňkami, ve kterých je vzduch. Pěnová hmota se skládá pouze ze 2 % polystyrenu a zbytek 98 % tvoří vzduch. Dalšími vlastnostmi je minimální nasákavost, tvarová stabilita a snadná úprava (Prokopová, 2007). Z polystyrenu se vyrábí laboratorní zařízení nebo elektronické zařízení. Tento plast se opět hojně využívá v obalovém potravinářství na balení potravin anebo na výrobu jednorázových kelímků (Siracusa, 2019).



Obrázek 4 - Vzorec polystyrenu (Danso a kol., 2019)

3.2.1.5 Polymethylmethakrylát (PMMA)

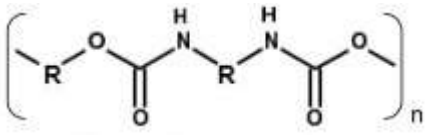
Polymethylmethakrylát (PMMA) je syntetický polymer, který má vlastnosti termoplastu. Jedná se o tzv. plexisklo nebo akrylátové sklo. Jedna z charakteristických vlastností tohoto plastu je jeho čirost a naprostá bezbarvost i v silnějších vrstvách. PMMA má dobře elektroizolační vlastnosti, je odolný vůči vodě a kyselinám. Polymethylmethakrylát se často používá jako náhražka za sklo, protože má nízké výrobní náklady a má větší odolnost vůči nárazům. V porovnání se sklem má navíc menší hmotnost a snadnou možnost ohýbání (Polyplasty, ©2018).



Obrázek 5 - Vzorec polymethylmethakrylátu (Merck, ©2020)

3.2.1.6 Polyuretan (PUR)

Polyuretany patří mezí nejvíce produkované plasty. Ročně se jejich výroba odhaduje na 10 mil. tun/rok. Výhodou PUR je jeho vysoká šíře vlastností a možností využití. Lehčením polyuretanu vznikají pěny, které mohou být měkké nebo tvrdé. Také se může lišit pórovitost těchto pěn. Jednou z lehčených hmot je molitan. Z polyuretanu se také vyrábí lepidla nebo vlákna. Velké využití PUR nalezneme v automobilovém průmyslu (Lederer, 2019).

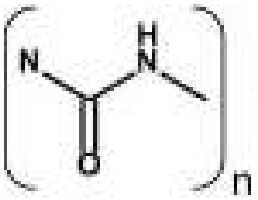


Obrázek 6 - Strukturní vzorec polyuretanu (Danso a kol., 2019)

3.2.2 Polyamidy

Aromatické polyamidy neboli aramidy mají výjimečně dobrou odolnost vůči teplu a hoření. Další vlastností je odolnost vůči chemikáliím a vysoká pevnost. Díky těmto vlastnostem se z aramidu vyrábějí neprůstřelné vesty. Dále se tento plast využívá například jako ochranné obleky a rukavice nebo jako optická vlákna. V letecké a vojenské technice nalezl tento plast využití jako izolační film (Prokopová, 2007).

Alifatické polyamidy se vyrábějí polykondenzační reakcí. Polykondenzační reakce, je reakce, při které se spojí dvě molekuly a mimo výsledného polymeru se ještě uvolní molekula vody nebo amoniaku. Díky odštěpení molekul vody nebo amoniaku je možné vytvořit nové vazby mezi monomery. Tato reakce probíhá také u polyesteru (Kedrová, 2012). Největší význam má polyamid 6,6, který se také nazývá nylon a polyamid 6, který je známý jako silon (Prokopová, 2007).



Obrázek 7 - Vzorec polyamidu (Danso a kol., 2019)

3.2.2.1 Polyamid 6,6 – Nylon

Nylon byl objeven americkou společností DuPont. Základní řetězec je tvořen peptidickými vazbami. Nylon je syntetický polymer. Jedná se o vlákno, které je vyrobeno z vody, vzduchu a uhlí (Matthens, 1993). V dnešní době se nylon používá jako vlákno například v zubních kartáčkách, kempovacích stanech, kytarových a raketových strunách nebo jako lékařské implantáty (Hill, 2015).

3.2.2.2 Polyamid 6 – Silon

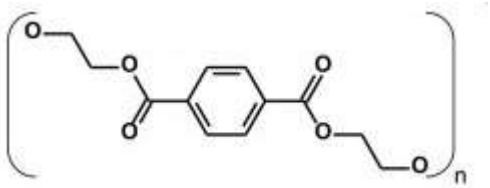
Silonové vlákno bylo objeveno ve zlínské laboratoři vynálezcem Otto Wichterlem, který vlákno zprvu pojmenoval *WINOP,* a to podle iniciál členů vývojového týmu: Wichterle – Novotný – Procházka. Později se tento polymer přejmenoval na silon (Michálek, 2013). Silon je jeden z důležitých konstrukčních plastů, a to díky jeho tvrdosti, pevnosti a houževnatosti. Má dobrou chemickou odolnost a příznivé elektroizolační vlastnosti. Využívá se převážně ve strojírenství, dopravní technice, textilním a elektrochemický průmyslu. Využití díky možnému krátkodobému styku s potravinami nalezne také v potravinářském průmyslu (VSS, ©2020).

3.2.3 Polyestery (PES)

Polyestery (PES) je syntetické materiály, které se vyrábí jako většina plastů z ropy. Mezi nejvýznamnější a nejpoužívanější polyester patří polyethylentereftalát (PET) (Prokopová, 2007). Díky vlastnostem jako je snadné a rychlé sušení nebo malá navlhlost, se polyestery používají k výrobě stanů a také kempovacích židlí.

3.2.3.1 Polyethylentereftalát (PET)

Polyethylentereftalát (PET) je polyester, který má vysokou tuhost, je odolný proti oděru a má dobrou tvrdost. PET je odolný vůči olejům, tukům a alkoholům, ale je náchylný na horkou vodu a vodní páry. Nejčastěji se tento druh polyesteru používá v obalovém průmyslu jako láhve, balení potravin, nebo jako obaly na kosmetické výrobky. V automobilovém průmyslu je využívá například pro výrobu bezpečnostních pásů. V lékařství se hojně využívá jako implantát (Danso a kol., 2019).



Obrázek 8 - Vzorec polyethylentereftalátu (Danso a kol., 2019)

3.2.4 Fenoplasty

Název fenoplasty je označení syntetické pryskyřice. Jedná se o první průmyslově vyráběné polymery. V průmyslové výrobě se tento polymer označoval jako Bakelit. Fenoplast vzniká polykondenzací fenolu s formaldehydem ve vodném prostředí. V alkalickém prostředí, v přebytku formaldehydu, vznikají rezoly. Kondenzací, které se provádí v kyselém prostředí a s přebytkem fenolu vznikají novolaky. Rezoly jsou hmoty, které jsou odolné vůči chemikáliím a mají síťované polymery. Novolaky jsou materiály rozpustné v organických rozpouštědlech a mají lineární polymer. Fenoplasty se používají jako tmely nebo lepidla (Prokopová, 2007).

3.2.5 Silikony

Silikony jsou organokřemičité sloučeniny. Jedná se o polymery, které jsou tvořeny křemíkovým atomem, který je spojený kyslíkovým můstkem a zbylé valence jsou vázány na uhlovodíkové zbytky. Získávání silikonu je za pomoci hydrolýzy alkyl nebo aryl-chlorsilanů. Hlavními vlastnostmi silikonu je jejich tepelná a světelná stabilita (Lederer, 2019).

Mezi silikony patří silikonové pryskyřice, oleje a kaučuky. Silikonové pryskyřice slouží jako elektro izolace, vyrábí se z nich laminátové desky nebo barvy odolné vysokým teplotám. Silikonové oleje slouží jako izolační média, plní se jimi kapalinové tlumiče, používají se jako média pro přenos tepla. Dále se používají jako auto leštidla,

opalovací krémy nebo jako rtěnky. Silikonové kaučuky slouží hlavně jako izolační pouzdra kabelů, vyrábí se z nich kyslíkové masky, kosmické skafandry a ve zdravotnictví se používají jako implantáty nebo jako zdravotní hadice (Kedrová, 2012).

3.3 Druhy plastů – podle tepelné zpracovatelnosti

Tepelnou úpravou plastu se z polymeru odstraní nadbytečný ethylenglykol. Odstraněním ethylenglykolu dosáhneme vyšší molekulové hmotnosti (Prokopová, 2007). Plasty podle tepelné upravitelnosti dále dělíme na termoplasty, reaktoplasty a elastomery, resp. pryže.

3.3.1 Termoplasty

Většina termoplastů je amorfních. Struktura může být i větvená, ale většinou je lineárně makromolekulární. Ke zpracování těchto plastů dochází nad jejich teplotou tání, většinou když je plast ještě ve viskoelastickém stavu. Velkou výhodou této skupiny plastů je to, že se dají opakované tepelně upravovat a tvarovat (Prokopová, 2007). Mezi významné termoplasty patří například polyethylen (PE), polypropylen (PP), polyvinylchlorid (PVC), polystyren (PS), polyamid nebo polymethylmethakrylát (PMMA). Častými výrobky z termoplastů jsou například komponenty do automobilů, plastové láhve nebo stavební materiály (Běhálek, 2016).

3.3.2 Reaktoplasty

Reaktoplasty mají stejnou strukturu jako termoplasty. Po tepelném zpracování se však reaktoplasy vytvrzují. To znamená že na rozdíl od termoplastů lze reaktoplasty tepelně zpracovat pouze jednou. Do této skupiny plastů řadíme například různé druhy pryskyřice – melaminoformaldehydové pryskyřice nebo epoxidové pryskyřice (Prokopová, 2007).

3.3.3 Elastomery (pryže)

Jedná se o amorfní polymery. Výhodou elastomeru je, že se již při malé síle dají různě deformovat, aniž by se jejich struktura porušila. Navíc jsou tyto deformace vratné.

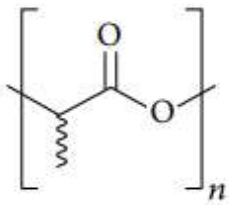
Jedná se hlavně o kaučuky (Prokopová, 2007). Elastomery mají velké využití v automobilovém průmyslu, obzvlášť u izolaci vodičů (Ducháček, 1996).

3.4 Druhy bioplastů

Bioplasty jsou novodobé plasty, které se stále vyvíjí, a můžeme očekávat jejich stále širší využívání hlavně v rámci obalového průmyslu (Vaněk a kol., 2013). V dnešní době je mnoho druhů bioplastů a mezi ty nejznámější patří například – polymléčná kyselina (PLA), polyhydroxyalkanoáty (PHA/PHB), škrobové polymery (TPS), polybutylensukcinát (PBS), polybutylenadipáttereftalát (PBAT), oxoplasty a další. Z celkové výroby plastů zaujímají bioplasty pouze jedno procento celkové výroby. Bioplasty může vnímat různým způsobem. Mohou to být plasty, které jsou z části vyrobené z obnovitelných materiálů, ale také plasty, které se samovolně rozkládají v přírodě (Dohnal, 2018). Obecně tedy hodnotíme u bioplastu, buďto jeho složení (zda je plast vyroben z obnovitelných zdrojů) nebo způsob konečného nakládání s odpadem (kompostovatelné plasty a biodegradabilní procesy). Je nezbytné zmínit, že samotnému biodegradabilnímu procesu podléhají i konvenční plasty a že mnoho bioplastů obsahuje padesát i více procent ropy (Vaněk a kol., 2013).

3.4.1 Polymléčná kyselina (PLA)

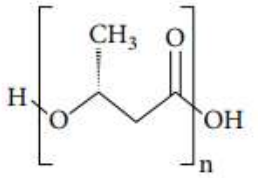
PLA je polyester, který má velký potenciál. Základem je kyselina mléčná, kterou lze snadno získat fermentací jakékoliv vodíkově-uhlíkové biomasy. Vhodnou biomasu pro výrobu kyseliny mléčné nalezneme v zemědělství, jedná se o kukuřici, obilí, cukrová třtina nebo odpadní produkty jako siláž. Získaná fermentovaná kyselina mléčná se polymerizací mění na polymléčnou kyselinu. PLA se začala používat v chirurgickém odvětí, nebo jako hlavní materiál pro 3D tisk. Největšími výrobci PLA jsou například společnosti NatureWorks, WeforYou nebo Evonik (Lešinský, 2003).



Obrázek 9 - Vzorec polymléčné kyseliny (Cárdenas-Triviño a kol., 2019)

3.4.2 Polyhydroxyalkanoáty (PHA/PHB)

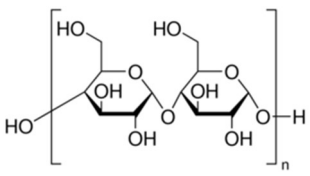
Nejpoužívanějším druhem polyhydroxyalkanoátů je polyhydroxybutyrát (PHB). Vlákna polyhydroxybutyrátu jsou lehce biodegradovatelná. Vlastnosti PHB jsou závislé na vlastnostech monomeru, a ty jsou dále závislá na mikrobiální fermentaci, což je zdroj uhlíku a kultury mikroorganismů. Výhodou PHB je, že má velikou odolnost v propustnosti vlhkosti, ta je podobná jako u LDPE. Nevýhodou je však vyšší cena. Využít se PHB dá například v obalovém průmyslu nebo ve výrobě biomedicínských výrobků (Lešinský, 2003). Polyhydroxyalkanoáty (PHA) jsou zcela biologicky rozložitelné plasty a mají podobné vlastnosti jako konvenční plasty vyrobené z fosilních paliv, což z nich činí vhodné kandidáty pro náhradu plastů na bázi fosilních paliv. Tyto bioplasty jsou šetrné k životnímu prostředí a mohou se používat na výrobu jednorázových předmětů nebo k balení potravin. Cena těchto bioplastů je ale až třikrát vyšší, něž u plastů na bázi fosilních paliv (Mannina a kol., 2019).



Obrázek 10 - Vzorec polyhydroxybutyrátu (Cárdenas-Triviño a kol., 2019)

3.4.3 Škrobové polymery (TPS)

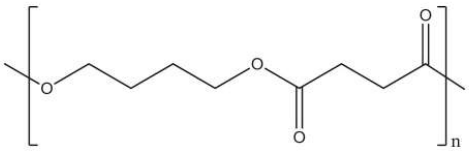
Hlavním důvodem využívání škrobu při výrobě bioplastů je jeho biologická rozložitelnost a jeho dostupnost. Ve světě se nejvíce využívá kukuřiční škrob. V České republice se vyrábějí dva typy škrobu, a to kukuřičný a pšeničný. Také škrobový materiál je do bioplastů vpravován dvojím způsobem. Škrob může být ve formě plniva, což znamená, že si zachová svou strukturu, nebo může být škrob začleněn přímo do kompozitu. Pokud je škrob začleněn přímo, hovoříme poté o tzv. termoplastickém škrobu (TPS). Škrob jako plnivo má za úkol ovlivnit vlastnosti bioplastů jako například pevnost, tepelnou vodivost, nebo zlepšení biodegradace v půdě (Šárka a kol., 2011).



Obrázek 11 - Vzorec škrobu (Merck, ©2020)

3.4.4 Polybutylensukcinát (PBS)

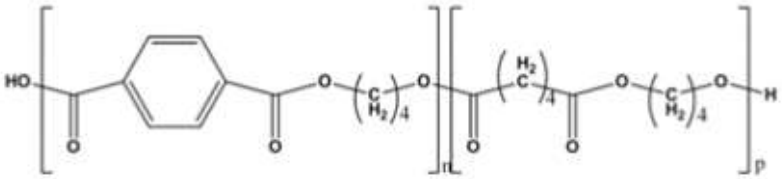
Polybutylensukcinát (PBS) je alifatických polyester, který se snadno biologicky odbouratelný a má podobné vlastnosti jako PET. Mezi mechanické vlastnosti PBS patří dobrá pevnost v tahu a v prodloužení a díky těmto vlastnostem se PBS začalo využívat v medicíně jako implantát. Další využití nalezne v zemědělství jako mulčovací folie. Velké využití nalezne PBS v obalovém hospodářství (Vašulka, 2016).



Obrázek 12 - Vzorec polybutylen sukcinát (Niaounakis, 2015)

3.4.5 Polybutylenadipáttereftalát (PBAT)

Polybutylendipáttereftalát je jedním z biologicky degradovatelných a kompostovatelných polymerů. PBAT se snadno zpracovává a jeho výhodou jsou podobné mechanické vlastnosti jako polyethylen. PBAT je vyrobený především na bázi ropy a je certifikovaný jako kompostovatelný podle Institut biologicky rozložitelných produktů (*Biodegradable Products Institute*, BPI). Největší přínos má PBAT, stejně jako další biologicky rozložitelné polyestery, pokud je získávám prostřednictvím recyklací (Kijchavengku a kol., 2010). PBAT nalezne uplatnění v zemědělství nebo v domácnostech. Je to dobrý materiál na balení potravin a používá se v rychlém občerstvení, například jako tácky, kelímky nebo talíře (Martínková, 2013).



