

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie – Péče o krajinu

Katedra: Katedra agroekosystémů

Vedoucí katedry: doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Hodnocení environmentálního zatížení vázaného na produkci
odpadu

(Environmental impact assessment of the municipal waste
production)

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jaroslav Bernas, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Miloslav Vaněček

České Budějovice, 2020

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Miloslav VANĚČEK
Osobní číslo: Z18061
Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství
Studijní obor: Agroekologie – Péče o krajinu
Téma práce: Hodnocení environmentálního zatížení vázaného na produkci komunálního odpadu
Zadávající katedra: Katedra agroekosystémů

Zásady pro vypracování

Cíl práce: Vyhodnocení environmentálního zatížení vázaného na produkci odpadu ve vybrané obci a návrh opatření na jeho redukci

1. Úvodní část – úvod do problematiky (doporučený rozsah 1 strana, bez citací)
2. Literární přehled – seznam témat hlavních kapitol (rozsah cca 50 % textové části DP)
3. Cíl práce a definice pracovních hypotéz (rozsah 1-2 strany)
4. Metodická část – definovat cíle a rozsah sledovaného rámce dle norem pro metodu hodnocení životního cyklu, inventarizovat data sledovaného rámce, vyhodnotit environmentální dopady, zpracovat a interpretovat data
5. Výsledková a diskusní část – vyhodnocení inventarizovaných dat, posouzení návrhu opatření vedoucích k redukci environmentální zátěže, vyhodnocení výsledků práce (rozsah cca 50 % textové části DP)
6. Závěrečná část práce – shrnutí hlavních výsledků práce a navržených opatření (doporučený rozsah 1-2 strany, bez citací)
7. Seznam citované literatury (minimálně 1/3 literárních pramenů ze zahraničních zdrojů – vědecké časopisy, knihy)

Rozsah pracovní zprávy: 40-50 stran včetně příloh
Rozsah grafických prací: dle potřeby (tabulky, grafy, fotografická příloha)
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

- Baumann, H. a A. M. Tillman (2012). The hitch hiker's guide to LCA: an orientation in life cycle assessment methodology and application. Sweden: Holmes i Malmo AB. ISBN 91-440-2364-2.
- Hauschild, M. Z., Rosenbaum, R. K., & Olsen, S. (2018). Life cycle assessment. Springer.
- Kočí, V. (2009): Posuzování životního cyklu – Life cycle assessment LCA. Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, 263 s.
- Miňovský, O., Krtková, E., Fott, P. (2013): National Greenhouse Gas Inventory of the Czech Republic. ČHMÚ, Praha, 327 p.
- Notarnicola, B., R. Salomone, L. Petti, P. Renzulli, R. Roma a A. Cerutti (2015). Life cycle Assessment in the Agri-food Sector: Case Studies, Methodological Issues and best Practises. Switzerland: Springer International Publishing. ISBN 978-3-319-11939-7.

Doporučené zdrojové databáze:

Organic eprints
SCOPUS
Scholar.google
WoS

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jaroslav Bernas, Ph.D.**
Katedra agroekosystémů

Datum zadání diplomové práce: **15. února 2019**
Termín odevzdání diplomové práce: **15. dubna 2020**

V Českých Budějovicích dne 11. března 2019



prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA 
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentůvák 1669, 370 06 Česká Budějovice

L.S.



doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných zemědělskou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 15. dubna 2020.

Bc. Miloslav Vaněček

autor

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu své diplomové práce Ing. Jaroslavu Bernasovi, Ph.D. za jeho osobní přístup, vstřícnost, spolupráci, cenné rady, trpělivost a veškerou pomoc při vypracování mé diplomové práce. Zároveň bych chtěl poděkovat své rodině a přítelkyni za podporu a víru ve zdárný konec.

Abstrakt

Nakládání s odpadem se stává společenským tématem. Především se jedná o omezení skládkování odpadu v rámci měnící se legislativy. Práce se zaměřila na analýzu environmentálních dopadů skládkovaného směsného komunálního odpadu ve vybrané obci pomocí metody LCA (angl. *Life Cycle Assessment*) využívající databázi Ecoinvent. Nejzásadnější vliv odpadů se projevil v dopadových kategoriích humánní toxicita a klimatické změny. Jednotlivé složky odpadu měly různý vliv v rámci dopadových kategorií. Významný podíl na dopadech měly složky: plast, jemná frakce a textilie s ostatními odpady. Pro snížení environmentálních dopadů by bylo ve vybrané obci vhodné optimalizovat systém nakládání s odpady a jejich energetické využití.

Klíčová slova: odpad, nakládání s odpady, LCA

Abstract

Waste management is becoming a social issue. Above all, it is about reducing landfill in the framework of changing legislation. The work focused on the analysis of environmental impacts of landfilled mixed municipal waste in a selected municipality using the LCA (*Life Cycle Assessment*) method using the Ecoinvent database. The most significant impact of waste was in the impact categories of human toxicity and climate change. The individual components of the waste had different impacts within the impact categories. Plastic, fine fraction and textiles with other waste had a significant share in the impacts. In order to reduce environmental impacts, it would be appropriate to optimize the waste management and energy recovery system in the selected municipality.

Keywords: waste, waste management, LCA

Obsah

Úvod.....	9
1 Literární rešerše.....	10
1.1 Environmentální zátěž odpadové hospodářství.....	10
1.1.1 Charakteristika odpadu.....	11
1.2 Možnosti nakládání s odpadem	15
1.3 Aktuální problematika odpadového hospodářství.....	18
1.3.1 Cirkulární ekonomika.....	18
1.3.2 Energetické využití odpadů.....	19
1.4 Evropská a národní legislativa.....	20
1.4.1 Evropská legislativa	21
1.4.2 Národní legislativa	21
1.4.3 Plán odpadového hospodaření	23
1.5 Metody posuzování životního cyklu	25
1.5.1 Fáze metody LCA	25
1.5.1.1 Definice cíle a rozsahu.....	26
1.5.1.2 Inventarizace	27
1.5.1.3 Hodnocení dopadů	27
1.5.1.4 Interpretace	28
1.5.2 Environmentální kategorie dopadů	29
2 Cíle práce	33
2.1 Hypotézy	33
3 Metodika	34
3.1 Charakteristika oblasti	34
3.2 Fáze první: Definice cílů a rozsahu	36
3.2.1 Hranice systému	37
3.2.2 Funkční jednotka (definovaná jednotka).....	37
3.2.3 Zdroje dat pro inventarizaci	37
3.3 Fáze druhá: Inventarizace dat	37
3.4 Fáze třetí: Hodnocení dopadů.....	38
3.5 Fáze čtvrtá: Interpretace dat	38
4 Výsledky a diskuze	39

4.1	Celková produkce komunálního odpadu	39
4.2	Environmentální aspekty SKO	43
4.3	Návrh opatření	50
5	Závěr.....	53
6	Seznam literatury.....	54
7	Zákony a vyhlášky	65
8	Seznam obrázků	67
9	Seznam tabulek	67

Úvod

Civilizace po sobě nechává zřetelnou stopu. Nejen ve změně krajiny, ve které se nachází, ale tím co po sobě zanechá. Dnes již pociťujeme, jak významné environmentální zatížení po sobě zanecháváme z naší neustálé činnosti související s produkcí odpadu. Odpad je definován takto: „Je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů k tomuto zákonu.“ Definice odpadu a problematiku odpadů nám upravuje zákon č.185/2001 Sb., o odpadech. Všechny zákony a nařízení pomáhají lidstvu najít optimální řešení. Odpadové hospodářství se v souvislosti s industriálním rozvojem společnosti stává významnou součástí jak ekonomiky, tak i ochrany životního prostředí. Pevný odpad se stal problémem globálního významu. Nepřetržité vyčerpávání přírodních omezených zdrojů vede svět do pochybné budoucnosti.

Zejména je nutno snižovat množství odpadu ukládaného na skládky. Zvyšovat podíl dalšího využití a postupovat tak, aby se v horizontu budoucích let zcela odstranilo skládkování nejen využitelných druhů odpadu, ale směšného komunálního odpadu vůbec. Pojmy jako jsou separace a recyklace už jsou všeobecně známé. Objevují se nám ale nové např. TAP, ZEVO nebo cirkulární ekonomika. Ty teprve budou muset vstoupit do povědomí. Touto problematikou se zabývá odpadové hospodářství. To je považováno za oblast mladou, avšak velmi rychle se rozvíjející.

Je zjevné, že lidstvo musí vždy projít určitým vývojem, který obnáší jak pozitivní tak negativní zjištění. Výsledkem je tvorba systematických řešení a vznik odpovídající legislativy. Plnění těchto vizí a právních norem s sebou ovšem nese mnoho negativ. Nutná je technická vyspělost, ale především vyspělost samotné společnosti. Přejít k udržitelnější společnosti vyžaduje větší sofistikovanost pro nakládání s odpady. Globální pohled na environmentální dopady lidské činnosti přináší například metoda posuzování životního cyklu (*Life Cycle Assessment – LCA*). Zohledňuje dopad na životní prostředí od stádia získání zdroje, výrobu polotovarů ke konečnému produktu až po fázi jeho odstranění.

1 Literární rešerše

1.1 Environmentální zátěž odpadové hospodářství

Přírodní ekologický systém s uzavřeným harmonickým koloběhem látek mezi producenty a konzumenty je hospodářsky stabilní systém. Při produkčním postupu ale vznikají látkové i energetické odpady. Při plném materiálním využití látek dochází ke ztrátám. Odpady se v uzavřeném systému vrací do životního prostředí, které zatěžují (Kolář a Kužel, 2000). Do popředí pozornosti společnosti se v posledních letech více a více dostává problematika environmentální zátěže ve vztahu ke stavu životního prostředí. Lze hovořit o celosvětovém trendu, jenž ovlivňuje nejen jednotlivé státy a společenství, ale také nevládní organizace (Remtová, 2006). Politiku směřující k ochraně životního prostředí lze chápat jako starost o záležitost jasně definovaného oboru. Jedná se o dlouhodobé, systematické a koncepční působení, jenž k dosažení stanovených cílů a závazků používá primárních nástrojů a principů (Ritschelová, 2006). Zásadním principem politiky životního prostředí v rámci Evropské unie je trvale udržitelný rozvoj. Tento princip spojuje udržitelnost na několika úrovních: ekonomické, sociální i environmentální (MŽP, 2004).

V současnosti je nejvýznamnějším problémem odpadového hospodářství České republiky nakládání s komunálními odpady. Původci komunálního odpadu (KO) jsou především domácnosti, dále zřízení občanské vybavenosti, úřady, rekreační objekty, údržba městské zeleně, ulic apod. (Voštová a kol., 2009). Hlavními cíli odpadového hospodářství jsou předcházení a omezování vzniku odpadu. Pokud už odpady vzniknou, pak se jedná o nakládání s nimi, aby byly maximálně zužitkovány jako druhotná surovina a snížil se jejich dopad na životní prostředí (Kolář a Kužel, 2000). Odpad v minulosti končil především na skládkách. Skládky jsou velkým potenciálním znečišťovatelem životního prostředí. Současná legislativa striktně určuje, jak má technicky vypadat takový provoz, aby se předcházelo poškození životního prostředí. Značnou ekologickou zátěží jsou staré nebo černé skládky, jelikož zde docházelo k nevhodnému nakládání s odpady, především nebezpečnými látkami. Odpady byly ukládány do lokalit, aniž byl předem proveden průzkum potvrzující dostatečnou bariéru migrace škodlivin do prostředí. Jedná se zde o znečištění zemědělského půdního fondu a kontaminace povrchových a spodních vod (Geus, 2018). Možným důvodem znečištění životního prostředí

ze strany skládkování může být požár. Ročně dochází k více než jednomu tisíci požárů skládek odpadů. V roce 2018 to konkrétně bylo 537 požárů zajištěných skládek a 710 požárů černých skládek. Nejvýznamnější příčinou je neprokázané zavinění tvořící skoro až 50 % případů, následující nedbalostí. Z pohledu životního prostředí hraje významnou roli typ zplodin hoření. Vše je dále ovlivňováno směrem šíření zplodin s ohledem na vývoj počasí (Kislinger a Pecl, 2019). Při spalování odpadu nebo zahoření skládky dochází ke vzniku emisí polychlorovaných dibenzo-p-doixinů a dibenzofuranů (PCDD/F), jedná se o persistentní látky s nepříznivými vlastnostmi na člověka a životní prostředí. Jde především o bioakumulaci, karcinogenost, teratogenost, mutagenost a dálkový transport (Šyc, 2019). Důležité je rovněž množství použité hasební vody, s možným odtokem do kanalizace nebo vodních zdrojů. To může být příčinou následných úhynů vodních živočichů. Hasební voda vykazuje následně vysoké pH. Její škodlivost dokazují testy akutní toxicity provedené na perloočce velké (*Daphnia magna*), kdy došlo k její vysoké imobilizaci. Dále voda obsahuje těkavé látky, jako jsou benzen, toluen, xylen, formaldehyd a polycyklické aromatické uhlovodíky (Hybská a kol., 2019). Skládkování je také zdrojem metanu, který patří mezi skleníkové plyny s mnohonásobně (26x) větším potencionálem vlivu než oxid uhličitý. Jeho emise se započítávají do celkových emisí po vynásobení koeficientem potencionálu globálního oteplování. V roce 2016 činily emise ze skládek 3,4 milionu tun CO₂ ekvivalentu (Hájek 2019).

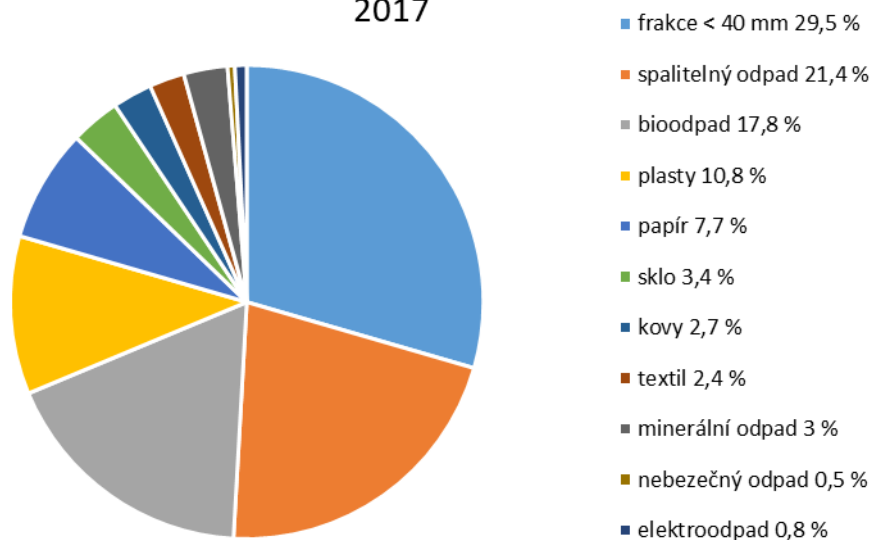
Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb. v § 16 jasně stanovuje povinnosti původce odpadů. Původce je povinen třídit odpad do kategorií určených vyhláškou. Zajistit přednostní využití jiným způsobem než skládkováním. Jak nakládat s nebezpečnými odpady stanovuje specifitější legislativa. Původce je povinen platit poplatky za ukládání odpadů na skládky daným způsobem a apod. Vše je konkrétně stanoveno souvisejícími vyhláškami.

1.1.1 Charakteristika odpadu

Kvantita a pomyslná kvalita komunálního odpadu se proměňuje s vývojem a intenzitou mnoha faktorů vycházejících z právního, ekonomického, technického pokroku či oblasti sociální (Komunální odpad, 2019). Základní charakteristikou je celkové množství odpadu (v jednotkách hmotnosti nebo objemu za jednotku času: t/rok, m³ /rok) a měrné množství odpadu (v jednotkách hmotnosti nebo objemu

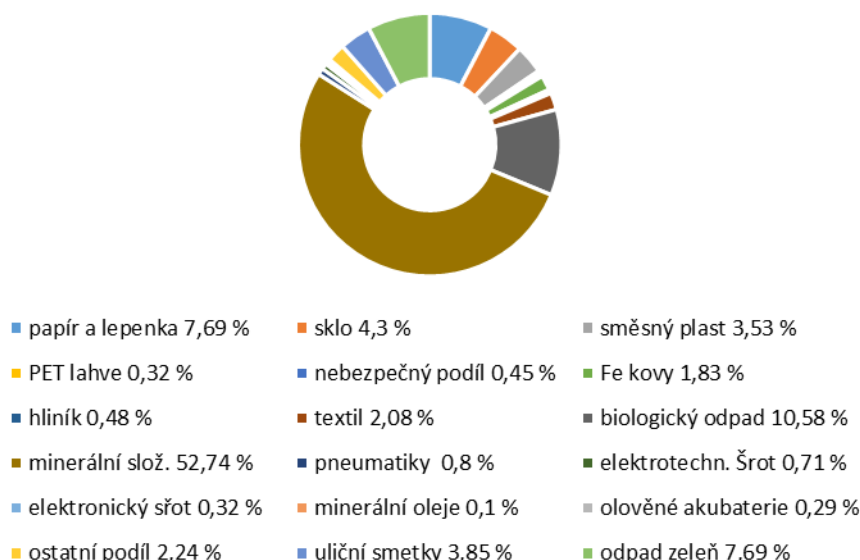
na obyvatele nebo jednotku produkce: kg/ob./týden, kg/t výrobku) (Filip a kol, 2003). Z hlediska obcí jsou hlavní problematikou směsné komunální odpady, tvořící až 70 % odpadů vznikajících z celkové produkce odpadu obcí. V roce 2017 představovala produkce komunálního odpadu 3,6 milionů 10^3 kg, což je cca 370,2 kg/ob./rok (CZSO, 2019). Složení domovního odpadu se během let značně odlišuje, zásadní je ale členění, což dokládají obrázky níže. Číslo jedna je z roku 2017 a číslo dvě je z roku 1997.

