



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV PROCESNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF PROCESS ENGINEERING

# ANALÝZA SLOŽENÍ KOMUNÁLNÍCH ODPADŮ, JEJICH PŮVODU A URČENÍ POTENCIÁLU PRO ZMĚNY

MUNICIPAL WASTE COMPOSITION AND ORIGIN ANALYSIS FOR POTENTIAL IMPROVEMENTS

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Kučera

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Vlastimír Nevrlý

BRNO 2018

## Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav procesního inženýrství
Student:	David Kučera
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Vlastimír Nevrlý
Akademický rok:	2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Analýza složení komunálních odpadů, jejich původu a určení potenciálu pro změny**

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

V posledních letech je kladen větší důraz na snižování produkce všech odpadů z důvodu enormního zatěžování životního prostředí. V případě komunálních odpadů se jich není možné zcela zbavit. Dnešním trendem je přeměna z lineární struktury k oběhovému hospodářství. Důraz by měl být kladen na to, aby zpracování bylo co nejvíc jednoduché z technologického hlediska a perspektivní z pohledu ekonomiky. Prvním krokem je analýza současného stavu komunálních odpadů a dále návrh změn, které povedou k zkvalitnění odpadového hospodářství.

#### **Cíle bakalářské práce:**

- seznámení se základními principy oběhového hospodářství
- analýza současného stavu komunálních odpadů
- vytipování klíčových odpadových proudů s vazbou na nakládání s odpadem
- ekonomický a technologický návrh změn pro udržitelné odpadové hospodářství

#### **Seznam doporučené literatury:**

GALLAUD, Delphine. Circular economy, industrial ecology and short supply chain. Innovation, entrepreneurship and management series, volume 4. ISBN 978-1-84821-879-6.

Komunální odpad – výsledky projektu „Výzkum vlastností komunálních odpadů a optimalizace jejich využívání“ SP/2f1/132/08. Dostupné na [www: http://www.komunalniodpad.eu/](http://www.komunalniodpad.eu/).

Ministerstvo životního prostředí ČR: Plán odpadového hospodářství ČR pro období 2015 – 2024. Prosinec 2014, dostupné na [www: http://www.mzp.cz/cz/plan\\_odpadoveho\\_hospodarstvi\\_cr](http://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr).

BEŇO, Zdeněk. Recyklace: efektivní způsoby zpracování odpadů. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního a ekologického inženýrství, 2011. ISBN 978-80-2-4-4240-5.

Sdělení Komise COM(2015) 614 Uzavření cyklu — akční plán EU pro oběhové hospodářství, Návrh směrnice upravující směrnici 94/62/ES o obalech a obalových odpadech, Návrh směrnice upravující směrnici 99/31/ES o skládkování odpadů, Návrh směrnice upravující směrnici 2008/98/ES o odpadech.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

-----  
prof. Ing. Petr Stehlík, CSc., dr. h. c.  
ředitel ústavu

-----  
doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Předkládaná bakalářská práce se zabývá analýzou produkce a složení odpadu v domácnostech. Je zde představena legislativa vztahující se k českému odpadovému hospodářství, komunální odpady a způsoby jejich zpracování. Další část je věnována případové studii, kde je vysvětlena metodika a popis vybraných kategorií pro sběr dat. Získaná data o produkci komunálního odpadu v českých domácnostech jsou zpracována v programu MS Excel. K analýze dat jsou využity statistické metody, jejichž výstupy ukázaly rozdíly v produkci jednotlivých složek komunálního odpadu a rozdíly mezi typem domácnosti. Výsledky zároveň stanovily odhad potenciálu pro třídění komunálního odpadu.

### **Klíčová slova**

Komunální odpad, směsný komunální odpad, odpadové hospodářství, analýza produkce odpadu, složení odpadu, třídění, recyklace

## **ABSTRACT**

The Bachelor's thesis concerns analysis of composition and production of waste in households. It also introduces legal system regarding Czech municipal waste management and means of waste processing. Another part of the thesis consists of case study, which explains used methodology and describes collected data of selected waste types. The collected data on municipal waste production in Czech households are processed in MS Excel. The results of the statistical methods used for analysis show differences in production of individual municipal waste components in different types of households. The results also estimate the potential of municipal waste sorting.