Obrázek 13 - Vzorec polybutylenadipáttereftalátu (Kumar Shrivastava a kol., 2018)

3.4.6 Oxoplasty

Oxoplasty, jsou specifickou skupinou plastů, které jsou sledovány evropskou komisí v rámci příslušně legislativy. Oxoplasty jsou konvenční plasty, které obsahují přísady (oxidační látky) k urychlení rozpadu. Tyto přísady se aktivují působením tepla nebo ultrafialového záření, a urychlují tak rozpad plastu na menší části. Bohužel tímto rozpadem později dochází k rozpadu oxoplastu na mikroplasty, které mají stejné vlastnosti jako mikroplasty z běžných plastů. Další nevýhodou oxoplastů je fakt, že nejsou vhodné ke kompostování, opět z důvodu velkého množství mikroplastů, které vznikají při rozpadu. Oxo-rozložitelné plasty jsou rovněž nevhodné ke skládkování, protože ke své degradaci potřebují určitý přísun kyslíku, a to se jim uvnitř skládky nedostane. To znamená, že tyto plasty se na skládkách také úplně nerozloží. Při rozkladu plastu v aerobním prostředí se produkuje oxid uhličitý, ale pokud by mělo docházet k rozkladu plastu uvnitř skládky, v anaerobním prostředí, produkovala by tato degradace methan, což je škodlivější skleníkový plyn než CO_2 (EK, ©2018).

3.5 Legislativa

Zásadní legislativou, která v České republice reguluje nakládání s plastovým odpadem je zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech) a zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů (zákon o odpadech), oba v pozdějším znění. Další legislativou, která pojednává o plastech je například Směrnice Evropského parlamentu a rady (EU) o omezení dopadu některých plastových výrobků na životní prostředí.

3.5.1 Zákon o obalech

V roce 2018 nabyla účinnost novela, která omezuje spotřebu igelitových tašek. Jedná se o novelu zákona č. 477/2001 Sb., zákon o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech), v pozdějším znění. Podle zákona o obalech tak zákazníci v obchodech už nedostanou tašku k nákupu zdarma. Zákazník musí zaplatit minimálně takovou částku, které pokryje náklady na pořízení takové tašky. Výjimkou jsou sáčky do 15 mikronů, ty je nadále možno bezplatně používat (Gabrhelíková, 2018). Dále jsou připravené změny zákona týkající se přechodu na cirkulární ekonomiku a naplnění strategických cílů. Zákon o obalech pojednává o prevenci vzniku odpadů z obalů nebo

o vratných zálohovaných obalech a jejich zpětném odběru. V zákoně nalezneme také ustanovení pro autorizovanou obalovou společnost. Autorizovaná společnost je společnost, která má povinnost zajistit zpětný odběr obalů nebo odpadů z obalů. Cílem úpravy autorizované společnosti je zajistit zodpovědnost za obaly v době po jejich využití.

3.5.2 Zákon o odpadech

Podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, pozdějším znění je: „*odpad každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit*“. Zákon o odpadech také určuje hierarchii způsobů nakládání s odpady:

„a) předcházení vzniku odpadů,

b) příprava k opětovnému použití,

c) recyklace odpadů,

d) jiné využití odpadů, například energetické využití,

e) odstranění odpadů“.

Každá obec je povinna zajistit místa pro oddělená soustředění složek komunálního odpadu, a to minimálně nebezpečného odpadu, papíru, plastů, skla, kovu a biologicky rozložitelného odpadu.

3.5.2.1 Výkon státní správy v oblasti nakládání s obaly a odpady z obalů

Státní správu v oblasti nakládání s obaly a odpady z obalů vykonávají:

a) Ministerstvo životního prostředí,

b) Ministerstvo průmyslu a obchodu,

c) Ministerstvo zemědělství,

d) krajské hygienické stanice (Hygienická stanice hlavního města Prahy),

e) Česká obchodní inspekce,

f) Česká zemědělská a potravinářská inspekce,

g) Česká inspekce životního prostředí,

h) Státní ústav pro kontrolu léčiv,

i) Ústav pro státní kontrolu veterinárních biopreparátů a léčiv,

j) celní úřady.

Mimo nové právní úpravy se stanovily nové recyklační cíle a vyšší odpovědnost výrobců. Jedním z nových cílů je do roku 2029 sběr 90 % plastových láhví. Dále by měli plastové láhve do roku 2025 obsahovat podíl recyklovaného obsahu až 25 % a do roku 2030 by tento podíl měl činit 30 % (EK, ©2019).

3.5.3 Vyhláška o nakládání s biologicky rozložitelným odpadem

Vyhláška č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, v pozdějším znění, pojednává o nakládání s biologicky rozložitelný odpadem, kam můžeme řadit biologicky rozložitelné plastové výrobky.

Tato vyhláška stanovuje podrobnosti pro nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a udává technické požadavky na vybavení a provoz zařízení k využívání bioodpadů. Vyhláška také udává kritéria hodnocení a zařazování upravených bioodpadů do skupin.

3.5.4 Směrnice Evropského parlamentu a rady

Směrnice Evropského parlamentu a rady (EU) 2019/904 pojednává o omezení dopadu některých plastových výrobků na životní prostředí. Státy Evropské unie se na konci října v roce 2018 dohodly na omezení plastových výrobků, které jsou pouze na jedno použití. V březnu roku 2019 se odsouhlasil celounijní zákaz prodeje plastových výrobků na jedno použití. V hlasování bylo pro zákaz 560 poslanců, 35 poslanců bylo proti a 28 poslanců se zdrželo hlasování. Od roku 2021 bude nová právní úprava zakazovat produkty jako například:

- Jednorázové plastové talíře a příbory,
- Plastová brčka,
- Plastové vatové tyčinky,

- Plastové tyčky k balónkům,
- Jednorázové plastové nádoby na potraviny (např. z rychlého občerstvení),
- Nádoby na nápoje a potraviny vyrobené z expandovaného polystyrenu (EP, ©2019).

3.6 Cirkulární ekonomika

Cirkulární ekonomika je potencionální způsob, jak snížit závislost na primárních materiálech a energii a jak umožnit využívání druhotných surovin a snížit dopadu na životní prostředí. Předpokládá se, že díky cirkulární ekonomii vzroste počet nový pracovních míst a nových efektivnějších technologii, které budou k životnímu prostředí šetrnější (MacArthur a kol., 2015).

Hlavní myšlenkou cirkulární ekonomiky je přechod od lineárního vzoru ekonomiky k uzavřené smyčce, ve které by se materiály stále znovu využívaly a recyklovaly. Přechod na cirkulární ekonomiku také znamená pozměnění různých fází životního cyklu výrobku. Jedná se například o navrhování výrobku tak, aby od samého začátku byl výrobek snadno recyklovatelný (Nieslsen a kol., 2019).

V roce 2015 přijala evropská komise nový balíček oběhového hospodářství neboli Akční plán EU pro oběhové hospodářství, který má za cíl stimulovat přechod Evropy k oběhovému hospodářství. Tento balíček má posílit konkurenceschopnost, podpořit hospodářský růst a vytvořit nová pracovní místa a příležitosti. Díky opatřením bude možně zachovat vzácné zdroje, a tak snížit dopady využívání zdrojů na životní prostředí. Akční plán je zaměřený zejména na následující úkoly:

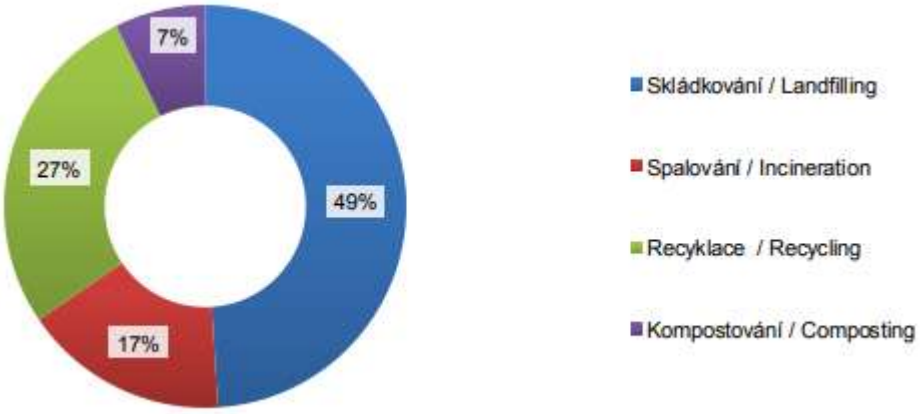
- Snížení plýtvání potravin – snížit do roku 2030 plýtvání potravinami na polovinu,
- Usnadnění uznávání organických a odpadních hnojiv na jednotném trhu a podporovat úlohu bioživin,
- Rozvoj norem kvality pro druhotné suroviny – s cílem zvýšit důvěru hospodářských subjektů v jednotný trh,
- Strategii pro plasty v oběhovém hospodářství, která se bude zabývat recyklovatelnosti nebo biologickou rozložitelností plastů,

- Opětovné použití vody – včetně legislativního návrhu o minimálních požadavcích na opětovné použití odpadních vod (EK, 2015).

Evropské hospodářství je stále velmi závislé na zdrojích. Podle studie „*Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe*“ by se zavedení cirkulární ekonomiky promítlo do zvýšení HDP až o sedm procent, ve srovnání se současným vývojem, což by mělo pozitivní dopad na zaměstnanost. Zavedení cirkulární ekonomiky by také podle této studie mohlo znamenat, že po roce 2030 by se mohly snížit evropské výdaje na zdroje až o 32 procent. Přechod na cirkulární ekonomiku znamená ale také velké investice do výzkumu a vývoje nových technologií a produktů (MacArthur a kol., 2015).

3.7 Plast jako odpad

Česká republika v roce 2017 vyprodukovala 25 miliónu tun odpadu a z tohoto množství bylo 1,1 miliónu tun nebezpečný odpad. V roce 2017 se vytřídilo z komunálního odpadu 25 % plastů. Největší vytříděnou komunitou byl papír s 30 %. Stejné procentuální zastoupení bylo i v roce 2018. Celkově bylo v České republice za rok 2018 vyprodukováno 28 miliónů tun odpadu. Graf 2 znázorňuje nakládání s komunálními odpady v České republice. Stále největší zastoupení v nakládání s odpady je skládkování (ČSÚ, ©2019). Situace je obdobná i v jiných zemích. Koncem roku 2018 uvedla Královská statistická společnost (*Royal Statistical Society*), že z celkové produkce plastů z Velké Británie bylo pouhých 9 % zrecyklováno. Podle průzkumů se za posledních 60 let vyprodukovala 8,3 miliard tun většinou jednorázových výrobků. Ty posléze většinou skončily na skládkách. Pouze 12 % vyrobených plastů bylo spáleno. Plasty se přitom rozkládají více jak 400 let. (National Geographic, ©2019).



Graf 2 - Nakládání s komunálními odpady v ČR v roce 2018 (ČSÚ, ©2019)

3.7.1 Recyklace plastu

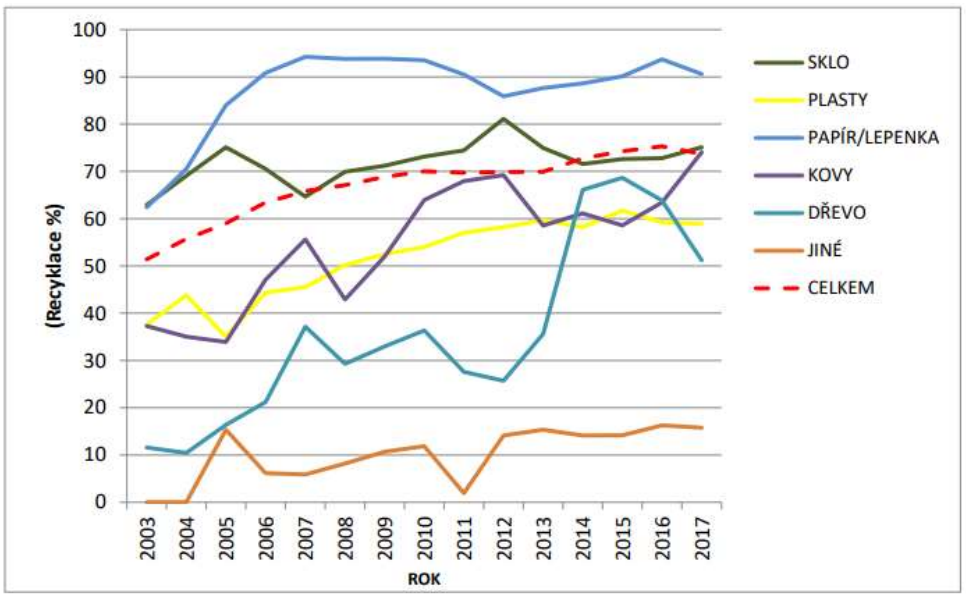
Recyklace plastů znamená opětovné využití plastového dopadu. Může se jednat o plastový odpad při výrobě nebo plastový odpad po ukončení životnosti výrobku. V recyklaci plastů se může opětovně používat materiál, anebo se může využívat energie z materiálu. Recyklace plastového výrobku po ukončení životnosti je náročnější než recyklace plastu z výroby. Plastový výrobek po ukončení životnosti prošel řadou změň způsobenou používáním. Plastový odpad se nejprve rozdělí na plastové frakce a následně rozdrtí na zrna, která mohou mít různou hrubost. Drť z plastu se následně pere, aby byla zbavena nečistot jako například zbytky papíru nebo lepidla. Po praní se drť usuší a popřípadě barví. Výsledkem je druhotná surovina, která může být použita jako náhrada primární polymerní suroviny. Recyklát lze použít v textilním průmyslu při výrobě textilních vláken nebo jako výplň do spacáku nebo polštářů. Další časté využití granulátu je v obalovém průmyslu, kde se využívá k výrobě láhví, obalů nebo fólií (Fiedor, 2012).

Recyklací plastů omezujeme znečišťování životního prostředí, snižujeme náklady na primární materiály a můžeme tak zajistit suroviny v případě, že jich je nedostatek. Výhodou recyklace již zmíněné snížení znečištění životního prostředí. Další výhodou je využívání moderní technologie, díky kterým se z plastů dají vyrábět nové produkty a také se dá zpracovat více druhů plastu. Z recyklovaného plastu se vyrábí například výplně do bund, spacáku nebo zahradní nábytek a protihlukové zdi u silnic, lavičky, květináče nebo plastové dlaždice (Puruplast, ©2019).

Nevýhodou plastového odpadu je to, že nabídka převyšuje poptávku. Každým dnem přibývá vytříděný plastový odpad, na který nejsou technologie ani kapacita jej zpracovat. Další nevýhodou je, že nová surovina na výrobu plastových výrobků je 2- 3x levnější než recyklát. Navíc ne vše, co je vhozeno do žlutého kontejneru se dá recyklovat. Je to z toho důvodu, že některé obalové materiály jsou kvůli designu vyrobeny tak že je nelze recyklovat a legislativa tyto obaly povoluje. Z vytříženého žlutého kontejneru se tedy zpracuje cca 50 % plastu (TŘÍDĚNÍODPADU.CZ, © 2007-2020).

V grafu 3 jsou znázorněny materiály obalového hospodářství, které byli vytříženy a následně recyklovány. Plasty jsou v grafu znázorněny žlutou barvou a je vidět, že

dlouhodobě stoupá recyklace plastů. Z hlediska posledních čtyř let ale recyklace plastu stagnuje nebo lehce klesá. Z obalových materiálu se nejvíce recykluje sklo.



Graf 3 - Recyklace obalových materiálů (MŽP, ©2018)

3.7.2 Skládkování

I když je skládkování poslední alternativou odstraňování odpadu, na skládkách většinou končí více plastů, než se vytřídí.

Podle zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), v pozdějším znění je skládka považována jako technické zařízení určené k ukládání předepsaných druhů odpadů. Dle provozování a technického zabezpečení skládky dělíme skládky na tři skupiny:

S-IO – Inertní odpad, který nepodléhá biologickému rozkladu. Zde se ukládá odpad, který musí vyhovět limitům II. třídy vyluhovatelnost. Skládka musí mít nepropustné podloží nebo těsnění.

S-OO – Skládka pro ostatní odpad, který musí vyhovovat limitům III. Třídě vyluhovatelnosti. Skládka zároveň musí mít předepsané těsnění.

S-NO – Skládka pro nebezpečný odpad. Odpad nemusí vyhovovat limitům III. Třídě vyluhovatelnost, může je překračovat. Tyto skládky musí mít kombinované těsnění.