Skladba směsného komunálního odpadu v ČR v roce 2017



Obrázek č. 1: Skladba směsného komunálního odpadu v ČR v roce 2017 (EKO-KOM, 2017)

Skladba směsného komunálního odpadu v ČR v roce 1997



Obrázek č. 2: Skladba směsného komunálního odpadu v ČR (Groda, 1997)

Znalost skladby směsného komunálního odpadu je podstatná pro určení efektivity separace využitelných složek a jejich potenciálu. Podává také informace o jejich vlastnostech. Dále je důležité vědět o skladbě a množství. Základní je celkové množství odpadu v hmotnostních jednotkách nebo za jednotku času t/rok nebo m³/rok). Skladbu odpadu můžeme popisovat zrnitostí frakcí nebo materiální skupinou tuhého odpadu, skládající se z částic stejného látkového složení a fyzikálně-chemické vlastnosti. Mezi fyzikálně chemické vlastnosti zjišťované u komunálního odpadu jsou (Filip a kol., 2003):

- objemová hmotnost (hustota) [kg/m³]
- vlhkost [% hmotnostní] – porovnání hmotnosti odebraného vzorku v přirozeném stavu a po vysušení při 105°C,
- obsah spalitelných látek [% hmotnostní] – hmotnost, o níž se sníží hmotnost jednotky sušiny odpadu při spálení za daných podmínek,
- spalné teplo [MJ/kg nebo MJ/m³],
- výhřevnost [MJ/kg nebo MJ/m³],
- obsah C, N, P, H, poměr C:N a obsah vybraných prvků se zaměřením na toxické.

Prováděné rozbory se týkají pouze odpadů pramenících z odpadu domácností a subjektů využívajících systém obce. Výzkum složení směsného komunálního

odpadu jako celku se v rámci ČR praktikuje často. Větší samosprávy neprovádí analýzu složení směsného komunálního odpadu, lze tedy říct, že nemohou adekvátně nastavit systém separace odpadu (Študent, 2018a). K analýze kvality a kvantity domovního odpadu se v ČR praktikuje metodika vzniklá v rámci projektu MŽP VaV/720/2/00 „Intenzifikace sběru, dopravy a třídění komunálního odpadu“. Společnost EKO-KOM, a. s. (dále jen EKO-KOM) provádí rozbor dle této metodiky v různých typech zástavby čtyřikrát ročně (EKO-KOM, 2017). Možnost složení domovního odpadu je ovlivněna mnoha faktory. Roli zde hraje skladba obyvatel, typ zástavby, velikost sídla či způsob vytápění (Filip a kol., 2003). Komunální odpad má různorodé složení během roku. Rozdíly jsou v odpadu z měst a vesnic, středů měst a jejich periferií (Hamšík, 2018). Analýza provedená ve 20 městech po celém světě uvádí složení odpadu následovně. Podíl papíru byl v rozmezí 3–10 %, Nizozemsko a USA dokonce dosahovali průměru 27 %. Obsah skla a kovů byl relativně nízký v rozmezí 0–4 %, v Bulharsku byl o mnoho vyšší (15 % sklo a 10 % kov). Podíl plastů byl dosti rozdílný, dvě města uváděla méně než 5 %, 10 měst bylo v rozmezí 5–10 % a osm mezi 11 a 17 %. Nejvyšší čísla vykazoval Rotterdam (17 %), avšak údaje za Curepipe, Mauricius (16 %), Quezon City, Filipíny (16 %) a Nairobi v Keni (12 %) byla nečekaně vyšší než pro USA. Organické odpady obecně odpovídaly očekávání, přičemž pět měst v Evropě, Severní Americe a Austrálii hlásilo 24–34 % (průměr 28 %) a 13 z 15 „jižních“ zemí bylo v rozmezí 48–81 % (průměr 67 %). To odráží jak nižší spotřebu sezónního čerstvého ovoce a zeleniny, tak vyšší množství obalů a jiných spotřebních výrobků, které v zemích s vysokými příjmy končí v odpadu (Wilson a kol., 2012). Analýza odpadu dodávaného do spalovny Lidköping (střední Švédsko) ukázala, že 66,4% domácího odpadu bylo složeno z biopaliv. Dále bylo 21,3% neobnovitelných paliv, z nichž 40,3% tvořilo recyklovatelná část. Kromě toho bylo 11,6% domovního odpadu nehořlavé a 0,6% nebezpečného odpadu (Petersen a kol., 2005). Biologicky rozložitelný odpad se liší v rodinných domech a v bytových domech. Rodinné domy mají sezónní vývoj produkce s vrcholem v podzimním období. Je možné to přičíst odpadu ze zahrad a sklizní úrody. V případě bytových domů je množství odpadu během roku srovnatelné. Nejvýznamnějším rozdílem rodinných domů je produkce odpadu nevhodného pro kompostování především živočišného původu (Stejskal a Maslová, 2018). Obsah bioodpadu značně kolísá v závislosti na typu zástavby v rozsahu 45-72 %. Obsah těžkých kovů rovněž silně kolísá a to nejen podle typu zástavby, ale i v jednotlivých frakcích (Benešová, 2009).

V posledních letech velmi stoupla obliba nápojů v plechovkách, především piva. Podle informací z Global Data se v ČR v roce 2018 prodalo 287,7 mil. litrů nápojů v plechovkách (Langhans, 2019).

1.2 Možnosti nakládání s odpadem

S odpadem je možno nakládat různými způsoby. Nejvhodnější je samozřejmě předcházení jeho vzniku omezením u výrobce a spotřebitelů. Aby se zabránilo dalšímu vyčerpávání přírodních zdrojů, byla by žádoucí udržitelná spotřeba. Jedním z východisek těchto obav je koncept nulového odpadu, pocházejícího z anglického „zero waste“. Nulový odpad je náležitým řešením pro minimalizaci rostoucího kvanta odpadu (Song a kol. 2015). Část výrobků v oběhu podléhá povinnosti zpětnému odběru od jejich prodejců. Rozumí se tím odebrání použitého výrobku od zákazníků z důvodu využití či odstranění (Zapletalová a Šepel'ová, 2018).

Dalším krokem je využití odpadů. Jednak materiálové využití, což je recyklace, kompostování a přepracování (Groda, 1997). Pro další možnosti zpracování je zásadní sběr odpadu. Informovanost o průměrných i extrémních hodnotách komunálního odpadu v časovém průběhu je velmi důležité pro navržení vhodného zařízení na odstraňování či využívání odpadů. Obdobně podstatné je to i pro provozní zařízení a optimalizaci svozu odpadu (Voštová a kol., 2009). Pro separaci směsného odpadu, jenž skýtá potenciál látkového využití, jsou dvě metody u nás uplatňované. Prvním je přinášecí systém, který je používán ve většině českých měst. Jedná se o shromažďování separovaného odpadu v síti úložných objemných nádob o objemu 120, 240, 1100 litrů a větším, na území města (Groda, 1997). Dle výročního shrnutí společnosti EKO-KOM za rok 2018 je průměrná docházková vzdálenost k objemovým sběrným nádobám 91 metrů. Sběrná místa se situují tak, aby byla snadno přístupná občanům, svozovým vozům a aby při manipulaci se sběrnými nádobami nebylo rušeno okolí. Donáškový systém počítá se sběrným dvorem jako doplňkovým stupněm (Voštová a kol., 2009). Druhou variantou je odvozný systém „Sběr ode dveří ke dveřím“, dnes znám pod názvem „Door to door“. Sběrné nádoby na třídění o objemu 120 litrů nebo 240 litrů jsou rozmístěny u jednotlivých nemovitostí. Systém separace door to door vykazuje vyšší efektivitu ve svozu odpadu. Za stejný časový úsek lze tímto způsobem svézt větší množství odpadu než z jednotlivých kontejnerů. Nádoby jsou také lépe naplněny, PET láhve sešlápnuté a krabice rozřezané (Hlavenka, 2018). Možností je i pytlový systém, s tím

také může souviset zavádění systému PAYT („Pay as you throw“ - „Zaplatíš, kolik vyhodíš“). Systém spočívá ve využívání moderních technologií pro určení produkce odpadu jednotlivých domácností a jiných producentů (Šťastná, 2017). Podmínkou úspěšné recyklace je možnost separace na většinu druhů odpadu, tedy biologicky rozložitelný odpad, papír, plast, nápojové kartony, sklo, kovy, textil. V mnoha zemích západní Evropy je tento sběr separovaného odpadu standardem (Groda, 1997). Kovový odpad vždy bude i při velmi efektivním třídění vždy obsažen ve směsném odpadu, jelikož je součástí určitého produktu (Baloch a Šyc, 2019). Při zavedení kvalitního systému separace je možné přikročit ke snížení frekvence svozu nádob na směsný odpad. To může motivovat, či spíše řečeno donutit, obyvatele k lepšímu třídění odpadu, efekt se může projevit ve zvýšení vytríděného odpadu (papír, plast, sklo) zhruba o 30 % na jednoho obyvatele (Tulis, 2018). Možností snížení množství smíšeného odpadu jsou motivační systémy či slevy pro občany. Většina samospráv k těmto krokům ovšem nepřistupuje (Študent, 2018).

Recyklace je jeden druh procesu regenerace materiálu, který šetří surovinové zdroje a energie. Současně však minimalizuje škodlivé emise do ovzduší, vody, půdy a rovněž dopady na lidské zdraví. Přepřacování spočívá v omezení nebezpečných vlastností odpadů, objemů či komplexní povahy. K těmto účelům se používají chemické, fyzikální a biologické metody (Groda, 1997). Možnost několikanásobného použití papírového vlákna dělá z papíru velmi výhodnou komoditu. Na zpracování papíru jsou v Evropě dostatečné kapacity (Mareš, 2019). Česká republika ovšem nemá dostatečné kapacity na jeho zpracování a většina je vyvážena do zahraničí, kde jsou velké papírny. Jednak v rámci EU ale i do Číny. Do Číny směřovala většina přebytků, které evropský trh nebyl schopen využít. Tam ovšem v rámci ochrany vlastního trhu zavedla Čína licence na dovoz a omezila tak import o 37,5 % (Sovová, 2019). Podle odhadů se recyklace kovových obalů týká 25 až 35 % z nich, což představuje asi 3150 tun kovů. Zájem o nápoje v plechovkách ovšem plně nereflktuje systém jejich separace. Poměr sběrných šedých nádob a žlutých na plast je 1:25. Vzhledem k náročnosti výroby surového hliníku by se jednalo o velkou úsporu zdrojů i energií (Langhans, 2019). Biologicky rozložitelný odpad je možné zpracovat dvěma základními způsoby a jedním méně rozvinutým. První je zpracování na kompostárně za vzniku kvalitního kompostu jako zdroje organické hmoty s vysokým obsahem živin. Druhou možností je zpracování v bioplynové stanici v anaerobním procesu za vzniku bioplynu a digestátu. Poslední zmiňovanou

možností je termické zpracování pyrolýzou, kde je výstupek pyrolýzní plyn a biouhel (Hejátková, 2018). Na systém recyklace by měl být kladen důraz ve smyslu cirkulární ekonomiky od vzniku odpadu až po jeho opětovný vstup na trh. Je třeba nastavit priority a dodržovat hierarchii nakládání s odpady (Študent, 2018).

Dalším variantou je spalování odpadu. Účelem spalovny je pouhé odstranění odpadu, na rozdíl od zařízení pro energetické využití odpadu (ZEVO). Zařízení na ekologické využití odpadu není spalovna. Energetické využití skýtá velký potenciál zužitkování odpadu. Jak už z názvu vyplývá, účelem zařízení ZEVO je z odpadu získat teplo a elektrickou energii (ČEZ, 2019). Legislativa již v současnosti ukládá povinnost zákazu skládkování všeho, co má svoji výhřevnost vyšší než 6,5 KJ/kg sušiny (Mareš, 2019).

Poslední možností je zneškodňování odpadů ekologicky únosnou a ekonomicky výhodnou variantou, uložením odpadu na skládku. Česká republika navzdory tomu, že je úspěšná v separaci základních druhů odpadů, zaostává v technologiích a kapacitách zařízení na recyklaci odpadu. Díky tomu, že odpad nenajde na trhu zpracovatele, je skládkován. Je to velké plýtvání důvěrou občanů v systém třídění, jejich silami a především materiály a zdroji, které ubývají (Mareš, 2019). Lze rozlišit dobu uložení ve vztahu k možnosti využití odpadu v budoucnosti, než bude vyvinuta a zavedena technologie zneškodnění a přepracování. Z časového hlediska se dělí ukládání na dočasné, dlouhodobé a trvalé. Moderní skládka odpadu je stavbou technického rázu vybavená bariérou mezi odpadem na jedné straně a půdou a podzemní vodou na straně druhé. Je dodržována zásada více bariérového principu, kontroly stavu a opravitelnosti stavby (Groda, 1997). Drcení odpadu před skládkováním slouží k jeho lepšímu zhutnění a snížení objemu na skládce. Má to tedy ekonomický efekt pro provozovatele skládek. Univerzálním drtičem odpadů jsou dvouhřídelové hydraulicky jištěné drtiče, lze je využít i pro drcení pneumatik a šrotu. Rozdrcený odpad je možné potom třídit v bubnové třídícíce nebo na hvězdicovém rotačním poli. Tato zařízení mohou být mobilní i stacionární a jsou schopna zpracovat stovky tun za hodinu (Hamšík 2018).

1.3 Aktuální problematika odpadového hospodářství

1.3.1 Cirkulární ekonomika

Oběhové hospodářství se stalo jedním ze zásadních konceptů řady států EU. V roce 2019 již 14 členských zemí EU mělo zpracované strategie k oběhovému hospodářství. Česká republika doposud nevydala vlastní strategický dokument, ačkoli je zavázána k plnění závazků vůči EU. Ministerstvo životního prostředí započalo v roce 2018 s přípravou Strategického rámce oběhového hospodářství České republiky 2040. Cirkulární ekonomika je způsob, jak udržet zdroje co nejdéle v oběhu s jejich vysokou kvalitou. Jde také o obnovitelné zdroje energií, zachování biologické rozmanitosti a sociální otázky. Lze jí tedy chápat jako opětovné využití odpadů ve výrobě. Nutností je nastavení priorit dodržování hierarchie nakládání s odpady (Maršák, 2019). Do systému cirkulární ekonomiky je nutné zainteresovat všechny subjekty, včetně státu, jenž by ho měl podpořit například tzv. zelenými zakázkami, podporou využití materiálů z odpadu a recyklátu (Mareš, 2019). Inspiraci pro podporu cirkulární ekonomiky je možné hledat v zahraničí velmi snadno. Posloužit může například Nizozemsko s projekty dobrovolných dohod pod názvem Green Deals (zelené dohody). Koncept spočívá v dohodě mezi veřejným sektorem a vládními institucemi, které poté spolupracují na tvorbě inovativních projektů a nápadů, jenž nebyly doposud z technologických či legislativních důvodů realizovány. Kompenzuje se tím nedostatek mezioborových znalostí a křížení legislativních předpisů. Je možné požádat o výjimku k testování pilotních projektů, jenž by nebyly za stávajících podmínek možné realizovat. Aktem schválení výjimky vzniká Green Deal (Vovesný, 2018).

Podpora předcházení vzniku odpadů může být podporován na krajské úrovni. Příkladem je Liberecký kraj, který to činí prostřednictvím dotačního programu „Podpora předcházení vzniku odpadů, jejich opětovnému použití a podpora sběru a využití bioodpadu“. Smyslem je podpora: re-use center v obcích, opravárenské činnosti, pořízení domácích kompostérů a elektrických kompostérů na gastro odpady, koupě štěpkovačů a drtičů na dřevo (Miklasová, 2018). Olomoucký kraj se snaží vytvářet podmínky pro předcházení vzniku odpadu a kvalitní nakládání s ním. Je zakládajícím členem akciové společnosti, která má za cíl výstavbu překládacích stanic. Jejimi akcionáři jsou i města a obce ze zmiňovaného kraje. Překládací stanice mají být mezičlánkem, aby odpad po svezení z obcí nekončil přímo na skládkách

odpadu. Odpad by zde měl být dotříděn a následně předán následným odběratelům (Veselský, 2018). Pilotním projektem cirkulárních kaváren se zabírala společnost Pražské služby a. s., Městská část Praha 7 a pět kaváren na jejím území. Společně vytvořili deset oblastí, na které se provozy zaměří s cílem dosažení cirkulární ekonomiky (Kebová, 2018).