### **Keywords**

Municipal solid waste, mixed municipal waste, waste management, waste production analysis, waste composition, sorting, recycling

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

KUČERA, David. *Analýza složení komunálních odpadů, jejich původu a určení potenciálu pro změnu*. Brno 2018. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního inženýrství 36 s. 1 příloha. Vedoucí bakalářské práce Ing. Vlastimír Nevrlý.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Analýza složení komunálních odpadů, jejich původu a určení potenciálu pro změnu** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

David Kučera

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto Ing. Vlastimírovi Nevrlému za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování bakalářské práce.

## Obsah

1	Úvod.....	9
1.1	Legislativa .....	9
1.1.1	Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů č. 185/2001 Sb.....	10
1.1.2	Nařízení vlády o Plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015–2024 .....	10
1.1.3	Hierarchie nakládání s odpady .....	10
1.2	Základní pojmy .....	11
2	Komunální odpady .....	12
2.1	Způsoby zpracování KO.....	12
2.2	Složky komunálního odpadu .....	14
2.3	Složení SKO.....	16
3	Případová studie .....	18
3.1	Vlastní data .....	18
3.2	Metodika sběru dat.....	20
3.3	Výsledky.....	21
3.3.1	Data.....	21
3.3.2	Statistické zpracování dat .....	25
3.3.3	Určení potenciálu pro třídění KO .....	29
4	Závěr.....	31
	Seznam použitých zdrojů .....	32
	Seznam použitých symbolů a zkratk .....	34
	Seznam tabulek.....	35
	Seznam obrázků .....	36

# 1 ÚVOD

V současnosti se Evropská unie (EU) intenzivně zabývá účinnějším využíváním přírodních zdrojů a dalším nakládáním s nimi. V rámci toho je snaha přejít od tržního k oběhovému hospodářství. Cílem je co nejdéle využívat každý produkt, a po skončení doby jeho životnosti jej znovu využít jako zdroj, při současném snižování množství odpadů a negativních vlivů na životní prostředí.

Jedním z podmětů pro vznik této bakalářské práce (BP) je fakt, že se Česká republika při vstupu do EU zavázala mimo jiné k opětovnému použití a recyklaci 65 % komunálního odpadu (KO) do roku 2035. A dále například k postupnému omezení ukládání KO na skládky až na úroveň 10 % v roce 2035 nebo recyklaci 75 % obalových odpadů do roku 2030. [1]

KO skrývá obrovský potenciál, především jako zdroj druhotných surovin. Tento potenciál v současné době není ani zdaleka využit a většina odpadu v současnosti končí bez dalšího využití na skládkách odpadu. Významnou složkou KO je směsný komunální odpad (SKO), který je problematický především kvůli svému složení a nemožnosti dalšího využití.

V současnosti tvoří SKO velmi výrazný podíl KO a snahou je, aby tento podíl byl v budoucnu co nejmenší. Jedním z důvodů může být to, že je u nás KO nedostatečně tříděn, ať už přímo v místě vzniku v domácnostech nebo i následně během jeho dalšího zpracovávání. U třídění KO v domácnostech může být jedním z problémů skutečnost, že se v těsné blízkosti domácností nevyskytuje dostatečné množství kontejnerů na třídění odpadu a při větší vzdálenosti těchto kontejnerů od místa vzniku odpadů klesá zájem o třídění těchto odpadů.

Nejen z těchto důvodů je v posledních letech kladen čím dál větší důraz na snižování produkce odpadů. Ke snížení množství KO je nejprve nutné detailně znát jeho produkci, složení i původce vzniku jednotlivých složek. Při znalosti konkrétních složek odpadu je možné se zaměřit na zjištění příčin jejich vzniku a pokusit se stanovit možnosti pro jejich minimalizaci nebo úplné odstranění. Znalost těchto základních frakcí KO a jejich složení také může usnadnit další nakládání s nimi a jejich využití.