3.7.2.1 Technologie skládkování

Skládka musí mít takové technologické řešení, aby odpovídala požadované míře zabezpečení dle skupiny skládek. Mezi základní části technického řešení skládky patří: těsnící systém, odvodňovací systém, odplyňovací systém, provozně technická zařízení, zařízení pro monitoring (Junga a kol., 2015).

a) Těsnící systém

Jelikož z odpadu vzniká velký obsah vody, ve kterém vznikají výluhy z odpadu, musí mít skládka správně těsnění, aby nedošlo ke kontaminaci podzemních vod. Hydroizolační těsnění se dává na dno a také na povrch skládky. Těsnění skládky také závisí na druhu skladovaném odpadu, uspořádání skládky nebo na geologickém podloží. Těsnící systém se skládá z přírodních nebo umělých těsnících vrstev (tamtéž).

b) Odvodňovací systém

Jelikož se ve tělese skládky drží kontaminovaná voda, musí být vnitřní voda a voda ze svrchního pláště skládky odváděna do záchytné nádrže. Nekontaminovaná voda, která se nachází okolo skládky je odváděna odvodňovacími příkopy do vodotečí (Junga a kol., 2015).

c) Odplyňovací systém

Uložený odpad na skládce v průběhu času biochemickými reakcemi uvolňuje skládkový plyn. Jedná se především o methan, oxid uhličitý nebo oxidy dusíku. Jelikož tyto plyny ohrožují bezpečnost skládky například výbuchem nebo únikem do životního prostředí, je nutné skládkový plyn ze skládky odstraňovat odplyňovacím systémem. Skladba plynu se v průběhu skladování odpadu liší (tamtéž).

d) Provozně technická zařízení

Areál skládky musí být dobře zabezpečení a musí být vybavena dopravní účelovou komunikací, která umožňuje vjezd vozidlům do areálu. Dalším technickým zařízením skládky je mycí rampa, která slouží k očistě vozidel. U hlavního vjezdu by je umístěna budova pro personál skládky a detekční rám, který slouží k zjišťování radioaktivních odpadů a plocha pro kontrolu odpadů. Z dalších provozních objektů se na skládkách vyskytují haly pro držbu mechanizace a sklad pohonných hmot (Junga a kol., , 2015).

e) Zařízení pro monitoring

Monitoring skládky a okolí zjišťuje, zda nedochází k znečišťování životního prostředí negativními vlivy skládky. Monitoring skládky a jejího okolí se provádí již před vybudováním skládky, při přípravě skládky, a při samostatném provozu skládky. Monitoring skládky musí probíhat i po uzavření skládky po dobu minimálně patnácti let (tamtéž).

3.7.3 Kompostování

Kompostování je způsob využívání odpadu vzniklého v domácnostech nebo činností živností a podniků.

3.7.3.1 Biologicky rozložitelný odpad

Biologicky rozložitelný odpad (BRO) je takový odpad, který podléhá, jak aerobnímu rozkladu, tak anaerobnímu. K aerobní rozkladu odpadu dochází za přísunu kyslíku, kdyžto anaerobní rozklad probíhá bez přísunu kyslíku. Mezi biologicky rozložitelný odpad patří BRKO – biologicky rozložitelný komunální odpad a BO – biologický odpad. Biologicky rozložitelný komunální odpad vzniká na území obcí činností obyvatel. Mezi BRKO patří papír, dřevo, kompostovatelný odpad, odpad z údržby zeleně a odpad z tržišť. Biologický odpad vzniká ze zahrad a parků, ale jedná se také o potravinářský a kuchyňský odpady z domácností. Dále sem patří biologický odpad z provozu živností a podniků. Do BO patří tráva, větve, kořeny a zbytky rostlin, listí, odřezky z ovoce a zeleniny nebo zbytky jídel z domácností (Hřebíček a kol., 2011).

3.7.3.2 Technologie kompostování

Při výběru správného místa pro kompostování se musí dodržet podmínky a to:

- Místo kde sklon svahu je max do 3°,
- Minimální vzdálenost od povrchových vod je 50 m,
- Minimální vzdálenost od zdroje pitné vody je 100 m,
- Nesmí být v záplavovém území,
- Zabezpečit území proti vstupu nepovolaných osob,
- Místo musí být opatřeno informační tabulí s kontaktem na provozovatele a provozní doba (Váňa a kol., 2007).

Důležitá je také správná volba vstupních surovin a jejich velikost. Vstupní suroviny musí splňovat základní požadavky pro kompostování. Kompost musí mít vyvážené poměr živin a obsah vlhkosti (Hřebíček a kol., 2011). V malých zařízení pro kompostování musí být dosažena minimálně teplota 45 °C, která trvá po dobu pěti dnů. Během zrání je důležité kompost provzdušňovat překopávky. Pro optimální podmínky rozvoje mikroorganismů správná vlhkost, minimální přítomnost fosforu, správné pH, přísun kyslíku a hrubost substrátu. Další důležitou podmínkou u kompostování je poměr uhlíku a dusíku, kdy poměr by měl být C: N v rozmezí 25-30:1. Doba zrání kompostu v malých kompostovacích zařízení je 60 dnů (Váňa a kol., 2007)

3.7.3.3 Kompostování bioplastu – průmyslové kompostování

Za biologicky rozložitelný plast se považován plast, který se rozkládá v důsledku působení přirozeně se vyskytujících mikroorganismů jako jsou houby, bakterie nebo řas. Kompostovatelný plast, ale během kompostování podléhá degradaci biologickými procesy za vzniku vody, oxidu uhličitého, anorganických sloučenin a biomasy a nezanechává žádné toxické zbytky. Biodegradace je enzymatická reakce, a proto je velmi specifická pro chemické struktury a vazby polymeru. Biodegradaci ovlivňují také abiotické faktory jako je teplota, pH, vlhkost nebo přísun kyslíku (Kale a kol., 2007). Bez těchto faktorů může biodegradace trvat několik let (Vaněk a kol., 2013). K biodegradaci bioplastu dochází při tzv. průmyslovém kompostování. U průmyslové kompostování je nezbytné, aby se bioplast zahřál na určitou teplotu, a to po delší dobu a umožnil mikrobům rozklad bioplastu. Proto pokud bioplast skončí pohozen v lese

nebo v moři, bude se rozkládat stejně dlouho jako konvenční plasty a bude se také rozkládat na mikroplasty (Gibbsen, 2018).

3.7.4 Výroba bioplynu

Biologicky rozložitelný odpad lze také využívat k výrobě tepla a energie v bioplynové stanici. Vhodnou surovinou pro bioplynovou stanici je kejda, zbytky jídla, tuky, kaly z ČOV, slepičí hnůj, tráva a listí, žitná siláž, pekárenský odpad a další. Bioplynová stanice využívá dvě technologie fermentace. Suchá technologie obsahuje sušiny v bioodpadu 20-60 %. Mokrá technologie fermentace obsahuje sušinu v bioodpadu maximálně 12 % (Hřebíček a kol., 2011). Chemická reakce, při které vzniká methan se nazývá anaerobní digesce. Při aerobní digesci se rozkládá organická hmota mikroorganismy bez přísunu kyslíku, a to ve čtyřech fázích:

- **Hydrolýza –** zde je přítomnost anaerobních bakterií, které přeměňují makromolekulární organické látky na nízkomolekulární látky rozpustné ve vodě (monosacharidy, aminokyseliny, mastné kyseliny).
- **Acidogeneze –** produkty z hydrolýzy jsou rozkládány na alkoholy, kyseliny, H_2 a CO_2. Při vyšším tlaku jsou tvořeny vyšší organické kyseliny, kyselina mléčná a ethanol.
- **Acetogeneze –** zde probíhá oxidace produktů z acidogeneze na H_2, CO_2 a kyselinu octovou. Jsou zde zastoupeny také organismy produkující sulfát a dusík.
- **Metanogeneze –** poslední fáze obsahuje methanogenní organismy, které rozkládají jednouhlíkové látky a kyselinu octovou (Žídek, 2004).

Pro správnou funkci anaerobní digesce je nutné dodržet tyto podmínky:

- Vlhký substrát, minimálně 50% vody, jinak nemohou metanové bakterie působit,
- Zabránění přístupu vzduchu,
- Zabráněná přístupu světla,
- Hodnota pH okolo 7,5,
- Vyvážený poměr C: N (20:1 až 30:1),
- Stálá teplota (většina procesů probíhá při teplotě 25 °C až 35 °C),
- Dostatečný přísun živin,

- Zamezení vstupu inhibitorů (antibiotika nebo dezinfekční prostředky, které zpomalují proces digesce),
- Vyvážený přísun substrátu (doplňování substrátu jednou až dvakrát denně),
- Stálé míchání substrátu,
- Odplyňování (Hřebíček a kol., 2011).

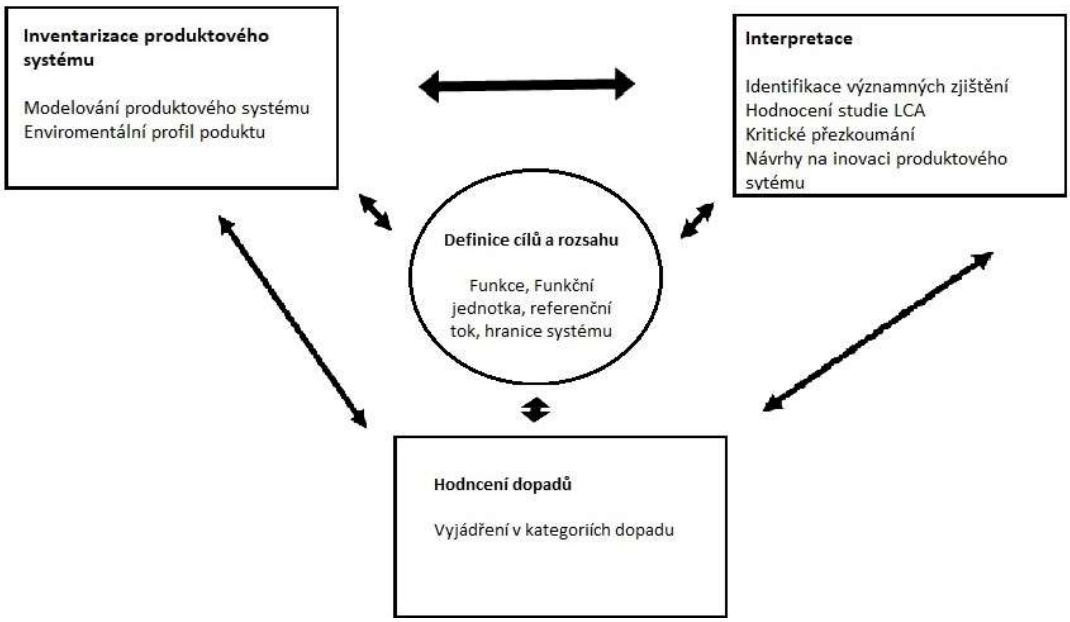
3.8 Posuzování životní cyklu plastu

3.8.1 Metoda hodnocení životního cyklu (LCA)

Životní cyklus výrobku znamená jeho cestu od vývoje a získávání základních surovin až po jeho likvidaci. Životní cyklus může mít různé časové období. Nějaký výrobek může mít životní cyklus dlouhý 14 dní – obalové výrobky a nějaký až několik let – spotřebiče (Hanus a kol., ©2004).

Posuzování životního cyklu (*Life Cycle Assessment*, LCA) patří mezi analytické nástroje environmentálního managementu. Dalším analytickým nástrojem jsou náklady životního cyklu (*Life Cycle Costing*, LCC), což můžeme brát jako LCA analýzu rozšířenou o monetární toky. Analýza nákladů a přínosů (*Cost Benefit Analysis*, CBA) je také analytický nástroj, který hodnotí ekonomické a environmentální přínosy (Kočí, 2013). Metoda hodnocení životního cyklu je standardizovaná v normě ČSN EN ISO 14040 Environmentální management – posuzování životního cyklu-zásady a osnova. Tato mezinárodní norma popisuje postupy a zásady pro provádění a podávání zpráv LCA studií. Podle této normy musí posuzování životního cyklu mít definici cíle a rozsahu, inventarizační analýzu, hodnocení dopadů a výsledky. Výsledky mohou být použity pro různé rozhodovací procesy (Kočí, 2013).

Posuzování životního cyklu se skládá ze čtyř fází: definice cílů, inventarizace hodnocení dopadů životního cyklu a interpretace životního cyklu. Na obrázku 14 je znázorněné schéma fází LCA, kde šipky jsou vždy oboustranné, to znázorňuje propojení a ovlivnění fází navzájem (tamtéž).



Obrázek 14 - Schéma fází LCA (Kočí, 2013)

1. Definice cílů a rozsahu: V této fázi hodnocení LCA se musí přesně stanovit co a jak bude posuzováno a o jaký produkt a jeho funkce se jedná. Na začátku musí být určena funkční jednotka (Kočí, 2013). Podle ČSN EN ISO 14040 je funkční jednotka mírou výkonu funkčního výstupu z výrobkového systému. Primárním účelem je poskytnout základ, ke kterému se vztahují vstupy a výstupy.

2 Inventarizace životního cyklu:

Inventarizační cyklus se zaměřuje na popis všech toků jak na vstupu, tak na výstupu. Sesbíraná data se zpracovávají a jsou určena ke kvantifikaci spotřebované energie, produkce znečištění a materiálu (Tichá, 2000).

3. Posuzování dopadů životního cyklu:

Součástí analýzy je seznam množství jednotlivých toků spojených se životním cyklem. Prvním krokem při hodnocení dopadů na životní prostředí je klasifikace, to znamená přiřazení výsledků k jednotlivým kategoriím dopadu. Dalším krokem je charakterizovat jednotlivé elementární toky a jejich působení na jednotlivé kategorie dopadu. Výsledkem je soubor výsledných indikátorů kategorií dopadů, a to s konkrétníma hodnotami (Kočí, 2013).

4. Interpretace životního cyklu:

Poslední fáze neboli interpretace, slouží k prezentování zjištěných poznatků. Typy poznatků mohou být například:

- která fáze životního cyklu má největší environmentální dopad,
- která je nejvíce zasažená kategorie dopadu,
- která fáze má největší energetickou nebo materiálovou náročností atd.

Po interpretaci životního cyklu následuje ověření výsledků speciální kontrolami. Interpretace také obsahuje závěrečnou zprávu, které obsahuje popis řešení a výsledky (tamtéž).

3.8.2 Životní cyklus plastu

Životní cyklus plastů definuje různé části fází životního cyklu plastů. Popisuje výrobu plastu, jaké jsou vstupující suroviny a design, poté přechází ke spotřebě a nakládáním plastu během jeho užívání. Poslední fází života plastu je způsob jeho likvidace a dopady na životní prostředí (Nieslsen a kol., 2019).

1. Výroba:

Plasty se vyrábějí především z fosilních surovin. Až 99 % plastů je vyrobeno na základě fosilních surovin, což znamená, že výroba plastů představuje 8-9% celosvětové spotřeby fosilních surovin. Jelikož se očekává v příštích letech nárůst poptávky po plastech, investují petrochemické společnosti do nových výrobních zařízení, a to hlavně ve spojených státech. Z celkové výroby činí pouze 1 % výrobu bioplastů. Příležitostem výroby plastů patří nový způsoby, jak značně omezit nebo přímo nahradit fosilní paliva při výrobě plastů (tamtéž).

2. Spotřeba:

Studie spotřeby se zabývají dopady veřejných politik na plastové výrobky a jejich vnímání spotřebiteli. Studie se také zabývá reakcemi na chování, které se liší v závislosti na socioekonomickém pozadí, environmentálním povědomí a zvyklostech spotřebitelů. Většina studií je věnována hlavně spotřebě plastových sáčků a tašek nebo plastovým obalům. Studie spotřeby se obvykle zaměřují na zdokonalení nebo optimalizaci legislativy jednotlivých plastových produktů, jako způsobu změny spotřeby a chování. Mezi příklady patří zlepšení designu obalů, přechod na alternativní výrobky, nebo zamezení plastů na jedno použití a vytváření přísnějších předpisů, týkajících se odpadu a spotřeby konkrétních plastových předmětů (Nieslsen a kol.,, 2019).

3. Likvidace:

Nejlepší variantou nakládaní s plastem jako s odpadem je opětovné použití a recyklace po skončení životnosti výrobku. Tato varianta je se ale využívá méně ve srovnání s jinými materiály, jako je papír, sklo nebo kovy. Evropská unie patří mezi nejvýkonnější, co se recyklace týká, ale přesto se shromažďuje pouze 30 % plastového odpadu z EU, a většina z toho je dodávána do třetích zemí ke zpracování. Ve zveřejněné strategii EU o oběhovém hospodářství s plasty je kladen velký důraz na zlepšení nakládání s odpady z plastů. Proto, aby se zlepšilo nakládáni s plasty jako s odpadem je nutné snížení odpadu, sběr odpadu, třídění plastových typů a zlepšení systémů recyklace a toků. Studie se také zabývala chováním spotřebitele, které je nejisté jedná-li se o novinky, tomu by mohlo předejít lepší značení výrobků, snazší přístup k informacím a zjednodušení informací (tamtéž).

3.8.3 Dopady plastů na životní prostředí

Nejčastějším dopadem používání plastů je znečišťování jednotlivých životních složek. Největší znečištění plastů zaznamenáváme ve vodním prostředí, ale plasty jsou také zastoupeny v půdě nebo v živých organismech. Plasty při své výrobě a likvidací (zejména spalováním) ovlivňují kvalitu ovzduší.

Je známo, že přes polovina vyrobených plastových výrobků končí na skládkách nebo ještě hůř v přírodě. Největšími znečišťovateli životního prostředí plasty jsou Čína, Indonésie, Filipíny a Vietnam a Srí Lanka. Země OECD, což je organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (*Organisation for Economic Co-operation and Development*), jsou také spjaty se znečišťováním životního prostředí těmito pěti státy, protože dovážejí plastový odpad ze svých zemí do států jihovýchodní Asie (Nieslsen a kol., 2019).