Druhotné suroviny jsou zásadním aspektem pro fungující cirkulární ekonomiku. Tento proces je ovšem závislý na výrobních společnostech, které jsou samy producenty velkého množství odpadu. Automobilový průmysl je odvětví, kde lze hledat kapacity na opětovné použití plastů. Ve stavebnictví lze s úspěchem použít cihelnou, betonovou a živcovou suť či výkopovou zeminu jako stavební materiál pro terénní úpravy. Recyklace PET materiálu nabízí využití v oděvním průmyslu, automobilových dílech či dětských plenách. Uliční smetky lze oddělit na jemné frakce (písek, štěrk, kámen), jež lze použít jako zásypový materiál. Větší části se dají roztřídit na kompost, palivo nebo recyklát (Kraft, 2018). Čistírenské kaly většinou končí na kompostárnách či zemědělské půdě, což ve vztahu k obsahu škodlivin není vhodné řešení. Kal lze v bioplynových stanicích termickou hydrolýzou energeticky využít a snížit organický podíl. Správným uspořádáním procesů lze zajistit i hygienizaci kalů. Kaly jsou také významným zdrojem fosforu (Kos, 2019). Zásadním krokem k cirkulární ekonomice ve stavebnictví může být český patent na výrobu betonu až ze 100 % recyklované stavební suti. Materiál má srovnatelné vlastnosti jako beton. Díky nano-příměsí se používá stavební suť místo přírodního kameniva (Ekolist.cz, 2019).

1.3.2 Energetické využití odpadů

O odpadu se dá také hovořit jako o zboží, na kterém lze uplatnit zákony trhu při jeho výrobě, distribuci a prodeji. Evropská unie je zasažena zákazem dovozu plastů a papíru do Číny. Méně hodnotné či znečištěné suroviny jsou vhodné pro výrobu tuhých alternativních paliv (TAP). Tato komodita sebou nese náklady na dotřídění a zpracování. Lze jí zatím využívat jako palivo pro teplárny či cementárny. Potencionál využití skýtají zařízení pro energetické využití odpadu. Nízký skládkovací poplatek nepodporuje nárůst využívání směsného odpadu tímto způsobem (Čáp, 2018). Využití odpadů jako zdroj energie je stále častěji diskutovaným tématem. Celkový počet zařízení na energetické využití odpadů v Evropě roste. V roce 2017 jich bylo v provozu celkem 492 s celkovou kapacitou 96

mil. tun odpadu. Množství zařízení i jejich kapacity má vzestupný trend (CEWEP, 2019). Koncentrované zpracování odpadu v menším počtu velkých spaloven v kombinaci se zvýšeným stupněm třídění by mohlo docílit snížení skládkování i emise oxidu uhličitého (Nakamura a Kondo, 2002). Velmi nízký vliv provozu ZEVO na emise dokládají měření v okolí ZEVO Chotíkov, hodnoty naměřené PCDD/F byly srovnatelné s nezatíženými regiony (Šyc, 2019). Systémy na čištění spalin zajišťují, že do ovzduší se dostává srovnatelné množství emisí jako při používání zemního plynu (Mareš, 2019). Skoro polovina zařízení ZEVO v Evropě konkrétně 40 % používá mokrou metodu čištění zplodin, část pak využívá polosuchou metodu a zbytek suchou (Korotenko a kol., 2019). V současné době jsou v ČR v provozu čtyři ZEVO (Praha Malešice, SAKO Brno, Termizo Liberec a ZEVO Chotíkov u Plzně). Tato zařízení jsou schopna energeticky zužitkovat až 777 tisíc tun odpadu (Mareš, 2019). Produkce z těchto zařízení pokryje roční spotřebu zhruba 40 tisíc domácností. Svým provozem tedy šetří produkci tepla a elektrické energie z jiných zdrojů (Šyc, 2019).

Výstupem ze zařízení pro energetické využití odpadů (ZEVO) je škvára s popílkem a zbytek z čištění spalin (APCr). Průměrné množství škváry je 200 – 250 kg z tuny energeticky využitého odpadu. Škvára může být zdrojem kovů a solí, lze je získat pomocí magnetické separace. Další možností je separace na bázi vířivého proudu, který je efektivní především pro získ barevných kovů. Zásadní vliv na efektivitu separace má vlhkost škváry a rychlost jejího zpracování (Baloch a Šyc, 2019). V Evropě je odhadována produkce popílku a čištění spalin v množství 2 milionů tun. Pro získání kovů a solí z popílku se používá hydrometalurgické metody. V současné době existují dvě takové technologie, FLUWA/FLUREC a RENOVA, která je ve stádiu pilotního projektu. Pomocí využití těchto technologií se popílek a zplodiny stávají zdrojem zinku, olova, mědi, kadmia a směsí chloridů. Použití škváry jako zdroj kovů pro stavební průmysl je ve vyspělých zemích standardem (Korotenko a kol., 2019)

1.4 Evropská a národní legislativa

S problematikou odpadového hospodářství souvisí celá řada různých legislativních předpisů od zákonů, vyhlášek či nařízení. Právní úprava odpadového hospodářství je v současnosti poměrně komplikovaná a nepřehledná, a to zejména

důsledkem časté novelizace zákona o odpadech a prováděcích právních předpisů v reakci na změny práva EU v oblasti životního prostředí (Chudárek, 2014).

1.4.1 Evropská legislativa

Veškeré právní předpisy ČR musí od jejího vstupu do Evropské unie v roce 2004 reflektovat její právní předpisy, oblasti odpadového hospodářství nevyjímaje. Za vznik EU je považován podpis Maastrichtské smlouvy v roce 1992, čímž bylo navázáno na řadu dřívějších evropských organizací. Orgány Evropské unie vydávají 3 typy právních předpisů:

- Směrnice - závazné, formu převzetí do právního řádu si každý stát volí sám.
- Nařízení - obecně závazná pro všechny státy EU a nelze je převést do vlastních zákonů.
- Rozhodnutí - závazná stejně jako nařízení ale pouze pro toho, komu jsou určena jmenovitě, nepřebírají se do národních předpisů (KURAŠ, 2014).

Tabulka č. 1: Nejdůležitější evropské předpisy pro nakládání s odpady

Označení	Název předpisu
Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/852	O obalech a obalových odpadech
Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/850	O skládkách odpadů
Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/76/ES	O spalování odpadů
Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/851	O odpadech
Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 2150/2002	O statistice odpadů
Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006	O registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek - REACH

1.4.2 Národní legislativa

Záležitosti odpadů v ČR upravuje zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, v platném znění. Tento zákon zapracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje pravidla pro předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, ochrany lidského zdraví a trvale udržitelného rozvoje a při omezování nepříznivých dopadů využívání přírodních zdrojů a zlepšování účinnosti tohoto využívání, práva a povinnosti osob

v odpadovém hospodářství a působnost orgánů veřejné správy v odpadovém hospodářství (Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech). Dalším je zákon č. 477/2001 Sb., o obalech, který má za účel chránit životní prostředí předcházením vzniku odpadů z obalů, a to zejména snižováním hmotnosti, objemu a škodlivosti obalů a chemických látek v těchto obalech obsažených v souladu s právem Evropské unie (Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech). Se zákony o odpadech souvisí i další právní předpisy, nařízení a vyhlášky (MŽP, 2020).

- **93/2016 Sb.**, Vyhláška o Katalogu odpadů.
- **94/2016 Sb.**, Vyhláška o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů.
- **116/2002 Sb.**, Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu o způsobu označování vratných zálohovaných obalů.
- **170/2010 Sb.**, Vyhláška o bateriích a akumulátorech.
- **237/2002 Sb.**, Vyhláška Ministerstva životního prostředí o podrobnostech způsobu provedení zpětného odběru některých výrobků.
- **248/2015 Sb.**, Vyhláška o podrobnostech provádění zpětného odběru pneumatik.
- **294/2005 Sb.**, Vyhláška o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.
- **321/2014 Sb.**, Vyhláška o rozsahu a způsobu zajištění odděleného soustředování složek komunálních odpadů.
- **341/2008 Sb.**, Vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady.
- **352/2005 Sb.**, Vyhláška o nakládání s elektrozařízeními a elektroodpady.
- **352/2008 Sb.**, Vyhláška o podrobnostech nakládání s autovraky.
- **352/2014 Sb.**, Nařízení vlády o Plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015-2024.
- **374/2008 Sb.**, Vyhláška o přepravě odpadů a o změně vyhlášky č. 381/2001 Sb..
- **383/2001 Sb.**, Vyhláška o podrobnostech nakládání s odpady.
- **384/2001 Sb.**, Vyhláška o nakládání s PCB.

- **437/2016 Sb.**, Vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady.
- **641/2004 Sb.**, Vyhláška o rozsahu a způsobu vedení evidence obalů a ohlašování údajů z této evidence.

V současné době je velmi diskutovaným tématem novela zákonů spojených s odpadovým hospodářstvím. Vláda v prosinci roku 2019 schválila soubor nové odpadové legislativy čítající nový zákon o odpadech, o vybraných výrobcích s ukončenou životností, novelu zákona o obalech a tzv. změnový zákon. Cílem nové legislativy je především zvýšení třídění a recyklace odpadů, odklon od skládkování a s tím související plnění povinných evropských cílů. Podle nich již v roce 2025, tzn. za necelých 6 let, musí Česká republika recyklovat veškerý svůj komunální odpad z 55 %. Dnes se jí to daří pouze z 39 % vyprodukovaného komunálního odpadu. V roce 2030 musí být v ČR recyklováno 60 % komunálního odpadu, za dalších 5 let ještě o 5 % více. Mezi hlavní změny obsažené v nových zákonech patří postupné zvyšování poplatku za ukládání odpadů na skládky, zavedení třídící slevy z tohoto poplatku pro obce, zákaz skládkování využitelných odpadů od roku 2030 a uzákonění tzv. systému PAYT. Postupný růst poplatku za ukládání smíšeného komunálního odpadu na skládky ze současných 500 korun až na 1850 korun v roce 2030 a zákaz skládkování využitelných odpadů v roce 2030. Zákaz skládkování určitých druhů odpadů se po dohodě se Svazem měst a obcí ČR i Hospodářskou komorou ČR posouvá z roku 2024 na rok 2030. Už od roku 2019 funguje celoroční sběr biologicky rozložitelných odpadů. Od počátku roku 2020 bude možné odevzdávat i kuchyňské oleje. Nový odpadový zákon zavádí od roku 2025 povinnost odděleného sběru textilu (Tiskové oddělení MŽP, 2020).

1.4.3 Plán odpadového hospodaření

Plán odpadového hospodářství je nástroj pro řízení odpadového hospodářství a pro realizaci dlouhodobé strategie odpadového hospodářství. Je zpracováván na několika úrovních na období deseti let. Povinnost jeho zpracování vychází z platné legislativy.

Česká republika

Plán odpadového hospodářství České republiky (POH ČR) je nástroj pro řízení odpadového hospodářství ČR a pro realizaci dlouhodobé strategie odpadového hospodářství. Povinnost ČR zpracovat plán nakládání s odpady je stanovena ve Směrnici Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES o odpadech. Plán představuje klíčový dokument pro realizaci dlouhodobé strategie nakládání s odpady, obalovými odpady a výrobky s ukončenou životností. Hlavními cíli strategie je jednoznačně předcházení vzniku odpadů a zvýšení recyklace a materiálového využití odpadů. Navržená strategie vede ČR k jednoznačnému odklonu odpadů ze skládek skrze předcházení odpadů, zvýšení recyklace a materiálového využití odpadů. POH ČR je určujícím dokumentem pro tvorbu plánů odpadového hospodářství jednotlivých krajů (Plán odpadového hospodářství ČR, 2014).

Jihočeský kraj

Plán odpadového hospodářství Jihočeského kraje (POH JČK) stanoví v souladu s principy udržitelného rozvoje cíle, zásady a opatření pro nakládání s odpady na území Jihočeského kraje. POH JČK je určujícím dokumentem pro vypracování plánů odpadového hospodářství měst a obcí na území Jihočeského kraje (Plán odpadového hospodářství Jihočeského kraje, 2015).

Město Vodňany

Hlavním cílem Plánu odpadového hospodářství Města Vodňany je zajistit efektivní hospodaření s odpady na území města a to účinnou prevencí, výchovou, osvětou i konkrétními technickoadministrativními kroky, a tím zlepšit kvalitu životního prostředí pro všechny obyvatele města Vodňany. Dokument obsahuje 31 dílčích cílů a návrhů opatření pro zlepšení odpadového hospodářství. Pro organizační zabezpečení řízení odpadového hospodářství města jsou v současné době v platnosti níže uvedené vnitřní dokumenty, které se týkají odpadového hospodářství (Plán odpadového hospodářství Města Vodňany, 2016).

- Obecně závazná vyhláška č. 2/2015 o systému shromažďování, sběru, přepravy, třídění, využívání a odstraňování komunálních odpadů vznikajících na území města Vodňan, včetně systému nakládání se stavebním odpadem.

- Obecně závazná vyhláška č.4/2015, o místním poplatku za provoz systému shromažďování, sběru, přepravy, třídění, využívání a odstraňování komunálních odpadů.

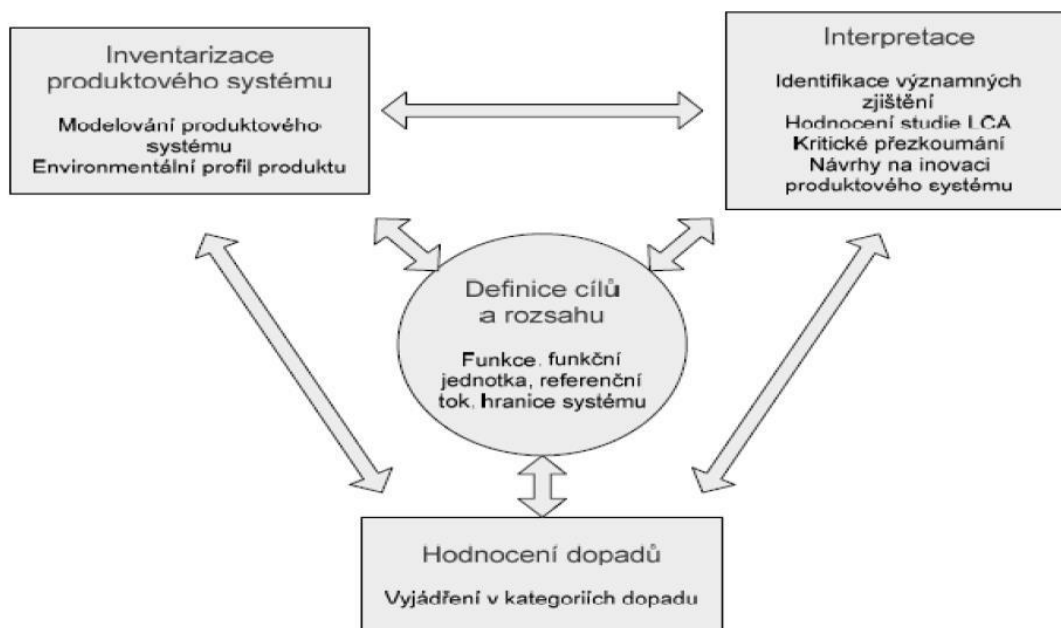
1.5 Metody posuzování životního cyklu

Nejperspektivnějším systémem s komplexním přístupem k posouzení životního cyklu produktu ve vztahu k jeho environmentálním dopadům nabízí metoda LCA (angl. *Life Cycle Assessment*) (Kim a Dale, 2005). Jedná se o analytickou metodu posuzující environmentální dopady související s životním cyklem daného produktu, služby či technologie (Kočí 2009). Metoda je mezinárodně certifikována (ISO 14040 a 14044) a poměrně široce rozšířena. Různé metodologie nabízejí možnost přesně určit příspěvek daného produktu nebo složky k mnoha environmentálním problémům. Tato metoda má potencionálně rozsáhlé využití na mnoha úrovních managementu. Základním smyslem použití je snížení dopadů samotného výrobku a zvýšení efektivity výroby. Stěžejní využití lze spatřovat při úpravě produktu (materiálu, tvaru atd.) za účelem snížení vlivu na životní prostředí. Tuto metodu lze i využít k posuzování vlivu služeb na životní prostředí (Matušík, 2019). Metoda LCA stanovuje celkové negativní dopady na životní prostředí. Bere v potaz získání vstupního materiálu, způsob výroby, spotřeby i zneškodnění po skončení životnosti produktu. Je nutné přesně definovat rozsah a cíle analýzy, parametry vlivu na životní prostředí, postupy získávání dat a jejich převod do kompatibilní formy (Kolář a Kužel, 2000). Environmentální dopady jsou posuzovány ve vztahu ke stanoveným problémům životního prostředí, nazývajícím se kategorie dopadu. Samotná studie LCA je složena ze čtyř spolu souvisejících fází (Kočí, 2009).