Jedním z hlavních cílů této práce je analýza produkce odpadu a stanovení potenciálu pro třídění jednotlivých složek z KO v domácnosti. Zvýšení míry separace odpadů je však jen prvním krokem ke zvýšení míry jejich recyklace. Přičemž využitelnost vyseparovaných odpadů není vždy jistá z důvodu technologické náročnosti a ekonomické nerentability.

## 1.1 Legislativa

Evropská komise v roce 2015 vydala balíček k oběhovému hospodářství, jehož hlavním cílem je snaha přejít k oběhovému hospodářství. Princip oběhového hospodářství by se dal stručně popsat asi takto: snažit se o předcházení vzniku odpadů, výrobky co nejdéle využívat a opravovat je, po skončení jejich životnosti je dále recyklovat a materiálově využívat. Pro přechod k oběhovému hospodářství je v rámci balíčku oběhového hospodářství zařazeno mimo jiné několik cílů. Tyto cíle jsou následně implementovány do plánu odpadového hospodářství (POH) ČR, přičemž některé z nich jsou zmíněny níže.

V ČR je v plánu již několik let nový zákon o odpadech. Mezi hlavní cíle tohoto zákona patří například zlepšení naplňování hierarchie nakládání s odpady, splnění povinností ČR vycházejících z nařízení a ze směrnic EU, podpora odklonu odpadů ze skládek, posílení ekonomických nástrojů (poplatky za ukládání odpadu na skládky) a další.

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

Tento zákon zapracovává předpisy Evropské unie [2] a upravuje

*a) 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,*

*b) práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství a*

*c) působnost orgánů veřejné správy v odpadovém hospodářství.*

### **1.1.2 Nařízení vlády o Plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015–2024**

*Závazná část Plánu odpadového hospodářství České republiky je povinným podkladem pro zpracování plánů odpadového hospodářství krajů a pro rozhodovací a jiné činnosti příslušných správních úřadů, krajů a obcí v oblasti odpadového hospodářství. Reflektuje strategii a vytyčené priority rozvoje odpadového hospodářství na delší období. Obsahuje cíle, zásady a opatření, které zohledňují politiku životního prostředí České republiky, evropské závazky České republiky a potřeby současného odpadového hospodářství v České republice. Závazná část Plánu odpadového hospodářství České republiky, je založena na principu dodržování hierarchie nakládání s odpady. [3]*

Z POH ČR [4] mimo jiné vyplývají tyto cíle:

- V roce 2020 alespoň 50 % hmotnosti všech odpadů znovu využít a recyklovat přinejmenším u materiálů jako jsou papír, plast, sklo, kov pocházejících z domácností.
- V roce 2020 ukládat na skládky maximálně 35 % hmotnosti biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO) z celkového množství BRKO vyprodukovaného v roce 1995.
- SKO využívat převážně energeticky (odklon od skládkování).
- Do roku 2020 recyklovat 70 % všech obalů, 50 % plastových obalů, 55 % kovových obalů.

### **1.1.3 Hierarchie nakládání s odpady**

*V rámci odpadového hospodářství musí být dodržována tato hierarchie [2] způsobů nakládání s odpady:*

*a) předcházení vzniku odpadů,*

*b) příprava k opětovnému použití,*

*c) recyklace odpadů,*

*d) jiné využití odpadů, například energetické využití,*

*e) odstranění odpadů.*

*Od hierarchie způsobů nakládání s odpady je možno se odchýlit v případě odpadů, u nichž je to podle posouzení celkových dopadů životního cyklu zahrnujícího vznik odpadu a nakládání s ním vhodné s ohledem na nejlepší celkový výsledek z hlediska ochrany životního prostředí. Při uplatňování hierarchie se zohlední*

*a) celý životní cyklus výrobků a materiálů, zejména s ohledem na snižování vlivu nakládání s odpady na životní prostředí a lidské zdraví,*

*b) technická proveditelnost a hospodářská udržitelnost,*

*c) ochrana zdrojů surovin, životního prostředí, lidského zdraví a hospodářské a sociální dopady.*

## **1.2 Základní pojmy**

V této části jsou definovány základní pojmy dle platné legislativy.