Více než polovina plastového odpadu v mořích a oceánech pochází z Asie. Největšími znečišťovateli je Čína, Filipíny, Vietnam, Srí Lanka a Indonésie. Hlavním zdrojem znečištění oceánů a moří plasty je z 10 největších řek na světě – Nil, Niger, Indus, Ganga, Mekong, Perlová řeka, Yangtze, Žlutá řeka, Hel He a Amur, a to z důvodu špatného nakládání s plastovým odpadem. Osm řek z deseti se nachází v Asii. Pokud by se snížilo znečisťování těchto řek, snížilo by se i znečisťování oceánu až o 45 % (Shivali, 2017).

Půda je základem všech pozemských ekosystémů a zároveň je to přírodní zdroj pro lidskou společnost, a i přesto nalezneme v půdě velké množství plastů. Znečistění půdy vzniká také hlavně tzv. litteringem. Littering znamená v překladu volné pohozený odpad, způsobený zejména bezohledným chováním občanů. Největší procento pohozeného odpadu ve městech zastupují cigarety a nedopalky, které zaujímají přes 58% pohozeného odpadu. Plastový odpad, který vzniká pohozením ve městěch zaujímá 9 % (Pačesová a kol., 2009).

K plastovému znečištěním ovzduší přispívá hlavně těžba surovin, které jsou pro výrobu plastu potřeba. Většina plastů je vyrobena z fosilních paliv jako je ropa. Při těžbě se do ovzduší uvolňují toxické emise ze země. Ropnými vrty se do ovzduší uvolňují látky jako benzen, toluen, ethylbenzen, ozon, oxid uhelný a další látky. Na kvalitě ovzduší se také podílí ropné rafinérie, kde se ropa zpracovává. Jelikož je podle vědeckých odhadů spalováno až 40 % celosvětového odpadu, spaluje se tím pádem také plastový odpad. Spalováním plastů se do ovzduší dostávají těžké kovy a perzistentní organické látky (Fortuna, 2019).

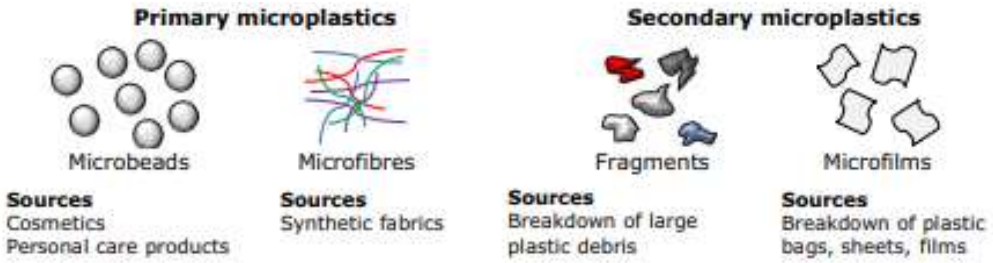
Velkým problémem, o kterém se v současnosti hovoří, jsou nejen vlastní plasty, ale také malé úlomky plastů či částečně zdegradované plasty (tzv. mikroplasty).

Mikroplasty jsou malé úlomky z plastového odpadu, který nalezneme všude v životním prostředí, i na těch nejodlehlejších místech od civilizace. Do životního prostředí se dostávají jako malé úlomky z plastového odpadu, to není ale jediný zdroj mikroplastů v životním prostředí. Ukázalo se, že textilní vlákna, vyrobená z polymerů uvolňují při praní plastové úlomky, které filtrační systém praček a následně čistíren odpadních vod nezachytí. Tím pádem se do vodního prostředí dostávají mikroplasty. Mikroplasty jsou dále v kosmetice, např. v zubní pastě nebo v přípravcích na peeling (Lehner a kol., 2019).

Mikroplasty, které jsou menší než 25 mikronů mohou proniknout do lidského těla vdechnutím ústní nebo nosní dutinou. Mikroplasty menší, jak pět mikronů mohou skončit v plicní tkáni (Leahy, 2019). Mikroplasty se do lidského organismu mohou dostat také potravinami, jako například mořskými plody. Lidské zdraví může být ovlivněno vyluhováním chemických přísad ze samotného plastového materiálu. V rámci výrobního procesu plastů se přidávají chemikálie, jako jsou změkčovadla nebo stabilizátory. V současné době se pro tyto účely používá mnoho chemikálií a je

známo, že některé z těchto chemikálií se mohou během životního cyklu produktu vyluhovat do životního prostředí, což vede k narušení endokrinní činnosti nebo akutní toxicitě, když dojde k expozici organismům (Lehner a kol., 2019). Bylo zjištěno, že plastové úlomky nalezneme také v ovzduší.

Mikroplasty lze dělit podle jejich původu na primární a sekundární a dále dle jejich tvarů (obrázek 15). Mezi primární mikroplasty patří mikročástečky sférického tvaru, které se uvolňují z kosmetických produktů. Dalším primárním mikroplastem jsou mikrovlákna, která vznikají fragmentací syntetických textilií. Mezi sekundární mikroplasty řadíme fragmenty, které vznikly degradací větších plastových částeček a mikrofilmy, které vznikají z plastových sáčků a tašek (Helmberger a kol., 2019).



Obrázek 15 - Dělení mikroplastů podle fragmentace (Helmberger a kol, 2019)

Dle výzkumů by mohla být půda mnohem náchylnější ke znečistění mikroplasty než oceány, protože na zemském povrchu dochází k neustálému uvolňování plastových fragmentů do okolí. Mikroplasty mají negativní vliv na fyzikální vlastnosti půdy, a to tak, že snižují její objemovou hustotu a dynamiku vody. Další negativní vliv mají mikroplasty na půdní mikrobiální společenství a rostliny, které absorbují malé fragmenty plastů. (Helmberger a kol., 2019). Podle výzkumů, některé mikroplasty z bioplastů vykazují stejné účinky jako mikroplasty z konvenčních typů plastů. Z bioplastů, které se snadněji rozkládají do životního prostředí vzniká více mikroplastů než z konvenčních plastů (Shruti a kol., 2019).

4 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ A SLEDOVANÉHO FESTIVALU

Diplomová práce je zaměřena na hudební festival Let it Roll (dále LIR), který se každé léto koná na letišti Boží dar, které se nachází ve vojenském prostoru u města Milovice.

4.1 Letiště Boží dar

Letiště Boží dar vzniklo mezi první a druhou světovou válkou. První záznamy o letecké aktivitě na tomto letišti pochází z roku 1922. Oficiálně se provoz na letišti spustil v roce 1929. Ke konci 2. světové války se letiště stalo několikrát cílem spojeneckých bombardérů. V roce 1945 bylo letiště opět převzato pod Československou armádu, které tento prostor dále využívala k výcvikům. Po druhé světové válce také začala modernizace letiště a vystavěla se betonová přistávací plocha. Další rozvoj na letišti pokračoval až po roce 1968, kdy byla prodloužena betonová dráha na 2 500 metrů a rozšířená byla na 80 metrů, což v té době znamenalo, že se tato dráha zařadila mezi největší letištní dráhu ve střední Evropě. Na letišti bylo vybudováno 44 úkrytů pro letadla, kterým se lidově přezdívalo „úly“. Další stavbou na letišti byla například řídící věž nebo budova odpočinku pro piloty. Na letišti až do roku 1990 cvičila sovětské letectvo. V roce 1991 převzala naše armáda prostor zpět od ruského letiště. Bohužel, letiště nebylo dále využíváno. Prostory letiště krátce využívala automobilka Škoda, ke skladování nově vyrobených automobilů. Po roce 1995 letiště začaly využívat aerokluby, ale jelikož letiště nebylo udržováno, docházelo k zhoršení stavu betonové dráhy a docházelo ke kolizím (Jambor, 2016). V současně době se areál využívá na konání open air festivalů a dalším společenským akcím. Nyní se uvažuje, že by budoucnu mohla automobilová společnost v prostorách starého letiště vybudovat polygon pro testování automobilových technologií a tím by regionu nabídla nová pracovní místa (Holakovský, 2018).

4.2 Milovice

Milovice se nacházejí přibližně hodinu cesty od Prahy, kousek od měst Lysá nad Labem, Benátky nad Jizerou a od města Nymburk. Milovice spadají do Středočeského kraje a okresu Nymburk. Město se nachází v nížině středního Polabí. Obec má čtyři části – Milovice, Mladá, Benátská Vrutice a Boží dar (Město Milovice, ©2019). V roce 2017 žilo v Milovicích celkem 11 508 obyvatel (ČSÚ, ©2019). Na obrázku 16 je znázorněna poloha města Milovice. Na severu na mapě je vidět město Benátky nad Jizerou a v právem dolním rohu se nachází město Nymburk.

Obrázek 16 - Poloha města Milovice (MAPY, ©2019)

4.3 Festival Let It Roll

Festival Let It Roll (LIR) je zaměřený na hudební směr drum a bass. První akce Let It Roll se konala již v roce 2002 v pražském klubu Mlejn. Dalších pět let se akce LIR konaly hlavně v halách nebo klubech, protože to byl indoorový festival. To se však zlomilo v roce 2008, kdy se konal první oficiální open air festival ve Starých Žďánicích. Na tuto venkovní akci Let It Roll přišlo přibližně 3 000 návštěvníků. Od toho roku začal růst zájem o festival a zvyšovala se jeho návštěvnost. Za festivalem začalo do České republiky jezdit stále více zahraničních návštěvníků. V roce 2009 přišlo až 4 000 lidí, a v letech 2011 až 2012 dosáhl festival až sedmitisícové

návštěvnosti. Jelikož kapacita v areálu pískovny Oplatil ve Starých Žďánicích přestala stačit svou kapacitou, přesunulo se konání akce do benešovských kasáren, kde festival probíhal v letech 2013 a 2014. Jeho návštěvnost se razantně zvedla na 15 000 návštěvníků za den. Od roku 2015 do současna se festival každoročně koná na vojenském letišti v Milovicích, které se nachází kousek od Prahy. Již v roce 2015 přišlo na festival 23 000 návštěvníku za jediný den a obliba a návštěvnost tohoto festivalu stále roste. Let It Roll se nekoná však pouze v létě. V zimním období se festival konal v malé sportovní hale na výstavišti, ale v roce 2020 se jeho konání přesouvá do Forum Karlín (LIR, ©2019).

Na obrázku 17 je vidět hlavní pódium festivalu v roce 2019. Festival si zakládá na vizuální stránce pódia a na světelných efektech.

Obrázek 17 - Festival Let It Roll (LIR, ©2019)

5 METODIKA

Praktická část diplomové práce je zaměřená plastové a biodegradabilní produkty, které jsou na festivalu používány. Pozornost je věnována kelímkům NICK-NACK, bannerům vyrobeným z PVC, PET láhvím a talířům z palmových lisů. Veškeré informace a vstupní data byla zjištěna na webových stránkách výrobců výše uvedených produktů, či byla poskytnuta přímo výrobci plastových produktů nebo přímo organizátorem festivalu Let It Roll.

U každého plastového produktu byl sledován jejich životní cyklus ve vztahu k festivalu LIR. Pro hodnocení byly tedy zvoleny čtyři fáze životního cyklu uvedené níže, které byly u každého produktu popsány:

1. Fáze výroby,
2. Fáze dopravy (na festival),
3. Fáze užití (na festivalu),
4. Fáze likvidace (po ukončení festivalu).

Fáze výroby se zaměřuje na způsob výroby produktu a na původ materiálu, ze kterého byl výrobek zhotoven. Ve fázi dopravy se hodnotí doprava, jakou byl výrobek nebo materiál, ze kterého je výrobek zhotoven pro převážen. Hodnotí se způsob dopravy a také se posuzuje, zda byl výrobek dovezen ze zahraničí nebo v rámci České republiky. Ve fázi užití se posuzuje nakládání s výrobkem po dobu konání festivalu. V této fázi se hodnotí, kolik výrobků bylo na festivalu použito a jak s nimi bylo nakládáno. V poslední fázi se posuzuje likvidace výrobku po skončení festivalu a způsob jeho likvidace. Všechny informace byly zpracovány v internetovém software LCA Calculator (www.lcacalculator.com/). Tento software umožňuje vyhodnocení a srovnání environmentálních dopadů produktů vyčíslením jejich uhlíkové stopy v CO_2e (ekvivalentní množství oxidu uhličitého).

Pro účely diplomové práce byly stanoveny tyto hypotézy:

H1: Vratné kelímky NICK NACK vydrží aspoň 10 let,

H2: Kelímky NICK NACK mají největší dopady při výrobě ze čtyř zkoumaných produktů,

H3: Kompostovatelné talíře z palmových listů jsou environmentálně výhodné, i přes jejich dopravu z Indie.

6 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Organizátoři festivalu LIR se snaží dlouhodobě minimalizovat dopady svého festivalu na životní prostředí. Za tímto účelem nahradili jednorázové kelímky vratnými kelímky z PP od společnosti NICK NACK a jednorázové talíře kompostovatelnými talíři z palmových listů. Pro srovnání byly do studie vybrány další dva plasty, které se na festivalu požívají, a to bannery z PVC materiálu a PET láhve. Specifikace vybraných produktů a informace o jejich používání v rámci festivalu je uvedena níže. V tabulce 2 je přehled o tom, jaké množství výrobků bylo v roce 2019 na festivalu LIR spotřebováno.

Tabulka 2 - Množství hlavních plastových produktů na LIR (LIR, ©2019)

Výrobek	Množství
PP kelímků	186620 ks
PVC bannerů	4503 m^2
PET lahví	88000 ks
Bio talířů	33850 ks

6.1 PP vratné kelímky

Společnost NICK NACK se zaměřuje na produkci plastových kelímků s držákem. Jedná se o českou společnost, která v roce 2012 začala vyrábět kelímky pro velké české festivaly. V tom samém roce byl NICK NACK zapsán jako nový užitný průmyslový vzor pro celou EU. V dalších letech firma začala vyvážet kelímky do Polska, Holandskem, Maďarskem, Rumunskem nebo byli použity na stadionech. Kelímek společnost vyrábí ve čtyřech velikostech od 0,25-0,5 litrů. Kelímky mají výhodu v tom, že po festivalech nevzniká na zemí odpad z jednorázových plastových kelímku a kelímky mají jedinečný design (např. potisk s logem festivalu), který si může spotřebitel sám navrhnout.

6.1.1 Fáze výroby

Pro výrobu kelímku se používá materiál je polypropylen Mosten MT 230, který se zpracovává v rafinérii Unipetrol. Rafinérie Unipetrol se nachází mezi městy Litvínov a Most. Mezinárodní označení tohoto materiálu je ISO 19069-PP-H, MTZ,16-02-400. Tento materiál je bezftalátový, má vysoký lesk a tuhost a splňuje EN 71-3,9 Bezpečnost hraček. Nejčastější využití je v domácích produktech. Materiál se dodává

v podobě přírodního granulátu (UNIPETROL, ©2019). V tabulce 3 je přehled dopadů, které vznikají při výrobě 60 gramů PP (tj. průměrné množství materiálu, které je třeba k výrobě 1 vratného kelímku NICK NACK).

Tabulka 3- Environmentální dopady výroby 60 g polypropylenu (COWI A/S and Utrecht University, 2018, vlastní zpracování)

Kategorie dopadu	Vyčíslení dopadu
Změna klimatu	0,099 kg CO_2e
Poškození ozonové vrstvy	0,212E-08 kg CFC-11e
Toxicita (bez rakovinotvorných účinků)	0,331E-08 CTUh
Toxicita (s rakovinotvornými účinky)	0,386E-09 CTUh
Pevné částice	0,002E-02 kg $PM_{2,5}$e
Ionizující radiace	0,332E-02 kBq U235e
Tvorba fotochemického ozonu	0,328E-03 kg NMVOCe
Acidifikace	0,307E-03 molc H^+e
Eutrofizace půdní	0,744E-03 molc Ne
Eutrofizace sladkovodní	0,311E-05 kg P e
Mořská eutrofizace	0,069E-03 kg N e
Ekotoxicita sladké vody	0,0489 CTUe
Land use	0,524E-02 kg deficitního C
Užití vody	0,0876 m^3
Spotřeba minerálních surovin	0,06E-07 kg Sbe
Spotřeba fosilních paliv	4,42 MJ
Užití neobnovitelné energie	4,52 MJ

Vysvětlivky k tabulce: CFC-11 – chlor-fluorované uhlovodíky; CTUh – srovnávací jednotka toxicity pro člověka; CTUe – srovnávací jednotka toxicity pro ekosystémy; e – ekvivalentní množství; molc – molární koncentrace; NMVOC – těkavé organické látky bez methanu; $PM_{2,5}$ – jemné prachové částice menší než 2,5 µm

6.1.2 Fáze dopravy

Polypropylenový granulát se z Unipetrolu z Litvínova převáží do výrobny v Brně. Polypropylen Mosten se dodává v polyethylenových pytlích o hmotnosti 25 kg. Pytle skládají na palety v počtu 55 kusů. Pytle jsou obaleny folií, která prodlužuje životnost materiálu a chrání ho proti vnějšímu poškození. Palety jsou určeny ke stohování do dvou vrstev, někdy můžou být stohovány ve třech vrstvách. Zhotovené kelímky putují z Brna na festival do Milovic, což je přibližně 202 km. Jelikož se kelímky musí mýt ve speciálních myčkách a musí se pomalu sušit, aby nedošlo k jejich popraskání, jsou odváženy na myčku do Brna. V roce 2019 byly kelímky na myčku z festivalu LIR odvezeny dvakrát. V prvním svozu putovalo do Brna a zpět do Milovic cca 30 000

kelímků a ve druhém svozu putovalo do Brna na myčku a zpět cca 40 000 kelímků. Při konání festivalu urazily kelímky přibližně 820 km kvůli mytí a sušení.