1.5.1 Fáze metody LCA

Studie LCA se skládá ze čtyř základních fází: definice cílů a rozsahu, inventarizace, hodnocení dopadů a interpretace. Vzájemný vztah je znázorněn na obrázku č. 3. Interakční podstatu přístupu sestavování LCA vyjadřují obousměrné šipky. Poznatky z jedné fáze jsou závislé na dalších fázích a ovlivňují se. Hodnocení značného množství pochodů v rámci produktového systému může být nesnadný úkol, který vyžaduje velké kvantum dat. Smyslem není identifikovat všechny detaily a hodnotit dopady všech konkrétních procesů a emisí látek s co největší přesností.

Cílem je vytvořit přehled uceleného systému a procesy podílejícími se na environmentálních dopadech (Kočí 2009).



Obrázek č. 3: Schéma LCA (Kočí, 2009)

1.5.1.1 Definice cíle a rozsahu

První fáze definice cílů je nejdůležitější částí metody LCA. Tato fáze je označovaná jako definice cílů a rozsahu (angl. *goal and scope definition*) (Kočí, 2009). V této části jsou vymezeny: produkt a jeho funkce, hranice systému, funkční jednotka a referenční tok (Roy a kol., 2009). Tato fáze určuje, za jakých podmínek jsou výstupy metody platné (Kočí, 2009). Je nutné jednoznačně určit parametry studie, což je důležité pro její interpretaci a praktické použití (Remtová, 2003). Funkční jednotka je rozuměna jako měřitelná velikost funkce sloužící pro účely LCA. Na podkladě funkční jednotky je možné porovnávat jednotlivé produkty (Hospido a kol., 2010). Dalším termínem je referenční tok, což je potřebné množství produktu k realizaci dané funkce. Neméně důležitá je hranice systému. Uvnitř této hranice jsou posuzovány negativní důsledky projevující se v životním prostředí a další podstatní činitele ovlivňující tento systém (Remtová, 2003). Do procedurálního vymezení rozsahu studie náleží určení kroků pro zabezpečení kvality prováděné studie, jako je například charakteristika zvolených metodických kroků, popis způsobů kritického ohodnocení, určení zdrojů použitých dat apod. (Baumann

a Tillman, 2012). Cíle je potřeba jednoznačně pojmenovat v předmětu studie, jaký bude její význam, rozsah, komu je studie určena a za jakých předpokladů budou její závěry platné. Zmíněné složky totiž předurčují a ovlivňují, jakým způsobem bude studie vypracována. Odlišně se studie LCA provádí pro interní použití v rámci jednoho subjektu, jinak když je určena nejširší veřejnosti (Kočí, 2009).

1.5.1.2 Inventarizace

Fáze LCA pojmenovaná jako inventarizace LCI (angl. inventory) slouží k vyčíslení množství základních toků uvolněných v průběhu životního cyklu produktů do životního prostředí (Jury a kol., 2010). Jedná se o kvantitativní a kvalitativní souhrn všech vstupů a výstupů propojujících sledovaný systém se životním prostředím. U nasbíraných dat je nutné posoudit jejich kvalitu, tzn. věrohodnost, reprodukovatelnost, transparentnost a důvěryhodnost (Kotovicová a kol., 2003). Inventarizace začíná sběrem dat z dostupných a pokud možno kvalitních zdrojů. Následuje kalkulací, jež zahrnuje ověřování sesbíraných dat. Závěrečnou částí jsou alokační postupy zaobírající se řešením systému obsahujícího více produktů a recyklační systémy (Khasreen a kol., 2009). Cílem inventarizace je zjistit a vyčíslit všechny materiálové a energetické toky související s produkčním systémem. Inventarizační analýza je podstatou technického provádění LCA studií. V inventarizaci je nejvíce patrný princip modelování „od kolébky do hrobu“ (angl. *cradle-to-grave*). Princip, kdy jsou do životního cyklu výrobku zahrnuty procesy podílející se jak na získávání a výrobě potřebných surovin a materiálů, tak i na výrobě, používání a odstraňování vlastních produktů, na které je studie LCA prováděna. Poněkud zúženým rozsahem, avšak v průmyslové praxi často používaným, je přístup nikoli „od kolébky do hrobu“, ale „od kolébky k bráně“ (angl. *cradle-to-gate*), spočívající v kalkulaci životního cyklu produktu od získávání surovin, ovšem končícího opuštěním výroby, tudíž stádium užívání produktu a jeho odstraňování není uvažováno (Bernas, 2018).

1.5.1.3 Hodnocení dopadů

Třetí fáze studie LCA je pojmenována jako posuzování dopadů (angl. *Life Cycle Impact Assessment* – LCIA). Metodika LCA nepředstavuje reálné environmentální dopady, ale eventuální dopady na dané problémy životního prostředí spojené s kategorií dopadu. Již ve fázi stanovení rozsahu studie LCA

je potřeba popsat, které kategorie dopadu budou využity a které jejich environmentální mechanismy budou sloužit jako podklad pro hodnocení dopadů (Kočí, 2012). Formulace environmentálních dopadů antropogenní činností pomocí kategorií dopadu umožňuje identifikovat nežádoucí přenesení problému z místa na místo (Kočí, 2009). Výsledky inventarizační analýzy se přiřazují ke stanoveným kategoriím dopadů dle určeného charakteru působení na životní prostředí (Brentrup a kol., 2004). Některé látky mohou být přiřazeny k více kategoriím dopadů. Proces přiřazování výstupů z inventarizační analýzy životního cyklu k daným kategoriím dopadu se nazývá klasifikace. Ke každé kategorii dopadu musí být stanoven její indikátor, na jehož ekvivalentní jednotky se přepočítají výsledky inventarizační analýzy přiřazené do dané kategorie. Například pro plyny ovlivňující skleníkový efekt se jako jednotka používá ekvivalent kilogramu oxidu uhličitého (kg CO₂ eq). Proces přepočítání výsledků inventarizační analýzy na ekvivalentní jednotky indikátorů kategorií se nazývá charakterizace (Weinzettel, 2008).

Charakterizace je interpretace výsledků, při níž můžeme porovnávat jednotlivé vstupy v rámci jedné dopadové kategorie (Kočí, 2009). Stanovení probíhá na základě charakterizačních faktorů, které postihují, jak moc se daný výsledek inventarizace podílí na dopadové kategorii změna klimatu v relaci k indikátoru kategorie, jímž je oxid uhličitý (Goedkoop a kol., 2013). Další možností hodnocení výsledků je normalizace.

Normalizace se provádí s cílem popsat relativní význam každého výsledku indikátoru dopadové kategorie mezi sebou (ČNI, 2006b). Po znormalizování mají výsledky pouze číselnou hodnotu bez jednotky (Heijungs a kol., 2007). Výsledek je možné přepočítat na jednoho obyvatele, tedy vydělit počtem obyvatel dané oblasti (Goedkoop a kol., 2013).

Výstupy z konkrétní LCA studie nejsou obecně platné, ale vždy za daných a jasně specifikovaných podmínek. Přínosem metody LCA je právě jasná definice podmínek platnosti studií, zasazujících dané poznatky o interakcích technologických procesů a životního prostředí do konkrétního technologického, environmentálního, ale i socioekonomického kontextu (Kočí, 2010).

1.5.1.4 Interpretace

Interpretace je závěrečná část studie LCA a soustřeďuje se na hodnocení a kontrolu studie LCA z hlediska kompletnosti, citlivosti, konzistence a dalších

(ČNI, 2006b). Jedná se o zhodnocení výsledků studie, posouzení jejich kvality, objasnění možných nejasností a především zdůraznění významných zjištění v životním cyklu produktu (Weinzettel, 2008). Takto získané informace se v LCA nazývají významné zjištění a musejí být podrobeny důkladnému hodnocení. Na základě výstupů LCA bývají často konána opatření se závažnými ekonomickými, environmentálními a dalšími dopady, přičemž je riziko, že nevyhovující a matoucí interpretace výstupů mohou způsobit prohlubování stávajících, či tvorbu nových problémů (Guinée, 2002). Významnou součástí interpretace je ověření platnosti důležitých zjištění prováděním speciálních kontrol. Součástí interpretace je sepsání závěrečné zprávy obsahující kromě popisu řešení a zjištěných výsledků i popis všech přijatých zjednodušení, odhadů a předpokladů. Vliv těchto předpokladů na formulaci významných zjištění se testuje analýzou citlivosti. Závěrem studie LCA je tedy soubor zjištěných poznatků a soubor podmínek k jejich platnosti (Kočí, 2009).

1.5.2 Environmentální kategorie dopadů

Kategorie dopadu se rovná určitému problému životního prostředí souvisejícího s lidskou činností. V kontextu metody LCA je antropogenním původcem přirozený tok energie, látek, či další zásah do prostředí. Dopadovou kategorií se rozumí problém způsobený lidskou činností, ke kterému je možné připojit výsledky z inventarizace. Dopadové kategorie se týkají mnoha oblastí životního prostředí. Seznam běžně hodnocených dopadových kategorií je součástí tabulky 2. Níže budou popsány dopadové kategorie hodnocené v rámci této práce.

Tabulka č. 2: Seznam dopadových kategorií

Klimatická změna	Sladkovodní ekotoxicita
Poškození ozonové vrstvy	Mořská ekotoxicita
Acidifikace	Ionizující záření
Sladkovodní eutrofizace	Okupace zemědělské půdy
Mořská eutrofizace	Okupace městské půdy
Humánní toxicita	Přírodní transformace půdy
Tvorba fotochemického oxidantu	Vyčerpání vody
Tvorba částic	Vyčerpání kovů
Suchozemská ekotoxicita	Vyčerpání fosilií

Změna klimatu

Změna klimatu související s globálním oteplováním je v současnosti velmi diskutovaným tématem. Tato kategorie je díky tomu jedna z nepřesnějších (Weinzettel, 2008). Skleníkové plyny jsou zásadním činitelem ve skleníkovém efektu a oteplování. Emise oxidu uhličitého, metanu, oxidu dusného, halogenových uhlovodíků a ozónu jsou mnohonásobně vyšší než před průmyslovou revolucí (Kočí, 2009). Mají zásadní společnou vlastnost sloužící jako charakterizační faktor. Je to schopnost absorbovat infračervené záření a tím oteplovat atmosféru. Význačným faktorem je potenciál globálního oteplování GWP (Global Warming Potential), který popisuje, s jakou účinností daný skleníkový plyn absorbuje infračervené záření. Referenčním plynem je oxid uhličitý pro zvolený časový horizont. Hodnoty GWP pro různé skleníkové plyny jsou spočítány a dány k dispozici díky IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) – mezivládnímu panelu pro změny klimatu (Solomon, 2007). Na základě odlišné doby přetrvání jednotlivých plynů v atmosféře byly GWP vypočteny pro více časových horizontů, nejčastěji se v LCA využívá horizontu 100 let (Judl, 2010).

Poškození ozónové vrstvy

Ozónová vrstva je stabilizována komplexem chemických reakcí. Krátkovlnné záření působící na molekuly kyslíku dává vzniknout ozónu. Ten se rozkládá vlivem ultrafialového záření a za pomoci určitých katalytických látek (Baumann a Tillman, 2012). Těmi nejzásadnějšími jsou metan, oxid dusný, vodní pára a hlavně sloučeniny chlóru a fluoru – tzv. halogenové uhlovodíky. Charakterizačním faktorem dopadové kategorie je potenciál úbytku ozónu ODP (*Ozone Depletion Potential*), který znázorňuje, s jakou účinností je látka schopná rozkládat ozón při porovnání s referenční látkou freonem 11 (CFC – 11, trichlorfluorometan). Hodnoty ODP jsou vypočteny pro různé časové horizonty. Pro využití v LCA se doporučuje celkový potenciál na dlouhodobě ustálenou situaci označující se takto: ∞ (Kočí, 2009).

Acidifikace

V důsledku nárůstu protonů vodíku dochází k okyselení půdy a vody. Je to způsobeno zejména oxidem siřičitým, oxidy dusíku, sirovodíkem, amoniakem, anorganickými kyselinami a amonnými ionty (Kočí, 2009). Důsledky lze nejnázve pozorovat mortalitou ryb v recipientu, vyplavováním toxických kovů z minerálů a půdy, poškozením lesů i defekty budov (Harrison, 2001). Dalším negativním účinkem je poškození lidského zdraví. Charakteristickým projevem acidifikace je smog londýnského typu, poškozující dýchací a oběhovou soustavu člověka (Kočí, 2009).

Charakterizační model acidifikačního potenciálu je založen na počtu produkovaných vodíkových protonů z okyselujících se látek ve vztahu k referenční látce, tu představuje oxid siřičitý (Huijbregts a kol., 2000).

Sladkovodní eutrofizace

Eutrofizace je proces spojený s environmentálními dopady zvýšeného množství živin v prostředí. V rámci LCA tato dopadová kategorie pokrývá vliv živin, znečištění z rozložitelného biologického materiálu, dále také odpadní teplo, které ovlivňuje biologickou produktivitu (Guinée, 2002). K eutrofizaci dochází v suchozemském i vodním ekosystému. Za hlavní příčinu eutrofizace je považován dusík a fosfor. Vstupy dusíku do prostředí pramení ze zemědělských hnojiv, odpadních vod a část z atmosféry. Fosfor vstupuje do prostředí především ze zemědělských hnojiv a je z velké části nerozpustně vázán. Při půdní erozi přechází do vodního prostředí, většina ho pochází z odpadních vod (Harrison, 2001). Důsledky eutrofizace jsou zásadní změny v druhovém složení ekosystémů vyúsťující v nadměrnou produkci biomasy. Charakterizační model dopadové kategorie tvoří eutrofizační potenciál, který vyjadřuje, jaké množství živiny může daná látka uvolnit (Kočí, 2009). Alternativní modely pro analýzu vyššího množství organického materiálu používají charakterizační faktor vztahující se ke spotřebě kyslíku. Zahrnutí odpadního tepla není součástí žádné metody, ale je doporučeno jako alternativa do studie množství tepla uvolněného do vodního prostředí (Baumann a Tillman, 2012).

Humánní toxicita

Toxicita patří mezi složité dopadové kategorie s množstvím charakterizačních metod. Především je problematické množství toxických látek a spektrum jejich dopadů (Wenzel a kol., 1998). Při posuzování toxicity pro lidskou populaci existují dvě skupiny modelů. Midpointové modely využívají charakterizační faktory pro jednotlivé látky, které specifikují jejich toxicitu ve srovnání s danou referenční látkou. Druhý endpointový model přímo vyjadřuje efekt, který má toxicita na lidské zdraví, např. o kolik let dojde ke zkrácení lidského života (Kočí, 2009).

Sladkovodní ekotoxicita

Hodnocení vodní ekotoxicity představuje působení látek na stabilitu a funkčnost ekosystému, v čemž je rozdíl od posuzování humánní toxicity. Z tohoto důvodu se sledují odlišné mechanismy působení. Mezi hlavní látky s ekotoxickým účinkem patří kovy, organické látky obsažené v odpadech a pesticidy. Také zde existují dvě možnosti posuzování. V midpointové úrovni byly zformovány potenciály ekotoxicity, které určují

míru toxicity v porovnání s referenční látkou. V endpointové úrovni je ukazatelem podíl ovlivněných druhů, který stanovuje podíl druhů z celku, které se po působení látky ocitnou v toxickém stresu (Kočí, 2009).

Tvorba částic

Expozice pevných částic je ve většině metod LCA považována za samostatnou kategorii dopadů, ačkoli má především vliv na lidské zdraví. Je to způsobeno zejména řadou důležitých rozdílů mezi charakterizací tvorby pevných částic a toxicitou pro člověka. Pevné částice jsou vytvářeny v důsledku složitých chemických a fyzikálních procesů. Forma a velikost částic závisí na teplotě, při jaké vznikají. Tyto rozdíly zahrnují komplexní atmosférickou chemii, která se podílí na tvorbě pevných částic. Látky, které přispívají ke zdravotním dopadům, jsou obvykle jedna nebo více frakcí pevných částic a prekurzorové látky (většinou NO_x , SO_2 a NH_3) a v některých případech také oxid uhelnatý nebo těkavé organické sloučeniny. Zdrojem emisí jsou například silniční doprava, uhelné a plynové elektrárny nebo lokální topeniště využívající tuhá paliva. Některé zdroje emisí jsou zdroji na regionální úrovni (např. silniční doprava a spalování v domácnosti), zatímco jiné jsou považovány za zdroje nadregionální (obvykle stacionární zdroje emisí, např. elektrárny) (Hauschild a kol., 2018).