Odpad: Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit. [2]

Komunální odpad: Veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání. [2]

Směsný komunální odpad: Směsný komunální odpad je odpad zařazený dle Katalogu odpadů pod kód 20 03 01 a pro účely stanovení cíle jde o zbytkový odpad po vytřídění materiálů využitelných složek, nebezpečných složek a biologicky rozložitelných odpadů, které budou dále přednostně využity. [3]

## 2 KOMUNÁLNÍ ODPADY

Na území ČR dlouhodobě působí Česká asociace odpadového hospodářství (ČAOH), která sdružuje významné společnosti působící v oblasti odpadového hospodářství. Členové jsou například CELIO a.s., OZO Ostrava s.r.o. nebo RUMPOLD s.r.o.. Mezi cíle ČAOH patří mimo jiné spolupráce na tvorbě právních předpisů ovlivňujících podnikání v oblasti nakládání s odpady, zastupování společných zájmů osob podnikajících v odpadovém hospodářství, publikační a vzdělávací činnost. [1]

V ČR se v roce 2016 vyprodukovalo 5,6 milionů tun KO a jedná se o nárůst o více než 300 tisíc tun oproti roku 2015. [4]

V ČR je stále bohužel nejčastějším způsobem zpracování KO skládkování. V roce 2016 bylo na skládky uloženo 45 % vyprodukovaného KO, což je o 2 % méně než v předchozím roce. Polovina vzniklého KO byla v roce 2016 využita a to konkrétně 38 % materiálově a 12 % energeticky. Se zbylými 5 % bylo naloženo jiným způsobem. [4] Pro využití KO je ve většině případů nutné jeho rozřídění, které probíhá na dotřídovacích linkách, ať už ručních nebo částečně či plně automatizovaných.

Jednou z možností, jak usnadnit nakládání s KO je třídění odpadu na separované složky, jako je například papír, plast, sklo. K těmto účelům slouží nejčastěji barevné kontejnery. I přesto však tyto vyseparované složky musí být dále dotříděny na dotřídovacích linkách, aby bylo možné s nimi dále nakládat a recyklovat je. Cena vyseparovaných plastů se pohybuje mezi 4 až 12 Kč/kg v závislosti na druhu a čistotě. Cena papíru je od 0,30 Kč/kg za smíšený kancelářský papír až po 1,60 Kč/kg za noviny, letáky a časopisy. V současné době ale ceny plastů klesají, jelikož Čína, kde končila velká část plastů z Evropy, už o tyto pasty nemá zájem. Na trhu je tak nyní velký přebytek vyseparovaných plastů, pro které je problém najít odbytu. [5, 6]

### 2.1 Způsoby zpracování KO

Skládkování: jakožto nejčastější způsob nakládání s odpady je v současné době považováno za nevhodné, protože se jedná o pouhé odstranění odpadu bez jakýchkoli dalších výhod jako je například zmenšení objemu odpadu nebo energetický či surovinný přínos. Navíc s sebou provoz skládek přináší další problémy, jako je zápach v okolí skládek a všudypřítomný poletující odpad. Hlavní problémem je však nebezpečí kontaminace podzemních vod, jelikož z uskladněného odpadu se například vlivem deště mohou nejrůznější látky dostat do okolí a následně i do podzemních vod.

Spalování odpadu: v dnešní době je snahou přecházet od klasických spaloven odpadu, kde dochází pouze k odstranění odpadu a zmenšení jeho objemu bez dalšího užítku, k zařízením na energetické využití odpadu, které jsou popsány v následující části.