6.1.3 Fáze užití

Festival nechává každý rok vyrábět nové designové kelímky. Zároveň na každém novém ročníku doprodává designové kelímky NICK-NACK z předešlých ročníků. Na festivalu si lze koupit buďto nápoj balený v PET láhvi nebo nápoj ve vratném kelímku. Na každý vratný kelímek se platí záloha padesát korun, která je po vrácení kelímku vrácena. Na obrázku 18 jsou znázorněny případy, ve kterých nelze vrátit kelímek zpět na stánek. Jedná se o šest typů poškození kelímků, za které již není vrácena záloha na kelímek a kelímek tak nelze dál používat. Mnoho návštěvníků si kelímek odnáší domů jako suvenýr do sbírky. Pro festival v roce 2019 bylo použito celkem 186 620 kusů kelímků. Do fáze užití kelímku musíme započítat také mytí kelímků, které probíhá v Brně na průmyslové myčce. V roce 2019 putovalo na myčku do Brna 70 000 ks kelímků.

Obrázek 18 - Druhy poškození kelímků (NICKNACK, ©2019)

6.1.4 Fáze likvidace

Životnost vratných kelímků NICKNACK se odhaduje na cca 200 mycích cyklů (Charvát, 2015). Špatným mytím nebo sušením může být životnost menší, jelikož špatným sušením materiál křehne a láme se. Životnost kelímků je také ovlivněna

užíváním návštěvníky a jejich manipulací s nimi. Jelikož jsou kelímky řešeny designově, vznikají každý rok nový. Většina návštěvníků si domů každý rok odnáší kelímek do sbírky. Předpokládaná reálná životnost kelímků z pohledu nakládání s kelímky na festivalu je cca 5 let.

6.2 PVC bannery

Festival každoročně používá poutače neboli bannery. Bannery jsou vyrobeny z PVC materiálu a festival je používá pro informační nebo designové účely.

6.2.1 Fáze výroby

Bannery jsou vyrobeny PVC, který se vyrábí polymerací monomeru vinylchloridu. Vinylchlorid se vyrábí tepelným krakováním ethylendichloridu. Základem získání surovin pro výrobu PVC je rafinace ropy. Na výrobu 1 metru čtverečního je potřeba 510 g PVC. V tabulce 4 jsou vyčísleny vstupní parametry pro výrobu 1 m^2 PVC. Jedná se o obnovitelné a neobnovitelné zdroje, abiotický potencionál a vodu, která je při výrobě použita a spotřebována. V tabulce č. 5 jsou vyčísleny výstupní parametry při výrobě 1 m^2 PVC suspenze.

Tabulka 4 - Vstupní parametry pro výrobu 1 m^2 PVC (PlasticEurope, ©2020, vlastní zpracování)

Indikátory	Vyčíslení dopadů
Neobnovitelné zdroje	29,019 MJ
Energie paliva	18,462 MJ
Energie suroviny	10,57 MJ
Obnovitelné zdroje	1,887 MJ
Energie paliva	1,887 MJ
Energie suroviny	0
Abiotický potenciál	0
Elementy	6,630E-06 kg Sb eq
Fosilní paliva	24,072 MJ
Voda	0
Spotřeba	100,827 kg
Použití	39,474 kg

Tabulka 5 - Výstupní parametry pro výrobu 1 m^2 PVC (PlasticEurope, ©2020, vlastní zpracování)

Indikátory	Vyčíslení dopadů
Potenciál globálního oteplování	1,015 kg Co_2 eq
Potenciál pro poškození ozonem	1,122E-03 g CFC-11 eq
Potenciál acidifikace	2,576 g SO2 eq
Fotochemický potenciál pro tvorbu ozonu	0,286 g Ethene eq
Potenciál eutrofizace	0,479 g PO4 eq
Prach / částice ≤ 10 µm 3)	1,958 g PM 10
Celková částice	2,132 g
Odpad	10,919 g
Ostatní odpad	6,360 g
Nebezpečný odpad	0,933 g
Nespecifikovatelný odpad	3,626 g

6.2.2 Fáze dopravy

Festival bannery odebírá od české distribuční firmy. Tato firma si nechává poslat PVC materiál z Francie a na Slovensku v Košicích ho nechává zpracovat. Z Francie na Slovensko je to 1927 km. Ze Slovenska se zhotovené bannery dováží do České republiky. Bannery ze Slovenska do České republiky putují 665 km. Dohromady se jedná o trasu dlouhou 2592 kilometrů.

6.2.3 Fáze užití

V areálu konání festivalu nalezme poutače a designové bannery. Také zde nalezneme informační tabule, které poskytují informace návštěvníkům. Pro rok 2019 se pro potřeby LIR vyrobilo 4 503 m^2 PVC bannerů (Vojtěch Holub, říjen 2019, in verb). Z hlediska dopadů, nemají bannery ve fázi užití žádné enviromentální dopady.

6.2.4 Fáze likvidace

Festival se snaží designově vyrábět bannery tak, aby se i další rok dali použít. To se týká především informačních bannerů, které se nachází v areálu konání festivalu. Informační bannery se festival snaží vždy z 70 % recyklovat a používat znovu. V roce 2018 se ze starých designových bannerů vyráběl merch pro další ročník. V roce 2019 se bannery takto nerecyklovali. (Vojtěch Holub, říjen 2019, in verb). Nejčastějším způsobem likvidace je skládkování nebo spalování. Při spalování PVC však vzniká velké množství dioxinů.

6.3 PET lahve

Pro analýzu PET lahví byly použity údaje ohledně lahví od značky Coca-Cola. Společnost Coca-Cola má partnery na výrobu PET láhví po Evropě.

6.3.1 Fáze výroby

V tabulce 6 je přehled environmentálních dopadů při výrobě PET láhve o hmotnosti 0,20 g, což odpovídá láhvi o objemu 0,5 litrů.

Tabulka 6 - Dopady při výrobě 20 g PET (COWI A/S and Utrecht University, 2018, vlastní zpracování)

Dopady	Vyčíslení dopadů
Změna klimatu	0,044 kg CO2 eq.
Poškození ozonové vrstvy	0,214E-06 Kg CFC-11 eq.
Toxicita – účinky bez rakovinotvorby	0,286E-08 CTUh
Toxicita – účinky rakovinotvorby	0,106E-09 CTUh
Částice	0,838E-05 Kg PM2.5 eq.
Ionizující radiace	0,192E-01 kBq. U235 eq.
Fotochemická tvorba ozonu	0,157E-03 kg. NMVOCeq.
Acidifikace	0,191E-03 molc H+ eq.
Podzemní eutrofizace	0,366E-02 molc N eq.
Povrchová eutrofizace	0,120E-05 kg N eq.
Mořská eutrofizace	0,344E-04 Kg N eq.
Ekotoxicita sladké vody	0,550E-01 CTUe
Land use	0,300E-02 kg C deficit
Použití vody	0,480E-01 m3
Abiotická deplece	0,966E-09 kg Sb eq.
Fosilní paliva	0,127E+01 MJ
Neobnovitelná energie	0,135E+01 MJ

Vysvětlivky k tabulce: CFC-11 – chlor-fluorované uhlovodíky; CTUh – srovnávací jednotka toxicity pro člověka; CTUe – srovnávací jednotka toxicity pro ekosystémy; e – ekvivalentní množství; molc – molární koncentrace; NMVOC – těkavé organické látky bez methanu; $PM_{2,5}$ – jemné prachové částice menší než 2,5 μm

6.3.2 Fáze dopravy

Podle dostupných zdrojů od společnosti Coca-Cola, bylo zjištěno, že společnost si nechává PET láhve vyrábět v Německu, odkud putují do České republiky, což je přibližně 340 km. V Praze v Kyjích má společnost Coca-Cola stáčírnu nápojů. Lze tedy předpokládat, že láhve dále putují ze skladů v Praze do Milovic na festival. Z Prahy do Milovic PET láhve urazí 40 km. Doprava celkem činí 380 km.

6.3.3 Fáze užití

Účastníci festivalu si PET láhve mohou koupit na místě nebo si je dovést. Jelikož se festival koná v letních měsících, je spotřeba PET láhví vetší. Na festivalu je možné zakoupit si nápoje většinou v plastové láhvi o velikosti 0,5 litru. Po dopití si mohou návštěvníci láhev doplnit pitnou vodou z cisteren, které jsou po areálu rozmístěny. Do zóny, kde probíhají hudební vystoupení se, ale s vlastním pitím nesmí, a tak jsou návštěvníci nuceni si pití v hudební zóně koupit do kelímků nebo v PET láhvi. Průměrně si jeden návštěvník koupí za noc 2 PET láhve. Za konání festivalu se jedná o spotřebu cca 88 000 zakoupených PET láhví na festivalu. Do tohoto čísla nejsou započteny PET láhve, které si návštěvníci vozí do kempu. Lze ale předpokládat nulové dopady ve fázi užívání na festivalu.

6.3.4 Fáze likvidace

Na festivalu jsou umístěné odpadkové koše na plastový odpad. Tím pádem mohou návštěvníci na festivalu třídit plastové láhve a další plastový odpad. Ve stanových městečkách není možnost třídit odpad, tudíž končí část plastových láhví v pytlích na komunální odpad. Nejvíce vyhozených plastových láhví nalezneme před vstupem do hudební zóny. Tato zóna zakazuje vstup s vlastním nápojem v plastové láhvi. Svoz odpadu je na festivalu zajištěno externí firmou Augiášův chlév. Za rok 2018 bylo z festivalu vytřízeno 2,28 tun plastového odpadu. Za rok 2019 nebyly poskytnuty informace o množství plastového odpadu V analýze se počítá s tím, že PET láhve jsou 100% recyklovatelné.

6.4 Talíře z palmových listů

Eco plates je společnost, která se zaměřuje na výrobu ekologického nádobí z palmových listů. Společnost uvádí, že pro výrobu nádobí se používají spadlé a uschlé listy Areky obecné (*Areca catechu*). Listy jsou sbírány z volně rostoucích stromů, není zde použito průmyslové pěstování, ani se nesbírají listy z palmy olejné, která se jednou z nejvíc průmyslově pěstovaných palem na světě. Společnost také garantuje, že nezaměstnává nezletilé osoby a garantuje minimální mzdu svým zaměstnancům. Zpracované nádobí je zabaleno a lodní dopravou převezeno z Indie do Evropy.

Na obrázku 19 je zeleně vyznačený talíř z palmového listu a porovnán s plastovým, papírovým a bio plastovým talířem (Ecoplates, ©2019).

Obrázek 19 - Srovnání talířů z různých materiálů (Ecoplates, ©2019)

6.4.1 Fáze výroby

Výrobní dopady talířů se dají z informací od společnosti Eco plates považovat za nulové. Společnost odkupuje sesbírané listy. Listy poté namáčí do vodní lázně, a následně se lisují do tvaru talíře. Řemeslníci začistí a oříznou vylisované listy do požadované podoby. Po vylistování a začištění projde výrobek teplotou 60 °C, aby se zničili nežádoucí bakterie a nádobí tak splňovalo evropské hygienické normy. K výrobě nejsou použity žádné chemikálie.

6.4.2 Fáze dopravy

Jelikož sbírání palmových listů a výroba se nachází v Indii, musí se zboží do Evropy dovážet. Společnost volí lodní dopravu z Asie do Evropy. Protože Česká republika nemá přístup k moři, počítá se s tím, že se výrobky dále po Evropě do České republiky přemisťují kamionovou dopravou. Můžeme předpokládat, že výrobek putuje lodní dopravou do jednoho z největších lodních přístavů v Evropě. Pro výpočet lodní dopravy byl zvolen přístav v německém městě Hamburk. Náklad je lodní dopravou přepravován z Indie, přesněji z přístavu v Bombaji. Trasa z Bombaje do Hamburku

činí 12 173 km. Průměrná spotřeba u nákladních lodí činí 13,7 tun paliva za hodinu. Nákladní loď cestuje po trase Bombaj – Hamburk deset a půl dní, což je v přepočtu 252 hodin.

6.4.3 Fáze užití

V roce 2019 bylo na festivalu prodáno 33 850 kusů nádobí z palmových listů. Na obrázků 20 jsou vidět dva druhy talířů, které byli na festivalu použity. Talíře měli i jiné rozměry, než jsou pouze na obrázku. Festival od roku 2018 nabízí ve fastfoodových stáncích pouze nádobí z palmových listů. Dopady ve fázi užití produktu na festivalu se dají považovat za nulové, neboť není nutné je mýt.

Obrázek 20 - Talíře z palmových listů (Ecoplates, ©2019)

6.4.4 Fáze likvidace

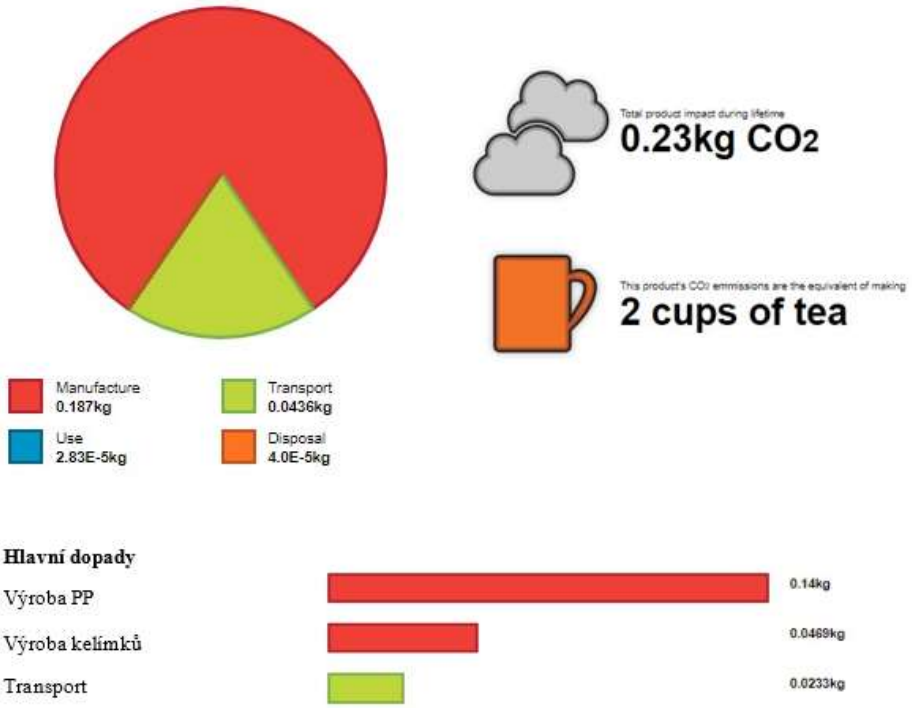
Jak je již výše zmíněno, použité nádobí z palmových listů patří do popelnice na bioodpad. Na festivalu se pár popelnic na bioodpad nacházelo. Bohužel ke každému stolu u stánků byl přidělán černý pytel na komunální odpad, kde většinou končily také talíře z palmových listů. Podle dat z firmy Augiášův chlév, která se na festivalu starala o odpad, se bioodpadu v roce 2019 vytřídilo 0,86 tun. Tato suma ale zahrnuje jak bioodpad, tak gastro odpad. V roce 2018 se vytřídilo 1,3 tun gastro odpadu a 0,04 tun bioodpadu (Hubená, 2019). V roce 2019 byl veškerý bioodpad a gastro odpad z festivalu odvezen do nedaleké bioplynové stanice.

7 VÝSLEDKY

V rámci praktické části byly hodnoceny čtyři hlavní produkty, které se festival Let It Roll používají. U každého produktu byla provedena LCA analýza pro všechny fáze popsané v kap. 6 pomocí software LCA Calculator hodnotící životní cyklus pouze pro kategorii dopadu globálního oteplování na základě vyčíslení uhlíkové stopy (tj. hodnoty CO_2e). Výsledné hodnoty byly porovnány jak pro jednotlivé fáze životního cyklu výrobků, tak mezi výrobky navzájem.