2 Cíle práce

Problematika komunálního odpadu je jedním ze zásadních témat ve společnosti. Najít způsoby, jak využívat vznikající odpad, jakými způsoby ho zpracovávat či likvidovat, nebo jakými způsoby lze předcházet jeho vzniku, je velmi komplexní a složitý problém. Cílem diplomové práce bylo sestavit literární přehled zabývající se aktuální problematikou odpadového hospodářství se zaměřením na směsný komunální odpad (SKO) a na opatření vedoucí ke snižování jeho produkce ve vazbě na environmentální zatížení. Diplomová práce byla řešena na základě definice cíle a rozsahu sledovaného rámce, inventarizace dat sledovaného rámce, vyhodnocení environmentálních dopadů a následné interpretace dat dle příslušných norem. Pro tyto účely byla využita metoda posuzování životního cyklu LCA (ang. *Life Cycle Assessment*), resp. její zjednodušená verze (označovaná jako *Streamlined*) využívaná pro účely hodnocení ekologické či uhlíkové stopy. Součástí práce pak bylo shrnutí hlavních výsledků a návrhů možných opatření vedoucích k redukci environmentálního zatížení vázaného na produkci komunálního odpadu ve vybrané obci. Výsledky diplomové práce vycházejí z modelace založené na sběru reálných dat a dat získaných z databáze Ecoinvent.

2.1 Hypotézy

1. Na základě inventarizovaných dat lze předpokládat, že nejvyšší podíl na celkovém environmentálním zatížení v rámci dopadové kategorie Klimatické změny bude mít kategorie odpadu *plasty*.
2. Lze předpokládat, že implementací vyššího počtu nádob na separaci *biologicky rozložitelného odpadu*, lze docílit snížení environmentálního zatížení vázaného na tuto kategorii odpadu o >30 %.
3. Na základě inventarizovaných dat lze předpokládat, že nejvyšší podíl na celkovém environmentálním zatížení v rámci dopadové kategorie Sladkovodní ekotoxicita bude mít kategorie odpadu *problémové látky*.

3 Metodika

3.1 Charakteristika oblasti

Vodňany jsou menší jihočeské město, které leží při severozápadním okraji Českobudějovické pánve, přibližně na půli cesty mezi městy Strakonice a České Budějovice. V těsné blízkosti města protéká řeka Blanice. Jedná se o obec s rozšířenou působností. Město Vodňany tvoří 7 místních částí: Čavyně, Hvožd'any, Křtětice, Pražák, Radčice, Újezd u Vodňan a Vodňanské Svobodné Hory. Počet obyvatel se ve sledovaném období mezi lety 2014 až 2018 pohyboval kolem 6900 obyvatel. Průměrná hodnota za sledované období činí 6883 (Český statistický úřad).

Systém nakládání s odpady v obci

Veškeré služby týkající se odpadového hospodářství v současné době zajišťuje společnost RUMPOLD 01 – Vodňany s.r.o., Stožická 1333, Vodňany. RUMPOLD 01 – Vodňany s.r.o. - zajišťuje svoz veškerých druhů odpadů, zajišťuje sběr, svoz a odstranění směsného komunálního odpadu a tříděných odpadů. Dále provozují sběrný dvůr, který je určen k odkládání komunálních odpadů jako např. objemný odpad z domácností, kovové, plastové, skleněné odpady, kompostovatelných odpadů včetně dřeva a textilních materiálů. Také provozují třídírnu, řízenou skládku TKO a kompostárnu. Sběr textilu je smluvně zajištěn s Diakonií Broumov, sociální družstvo (Plán odpadového hospodářství města Vodňany).

V souladu s obecně závaznou vyhláškou města Vodňany č. 2/2015 o systému shromažďování, sběru, přepravy, třídění, využívání a odstraňování komunálních odpadů vznikajících na území města Vodňan, včetně systému nakládání se stavebním odpadem, se na území města komunální odpad třídí na:

- a) papír
- b) plasty včetně PET lahví,
- c) sklo,
- d) kovy,
- e) biologické odpady,
- f) jedlé oleje a tuky,
- g) textil,
- h) nebezpečné komunální odpady,
- i) objemný odpad,

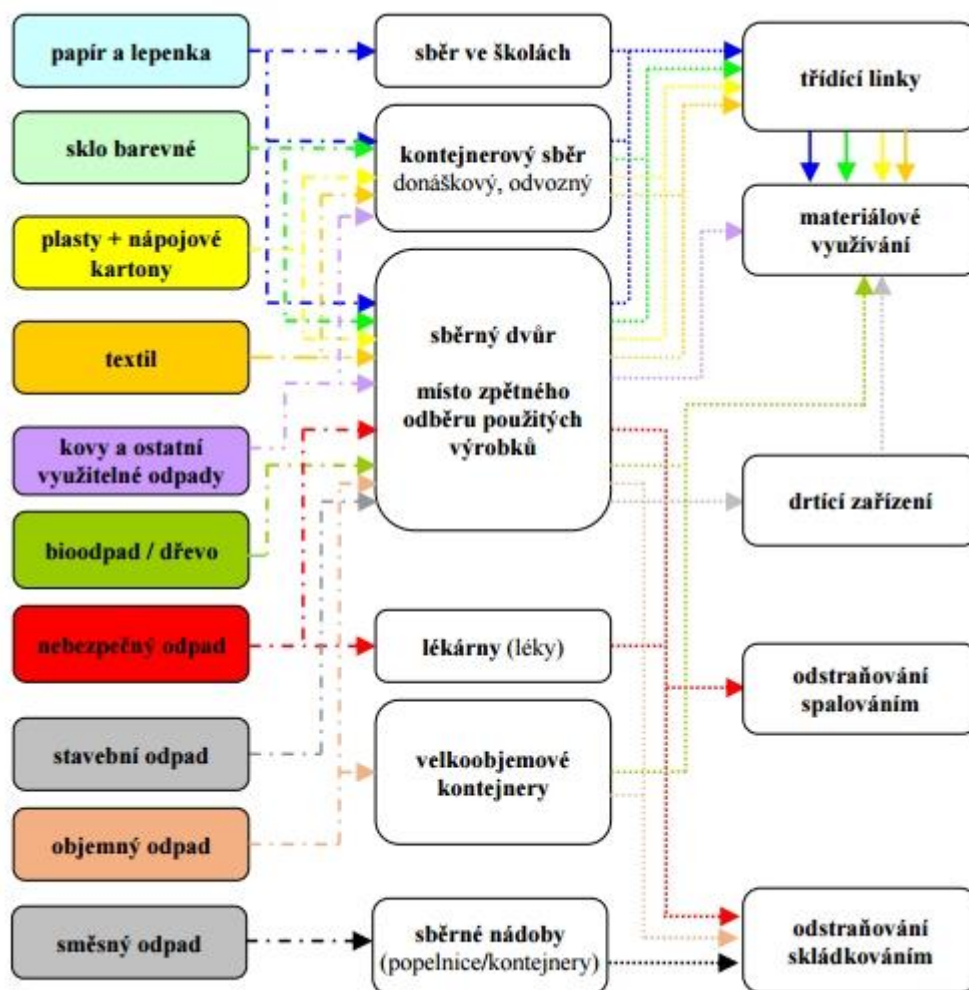
j) směsný komunální odpad.

Separovaný sběr využitelných složek komunálních odpadů

Sběr využitelných složek komunálních odpadů je zaveden jako sběr komoditní. Každý materiál se sbírá odděleně do speciálních nádob k tomuto účelu určených. V současné době se na území města nachází 43 sběrných míst na tříděný odpad, z toho 11 v místních částech. Papír, plast, sklo a nápojové kartony jsou tříděny do speciálních kontejnerů o objemu 1100 litrů, popř. 2100 a 2500 litrů. Ve městě je rozmístěno 47 kontejnerů na plast, 40 kontejnerů na papír, 40 kontejnerů na směsné sklo, 10 kontejnerů na kovové obaly, 5 kontejnerů na elektroodpad, 5 kontejnerů na tuky a 3 velkoobjemové kontejnery na textil. Sběrné nádoby jsou ve vlastnictví svozové společnosti, část je zapůjčena od společnosti EKO-KOM. Nádoby na textil poskytuje Diakonie Broumov. Kontejnery na plasty jsou sváženy zpravidla 2x týdně, papír 1x týdně a sklo a ostatní 1x za 14 dní, nebo dle potřeby. Pro shromažďování a třídění části komunálních odpadů slouží také sběrný dvůr (Plán odpadového hospodářství města Vodňany). Grafické znázornění způsobu nakládání s odpady (*Obrázek č. 4*) z Plánu odpadového hospodářství města Vodňany, již nereflektuje aktuální požadavky a trendy. Chybí zde zahrnutí kovových nápojových obalů a tuků do systému kontejnerového sběru (Plán odpadového hospodářství města Vodňany, 2016).

Směsný komunální odpad

Pro sběr směsného komunálního odpadu jsou určeny sběrné nádoby o objemu 110 nebo 120 litrů v zástavbě s rodinnými domy, nebo sběrné nádoby o objemu 1100 litrů pro bytové domy na sídlištích. Četnost svozu směsného komunálního odpadu je zpravidla 1x týdně.



Obrázek č. 4: Způsoby nakládání s odpady na území města (Plán odpadového hospodářství Města Vodňany, 2016)

3.2 Fáze první: Definice cílů a rozsahu

Cílem studie je vyhodnocení environmentální zátěže vztahující se k produkci komunálního odpadu ve vybrané obci. Získané výsledky mohou sloužit jako motivační prostředek pro environmentálně šetrnější systémy odpadového hospodářství. Výsledky mohou být dále zdrojem informací pro subjekty, které se zabývají problematikou odpadového hospodářství. Dle norem LCA jsou analyzovány a vyhodnoceny výsledky inventarizace komunálního odpadu s cílem kvantifikovat environmentální dopady a identifikovat klíčové vstupy (ČNI, 2006a, 2006b).

3.2.1 Hranice systému

Studie je založena na hodnocení environmentálního zatížení vázaného na komunální odpad s využitím tzv. dat primárních a sekundárních. Primární data vychází z výsledků analýzy třídění ve vybrané obci. Sekundární data jsou získána z odborné literatury a databáze Ecoinvent v3.5 (Ecoinvent, 2020). Data převzatá z databáze Ecoinvent se vztahují převážně k materiálovým vstupům. Časové rozpětí sběru primárních dat se váže na roky 2014 až 2018 a pro data sekundární od roku 2000 do roku 2019. V modelovém systému jsou zahrnuty materiály, které odpovídají výsledkům provedené analýzy třídění ve vybrané obci. Procesy infrastruktury nejsou v této studii zahrnuty.

3.2.2 Funkční jednotka (definovaná jednotka)

V rámci studie je vybrána funkční jednotka/definovaná jednotka vztahující se na jednoho obyvatele ($FU = 1$ obyvatel obce). Alokační metoda není použita, protože environmentální dopady hodnocených procesů nejsou rozděleny do dvou nebo více procesů.

3.2.3 Zdroje dat pro inventarizaci

Pro účely studie jsou primární data získána z výsledků analýzy třídění komunálního odpadu (v rámci topné i letní sezóny), které slouží jako zdroj dat pro posuzování dopadů na životní prostředí s využitím zjednodušené metody LCA. Na základě dat z Českého statistického úřadu byl za sledované období stanoven průměrný počet obyvatel města. Ten byl konfrontován s průměrným množstvím produkce směsného komunálního odpadu. Tím vznikla hodnota, jež byla využita při zpracování metodou LCA.

3.3 Fáze druhá: Inventarizace dat

Pro vypracování diplomové práce byla zvolena tzv. zjednodušené verze LCA, spočívající v kvantifikaci environmentální zátěže vázané na produkci komunálního odpadu. Fáze užívání produktu nejsou vzhledem k charakteru této studie v hodnocení zahrnuty. V této práci jsou použita inventarizační data z databáze Ecoinvent (Ecoinvent, 2020). Pro modelaci je využit software SimaPro 9.0.0.4 s integrovanou databází Ecoinvent v3.5. Charakter inventarizovaných dat a podrobnosti o jejich sběru jsou popsány v kapitole Definice cílů a rozsahu.

3.4 Fáze třetí: Hodnocení dopadů

Pro výpočet míry environmentálního zatížení je použita metoda posuzování životního cyklu, která je definována pomocí norem (ČSN, 2006a; ČSN, 2006b). Výsledky studie se vztahují k vybraným dopadovým kategoriím vyjádřených specifickými ukazateli. Modelační hodnocení jednotlivých dopadových kategorií je realizováno prostřednictvím software SimaPro 9.0.0.4 s využitím integrované metody ReCiPe Midpoint (H) V1.13 / Europe Recipe H. Funkční jednotku představuje jeden obyvatel obce. Hodnocený model je sestaven na základě primárních a sekundárních dat. Primární data vychází z výsledků analýzy třídění komunálního odpadu. Sekundární data jsou převzata z databáze Ecoinvent v3.5. Časové rozpětí sběru primárních dat se váže na roky 2014 až 2018 a pro data sekundární od roku 2000 do roku 2019. Vybranými kategoriemi dopadu jsou:

- Změna klimatu - Climate change (kg CO₂ eq)
- Poškození ozónové vrstvy - Ozone depletion (kg CFC-11 eq)
- Acidifikace - Terrestrial acidification (kg SO₂ eq)
- Sladkovodní eutrofizace - Freshwater eutrophication (kg P eq)
- Humánní toxicita - Human toxicity (kg 1,4-DB eq)
- Sladkovodní ekotoxicita - Freshwater ecotoxicity (kg 1,4-DB eq)
- Tvorba částic - Particulate matter formation (kg PM₁₀ eq)

3.5 Fáze čtvrtá: Interpretace dat

Interpretace výsledných dat je součástí kapitoly Výsledky a diskuse. Pro účely interpretace dat byl využit Charakterizační a Normalizační model. Popis Charakterizačního a Normalizačního modelu je součástí kapitoly 1.5.1.3 (Hodnocení dopadů). Pro účely práce byla využita zjednodušená verze LCA sloužící pro hodnocení ekologické stopy.

4 Výsledky a diskuze

Pro účely diplomové práce byla provedena inventarizační analýza vztahující se ke skladbě komunálního odpadu. Bylo potřeba určit jednotlivé frakce KO a kvantifikovat jejich množství. Výsledky tohoto sledování jsou součástí kapitoly 4.1.

4.1 Celková produkce komunálního odpadu

Celkové množství vyprodukovaného komunálního odpadu v časové řadě 2014 – 2018 je uvedeno v tabulce č. 3. Souhrnná tabulka uvádí přehled množství odpadu, jejichž původcem je město v jednotlivých letech. Celková produkce odpadů ve sledovaném období je relativně vyrovnaná. Průměrně bylo ve sledovaném období vyprodukováno 2 835,89 tun odpadů, což v přepočtu na 1 obyvatele činí 411,97 kg odpadů za rok. Majoritní podíl na celkové produkci odpadů zaujímá směsný komunální odpad, jeho produkce činila průměrně 2 461,49 tun a na celkové produkci odpadů se podílel cca 86,8 %.

Hodnoty o množství vyprodukovaného komunálního odpadu byly získány ze systému ISPOP (Integrovaný systém plnění ohlašovacích povinností). Původci odpadů ze zákona o odpadech mají povinnost v případě, že produkuje nebo nakládají s více než 100 kg nebezpečných odpadů za kalendářní rok nebo s více než 100 tunami ostatních odpadů za kalendářní rok, nebo v daném kalendářním roce produkuje nebo nakládají s odpady stanovenými prováděcím právním předpisem bez ohledu na množství těchto odpadů, zasílat každoročně do 15. února následujícího roku pravdivé a úplné hlášení o druzích, množství odpadů a způsobech nakládání s nimi obecnímu úřadu obce s rozšířenou působností příslušnému podle místa provozovny. K tomuto účelu slouží Integrovaný systém plnění ohlašovacích povinností - ISPOP, který umožňuje zpracování a příjem vybraných hlášení (ohlašovacích povinností) z oblasti životního prostředí v elektronické podobě a jejich další distribuci příslušným institucím veřejné správy. ISPOP je zřízen zákonem č. 25/2008 Sb., o integrovaném registru znečišťování životního prostředí a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí. Zřizovatelem ISPOP a věcným garantem obsahu formulářů, tzn. ohlašovacích povinností, je Ministerstvo životního prostředí. Systém vyvíjí a dodává společnost

Telefónica Czech Republic, a.s., technický provoz a podobu aplikace ISPOP zajišťuje CENIA (MŽP, 2020).