Energetické využití odpadů (EVO): jednou z možností zpracování odpadů je jejich energetické využití v zařízeních k tomu určených – zařízení pro energetické využití odpadu (ZEVO). Jedná se o využití odpadu, které je hierarchicky výše než pouhé odstraňování odpadu skládkováním nebo spalováním, jelikož zde dochází termickým využitím odpadu k produkci tepelné a elektrické energie. Pro ZEVO platí velmi přísné podmínky týkající se maximálních hodnot emisí vypouštěných do životního prostředí. Například oproti uhelným elektrárnám jsou ZEVO mnohem ohleduplnější k životnímu prostředí [8]. Příklad emisních limitů pro ZEVO pro prach 10 [mg/m<sup>3</sup>] nebo pro SO<sub>2</sub> 50 [mg/m<sup>3</sup>], kdežto pro uhelné elektrárny je to pro prach 25 [mg/m<sup>3</sup>] a pro SO<sub>2</sub> 200 [mg/m<sup>3</sup>] [7]. V ZEVO jsou využívány především jinak nevyužitelné odpady a SKO. Nejrozšířenější technologií při EVO je roštové spalování [8]. V ČR jsou v současné

době čtyři ZEVO, a to konkrétně v Praze, Brně, Liberci a Chotíkově u Plzně. Jejich celková roční kapacita je přibližně 750 tisíc tun. Pro plnění cílů EU je však potřebné výrazné navýšení kapacity, což se děje jednak rekonstrukcemi a modernizacemi stávajících zařízení, ale především výstavbou nových zařízení. Tyto výstavby jsou zatím však jen ve fázi plánování. Jelikož v současné situaci se jejich výstavba ekonomicky příliš nevyplácí. [9]

Kompostování: jedná se o přeměnu bioodpadu na stabilizovaný výstup – kompost. Bioodpad tvoří jednu z nejvýznamnějších složek komunálního odpadu a jeho množství narůstá. Jedná se o spíše nový odpadový proud, který dříve nebyl zahrnut do statistik o produkci KO. Dle zákona máme od 1.1.2015 možnost separovaného sběru komunálního bioodpadu. A proto stále přibývá míst, kde je možné sbírat bioodpad, ať už se jedná o sběrné nádoby nebo sběrné dvory. Nejčastějším způsobem využití je kompostování, jelikož většina bioplynových stanic v ČR je v současnosti uzpůsobena na zpracovávání energetické biomasy ze zemědělství a nikoli z komunálních odpadů. [10]

Tuhé alternativní palivo (TAP): je to palivo, které se využívá ve spalovnách nebo spoluspalovacích zařízeních pro energetické využití. TAP je vyráběn z odpadu, který není definován jako nebezpečný [11]. K výrobě TAP se nejčastěji využívá odpad z průmyslových podniků, který již nemůže být dále materiálově recyklován. U tohoto odpadu je většinou zaručena stálá kvalita a složení a nedochází zde ani k výskytu nežádoucích složek jako jsou například kovy. Jedná se především o plasty, gumy a syntetický textil, ale také dřevěný odpad, především poničené palety a další dřevěné obaly. Následujícím zdrojem surovin pro výrobu TAP jsou zbytky ze separovaného svozu odpadu, především plastů a papíru. U těchto zdrojů je však riziko proměnlivosti kvality vstupních surovin. Další možností je využití KO především SKO k výrobě TAP. Zde je ovšem tak jako v minulém případě problém s nestálostí kvality vstupní suroviny [12]. Pro výrobu TAP se používá mechanicko-biologická úprava odpadů (MBÚ). TAP může být rozdělen do pěti kategorií, první dvě jsou nejkvalitnější, vhodné pro spoluspalování v cementárnách, kde jsou kladeny vysoké požadavky na kvalitu. Ostatní skupiny jsou spíše doplňkové.