7.1 PP vratné kelímky

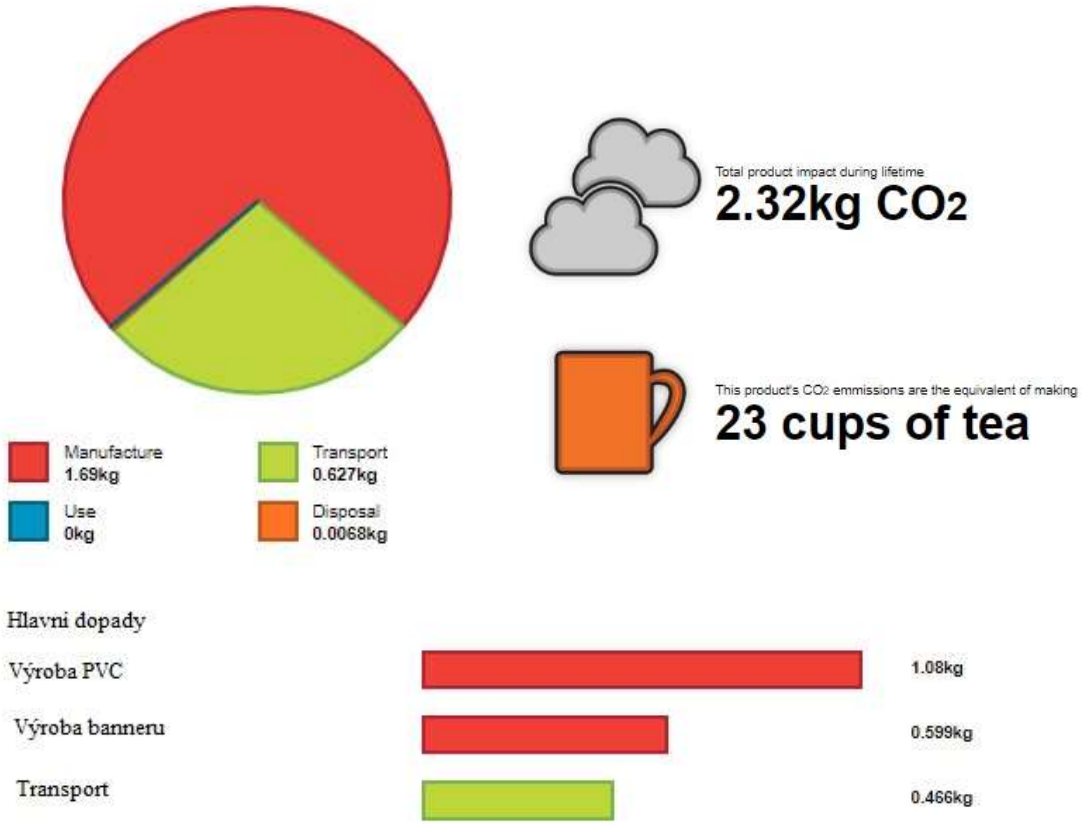
Na grafu 4 je znázorněná celková produkce CO_2e v průběhu životního cyklu jednoho kelímku. Životní cyklus je rozdělený na fázi výroby (červeně), dopravy (zeleně), užití (modře) a likvidace (oranžově). Největší produkcí CO_2e v životním cyklu kelímku tvoří fáze výroby, která je v grafu znázorněna červenou barvou. Ve fázi dopravy, zelená barva v grafu, se započítala doprava jak s PP granulátem, tak doprava spjata se zhotovenými kelímky. Ve fázi užití má významný environmentální dopad mytí kelímků v průmyslové myčce. Ve fázi likvidace, se počítalo se 100 % možností recyklace. Celková produkce CO_2e za životní cyklus jednoho polypropylenového kelímku je 0,23 kg CO_2e.



Graf 4 - LCA analýza vratných PP kelímků

7.2 PVC bannery

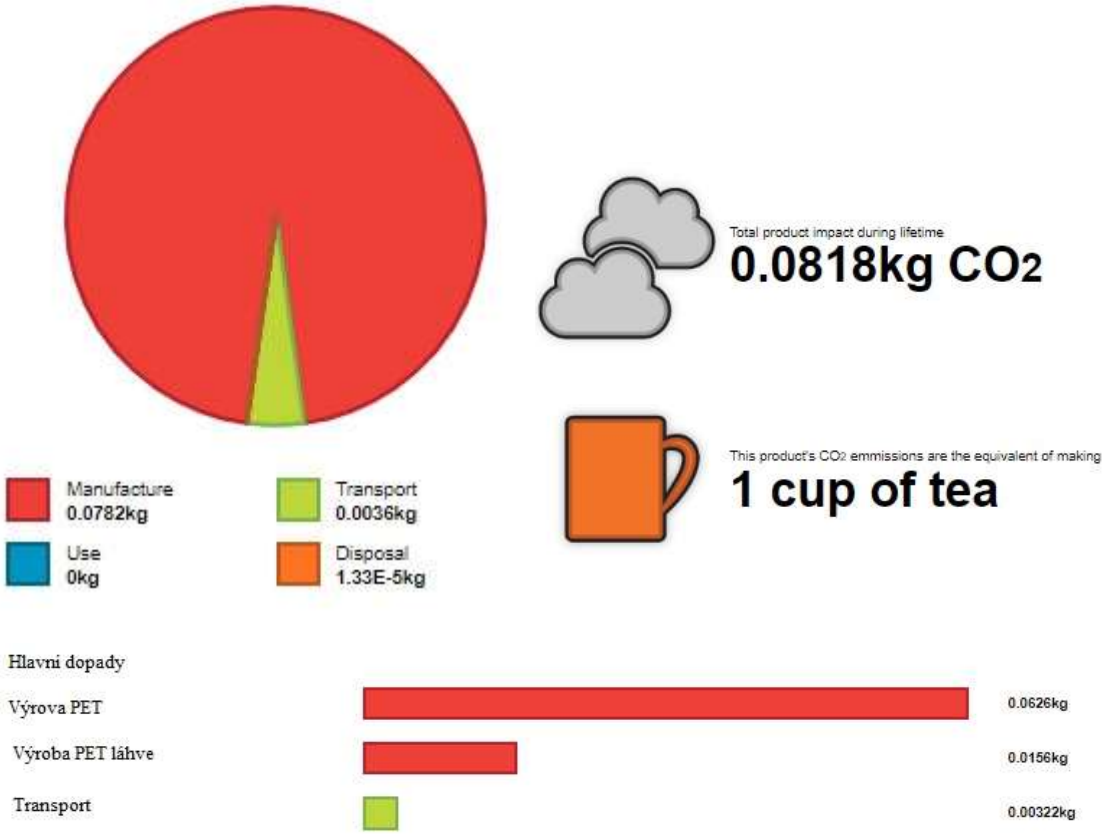
Na grafu 5 je znázorněna produkce CO_2e v životním cyklu 1 m^2 PVC banneru. Největší část grafu zaujímá výroba (červená barva), kdy se během výroby 1 m^2 banneru vyprodukuje 1,69 kg CO_2e. Na druhém místě v množství produkce je transport (zelená barva) PVC materiálu a bannerů. Do dopravy byla započítána přeprava PVC materiálu do vybrané výrobny bannerů a přeprava bannerů na festival. Likvidace (oranžová barva) představuje malou produkci CO_2e. Je to dáno tím, že festival se snaží co nejvíce bannerů používat znovu. Jedná se tedy o 70 % recyklaci znovu využitím starých bannerů. Ve fázi užití (modrá barva) je produkce CO_2 nulová, jelikož během festivalu se bannery nijak nepřepracovávají. Celkově výroba 1 m^2 banneru z PVC materiálu vyprodukuje 2,32 kg CO_2e.



Graf 5- LCA analýza PVC bannerů

7.3 PET lahve

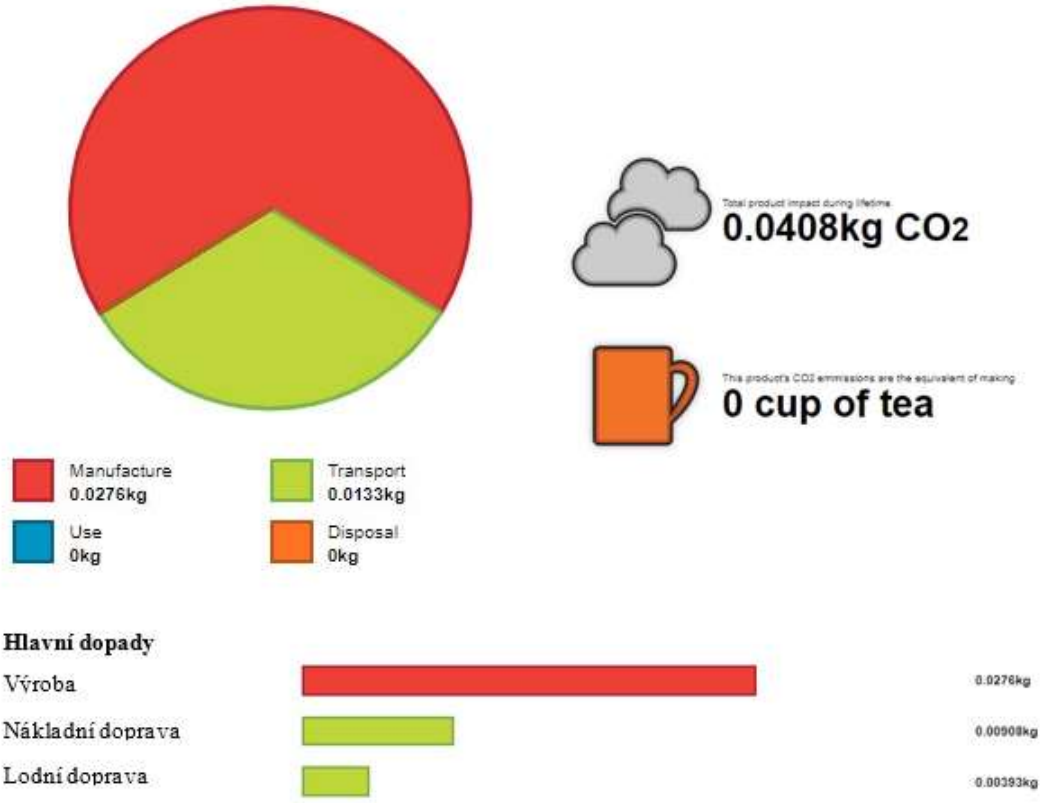
Na grafu 6 je znázorněn životní cyklus PET láhve o objemu 0,5 l (což je 20 g) a jeho produkce CO_2e. Největší produkcí CO_2e zaujímá výroba (červená barva). Doprava PET lahví (zelená barva) produkuje menší množství CO_2e než její výroba. PET láhve jsou vyráběny v Německu a dováženy do České republiky. V Praze v Kyjích se nápoje do PET láhví stáčí. Ve fázi likvidace (oranžová barva) se počítá s tím, že PET láhev je 100% recyklovatelná. Produkce CO_2e za životní cyklus PET láhve činí 0,0818 kg.



Graf 6 - LCA analýza PET lahve

7.4 Talíře z palmových listů

Graf 7 znázorňuje LCA analýzu pro talíře z palmových listů. Pro LCA analýzu, byl pro fázi výroby zvolen jako vstupní materiál papír, jelikož LCA kalkulátor nenabízel možnost volby palmových listů nebo obdobného přírodního materiálu. Možno tedy počítat s lehkým zkreslením produkce u fáze výroby (červená barva v grafu), která zaujímá největší část grafu. Zeleně je v grafu znázorněna doprava talířů z Asie, která produkuje 0,0133 kg CO_2e. Fáze užití a likvidace jsou nulové. Produkce CO_2e za životní cyklus jedno talíře z palmových listů tak činí 0,0408 kg CO_2e.

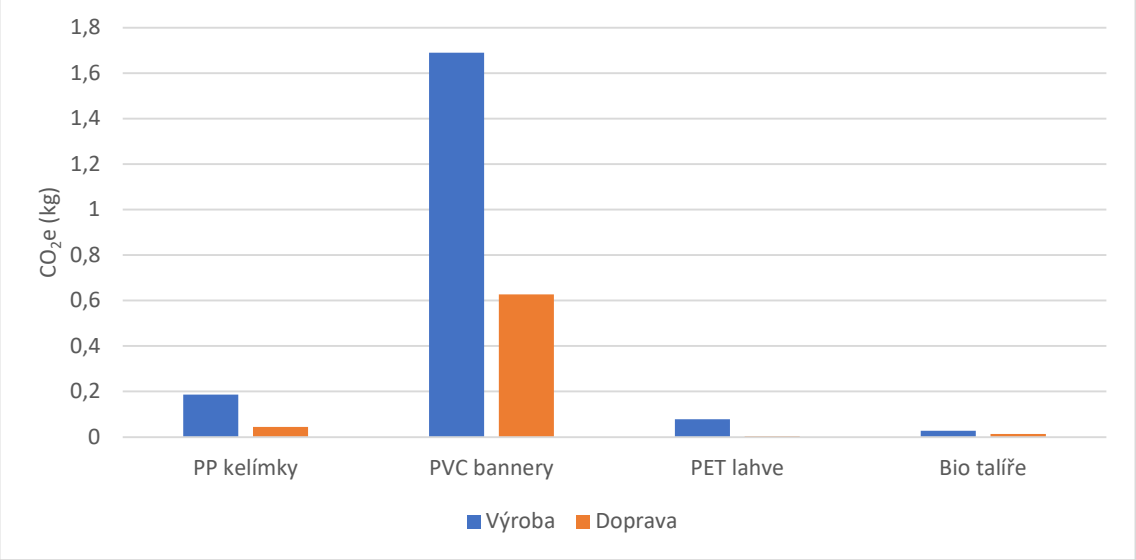


Graf 7- LCA analýza talířů z palmových listů

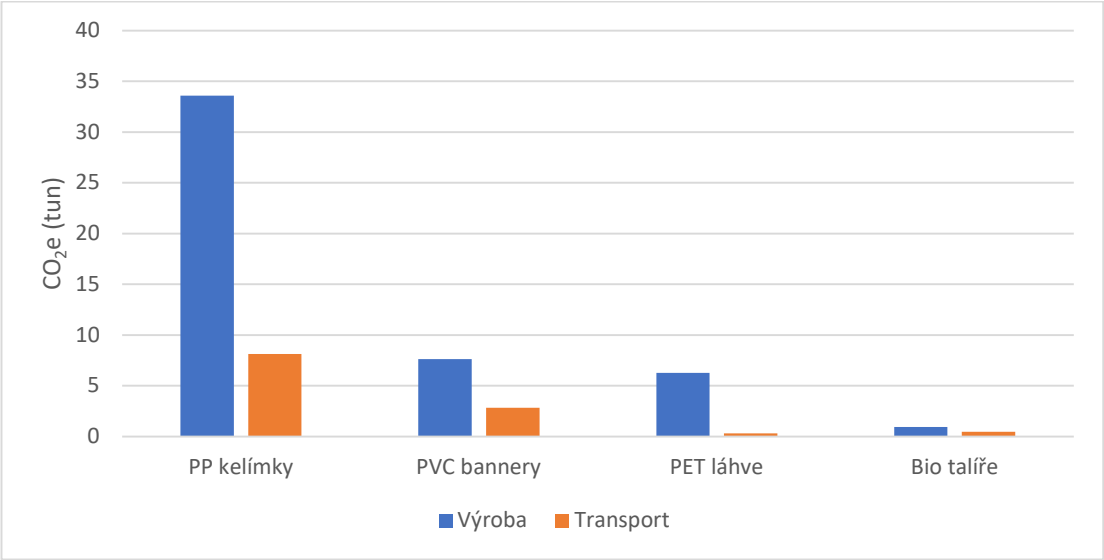
7.5 Srovnání výrobků a fází LCA

Na základě dosažených výsledků byla porovnána produkci CO_2e mezi výrobky. Jelikož fáze užití a likvidace měly výrazně menší nebo nulovou produkci CO_2e oproti ostatním fázím, byly pro srovnání použity pouze fáze výroby a dopravy.