Tabulka č. 3: Množství komunálního odpadu v letech 2014 – 2018

Katalogové číslo odpadu	Název odpadu	Produkce (t rok)					průměr
		2014	2015	2016	2017	2018	
160103	Pneumatiky	12,84	14,66	11,25	15,55	14,22	13,70
170605	Stavební materiál obsahující azbest	7,20	7,42	11,88	7,52	6,75	8,15
200101	Papír a lepenka	66,05	64,43	80,34	81,42	100,93	78,63
200102	Sklo	55,35	56,92	63,37	65,17	74,16	62,99
200125	Jedlý olej a tuk	0,10	0,45	0,23	0,53	0,44	0,35
200127	Barvy, lepidla, pryskyřice obsahující nebezpečné látky	1,85	2,30	1,30	1,32	2,17	1,79
200139	Plasty	35,54	35,58	49,88	54,85	62,94	47,76
200201	Biologicky rozložitelný odpad	27,78	27,66	55,06	39,20	60,40	42,02
200203	Jiný biologicky nerozložitelný odpad	21,42	19,94	20,38	19,48	18,98	20,04
200301	Směsný komunální odpad	2549,92	2306,57	2449,75	2446,31	2554,89	2461,49
200307	Objemný odpad	83,44	102,74	110,72	97,99	99,92	98,96
	Celkem	2861,48	2638,67	2854,15	2829,34	2995,80	2835,89

Tabulka č. 4 poskytuje konkrétnější přehled o složení směsného komunálního odpadu ve vybrané obci. Významnou roli zde hraje jemná frakce a zbytky třídění. Tyto hodnoty byly získány z opakované analýzy prováděné během topné sezóny a mimo ni. Tabulka č. 5 uvádí bližší specifikaci složení jednotlivých kategorií odpadu.

Tabulka č. 4: Složení směšného komunálního odpadu

Frakce	Složení odpadu v %	Množství SKO na osobu a rok kg
Jemná frakce	27,2	97,1
Papír a lepenka	8,0	28,4
Sklo	1,9	6,6
Fe kovy	1,8	6,4
NE kovy	0,9	3,1
Biodpad	10,1	36,0
Textilie	6,2	22,1
Dřevo	0,7	2,4
Inertní látky	1,0	3,6
Problémové látky	0,1	0,2
Elektrická a elektronická zařízení	0,2	0,7
Plasty	13,6	48,4
Kompozitní materiály	3,5	12,4
Hygienické zboží	8,4	30,1
Zbytky třídění (ostatní odpady)	16,7	59,5
Suma	100,0	357,0

Tabulka č. 5: Frakce třídění

Skupiny	Příklady
Papír a lepenka	Papírové obaly: kartony, obaly od mražených potravin, vlnitá lepenka, papírové pytle, kartony na vejce, obaly od cigaret, nepotíštěný balicí papír Noviny, tiskoviny, papír, obálky, etikety Vnitřní roličky od toaletního papíru a kuchyňských utěrek
Sklo	Lahve, sklenice, vázy, okenní sklo
Fe kovy	Dózy (např. konzervy), víčka, aerosoly, přístroje, hrnce, nářadí, armatury, dráty
Neželezný kov	Obaly od nápojů, hliníkové nádoby, hliníkové kryty, trubky, hliníková fólie
Organické látky / biogenní odpady	Zbytky z přípravy potravin: Potraviny používané při čištění a při přípravě ovoce, zeleniny, masa, nápojů atd., Nejedlých složek potravin a přímo přilnavých obalů.

	<p>Příklady: kosti, nepoživatelné skořápky, salátová stopka, kávové sedliny, čajové sáčky</p> <p>Zbytky jídel:</p> <p>Jedná se o zbytky z talířů a nakousnuté pokrmy, to znamená vše, co bylo již před spotřebou. Příklady: vařené špagety, rozkrájené plátky chleba, zbytky hotových jídel</p> <p>Potraviny v originálním balení</p> <p>Otevřené potraviny: oddělené</p> <p>Ostatní odpady bez potravy: větvičky, květiny, tráva, listy, těla zvířat, peří, humus a zemina, stelivo pro zvířata (neminerální)</p>
Textilie	Oblečení, potahy, čalounění, ručníky, ložní prádlo, stolní prádlo, boty
Dřevo	Přepravky, desky, dřevěné hračky, dřevěná vlna
Inertní materiály (kameny, keramické)	Stavební sutě, kameny, keramika, talíře
Problémové látky	Staré léky, baterie a akumulátory, barvy/laky, čisticí a prací prostředky
Elektro	Malé domácí spotřebiče, elektrické nástroje, elektrické hračky, IT, telekomunikační technika
Plasty	Láhve od nápojů, jiné plastové láhve (šampon, prací prostředky), kbelíky, plastové fólie (sáčky, balicí fólie), misky/hrnky, polystyren, sítě od zeleniny, izolační pěna, hračky, mycí houby
Kompozitní materiál	Obaly na nápoje (Tetra pack), ostatní kompozitní obaly (Pringle, adventní kalendáře), kávové hrnce, kabelky, deštníky, kartáče, žárovky
Hygienické potřeby / plenky	Dětské plenky, ubrousky, kapesníky, ženská hygiena (vložky, tampony), papírové ručníky
Ostatní odpady (bez určení)	Kůže, guma, korek
Jemné frakce (neidentifikovatelné), 40 mm seřazené	Popel, nedopalky cigaret

Pro účely práce jsou primární data získána z výsledků analýzy třídění komunálního odpadu (v rámci topné i letní sezóny). Ty slouží jako zdroj dat pro posuzování dopadů na životní prostředí. Na základě dat z Českého statistického úřadu byl za sledované období stanoven průměrný počet obyvatel města. Ten byl

konfrontován s průměrným množstvím produkce smíšeného komunálního odpadu. Tím vznikla hodnota (Tabulka č. 66), jež byla využita při hodnocení.

Tabulka č. 6: Průměrné množství SKO v tunách a průměrný počet obyvatel

Rok	t/rok	obyvatele	množství na 1 obyv. v kg
2014	2546,92	6853	372
2015	2306,57	6856	336
2016	2449,75	6 880	356
2017	2446,31	6 876	356
2018	2554,89	6 953	367
Ø	2460,88	6883,6	357

Množství vyprodukovaného odpadu ve vybrané obci se za sledované období výrazně neliší od průměrné hodnoty v rámci ČR za stejně dlouhé období. Vybraná obec tedy může být dobrým ukazatelem pro situaci celé ČR (CZSO, 2019).

4.2 Environmentální aspekty SKO

Hlavní částí diplomové práce byla kvantifikace environmentálního zatížení vázaného ke komunálnímu odpadu vybrané obce. Pro tyto účely byla využita metoda LCA (resp. její zjednodušená verze) a specializovaný software (SimaPro) s integrovanou databází Ecoinvent. Výsledky tohoto hodnocení jsou součástí tabulek (č. 7 - 10).

Tabulka č. 7: Environmetální zatížení vázané k produkci SKO jednoho obyvatele a rok (Charakterizační model)

Dopadové kategorie	Změna klimatu	Poškození ozon. vrstvy	Acidifikace	Sladkovodní eutrofizace	Humánní toxicita	Tvorba částic	Sladkovodní ekotoxicita
Jednotky	kg CO ₂ eq	kg CFC-11 eq	kg SO ₂ eq	kg P eq	kg 1,4-DB eq	kg PM10 eq	kg 1,4-DB eq
Papír a lepenka	4,04E+01	4,76E-08	4,23E-03	2,11E-04	4,15E+00	2,39E-03	2,55E-01
Sklo	1,08E-01	1,84E-08	5,54E-04	9,74E-06	8,43E-02	2,99E-04	6,78E-03
Fe kovy	1,25E-02	5,53E-10	5,23E-05	6,29E-06	4,95E-03	3,57E-05	3,51E-04
Neželezný kov	8,74E-02	1,17E-08	4,63E-04	2,73E-05	4,94E-02	2,45E-04	4,91E-03
Organické odpady	2,17E+00	1,86E-07	3,98E-02	9,63E-04	8,92E-01	7,81E-03	5,56E-02
Textilie	3,87E+01	7,64E-07	1,08E-01	6,11E-04	1,17E+00	4,10E-02	3,00E-01
Dřevo	2,10E-01	5,06E-09	2,42E-04	2,23E-05	1,40E-01	1,26E-04	2,27E-03
Inertní materiály	4,54E-02	1,12E-08	4,05E-03	3,66E-05	6,93E-02	1,09E-03	2,87E-03
Problémové látky	2,57E+01	1,15E-06	5,77E-02	4,70E-03	2,88E+01	2,76E-02	5,87E-01
Elektro	9,44E-01	8,52E-09	3,05E-04	2,12E-05	8,15E-01	1,46E-04	8,35E+00
Plasty	1,15E+02	9,49E-07	3,84E-02	1,09E-03	3,81E+01	1,06E-01	3,49E+01
Jemná fr.	6,79E-01	1,24E-07	4,46E-03	1,91E-01	4,75E+02	2,02E-03	4,26E+00
SUMA	2,24E+02	3,27E-06	2,58E-01	1,99E-01	5,49E+02	1,89E-01	4,87E+01

Tabulka č. 8: Environmetální zatížení (v % v rámci jednotlivých kategorií) vázané k produkci SKO jednoho obyvatele a rok (Charakterizační model)

Dopadové kategorie	Změna klimatu	Poškození ozon. vrstvy	Acidifikace	Sladkovodní eutrofizace	Humánní toxicita	Tvorba částic	Sladkovodní ekotoxicita
Jednotky	kg CO ₂ eq	kg CFC-11 eq	kg SO ₂ eq	kg P eq	kg 1,4-DB eq	kg PM10 eq	kg 1,4-DB eq
Papír a lepenka	18,06	1,45	1,64	0,11	0,76	1,26	0,52
Sklo	0,05	0,56	0,21	0,00	0,02	0,16	0,01
Fe kovy	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00
Neželezný kov	0,04	0,36	0,18	0,01	0,01	0,13	0,01
Organické odpady	0,97	5,69	15,44	0,48	0,16	4,14	0,11
Textilie	17,32	23,36	41,76	0,31	0,21	21,74	0,62
Dřevo	0,09	0,15	0,09	0,01	0,03	0,07	0,00
Inertní materiály	0,02	0,34	1,57	0,02	0,01	0,58	0,01
Problémové látky	11,51	35,02	22,37	2,37	5,25	14,60	1,21
Elektro	0,42	0,26	0,12	0,01	0,15	0,08	17,13
Plasty	51,21	29,00	14,87	0,55	6,94	56,16	71,64
Jemná fr.	0,30	3,78	1,73	96,12	86,47	1,07	8,74
SUMA	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabulka č. 9: Environmetální zatížení vázané k produkci SKO jednoho obyvatele a rok (Normalizační model)

Dopadové kategorie	Změna klimatu	Poškození ozon. vrstvy	Acidifikace	Sladkovodní eutrofizace	Humánní toxicita	Tvorba částic	Sladkovodní ekotoxicita
Jednotky							
Papír a lepenka	3,60E-03	2,16E-06	1,23E-04	5,07E-04	6,60E-03	1,60E-04	2,32E-02
Sklo	9,63E-06	8,34E-07	1,61E-05	2,35E-05	1,34E-04	2,00E-05	6,16E-04
Fe kovy	1,12E-06	2,51E-08	1,52E-06	1,52E-05	7,86E-06	2,39E-06	3,19E-05
Neželezný kov	7,80E-06	5,32E-07	1,35E-05	6,59E-05	7,85E-05	1,64E-05	4,46E-04
Organické odpady	1,93E-04	8,46E-06	1,16E-03	2,32E-03	1,42E-03	5,24E-04	5,05E-03
Textilie	3,45E-03	3,47E-05	3,13E-03	1,47E-03	1,86E-03	2,75E-03	2,73E-02
Dřevo	1,87E-05	2,30E-07	7,05E-06	5,38E-05	2,23E-04	8,48E-06	2,06E-04
Inertní materiály	4,05E-06	5,07E-07	1,18E-04	8,81E-05	1,10E-04	7,30E-05	2,61E-04
Problémové látky	2,30E-03	5,20E-05	1,68E-03	1,13E-02	4,58E-02	1,85E-03	5,34E-02
Elektro	8,42E-05	3,87E-07	8,89E-06	5,10E-05	1,30E-03	9,80E-06	7,59E-01
Plasty	1,02E-02	4,31E-05	1,12E-03	2,63E-03	6,06E-02	7,11E-03	3,17E+00
Jemná fr.	6,05E-05	5,62E-06	1,30E-04	4,60E-01	7,55E-01	1,36E-04	3,87E-01
SUMA	1,99E-02	1,49E-04	7,51E-03	4,79E-01	8,73E-01	1,27E-02	4,43E+00

Tabulka č. 10: Environmetální zatížení (v % v rámci jednotlivých kategorií) vázané k produkci SKO jednoho obyvatele a rok (Normalizační model)

Dopadové kategorie	Změna klimatu	Poškození ozon. vrstvy	Acidifikace	Sladkovodní eutrofizace	Humánní toxicita	Tvorba částic	Sladkovodní ekotoxicita
Jednotky							
Papír a lepenka	18,06	1,45	1,64	0,11	0,76	1,26	0,52
Sklo	0,05	0,56	0,21	0,00	0,02	0,16	0,01
Fe kovy	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00
Neželezný kov	0,04	0,36	0,18	0,01	0,01	0,13	0,01
Organické odpady	0,97	5,69	15,44	0,48	0,16	4,14	0,11
Textilie	17,32	23,36	41,76	0,31	0,21	21,74	0,62
Dřevo	0,09	0,15	0,09	0,01	0,03	0,07	0,00
Inertní materiály	0,02	0,34	1,57	0,02	0,01	0,58	0,01
Problémové látky	11,51	35,02	22,37	2,37	5,25	14,60	1,21
Elektro	0,42	0,26	0,12	0,01	0,15	0,08	17,13
Plasty	51,21	29,00	14,87	0,55	6,94	56,16	71,64
Jemná fr.	0,30	3,78	1,73	96,12	86,47	1,07	8,74
SUMA	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabulka č. 11: Srovnání výsledků z vybrané obce a hodnot databáze Ecoinvent

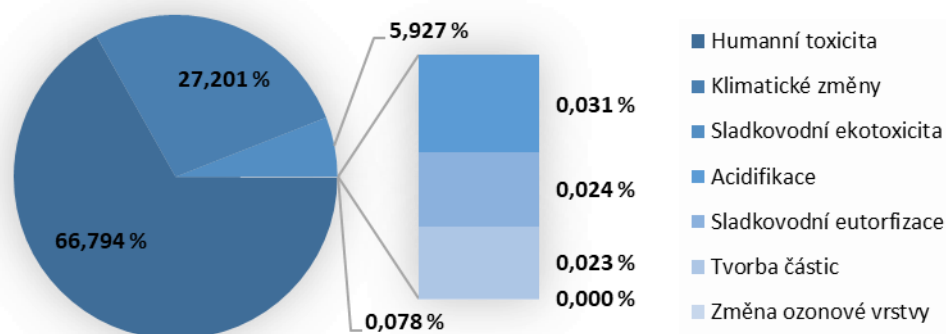
Dopadové kategorie	Změna klimatu	Poškození ozon. vrstvy	Acidifikace	Sladkovodní eutrofizace	Humánní toxicita	Tvorba částic	Sladkovodní ekotoxicita
Jednotky	kg CO ₂ eq	kg CFC-11 eq	kg SO ₂ eq	kg P eq	kg 1,4-DB eq	kg PM10 eq	kg 1,4-DB eq
Charakterizační model	2,24E+02	3,27E-06	2,58E-01	1,99E-01	5,49E+02	1,89E-01	4,87E+01
Charakterizační Ecoinvent	2,94E+02	1,00E-06	6,14E-02	2,70E-02	1,59E+02	4,77E-02	7,04E+01
Normalizační model	1,99E-02	1,49E-04	7,51E-03	4,79E-01	8,73E-01	1,27E-02	4,43E+00
Normalizační Ecoinvent	2,63E-02	4,55E-05	1,79E-03	6,51E-02	2,54E-01	3,20E-03	6,40E+00

Tabulky č. 7 a 8 obsahují výsledky environmentálního hodnocení vázaného k produkci směsného komunálního odpadu na jednoho obyvatele ve vybrané obci. Výsledky jsou vztaženy k vybraným dopadovým kategoriím a charakterizačnímu modelu. V rámci dopadové kategorie Klimatické změny je nejsilnější zatížení spojeno s odpadovou kategorií *plasty*, což potvrdilo naši hypotézu č. 1, nejvyšší podíl na celkovém environmentálním zatížení v rámci dopadové kategorie Klimatické změny bude mít kategorie odpadu *plasty*. Další znatelný podíl mají kategorie *papír s lepenkou* a *textilie s ostatními odpady*. Na poškození ozonové vrstvy mají největší vliv *problémové látky*, o něco méně pak *plasty* a *textilie s ostatními odpady*. Kategorie *textilie s ostatními odpady* mají nejzásadnější vliv na dopadovou kategorii Acidifikace. Roly zde hrají dále *problémové látky* a *organické odpady*. Kategorie *jemná frakce* má zásadní a majoritní vliv v dopadových kategoriích Sladkovodní eutrofizace a Humánní toxicita. Nejvýznamněji vliv má odpadová kategorie *plastů* na Sladkovodní ekotoxicitu, což nepotvrdilo naši hypotézu č. 2, tedy že nejvyšší podíl na celkovém environmentálním zatížení v rámci dopadové kategorie Sladkovodní ekotoxicita bude mít kategorie odpadu *problémové látky*. Z výsledků sondáže SKO je patrné, že nejvýznamnější podíl představuje kategorie odpadů *plasty* a *textilie s ostatními odpady*. To se pak významně promítá v rámci dopadových kategorií Tvorba částic jako 0,11 kg a 0,04 kg PM10 eq 1ob. Tato skutečnost souvisí především s nesprávným tříděním a kontaminací těchto složek (Riber a kol, 2009). *Plasty* jako složka komunálního odpadu je v obecném pojetí považována za významný problém, přičemž jejich komplexní vliv je předmětem neustálých studií (Barnes a kol., 2009; Schwarz a kol, 2019). Kategoriemi odpadů bez zásadních vlivů jsou *sklo*, *železné i neželezné kovy* a *inertní materiály*. *Sklo* se rozkládá pouze za specifických podmínek prostředí, poté se až uvolňují toxické látky do prostředí. Jinak je velmi stabilní (Wei a kol., 2014). *Kovy* jako součást odpadu tvoří malý podíl, díky tomu se jejich negativní vliv nemůže tolik projevit (Haupt, 2018). Množství v odpadu souvisí s jejich výkupem a možností druhotného využití skýtající nemalé finanční hodnoty a šetření přírodních zdrojů (Corder a kol., 2015). Jejich toxicita je ovlivněna především hodnotou pH okolního prostředí, tedy nemusí představovat za určitých podmínek nebezpečí (Peterson a kol, 1984; Starodub a kol., 1987).