Výrobou TAP se zabývá například společnost OZO Ostrava s.r.o. pod vlastním označením PALOZO II, nebo společnost RUMPOLD s.r.o.. V ČR je v současné době nadbytek TAP, neboť je k nám ve velké míře dovážěn kvalitní TAP především z Německa či Itálie. Při nadbytku TAP na trhu je proto pro české výrobce výhodnější uložit odpad na skládky, než z něj vyrábět TAP, pro který jen obtížně hledají uplatnění. Jedním z důvodů je fakt, že v ČR jsou stále nízké poplatky za skládkování odpadů, oproti jiným zemím EU. Jedním z důvodů, proč se k nám ve velké míře TAP dováží, je i fakt, že pro některé zpracovatele odpadu v jiných zemích je z ekonomických důvodů výhodnější vyrábět TAP a ten pak dovážet k nám. Za spálení jedné tuny vysoce výhřevného TAP jsou ochotni zaplatit až 50 eur. Například v Německu je to 70-80 eur za tunu. [12]

Možnosti uplatnění TAP [13]:

- Monospalovny TAP – jedná se o zařízení určená přímo pro spalování samostatného TAP. Tato zařízení se podobají zařízením ZEVO, rozdíly jsou především v použitých materiálech a režimu provozování.
- Spoluspalování TAP – jedná se o spoluspalování převážně na fluidních kotlích, a to z technologických důvodů. Je možné i spoluspalování s neupraveným SKO

v zařízeních ZEVO, a to především z důvodu zlepšení výhřevnosti a při přebytečných TAP.

- Cementárny – velký potenciál pro využití TAP představují cementárny. Při výrobě cementu totiž dochází jak k energetickému, tak materiálovému využití odpadu, jelikož vznikající popeloviny jsou zabudovány do slínku. Z tohoto důvodu se jedná o efektivní využití. Cementárny však využívají velké množství druhotných paliv a jejich kapacita je omezená.

Jednou z výhod TAP je i skutečnost, že se jedná o homogenní, sypký, nadrcený materiál, což usnadňuje jeho dopravu a především uskladnění. TAP je možné i briketizovat nebo peletizovat, což ještě více zjednodušuje manipulaci. [13]

## **2.2 Složky komunálního odpadu**

Tato kapitola rozebírá katalogová čísla některých odpadů. KO jsou rozděleny do tří základních kategorií, které jsou v Tab. 1 až Tab. 3. Jednoznačná identifikace odpadů usnadňuje práci s daty týkajícími se jejich produkce a způsobu zpracování. Základní data jsou zveřejňována v informačním systému odpadového hospodářství až do úrovně obcí s rozšířenou působností. [14]

Tab. 1 Složky z odděleného sběru [15]

Složky z odděleného sběru	20 01
Papír a lepenka	20 01 01
Sklo	20 01 02
Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven	20 01 08
Oděvy	20 01 10
Textilní materiály	20 01 11
Rozpouštědla	20 01 13*
Kyseliny	20 01 14*
Zásady	20 01 15*
Fotochemikálie	20 01 17*
Pesticidy	20 01 19*
Zářivky a jiný odpad obsahující rtuť	20 01 21*
Vyřazená zařízení obsahující chlorofluoruhlodíky	20 01 23*
Jedlý olej a tuk	20 01 25
Olej a tuk neuvedený pod číslem 20 01 25	20 01 26*
Barvy, tiskařské barvy, lepidla a pryskyřice obsahující nebezpečné látky	20 01 27*
Barvy, tiskařské barvy, lepidla a pryskyřice neuvedené pod číslem 20 01 27	20 01 28
Detergenty obsahující nebezpečné látky	20 01 29*
Detergenty neuvedené pod číslem 20 01 29	20 01 30
Nepoužitelná cytostatika	20 01 31*
Jiná nepoužitelná léčiva neuvedená pod číslem 20 01 31	20 01 32*
Baterie a akumulátory, zařazené pod čísla 16 06 01, 16 06 02 nebo pod číslem 16 06 03 a netříděné baterie a akumulátory obsahující tyto baterie	20 01 33*
Baterie a akumulátory neuvedené pod číslem 20 01 33	20 01 34
Vyřazené elektrické a elektronické zařízení obsahující nebezpečné látky neuvedené pod čísly 20 01 21 a 20 01 23	20 01 35*
Vyřazené elektrické a elektronické zařízení neuvedené pod čísly 20 01 21, 20 01 23 a 20 01 35	20 01 36
Dřevo obsahující nebezpečné látky	20 01 37*
Dřevo neuvedené pod číslem 20 01 37	20 01 38
Plasty	20 01 39
Kovy	20 01 40
Odpady z čištění komínů	20 01 41
Další frakce jinak blíže neurčené	20 01 99