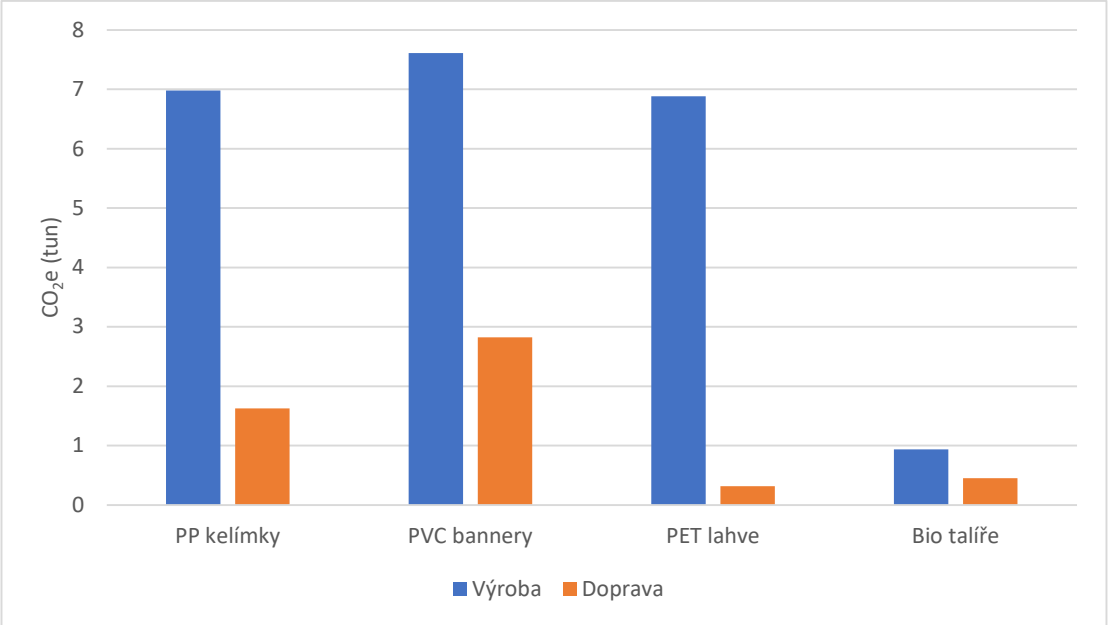
Graf 8 srovnává produkci CO_2e při výrobě jednoho kusu daného výrobku. Z grafu vyplývá, že nejhorší dopady má výroba bannerů. Do fáze výroby bannerů ale vstupuje větší množství plastového materiálu než u ostatních výrobků. Pří výrobě 1 m^2 bannerů se jedná o 510 g PVC, kdežto u jednoho kusu kelímků se jedná o 60 g PP a u PET láhve se jedná o 20 g PET materiálu. Proto byl vytvořen graf 9, který porovnává produkci CO_2e uvolněného při výrobě a dopravě takového množství produktů, jaké bylo na festivalu LIR použito. Z grafu 9 je patrné, že také v tomto případě největší produkci CO_2e mají PP kelímky. Jelikož je životnost kelímků 5 let a během konání festivalu nebylo použito a odvezeno na myčku celkové množství kelímků, byl vytvořen graf 10. Tento graf porovnává produkci CO_2e při reálném použití PP kelímků. Reálné množství PP kelímků bylo odhadnuto na 1/5 z celkového množství kelímků. Z grafu 10 vyplývá, že největším producentem CO_2e jsou PVC bannery. Z grafu 10 je patrné, že díky delší životnosti kelímků, se snižuje jejich negativní vliv na životní prostředí.



Graf 8 - Produkce CO_2e při výrobě a transportu jednoho kusu výrobku



Graf 9 - Produkce CO_2e při výrobě a dopravě celkového použitého množství jednotlivých výrobků na festivalu LIR



Graf 10 - Produkce CO_2e při výrobě a dopravě reálného množství PP kelímků

8 DISKUZE

Na festival Let It Roll každoročně jezdí mnoho návštěvníků z celého světa. Jelikož po jednom dni konání festivalu bylo v areálu velké množství pohozených jednorázových kelímků, rozhodli se organizátoři festivalu, stejně jako mnoho dalších (např. anglický festival Glastonbury a slovenská Pohoda), pro variantu zálohovaných kelímků, v případě LIR konkrétně vratných kelímků od společnosti NICK NACK. Festival tak předešel velkému znečisťování areálu v průběhu konání akce. Současně organizátory zajímá, zda se jedná o environmentálně příznivé řešení, protože společnost NICK NACK nebere zpětně kelímky, které jsou i menším způsobem poškozeny nebo ušpiněny (viz obrázek 20). Tím pádem se zkracuje životnost kelímků, které ještě mohly v oběhu kolovat. Vratné kelímky lze umýt minimálně 200krát (Charvát, 2015). Při využití vratných kelímků na festivalech to však není možné, protože návštěvníci s nimi zachází nešetrně. Z diplomové práce vyplývá že životnost jednoho kelímku na festivalu LIR je až 92,5 % menší, než se udává (tj. max. 15krát). Tímto se vyvrátila hypotéza H1. Podle průzkumů většina kelímků nevydrží déle jak 5 let. Dále podle analýzy životního cyklu vzniká velké množství skleníkových plynů při výrobě kelímků a ty vznikají také při přepravě kelímků do myčky, které je vzdálená přes 200 km od festivalu. Při mytí se musí dodržovat správný postup, teplota a pozvolné sušení, jinak kelímky křehnou a praskají. Při špatném sušení se navíc v kelímkách objevují plísně. Na druhou stranu, jednorázové kelímky se vyrábějí také z polypropylenu. Navíc při použití vratných kelímků nevzniká tolik plastového odpadu z jednorázových kelímků a areál působí čistěji.

Jak vyplývá z grafu 9, celkové množství kelímků má nejhorší dopady při výrobě a dopravě. Tím by se potvrdila hypotéza H2. Jelikož ale na festivalu nebylo využito celkové množství kelímků, byl vytvořen graf 10, který hypotézu H2 vyvrací. V grafu 10 bylo zohledněno reálné použití kelímků na festivalu a jejich životnost. Z grafu 10 tedy vyplývá, že největším producentem CO_2e jsou PVC bannery. Vratné kelímky z PP snižují výrobu jednorázových kelímků a šetří náklady na svoz odpadu a úklidu areálu. Společnost NICK NACK uvedla, že na začátku fungování společnosti v roce 2015, zamezili použití přibližně 3 milionům jednorázových kelímků. (Vojlík, ©2016) Lze předpokládat, že za rok 2019 bude toto číslo větší, jelikož nyní společnost spolupracuje s více festivaly a akcemi.

Analýza PET lahví, bylo provedena z kvalifikovaného odhadovaného množství lahví, které byly na festivalu zakoupeny. Plastový odpad z festivalu se skládá také z PET láhví, které si návštěvníci na festival dovezou. Z výsledků vyplývá že největší dopad je u PET lahví ve fázi jejich výroby.

Talíře z palmových listů mají ze všech čtyř produktů nejmenší environmentální dopady. V LCA analýze vychází u likvidace nulový dopad, pokud se jedná o kompostování bio talířů. Vytřízeny bioodpad byl, ale v roce 2019 odvezen na nedalekou bioplynovou stanici. Tím pádem ve fázi likvidace vzniká také určité množství CO_2e, které však výrazně neovlivní celkové množství CO_2e u bio talířů. Vezmeme-li ale v úvahu to, že tyto talíře se do České republiky musí dovážet lodní dopravou, která nejvíce zatěžuje životní prostředí, z Indie do Německa a dále kamionem až do České republiky, je zřejmé, že i tyto výrobky mají své environmentální dopady. Mnoho talířů navíc na festivalu končí v popelnici na komunální odpad, místo popelnice na bioodpad. A z tohoto důvodu se hypotéza H3 nepotvrdila, jelikož podle dat od společnosti Augiášův chlév bylo vytříděno pouze malé množství bioodpadu. V tomto případě by tedy bylo na místě zvážit použití papírových recyklovaných talířů, které se vyrábí u nás v České republice. Festival, který se také zaměřil na kompostování je například slovenský festival Pohoda. Festival do areálu umístil kompostér a dobrovolníci zde návštěvníků pomáhali vytřídit bioodpad, tak aby se separoval gastroodpad od bioodpadu. Během festivalu tak vznikal jemný kompost. (Václavíková, ©2020)

9 ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE

Diplomová práce se zabývá hodnocením environmentálních dopadů čtyř produktů, které se používají na festivalu Let It Roll. Posouzení dopadů těchto produktů bylo provedeno analýzou životního cyklu, na základě které, bylo zjištěno, že největším producentem skleníkových plynů z posuzovaných produktů jsou PVC bannery. U vratných kelímků z PP bylo zjištěno, že reálná životnost PP kelímků je odhadem cca o 92,5 % méně, než udává výrobce. Na druhou stranu, i při minimálním počtu využití (15krát), je to stále lepší alternativa oproti jednorázovým kelímkům ze stejného materiálu.

Co se týká likvidace, byly by na tom nejlépe talíře z palmových listů, jelikož jsou biologicky rozložitelné i kompostovatelné. Problém však nastává ve fázi správné separace odpadů návštěvníky. U těchto talířů je také nutno brát v potaz trasu, kterou talíře na festival cestují. V tomto případě by bylo vhodné zvážit používání papírových talířů vyráběných na území České republiky.

PET lahve rovněž zatěžují životní prostředí, ale na rozdíl od PVC bannerů se lépe recyklují.

Hlavním přínosem diplomové práce, je zjištění, že pokud vezmeme v potaz reálné množství použitých kelímků na festivalu, dojdeme k výsledku, že nejhorší dopady na životní prostředí mají PVC bannery. Dalším přínosem je zjištění, že talíře z palmových listů jsou sice environmentálně šetrné, ale zde je nutno brát v úvahu jejich dopravu z Asie a zacházení návštěvníku s bio talíři ve fázi likvidace.

10 PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

Odborné publikace:

BĚHÁLEK, L., 2016: Kap. 04 - Rozdělení a charakteristika polymerů. In: BĚHÁLEK, L.: Polymery. Code Creator, s.r.o. (on line) [cit. 2019-08-07]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z < https://publi.cz/books/180/04.html>.

CÁRDENAS-TRIVIÑO, Galo, Nelson LINARES-BERMÚDEZ a Mario NÚÑEZ-DECAP, 2019. Synthesis and Properties of Bionanocomposites of Polyhydroxybutyrate-Polylactic Acid Doped with Copper and Silver Nanoparticles. International Journal of Polymer Science [online]. Londýn, 8 s [cit. 2019-11-24]. DOI: 10.1155/2019/4520927. Dostupné z: <http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=28&SID=D26hOdgTqi9ugvvjjV2&page=1&doc=9>.

COWI A/S and Utrecht University, 2018: Environmental impact assessments of innovative bio-based products – Summary of methodology and conclusions. Publications office of the European Union, Luxembourg. 131 s

ČERNÝ, P., 2019. Plasty: Materiály a technologie I. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích [online]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 51 s [cit. 2020-02-23]. Dostupné z: <https://www.pf.jcu.cz/structure/departments/kaft/wp-content/uploads/Plasty.pdf>.

DANSO, D., CHOW, J., STREIT W. R., 2019. Plastics: Environmental and Biotechnological Perspectives on Microbial Degradation. Applied and environmental microbiology [online]. Washington, (19), 14 s [cit. 2019-11-12]. DOI: 10.1128/AEM.01095-19. Dostupné z: <https://aem.asm.org/content/aem/85/19/e01095-19.full.pdf>.

DOHNAL, R., 2018. Bioplasty nejsou bio. Možná jsou horší, než ty konvenční [online]. [cit. 2019-08-07]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/radomirn-dohnal-bioplasty-nejsou-bio-mozna-jsou-horsi-nez-ty-konvencni>.

DUCHÁČEK, V., 1996. Termoplastické elastomery: Moderní polymerní materiály. Chemické listy [online]. Praha, (91), 7 s [cit. 2019-11-13]. Dostupné z: <http://w.chemicke-listy.cz/docs/full/1997_01_23-29.pdf>.

FIEDOR, J., 2012. Odpadové hospodářství I.: učební text [online]. První. Ostrava, 121 s., [cit. 2019-11-24]. ISBN 978-80-248-2573-1. Dostupné z: <http://www.person.vsb.cz/archivcd/FMMI/OHO/Odpadove%20hospodarstvi%20I.pdf>.

HELMBERGER, M. S., TIEMANN, L. K., GRIESHOP, M. J., 2019. Towards an ecology of soil microplastics. Functional Ecology [online]. Michigan State University, 11 s [cit. 2020-02-23]. DOI: 10.1111/1365-2435.13495. ISSN 0269-8463. Dostupné z: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1111/1365-2435.13495>.

HŘEBÍČEK, J., PILIAR, F., KALINA, J., MANHART, J., SOUČKOVÁ K., 2011. Projektování nakládání s bioodpady v obcích. 2. Praha: Littera., 103 s ISBN 978-80-85763-67-6.

JUNGA, P., VÍTĚZ, T., TRÁVNÍČEK, P., 2015. Technika pro zpracování odpadů I. [online]. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 72 s [cit. 2019-11-11]. ISBN 978-80-7509-207-6.

KALE, G., KIJCHAVENGKUL, T., AURAS, R., RUBINO, M., 2007. Compostability of Bioplastic Packaging Materials: An Overview. Macromolecular Journals [online]., 23 s [cit. 2019-09-19]. DOI: 10.1002/mabi.200600168. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/mabi.200600168>.

KIJCHAVENGKU, T., AURAS, R., RUBINO, M., SELKE, S., NGOUAJIO, M., FERNANDEZ, T., 2010. Biodegradation and hydrolysis rate of aliphatic aromatic polyester. Polymer Degradation and Stability [online]. 7 s [cit. 2019-09-18]. Dostupné z: <https://www.canr.msu.edu/hrt/uploads/535/78629/Kijchavengkul-et-al-2010-Biodegradation.pdf>.

KOČÍ, V., 2013. Enviromentální dopady: Posuzování životního cyklu. Praha: VŠCHT., 131 s ISBN 978-80-7080-858-0.

KUMAR SHRIVASTAVA, N., SHU WOOI, O., HASSAN, A., 2018. Mechanical and flammability properties of poly(lactic acid)/ poly(butylene adipate-co-terephthalate) blends and nanocomposites: Effects of compatibilizer and graphene. Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences [online]. 4 s 425-431 [cit. 2019-11-24]. DOI: 10.11113/mjfas.v14n4.1233. Dostupné z: <http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=44&SID=D26hOdgTqi9ugvvjjV2&page=1&doc=4>.

LEHNER, R., WEDER, CH., PETRI-FINK, A., ROTHEN-RUTISHAUSER, B., 2019. Emergence of Nanoplastic in the Environment and Possible Impact on Human Health. "Environmental Science & Technology [online]. 4 s 1748-1765 [cit. 2019-11-11]. DOI: 10.1021/acs.est.8b05512. Dostupné z: <https://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearGe&qid=6&SID=E1jnZLeQojJAw73UaGp&page=2&doc=15&cacheurlFromRightClick=no>.

MACARTHUR, D. E., ZUMWINKEL, K., STUCHTEY, M., ©2015. Growth within: A Circular economy vision for a competitive Europe [online]. In: . McKinsey Center for Business and Environment., 94 s., [cit. 2019-09-14]. Dostupné z: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Growth-Within_July15.pdf>.

MANNINA, G., PRESTI, D., MONTIEL-JARILLO G., SUÁREZ OJEDA, M. E., 2019. Bioplastic recovery from wastewater: A new protocol for polyhydroxyalkanoates (PHA) extraction from mixed microbial cultures. Bioresource Technology [online]. 8 s 361-369 [cit. 2020-03-28]. DOI: 10.1016/j.biortech.2019.03.037. Dostupné z: <https://iris.unipa.it/retrieve/handle/10447/367164/734427/Mannina%20et%20al_BITE2019.pdf?fbclid=IwAR0_Y5eTalEfd2R9yE70u-dHc9Up3n7C4MRiynNJbENaEqWoemgBi3q6-Dw>.

MATTHENS, M., KIEßLING, A., 1993. Textil – Fachwörterbuch. Schiele & Schön., 43 s ISBN 978-3794905461.

MLEZIVA, J., 1993. Polymery: struktura, vlastnosti a použití. Praha: Sobotáles., 544 s ISBN 80-901570-4-1.

MICHÁLEK, J., ©2013. Vzpomínky na prof. Ing. Otto Wichterleho, DrSc. (*27. 10. 1913, †18. 8. 1998). Chemické listy: Vzpomínky na prof. Ing. Otto Wichterleho, DrSc. (*27. 10. 1913, †18. 8. 1998) [online]., 3 s 801-803 [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <http://chemicke-listy.cz/docs/full/2013_10_801-803.pdf>.

NIAOUNAKIS, M., 2015. Definitions of Terms and Types of Biopolymers. Biopolymers: Applications and Trends, 604 s., [online]. [cit. 2019-11-24]., ISBN 978-0-323-35399-1., Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323353991000016>.

NIELSEN, T. D., HASSELBALCH, J., HOLMBERG, K., STRIPPLE, J., 2019. Politics and the plastic crisis: A review throughout the plastic life cycle. Wires energy and environment [online]. Sweden, 18 s., [cit. 2019-11-10]. DOI: 10.1002/wene.360. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wene.360>.

PAČESOVÁ, T., KREČMEROVÁ T., KRHŮTKOVÁ, O., 2009. Společenský jev současnosti – littering!? Odpadové Fórum [online]. Praha., 2 s 15-17., [cit. 2020-02-23]. ISSN 1212-7779. Dostupné z: <http://www.odpadoveforum.cz/upload/pageFiles/1-2009-pdf.pdf>.

PROKOPOVÁ, I., 2007. Makromolekulární chemie. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze., 207 s., ISBN 978-80-7080-662-3.

RŮŽIČKA, J., HOFFMANN, J., 2005. Polymery a životní prostředí: Výrobní trendy směřující k ekologicky šetrnějším polymerním materiálům. Chrudim: Ekomonitor., 88 s., ISBN 80-86832-14-7.

SHRUTI, V. C., KUTRALAM-MUNIASAMY, G., 2019. Bioplastics: Missing link in the era of Microplastics. Science of The Total Environment [online]. (697) [cit.

2020-02-23]. ISSN 0048-9697. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719341166?via%3Dihub#f0020>.