Jednotlivé dopadové kategorie lze mezi sebou také srovnávat v rámci Normalizačního modelu k produkci směsného komunálního odpadu na jednoho obyvatele ve vybrané obci (viz tabulky č. 9 a 10). Podíl jednotlivých dopadových

kategorií na environmentální zatížení KO z vybrané obce znázorňuje obr. č. 5 níže. Nejvýznamnější environmentální dopady jsou spojeny s dopadovou kategorií Humánní toxicita, přičemž hlavní část tohoto zatížení souvisí s odpadovou kategorií jemná frakce (86,47 %). Dále je významně zasažena dopadová kategorie Klimatické změny, kde hlavní podíl tvoří *plasty* (51,21 %), *papír a lepenka* (18,06 %) a *textilie s ostatními odpady* (17,32 %). Dle výsledků práce je pak nejméně dotčena dopadová kategorie Poškození ozónové vrstvy. Environmentální aspekty modelované pro KO vybrané obce jsou srovnatelné s environmentálními dopady spojenými s KO pro ČR v rámci databáze Ecoinvent jak znázorňuje tabulka č. 11.

Podíl vlivu dopadových kategorií



Obrázek č. 5: Podíl dopadových kategorií na celkové environmentální zátěži KO z vybrané obce

4.3 Návrh opatření

Možnosti na snížení environmentálních dopadů směsného komunálního odpadu ve vybrané obci souvisejí s pyramidou nakládání s odpady (Plán odpadového hospodářství ČR, 2014). Spolehlivý přístup musí být kritický a současně kreativní. Měl by vycházet ze stávajících silných stránek města a stavět na nich a zapojit všechny zúčastněné strany do navrhování vlastních místních modelů (Wilson a kol., 2012). Využití databáze Ecoinvent dává ucelený obraz dopadů díky šíři svého záběru. Jeho velkou předností jsou neustálé aktualizace databáze (Kulczycka a kol., 2015). Bez řádného systému sběru a správy dat je obtížné být odpovědný a vypracovat řádné strategie a rozpočet. Je-li znalost moc, může město bez znalosti tvorby a zpracování svého SKO postrádat sílu provádět pozitivní změny (Wilson a kol., 2012). Ukládání SKO na skládky má totiž největší dopad na životní prostředí

(Cherubini a kol., 2009; Kočí a Trecakova, 2011). Nejvhodnějším opatřením je samotné omezování vzniku odpadu. Co se týká obalových materiálů, jsou trendem bezobalové obchody, kdy zákazník přichází do obchodu se svými nádobami na různé potraviny a polotovary (Bez obalu, 2020). Město by mohlo podpořit vznik takového obchodu nabídkou prostor pro podnikání, či odběrem surovin sebou zřizovaných složek např. školky a školy (Mareš, 2019). Další možností je podpora opravárenských dílen a drobných živnostníků, jež se zabývají opravou starých a rozbitých spotřebičů, jako to dělá například Liberecký kraj (Miklasová, 2018). Pokud už se z výrobku stane odpad, je vhodné s ním patřičně nakládat. Město by mohlo doplnit systém sběrných nádob. Vzhledem k negativním vlastnostem textilií v dopadových kategoriích (viz výsledky) by mohl být systém doplněn o sběrné nádoby na použité a znehodnocené textilie a pryže. V současnosti se separují pouze textilie vhodné pro další využití v sociálních zařízeních (Diakonie Broumov). Možností by mohla být změna z donáškového systému na odvozový systém Door to door, který je trendem. Ten vykazuje vyšší procento separace (Hlavenka, 2018). Ve vztahu k mnoha environmentálním dopadovým kategoriím má ovšem pozitivnější vliv systém donáškový při použití kovových nádob (Rives a kol., 2010). Systém Door to door má výrazné negativní dopady v kategorii Změny ozonové vrstvy a toxicity pro člověka (Iriarte a kol., 2008). Odvozový systém by jistě měl opodstatnění pro separaci BRKO, jako je trendem souvisejícím s legislativními povinnostmi (MŽP, 2020). V roce 2015 byly ve vybrané obci v rámci dotační podpory rozdány občanům kompostéry v počtu 294 ks o objemu 900 litrů a 33 ks o objemu 450 litrů. Biologicky rozložitelný odpad tvoří 10 % směsného komunálního odpadu (tab. 4). Během pilotního projektu svozu BRKO (11 měsíců) bylo z 92 nádob o objemu 240 litrů s frekvencí svozu 1x za 14 dní shromážděno 32,96 tun BRKO. Průměrné roční množství 42,02 tuny BRKO v komunálním odpadu za období (2014 až 2018) odpovídá 117 nádobám o objemu 240 litrů s frekvencí svozu 1x za 14 dní, jak ukázal pilotní projekt. To potvrzuje naši hypotézu č. 2, že implementací vyššího počtu nádob na separaci *biologicky rozložitelného odpadu*, lze docílit snížení environmentálního zatížení vázaného na tuto kategorii odpadu o >30 %. Výsledek tedy ukázal vysokou efektivitu separace. Odvozový systém BRKO by mohl hypoteticky zvýšit množství na stovky tun ročně. Toho by se mohlo využít na stávající kompostárně. Případně by mohlo být iniciací pro vznik bioplynové stanice (Igonico a kol., 2008) a výrobu elektrické energie (Rada a kol., 2014).

Doplňkovým způsobem by mohla být separace do pytlů, např. zbytků jídla a odpadu živočišného odpadu, nebo kontaminovaných odpadů (Etjabou a kol., 2015). To ovšem souvisí s moderní dotříd'ovací linkou. Začlenění automatizačních technik do třídění SKO by zlepšilo účinnost třídících systémů kromě kvality, konzistence a bezpečnosti recyklačního procesu (Parasuraman a kol., 2000). Linka je schopna smíšený odpad rozdělit na různé složky pro následné adekvátní využití. Zamezilo by se tedy ukládání odpadu ve smíšené formě. Dotříd'ování odpadu ručně navíc vystavuje pracovníky toxickému a patogennímu nebezpečí (Gundupalli a kol., 2016). Linek je na území Jihočeského kraje celkem sedm, tím by tyto kapacity mohly být posíleny, jak je zamýšleno v rámci návrhů opatření MŽP. Dotříd'ovací linka by dozajista pomohla s oddělením jemné frakce, která má významný negativní vliv na dopadové kategorie Sladkovodní eutrofizace a Humánní toxicita. Jemná frakce tvoří běžně značnou část směsného odpadu (Jani a kol., 2016). V jemné frakci se nachází značné koncentrace Mn, Ni, Co, Cd, Cr a Pb. Mohla by se tedy stát využitelným zdrojem uzavírajícím smyčku cyklu antropogenního materiálu, protože jemná frakce má skrytý potenciál cenných materiálů (Burlakovs a kol., 2018). Rozseparovaný odpad by se mohl posléze využít pro recyklaci. Město by dále mělo v rámci cirkulární ekonomiky podporovat používání recyklovaných materiálů při svých investicích a mělo by být podmínkou při zadávání výběrových řízení na zhotovitele staveb (Mareš, 2019). Odpady, které by se díky své povaze nebo kontaminaci nedaly využít pro recyklaci, by bylo vhodné energeticky využít (Haupt, 2018) navzdory ne zrovna příznivým dopadům (Yay, 2015). Základním krokem by mohlo být doplnění dotříd'ovací linky o navazující linku na výrobu TAP. Ten by mohl být využit pro potřeby tepláren nebo cementáren. Jak ovšem uvádí strategické dokumenty k nakládání s odpady, mohla by přicházet v úvahu výstavba ZEVO pro potřeby města (CEWEP, 2019). Takovéto zařízení by se navzdory malému množství zplodin stalo tématem diskuzí a bylo by na vedení města, aby nastalou situaci vyřešilo. Vždy je nakonec otázkou komunálních politiků, jak k otázce odpadů přistoupí (Haupt, 2018). Nakládání s odpady je také otázkou ekonomiky, především co se týká výše poplatků. Novela odpadového zákona to jistě ovlivní ve vztahu k datu konce skládkování a výši poplatků za uložení odpadu na skládku (MŽP, 2020). Nelze doporučit jedno nejvhodnější opatření, ale soubor provázaných kroků, které povedou ke snížení environmetálních dopadů SKO odpadu (Yay, 2015).

5 Závěr

Cílem práce bylo shrnout problematiku odpadového hospodářství a posoudit možnosti opatření vedoucí ke snižování produkce SKO ve vazbě na environmentální zatížení. Na základě vstupních dat lze říci, že složení odpadu ve vybrané obci odpovídá celostátním hodnotám uváděným společností EKO – KOM. Výsledky environmentálních dopadů vybrané obce založené na specifickém složení odpadu se zásadně neliší od souhrnných hodnot z databáze Ecoinvent pro odpad z ČR. V rámci normalizace jsou nejvýznamnější environmentální dopady spojeny s dopadovou kategorií Humánní toxicita, přičemž hlavní část tohoto zatížení souvisí s odpadovou kategorií *jemná frakce* (86,47 %). Dále je významně zasažena dopadová kategorie Klimatické změny, kde hlavní podíl tvoří *plasty* (51,21 %), *papír a lepenka* (18,06 %) a *textilie s ostatními odpady* (17,32 %). Nelze uvést konkrétní řešení, které by vyřešilo celý systém nakládání s odpady ve vybrané obci. Ať už by se jednalo o optimalizaci systému, nebo o celou změnu. Vždy se bude jednat o řadu na sebe navazujících opatření.

Základním krokem by mělo být zpracování nového Plánu odpadového hospodářství vybrané obce participativním způsobem. Svým způsobem vzniku by přiblížil obyvatelům obce moderní aspekty odpadového hospodářství. Dále by je mohl seznámit s dopady jimi produkováných odpadů. Navrhl by jistě efektivní možnosti řešení problematiky, s nimiž by byli obyvatelé města ztotožnění. Tím by také byl položen základní kámen edukace, která musí být soustavná a dlouhodobá v tomto odvětví. V rámci předcházení vzniku odpadu by mohl vzniknout bezobalový obchod v městských prostorech pro podnikání. Donáškový systém by se měl změnit na odvozový pro základní komodity odpadu: papír, plast, BRO a SKO. Takto lze efektivně separovat plastový odpad, jenž má velký environmentální dopad. Sběrná hnízda by se měla doplnit o možnost třídít nepoužitelný textil a pryž. Tyto komodity mají také velký environmentální dopad. Před uložením odpadu na skládku by měl být ještě zpracován na moderní sofistikované dotřídňovací lince. Tím by mohla být separována jemná frakce s výraznými environmentálními dopady. Zbytkový odpad by bylo efektivní zpracovat na TAP. Optimalizace systému by znamenala zlepšení ekonomické a environmentální účinnosti.

6 Seznam literatury

BALOCH, Tomáš a Michal ŠYC, 2019. Moderní přístup ke škvárovému hospodářství v ZEVO. *Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, 20(6/2019), 2. ISSN 1212-7779.

BARNES, David KA, et al. *Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments*. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2009, 364.1526: 1985-1998.

BAUMANN, H. a A.M. TILLMAN. *The hitch hiker's guide to LCA: an orientation in life cycle assessment methodology and application*. Sweden: Holmes i Malmo AB, 2012. ISBN 91-440-2364-2.

BAUMANN, Henrikke a Anne-Marie TILLMAN, 2004. *The hitch hiker's guide to LCA: an orientation in life cycle assessment methodology and application*. Lund, Sweden: Studentlitteratur. ISBN 91-440-2364-2.

BENEŠOVÁ, Libuše, 2009. *Skladba komunálního odpadu v ČR*. Dostupné také z: https://www.czp.cuni.cz/czp/images/stories/2012/odpady/1-skladba_komunalniho_odpadu-benesova.pdf

BERNAS, Jaroslav, 2018. *Environmentální, energetické a ekonomické aspekty pěstování vybraných energetických rostlin*. České Budějovice. Disertační práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Jan Moudrý.

Bez obalu [online], 2020 [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://bezobalu.org/>

Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H., Lammel, J. (2004). *Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology: I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop production*. European Journal of Agronomy, 20(3), 247-264.

BURLAKOV, Juris, et al. *On the way to 'zero waste' management: Recovery potential of elements, including rare earth elements, from fine fraction of waste*. Journal of Cleaner Production, 2018, 186: 81-90.

CEWEP, Waste-to-Energy Plants in Europe in 2017, 2019. *CEWEP: Confederation of European Waste-to-Energy Plants* [online]. 2019 [cit. 2019-12-01]. Dostupné z: <https://www.cewep.eu/waste-to-energy-plants-in-europe-in-2017/>

CORDER, G. D.; GOLEV, A.; GIURCO, D. "*Wealth from metal waste*": translating global knowledge on industrial ecology to metals recycling in Australia. Minerals Engineering, 2015, 76: 2-9.

ČÁP, Rostislav, 2018. Polemika k recyklaci a využití komunálního odpadu. *Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, **19**(4/2018), 1. ISSN 1212-7779.

Český statistický úřad [online], [cit. 2019-12-01]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/x/zivotni_prostredi-xc

ČEZ - Co je ZEVO, In: ČEZ [online]. [cit. 2019-12-08]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/zevo/co-je-zevo.html>

Ecoinvent: The ecoinvent Database [online], [cit. 2020-02-02]. Dostupné z: <https://www.ecoinvent.org/database/database.html>

EDJABOU, Maklawe Essonawawe, et al. *Municipal solid waste composition: Sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation*. Waste Management, 2015, 36: 12-23.

EKO-KOM Výroční shrnutí 2017 EKO-KOM, <https://www.ekokom.cz/> [online]. [cit. 2019-12-01]. Dostupné z: https://www.ekokom.cz/uploads/attachments/Obecne/Ekokom_VyrocnShrnuti2017_blur_P REVIEW.pdf

Ekolist - Český vynález přináší revoluci do stavebnictví. Skanska začala používat recyklovaný beton, In: *Ekolist.cz* [online]. 13.10.2019 [cit. 2019-12-07]. Dostupné z:

<https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/cesky-vynalez-prinasi-revoluci-do-stavebnictvi.skanska-zacala-pouzivat-recyklovany-beton>

FILIP, Jiří, Jana KOTOVICOVÁ a František BOŽEK, 2003. *Komunální odpad a skládkování*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-7157-712-x.

GEUSS, Erik, 2018. Ekologické zátěže se postupně daří řešit. *Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, **19**(2/2018), 1. ISSN 1212-7779.

GRODA, Bořivoj, 1997. *Technika zpracování odpadů II*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-7157-264-0.

GOEDKOOP, M., R. HEIJUNGS, M. HUIJBREGTS, A. DE SCHRYVER, J. STRUIJS a R. VAN ZELM. *ReCiPe 200 8: a life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level*. The first version. Den Haag: Ministerie van VROM, 2013.

GUINÉE, Jeroen, B. *Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002. ISBN 14-020-0228-9.

GUNDUPALLI PAULRAJ, Sathish; HAIT, Subrata; THAKUR, Atul. *Automated municipal solid waste sorting for recycling using a mobile manipulator*. In: ASME 2016 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers Digital Collection, 2016.

HÁJEK, Martin, 2019. Skládkování může přijít Českou republiku draho. *Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, **20**(1/2019), 1. ISSN 1212-7779.

HAMŠÍK, Tomáš, 2018. Mechanická předúprava a následné třídění odpadů. *Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, **19**(11/2018), 2. ISSN 1212-7779.

HARRISON, Roy, M. *Pollution: causes, effects, and control*. 4th ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2001. ISBN 08-540-4621-6.

HAUPT, Melanie; KÄGI, Thomas; HELLWEG, Stefanie. *Modular life cycle assessment of municipal solid waste management*. Waste management, 2018, 79: 815-827.

HAUSCHILD, Michael Z., Ralph K. ROSENBAUM a Stig Irving OLSEN, ed., 2018. *Life Cycle Assessment [online]*. Cham: Springer International Publishing [cit. 2020-01-31]. DOI: 10.1007/978-3-319-56475-3. ISBN 978-3-319-56474-6.