SIRACUSA, V., 2019. Microbial Degradation of Synthetic Biopolymers Waste. Department of Chemical Science [online]. Itálie, 18 s., [cit. 2020-01-24]. DOI: 10.3390/polym11061066. Dostupné z: <https://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=3&SID=F1HtlaHPi7TrAKyIJ2E&page=2&doc=11>.

ŠÁRKA, E., KRULIŠ, Z., KOTEK, J., RŮŽEK, L., KOLÁČEK, J., HRUŠKOVÁ, K., BUBNÍK, Z., 2011. Biodegradabilní kompozitní materiály na bázi pšeničného B-škrobu s upotřebením v zemědělství. Listy cukrovarnické a řepařské [online]. Praha: VŠCHT Praha., 4 s., [cit. 2019-09-16]. Dostupné z: <http://www.cukr-listy.cz/on_line/2011/PDF/402-405.pdf>.

ŠUTA, M., 2008. Chemické látky v životním prostředí a zdraví. 1. Brno: ZO ČSOP Veronica., 64 s., ISBN 978-80-87308-00-4.

VÁŇA, J., USŤAK, S., 2007. Zřizování a provozování malých kompostáren.: Metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 24 s., ISBN 978-80-87011-34-8.

ŽÍDEK, M., 2004. Energie z biomasy III: Anaerobní digesce zvolených substrátů na laboratorním fermentoru [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2004, [cit. 2019-10-23]. ISBN 80-21.

Legislativní materiály:

ČSN EN ISO 14040: Enviromentální management: Posuzování životního cyklu- Zásady a osnova, 1998. Praha: Český normalizační institut.

Evropská komise: Evropská strategie pro plasty v oběhovém hospodářství, 2018. In: . Štrasburk. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2df5d1d2-fac7-11e7-b8f5-01aa75ed71a1.0014.02/DOC_1&format=PDF>.

Evropský parlament: Směrnice evropského parlamentu a rady (EU) 2019/904: o omezení dopadu některých plastových výrobků na životní prostředí, 2018. Brusel. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=OJ:L:2019:155:TOC>.

Evropská komise: Uzavření cyklu – akční plán EU pro oběhové hospodářství, 2015. In: Brusel. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX%3A52015DC0614>.

Evropská komise: Zpráva komise evropského parlamentu a radě o dopadu používání oxo-rozložitelných plastů, včetně oxo-rozložitelných plastových nákupních tašek, na životní prostředí, 2018. In: Brusel. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/cs/TXT/?uri=CELEX:52018DC0035>.

Vyhláška č. 341/2008 Sb. Vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady)

Zákon č. 183/2006 Sb. Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)

Zákon č. 185/2001 Sb. Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů

Zákon č. 477/2001 Sb. Zákon o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech)

Internetové zdroje:

BARRETT, A., ©2018: The History and Most Important Innovations of Bioplastics (online) [cit. 2019-09-12], dostupné z <https://bioplasticsnews.com/2018/07/05/history-of-bioplastics/>.

CÍDLOVÁ, H., KOHOUTOVÁ, B., KŘIVÁNKOVÁ, P., ŠTĚPÁNEK, K., VALOVÁ, B., ©2011. Historie chemie: Plastické hmoty. Historie chemie [online]. [cit. 2019-08-07]. Dostupné z: <https://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/hist/tov/plasty.html>.

Česká televize: Jednorázové plastové výrobky budou za dva roky zakázány. Jejich náhrady se zkoušejí už dnes, ©2018. Česká televize [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/ekonomika/2685956-jednorazove-plastove-vyrobky-budou-za-dva-roky-zakazany-jejich-nahrady-se-zkouseji>.

Český statistický úřad: Produkce, využití a odstranění odpadů za období 2018 [online], ©2019. In: Praha [cit. 2020-02-23]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/91605329/28002019.pdf/9ee05f2d-39d8-4215-b4ee-849b7761433f?version=1.2>.

Český statistický úřad: Milovice (okres Nymburk), ©2019. Český statistický úřad: Milovice (okres Nymburk) [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=profil-uzemi&uzemiprofil=31548&u=__VUZEMI__43__537501#>

Český statistický úřad, ©2017. Český statisticky úřad: Produkce komunálního odpadu vzrostla [online]. [cit. 2019-09-12]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/produkce-komunalniho-odpadu-vzrostla ČSÚ, 2017. Produkce komunálního odpadu vzrostla. >.

Ecoplates, ©2019. Ecoplastes [online]. Praha [cit. 2019-10-15]. Dostupné z: <http://ecoplates.cz/>.

FORTUNA, A., ©2019. How Do Plastics Impact Our Air Quality?. RePurpose [online]. [cit. 2019-10-23]. Dostupné z: <https://repurpose.global/plastics-impact-our-air-quality/>.

GABRHELÍKOVÁ, K., ©2018. Doba plastová: Plasty konzumujeme v pitné vodě, soli i medu. Právo 21 [online]. [cit. 2019-08-07]. Dostupné z: <https://pravo21.online/domov-a-svet/doba-plastova-plasty-konzumujeme-v-pitne-vode-soli-i-medu>.

GIBBSEN, S., ©2018. National Geographic: What you need to know about plant-based plastics [online]. [cit. 2019-08-07]. Dostupné z: <https://www.nationalgeographic.com/environment/2018/11/are-bioplastics-made-from-plants-better-for-environment-ocean-plastic/>.

GRUBER, J., ©2003. Počátky doby plastové. SPŠ strojnické [online]. 2 [cit. 2019-08-07]. Dostupné z: <http://www.spstr.pilsedu.cz/osobnistranky/josef_gruber/clanky/plasty.pdf>.

HANUS, R., KOUBSKÝ, J., KRČMA, M., ©2004. Inovace výrobků a jejich systémů: Přehled metodiky analýzy inovačního potenciálu výrobků a služeb s diskusními otázkami [online]. Praha: Centrum inovací a rozvoje, 25 [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <http://eko-net.cir.cz/prirucka-inovace-vyrobku-s-vyuzitim-lca/485362/lca.pdf>.

HANŽLOVÁ, J., ©2014. O bioplastu – umělé hmotě z brambor nebo kukuřice [online]. [cit. 2019-09-12]. Dostupné z: <https://radiozurnal.rozhlas.cz/o-bioplastu-umele-hmote-z-brambor-nebo-kukurice-6345522>.

HILL, J., ©2015. A Brief History of Nylon [online]. [cit. 2019-08-07]. Dostupné z: <http://mentalfloss.com/article/61845/brief-history-nylon>.

JAMBOR, P., ©2016. Milovice – letiště Boží Dar [online]. Vojenské-prostory.cz [cit. 2019-09-23]. Dostupné z: <http://vojenske-prostory.cz/milovice-letiste-bozi-dar/>.

KEDROVÁ, K., ©2012. Makromolekulární látky [online]. [cit. 2019-08-07]. Dostupné z: <https://www.mojechemie.cz/MojeChemie:MojeChemie>.

LCA Calculator, ©2020. LCA Calculator [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.lcacalculator.com/>.

LEAHY, S., ©2019. National Geographic: Microplastics are raining down from the sky. National Geographic [online]. [cit. 2019-11-11]. Dostupné z: <https://www.nationalgeographic.com/environment/2019/04/microplastics-pollution-falls-from-air-even-mountains/>.

LEDERER, J., ©2019. Polyureteny: PUR [online]. In: . Ústí nad Labem [cit. 2019-11-13]. Dostupné z: <https://chemistry.ujep.cz/userfiles/files/Polyuretany.pdf>.

LEDERER, J., ©2019. Silikonové polymery [online]. In: . Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem [cit. 2019-08-07]. Dostupné z: <https://chemistry.ujep.cz/userfiles/files/SILIKONY_.pdf>.

Let It Roll: O nás [online], ©2020. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://letitroll.cz/o-nas/>.

Mapy.cz [online], ©2020. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.8790147&y=50.2372025&z=12&source=muni&id=4109>.

Merck: Product Comparison Guide- Poly(methyl methacrylate) [online], ©2020. Darmstadt [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/substance/polymethylmethacrylate12345901114711?lang=en&region=CZ>.

Merck: Starch [online], ©2020. Darmstad [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/search?term=starch&interface=All&N=0&mode=match%20partialmax&lang=en®ion=CZ&focus=product>.

Město Milovice: Základní informace o městě, ©2019. Město Milovice [online]. Milovice [cit. 2019-09-23]. Dostupné z: <http://urad.mesto-milovice.cz/cs/samosprava/zakladni-informace-o-meste.html>.

MONIOVÁ, E., ©2018. Vše o plastu. Jak vzniká, kde se používá a jak končí Zdroj: https://www.idnes.cz/ekonomika/zahranicni/pravdy-a-myty-o-plastech-prehled.A180816_091220_eko-zahranicni_nio. IDnes.cz [online]. [cit. 2019-08-07]. Dostupné z: <https://www.idnes.cz/ekonomika/zahranicni/pravdy-a-myty-o-plastech-prehled.A180816_091220_eko-zahranicni_nio>.

Ministerstvo životního prostředí: Produkce a nakládání s odpady v roce 2017 [online], ©2018. 1 [cit. 2019-09-19]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpady_podrubrika/$FILE/OODP-Produkce_a_nakladani_2017-20181003.pdf>.

National Geographic: Planeta, nebo plast? Překvapivých 91% plastového odpadu neprojde recyklací! [online], ©2019. [cit. 2019-08-07]. Dostupné z: <https://www.national-geographic.cz/video/planeta-nebo-plast-prekvapivych-91-plastoveho-odpadu-neprojde-recyklaci-20190120.html>.

Nicknack, ©2019. Nicknack [online]. Brno [cit. 2019-10-14]. Dostupné z: <http://www.nicknack.cz>.

PlasticsEurope: Eco-profiles, ©2020. PlasticsEurope [online]. Brussel [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.plasticseurope.org/en/resources/eco-profiles>.

Polyplasty: Polymethylmethakrylát [online], ©2018. [cit. 2019-08-07]. Dostupné z: <https://www.polyplasty.cz/polymethylmethakrylat.html>.

Puruplast: Recyklace plastů [online], ©2019. [cit. 2019-08-07]. Dostupné z: <http://www.puruplast.cz/recyklace-plastu/>.

RAAB, M., ©2008. Český rozhlas: Historie plastů od neandrtálců po dnešek [online]. [cit. 2019-08-07]. Dostupné z: <https://vltava.rozhlas.cz/historie-plastu-od-neandrtalcu-po-dnesek-5114163>.

SAINTE-FOIE, N., ©2016. Meet the French Seaweed Startup rethinking Bioplastics [online]. [cit. 2019-09-12]. Dostupné z: <https://labiotech.eu/interviews/algopack-seaweed-algae-bioplastic/>.

SHIVALI, ©2017. Shocking report reveals that 95 % of river-borne plastic polluting the world's oceans comes from just TEN rivers including the Ganges and Niger [online]. [cit. 2019-08-12]. Dostupné z: <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4970214/95-plastic-oceans-comes-just-TEN-rivers.html>.

TICHÁ, M., ©2000. POSUZOVÁNÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU Část 2 - Inventarizační analýza. Enviweb [online]. MŽP [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/15620>.

Třídění odpadu.cz: PLASTY [online], ©2019. [cit. 2019-08-07]. Dostupné z: <https://www.trideniodpadu.cz/plasty>.

VANĚK, T., LIPAVSKÝ, J., VRBOVÁ, M., ©2013. Degradovatelné plasty příliš nedegradují [online]. [cit. 2019-08-07]. Dostupné z: <https://www.odpady-online.cz/vyzkum-rika-degradovatelne-plasty-prilis-nedegraduji/>.

VÁCLAVÍKOVÁ, J., ©2020. Energyglobe: Zero waste chování na festivalu? Pohoda…. Energyglobe: Zero waste chování na festivalu? Pohoda… [online]. [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://www.energyglobe.cz/temata-a-novinky/prvni-solarni-letadlo-zanedlouho-dokonci-svuj-let-kolem-svet/>.

VOJLÍK, V., ©2016. Frontman: Nicknack: recyklovatelné kelímky nebo suvenýr z festťáku? Frontman: Nicknack: recyklovatelné kelímky nebo suvenýr z festťáku? [online]. [cit. 2020-05-04]. <Dostupné z: https://frontman.cz/nicknack>

VSS: Alkalický polyamid PA 6 (silon), ©2020. VSS s.r.o.: Alkalický polyamid PA 6 (silon) [online]. Ostrava-Radvanice [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <http://www.vss-plasty.cz/?page_id=32>.

Ostatní zdroje:

CHARVÁT, M., 2015. Vratné ekologické kelímky jako marketingový nástroj a jejich využití ve sportovním sektoru. Brno. Diplomová práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Milena Strachová.

HUBENÁ, V., 2019. Analýza udržitelnosti účastníků letních festivalů. Praha. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Vedoucí práce Lenka Wimmerová.

LEŠINSKÝ, D., 2003. Enviromentálne degradovateľné plasty v odpadovom hospodárstve. Zvolene. Disertační práce. Techniská univerzita vo Zvolene. Vedoucí práce Imrich Beseda.

MARTÍNKOVÁ, M., 2013. Izolace mikroorganismů produkujících depolymerizační enzymy. Zlín. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Marek Koutný.

VAŠULKA, O., 2016. Termické vlastnosti vybraných polyesterů po hydrolýze. Zlín. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Marie Dvořáčková.

UNIPETROL: PP MOSTEN® MT 230 [online], ©2019. In: Most [cit. 2019-11-12]. Dostupné z: <https://www.unipetrol.cz/cs/NabidkaProduktu/PetrochemickeProdukty/Polyolefiny/Technical%20datasheet/Technical%20datasheet%20Mosten_MT%20230_cz.pdf>.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Vzorec polyethylenu (Danso a kol., 2019)..... 7
Obrázek 2 - Vzorec polypropylenu (Danso a kol., 2019) 7
Obrázek 3 - Vzorec polyvinylchloridu (Danso a kol., 2019)..... 8
Obrázek 4 - Vzorec polystyrenu (Danso a kol., 2019)..... 8
Obrázek 5 - Vzorec polymethylmethakrylátu (Merck, ©2020)..... 9
Obrázek 6 - Strukturní vzorec polyuretanu (Danso a kol., 2019) 9
Obrázek 7 - Vzorec polyamidu (Danso a kol., 2019) 10
Obrázek 8 - Vzorec polyethylentereftalátu (Danso a kol., 2019) 11
Obrázek 9 - Vzorec polymléčné kyseliny (Cárdenas-Triviño a kol., 2019) 13
Obrázek 10 - Vzorec polyhydroxybutyrátu (Cárdenas-Triviño a kol., 2019)..... 14
Obrázek 11 - Vzorec škrobu (Merck, ©2020) 14
Obrázek 12 - Vzorec polybutylen sukcinát (Niaounakis, 2015)..... 15
Obrázek 13 - Vzorec polybutylenadipáttereftalátu (Kumar Shrivastava a kol., 2018) 15
Obrázek 14 - Schéma fází LCA (Kočí, 2013)..... 29
Obrázek 15 - Dělení mikroplastů podle fragmentace (Helmberger a kol, 2019)..... 33
Obrázek 16 - Poloha města Milovice (MAPY, ©2019)..... 35
Obrázek 17 - Festival Let It Roll (LIR, ©2019) 36
Obrázek 18 - Druhy poškození kelímků (NICKNACK, ©2019) 40
Obrázek 19 - Srovnání talířů z různých materiálů (Ecoplates, ©2019)..... 45
Obrázek 20 - Talíře z palmových listů (Ecoplates, ©2019)..... 46

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - Roční objem produkce polymerů na světě (Danso a kol., 2019)..... 5
Graf 2 - Nakládání s komunálními odpady v ČR v roce 2018 (ČSÚ, ©2019) 21
Graf 3 - Recyklace obalových materiálů (MŽP, ©2018)..... 23
Graf 4 - LCA analýza vratných PP kelímků 47
Graf 5- LCA analýza PVC bannerů 48
Graf 6 - LCA analýza PET lahve 49
Graf 7- LCA analýza talířů z palmových listů 50
Graf 8 - Produkce CO_2e při výrobě a transportu jednoho kusu výrobku 51
Graf 9 - Produkce CO_2e při výrobě a dopravě celkového použitého množství jednotlivých výrobků na festivalu LIR 52
Graf 10 - Produkce CO_2e při výrobě a dopravě reálného množství PP kelímků 493

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Doba rozkladu vybraných plastových výrobků (ČT, ©2018) 5
Tabulka 2 - Množství hlavních plastových produktů na LIR (LIR, ©2019) 38
Tabulka 3- Environmentální dopady výroby 60 g polypropylenu (COWI A/S and Utrecht University, 2018, vlastní zpracování) 39
Tabulka 4 - Vstupní parametry pro výrobu 1 m^2 PVC (PlasticEurope, ©2020, vlastní zpracování) 41
Tabulka 5 - Výstupní parametry pro výrobu 1 m^2 PVC (PlasticEurope, ©2020, vlastní zpracování) 42
Tabulka 6 - Dopady při výrobě 20 g PET (COWI A/S and Utrecht University, 2018, vlastní zpracování) 43