HEJÁTKOVÁ, Květuše, 2018. Bioodpad, technologie v regionu. *Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, **19**(7-8/2018), 3. ISSN 1212-7779.

HLAVENKA, Tomáš, 2018. Door to door sběr odpadů ekonomicky, environmentálně a sociálně udržitelně. *Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, **19**(9/2018), 2. ISSN 1212-7779.

HOSPIDO, Almudena, et al. *a review of methodological issues affecting LCA of novel food products*. The international journal of life cycle assessment, 2010, 15.1: 44-52.

HUIJBREGTS, M.A.J., L. BREEDVELD, G. HUPPES, A. DE KONING, L. VAN OERS a S. SUH. *Normalisation figures for environmental life-cycle assessment*. *Journal of Cleaner Production*. 2003, 11(7), 737-748. DOI: 10.1016/S0959-6526(02)00132-4. ISSN 09596526.

HUIJBREGTS, M.A.J., W. SCHÖPP, E. VERKUIJLEN, R. HEIJUNGS a L. REIJNDERS. *Spatially Explicit Characterization of Acidifying and Eutrophying Air Pollution in Life-Cycle Assessment*. *Journal of Industrial Ecology [online]*. 2000, 4(3), 75-92. DOI: 10.1162/108819800300106393. ISSN 1088-1980.

HYBSKÁ, Helena, Martina LOBOTKOVÁ, Veronika VELKOVÁ a Marianna PALUGOVÁ, 2019. je voda po hasení kontaminantom životného prostredia? *Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, **20**(10/2019), 2. ISSN 1212-7779.

CHERUBINI, Francesco; BARGIGLI, Silvia; ULGIATI, Sergio. *Life cycle assessment (LCA) of waste management strategies: Landfilling, sorting plant and incineration*. *Energy*, 2009, 34.12: 2116-2123.

CHUDÁREK, Tomáš. *Odpadové hospodářství v praxi*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013, 157 s. ISBN 978-80-210-6601-4.

IGONI, A. Hilkih, et al. *Designs of anaerobic digesters for producing biogas from municipal solid-waste*. *Applied energy*, 2008, 85.6: 430-438.

JANI, Yahya, et al. *Characterisation of excavated fine fraction and waste composition from a Swedish landfill*. *Waste Management & Research*, 2016, 34.12: 1292-1299.

JUDL, J. *Posuzování životního cyklu systémů osobní dopravy*. Vysoká škola chemicko technologická v Praze, Praha, 2010. Diplomová práce.

Jury, C., Benetto, E., Koster, D., Schmitt, B., & Weltring, J. (2010). *Life cycle assessment of biogas production by monofermentation of energy crops and injection into the natural gas grid*. *Biomass and Bioenergy*, 34(1), 54-66.

KHASREEN, Mohamad; BANFILL, Phillip F.; MENZIES, Gillian. *Life-cycle assessment and the environmental impact of buildings: a review*. *Sustainability*, 2009, 1.3: 674-701.

KEBOVÁ, Barbora, 2018. Cirkulární kavárny jako cesta za minimalizací vzniku odpadu. *Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, **19**(11/2018), 1. ISSN 1212-7779.

KIM, S., DALE, B. E. (2005). *"Life cycle assessment of various cropping systems utilized for producing biofuels: Bioethanol and biodiesel."* *Biomass & Bioenergy* 29(6): 426-439.

KISLINGER, Radek a Jan PECL, 2019. Odpadové hospodářství z pohledu zjištění příčin požárů. *Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, **20**(4/2019), 3. ISSN 1212-7779.

Kočí, V. *Posuzování životního cyklu - Life Cycle Assessment - LCA*. Ekomonitor, Chrudim 2009, ISBN 978-80-86832-42-5. pp. 263.

Kočí, V. (2010). *Příručka základních informací o posuzování životního cyklu: LCA*. VŠCHT Praha, 27.

Kočí, V. (2012). *na LCA založené srovnání environmentálních dopadů obnovitelných, LCA studio*, Ústav chemie ochrany prostředí, VŠCHT Praha, 111 p.

KOCI, Vladimír; TRECAKOVA, Tatiana. *Mixed municipal waste management in the Czech Republic from the point of view of the LCA method*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2011, 16.2: 113-124.

KOLÁŘ, Ladislav a Stanislav KUŽEL, 2000. *Odpadové hospodářství*. České Budějovice: Jihočeská univerzita. ISBN 80-7040-449-3.

Komunální odpad [online], [cit. 2019-11-30]. Dostupné z: <http://komunalniodpad.eu/?str=pojmy>

KOROTENKO, Ekaterina, Michal ŠYC a Josef JADRNÝ, 2019. *Moderní postupy zpracování ze ZEVO v kontextu cirkulární ekonomiky. Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, **20**(6/2019), 2. ISSN 1212-7779.

KOS, Miroslav, 2019. *Metody Sludge-to-Energy jako součást cirkulární ekonomiky. Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, **20**(6/2019), 2. ISSN 1212-7779.

Kotovicová, J. (2003). *Čistší produkce*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 134 s.

KRAFT, Daniel, 2018. *Možné je konat již teď. Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, **19**(9/2018), 2. ISSN 1212-7779.

KULCZYCKA, Joanna, et al. *Life Cycle Assessment of Municipal Solid Waste Management-Comparison of Results Using Different LCA Models*. Polish Journal of Environmental Studies, 2015, 24.1.

KURAŠ, Mečislav. *Odpady a jejich zpracování*. Vyd. 1. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2014, 343 s. ISBN 978-80-86832-80-7.

LANGHANS, Jan, 2019. *Dobře utajené nápojové plechovky. Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách.* Praha: České ekologické manažerské centrum, **20**(11/2019), 1. ISSN 1212-7779.

MAREŠ, Petr, 2019. *ZEVO není spalovna. Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách.* Praha: České ekologické manažerské centrum, **20**(6/2019), 3. ISSN 1212-7779.

MARŠÁK, Jan, 2019. *Příprava strategie oběhového hospodářství České republiky "Cirkulární Česko 2040." Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách.* Praha: České ekologické manažerské centrum, **20**(9/2019), 1. ISSN 1212-7779.

MATUŠTÍK, Jan. *Metoda LCA a její využití k zhodnocení enviromentálních dopadů spotřeby jednotlivce. Odpadové hospodářství.* 2018, **20**(2/2019), 12 - 13. ISSN 1212-7779.

MIKLASOVÁ, Markéta, 2018. *Aktivity Libereckého kraje v oblasti předcházení vzniku odpadů. Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách.* Praha: České ekologické manažerské centrum, **19**(9/2018), 1. ISSN 1212-7779.

NAKAMURA, Shinichiro; KONDO, Yasushi. *Input-output analysis of waste management.* Journal of Industrial Ecology, 2002, 6.1: 39-63.

PARASURAMAN, Raja; SHERIDAN, Thomas B.; WICKENS, Christopher D. *a model for types and levels of human interaction with automation. IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics-Part A: Systems and Humans,* 2000, 30.3: 286-297.

PETERSEN, Cecilia Mattsson; BERG, Per EO; RÖNNEGÅRD, Lars. *Quality control of waste to incineration-waste composition analysis in Lidköping, Sweden.* Waste management & research, 2005, 23.6: 527-533

PETERSON, Hans G.; HEALEY, F. Patrick; WAGEMANN, Rudolf. *Metal toxicity to algae: a highly pH dependent phenomenon. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 1984, 41.6: 974-979.

REMTOVÁ, Květa. *Strategie podniku v péči o životní prostředí: dobrovolné nástroje*. Praha: Oeconomica, 2006. ISBN 80-245-1086-3.

REMTOVÁ, Květa. Posuzování životního cyklu-metoda LCA. Ministerstvo životního prostředí, 2003. ISBN 80-7212-232-0

RIBER, Christian; PETERSEN, Claus; CHRISTENSEN, Thomas H. *Chemical composition of material fractions in Danish household waste*. Waste Management, 2009, 29.4: 1251-1257.

RIVES, Jesús; RIERADEVALL, Joan; GABARRELL, Xavier. *LCA comparison of container systems in municipal solid waste management*. Waste Management, 2010, 30.6: 949-957.

RITSCHELOVÁ, Iva a kol. *Politika životního prostředí: vybrané kapitoly*. Vyd. 1. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně, 2006. 232 s. Environmentální management; 9. ISBN 80-7044-779-6.

ROY, Poritosh, et al. *a review of life cycle assessment (LCA) on some food products*. Journal of food engineering, 2009, 90.1: 1-10.

SCHWARZ, A. E., et al. *Sources, transport, and accumulation of different types of plastic litter in aquatic environments: a review study*. Marine pollution bulletin, 2019, 143: 92-100.

SOLOMON, Susan, Dahe QIN, Martin MANNING, Melinda MARQUIS, Kristen AVERYT, Melinda M. B. TIGNOR, Henry LyRoy MILLER Jr. *Contribution of Working Group i to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York: Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-70596-7.

SONG, Qingbin, Jinhui LI a Xianlai ZENG, 2015. *Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy*. Journal of Cleaner Production [online]. **104**, 199-210 [cit. 2019-11-26]. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.08.027. ISSN 09596526. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095965261400849X>

SOVOVÁ, Jana, 2019. *Aktuální situace na trhu se sběrovým papírem. Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, **20**(10/2019), 2. ISSN 1212-7779.

STARODUB, Mary Ellen, et al. *Influence of complexation and pH on individual and combined heavy metal toxicity to a freshwater green alga*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1987, 44.6: 1173-1180.

Státní politika životního prostředí České republiky: 2004-2010. 2004. Praha: Ministerstvo životního prostředí, c2004. ISBN 80-7212-283-5.

STEJSKAL, Bohdan a Anna MALSOVÁ, 2018. Porovnání složení a produkce domovního bioodpadu z rodinných domů a bytových jednotek. *Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, **19**(7-8/2018), 2. ISSN 1212-7779.

ŠŤASTNÁ, Jarmila, MŽP motivuje obce k zavádění systému „Zaplatiš, kolik vyhodíš“. In: *Odpady online* [online]. [cit. 2019-11-26]. Dostupné z: <https://www.odpady-online.cz/mzp-motivuje-obce-k-zavadeni-systemu-zaplatis-kolik-vyhodis/>

ŠTUDENT, Jiří, 2018. Materiálová recyklace je, když se vytríděný materiál promění na konečný výrobek. *Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, **19**(9/2018), 3. ISSN 1212-7779.

ŠTUDENT, Jiří, 2018. Výsledky průzkumu: Obce a odpadové hospodářství. *Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, **19**(5/2018), 2. ISSN 1212-7779.

TISKOVÉ ODDĚLENÍ MŽP, 2019. Česko čeká velká odpadková revoluce, vláda dnes schválila novou odpadovou legislativu. Ministerstvo životního prostředí: Tiskové zprávy [online]. Praha, 9.12.2019 [cit. 2020-02-09]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_20191207_cesko_ceka_velka_odpadkova_revolute_vlada_dne_s_schvalila_novou_odpadovou_legislativu

ŠYC, Michal, 2019. Energetické využití odpadů jako součást cirkulární ekonomiky. *Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, **20**(3/2019), 2. ISSN 1212-7779.

TULIS, Radek, 2018. Třídění bioodpadu a upravený svoz v Jihlavě překreslily grafy. *Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, **19**(7-8/2018), 1. ISSN 1212-7779.

VESELSKÝ, Josef, 2018. Cirkulární kavárny jako cesta za minimalizací vzniku odpadu. *Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, **19**(11/2018), 2. ISSN 1212-7779.

VOŠTOVÁ, Věra, Vlastimil ALTMAN, Jiří FRIES a Karel JEŘÁBEK, 2009. *Logistika odpadového hospodářství*. Praha: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 978-80-01-04426-1.

VOVESNÝ, Vojtěch, 2018. Od teorie k praxi: rozvoj cirkulární ekonomiky v ČR mohou podpořit tzv "Green deals." *Odpadové hospodářství: Waste Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, **19**(4/2018), 1. ISSN 1212-7779.

WEI, Yunmei, et al. *Geoenvironmental weathering/deterioration of landfilled MSWI-BA glass*. Journal of hazardous materials, 2014, 278: 610-619.

WEINZETTEL, Jan. *Posuzování životního cyklu (LCA) a analýza vstupů a výstupů (IOA): vzájemné propojení při získávání nedostupných dat*. České vysoké učení technické v Praze, Praha, 2008. *Disertační práce*.

WENZEL, H., M. HAUSCHILD a L. ALTING. *Environmental assessment of products*. New York: Chapman, 1998. ISBN 0412808005-1.

WILSON, David C., et al. *Comparative analysis of solid waste management in 20 cities*. Waste Management & Research, 2012, 30.3: 237-254.

YAY, A. Suna Erses. *Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya*. Journal of Cleaner Production, 2015, 94: 284-293.

ZAPLETALOVÁ, Petra a Gabriela Buda ŠEPELOVÁ, 2018. Hodnocení zpětného odběru vybraných výrobků v České republice v roce 2019. *Odpadové hospodářství: Waste*

Management Forum : Odborný měsíčník o odpadech a druhotných surovinách. Praha: České ekologické manažerské centrum, **19**(4/2018), 3. ISSN 1212-7779.

7 Zákony a vyhlášky

ČNI. ČSN EN ISO 14040 (2006a). Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova. Český normalizační institut.

ČNI. ČSN EN ISO 14044 (2006b). Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Požadavky a směrnice. Český normalizační institut.

Ministerstvo životního prostředí: Platná legislativa [online], Praha [cit. 2020-02-09]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/categories.xsp?OpenView&Start=1&Count=30&Expand=3#3>

Návrh optimální sítě zařízení k nakládání s odpady v rámci celé ČR včetně stanovení potřebných kapacit těchto zařízení ve všech krajích: 1.1.2 Návrh optimální sítě zařízení v krajích a v ČR, In: Dostupné také z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_po8_opzp_2007_2013/\\$FILE/OODP-1_1_2_MZP_FIN-20160810.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_po8_opzp_2007_2013/$FILE/OODP-1_1_2_MZP_FIN-20160810.pdf)

PLÁN ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ ČR, 2014. Ministerstvo životního prostředí: Plány odpadového hospodářství ČR [online]. Praha, 22.12.2014 [cit. 2020-02-09]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_jihocesky_kraj

PLÁN ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ JIHOČESKÉHO KRAJE, 2015. Ministerstvo životního prostředí: Plány odpadového hospodářství krajů [online]. České Budějovice, 05.2015 [cit. 2020-02-09]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_jihocesky_kraj

PLÁN ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ MĚSTA VODŇANY, Město Vodňany [online]. Vodňany, 12.2016 [cit. 2020-02-09]. Dostupné z: http://www.vodnany.eu/assets/File.ashx?id_org=18428&id_dokumenty=442434

Vyhláška o Katalogu odpadů [online], [cit. 2019-11-26]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-93>

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In Sbíрка zákonů ČR, ročník 2001, částka 71. Dostupné na: <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185>> [cit. 2019-11-26]. ISSN 1211-1244

Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech). In Sbíрка zákonů ČR, ročník 2001, částka 172. Dostupné na: <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-477>> [cit. 2020-02-08]. ISSN 1211-1244

Zákon č. 25/2008 Sb., o integrovaném registru znečišťování životního prostředí a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí a o změně některých zákonů, 2008. In: částka 11. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-25>

8 Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Skladba směsného komunálního odpadu v ČR v roce 2017 (EKO-KOM, 2017)	12
Obrázek č. 2: Skladba směsného komunálního odpadu v ČR (Groda, 1997).....	13
Obrázek č. 3: Schéma LCA (Kočí, 2009)	26
Obrázek č. 4: Způsoby nakládání s odpady na území města (Plán odpadového hospodářství Města Vodňany, 2016)	36
Obrázek č. 5: Podíl dopadových kategorií na celkové environmentální zátěži KO z vybrané obce.....	50

9 Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Nejdůležitější evropské předpisy pro nakládání s odpady	21
Tabulka č. 2: Seznam dopadových kategorií	29
Tabulka č. 3: Množství komunálního odpadu v letech 2014 – 2018	40
Tabulka č. 4: Složení směsného komunálního odpadu	41
Tabulka č. 5: Frakce třídění	41
Tabulka č. 6: Průměrné množství SKO v tunách a průměrný počet obyvatel	43
Tabulka č. 7: Environmetální zatížení vázané k produkci SKO jednoho obyvatele a rok (Charakterizační model)	44
Tabulka č. 8: Environmetální zatížení (v % v rámci jednotlivých kategorií) vázané k produkci SKO jednoho obyvatele a rok (Charakterizační model).....	45
Tabulka č. 9: Environmetální zatížení vázané k produkci SKO jednoho obyvatele a rok (Normalizační model).....	46
Tabulka č. 10: Environmetální zatížení (v % v rámci jednotlivých kategorií) vázané k produkci SKO jednoho obyvatele a rok (Normalizační model).....	47
Tabulka č. 11: Srovnání výsledků z vybrané obce a hodnot databáze Ecoinvent.....	48