\* Nebezpečný odpad

Tab. 2 Odpady ze zahrad a parků [15]

Odpady ze zahrad a parků (včetně hřbitovního odpadu)	20 02
Biologicky rozložitelný odpad	20 02 01
Zemina a kameny	20 02 02
Jiný biologicky nerozložitelný odpad	20 02 03

Tab. 3 Ostatní KO [15]

Ostatní komunální odpady	20 03
Směsný komunální odpad	20 03 01
Odpad z tržišť	20 03 02
Uliční smetky	20 03 03
Kal ze septiků a žump	20 03 04
Odpad z čištění kanalizace	20 03 06
Objemný odpad	20 03 07
Komunální odpady jinak blíže neurčené	20 03 99

Dále jsou odpady, resp. katalogová čísla, která byla vybrána pro detailnější popis a souvisí s další analýzou v následujících kapitolách.

Papír a lepenka (k. č. 20 01 01): Do této kategorie patří například noviny, časopisy, sešity, nejrůznější letáky, knihy, katalogy, kancelářské papíry, papírové krabice, kartony, lepenky, účtenky, papírové obaly od potravin, nápojové kartony, papír s povrchovou úpravou, znečištěný papír atd.

Sklo (k. č. 20 01 02): Mezi sklo patří především skleněné láhve, zavařovací sklenice, skleněné obaly od léků, tabulové sklo, sklenice, skleněné obaly od jogurtů atd.

Plasty (k. č. 20 01 39): Tato kategorie zahrnuje velké množství výrobků. Patří sem například PET lahve a nepřeberné množství obalových plastů jako například kelímky od jogurtů, pomazánek, obaly od šamponů, mycích a čisticích prostředků, obaly od potravin, igelitové tašky, sáčky, fólie, obaly od CD, DVD, polystyren atd.

Kovy (k. č. 20 01 40): V komunálních odpadech se kovy vyskytují většinou ve formě menších předmětů, jako například nápojové plechovky, konzervy ale také tlakové nádoby od kosmetických výrobků, které by však měli být zařazeny mezi nebezpečné odpady a v komunálních odpadech by se neměli vůbec vyskytovat. Rozměrnější kovové předměty se zpravidla v komunálním odpadu nevyskytují, jelikož jsou vykupovány ve výkupnách kovů.

Biologicky rozložitelný odpad (k. č. 20 02 01): Jsou to takové odpady, které podléhají rozkladu za přítupu i nepřítupu kyslíku. Patří sem rostlinné zbytky, slupky z ovoce a zeleniny, listí, staré pečivo, skořápky z vajec atd.

Směsný komunální odpad (k. č. 20 03 01): Je to složka komunálního odpadu, která nemůže být již dále roztříděna. Vzniká při každodenní činnosti fyzických osob na území měst a obcí. Celkovou produkci SKO zveřejňuje Ministerstvo životního prostředí a Český statistický úřad. Rozdíly mezi jejich údaji jsou způsobeny rozdílným přístupem ke sběru dat.

Objemný odpad (k. č. 20 03 07): Jedná se o příliš rozměrný, nebo těžký odpad. Tento odpad se nevléze do běžných popelnic a kontejnerů, většinou jeho sběr probíhá ve sběrných dvorech, nebo střediscích. Je to především nábytek jako například skříně, sedačky, postele, ale také koberce nebo podlahy.

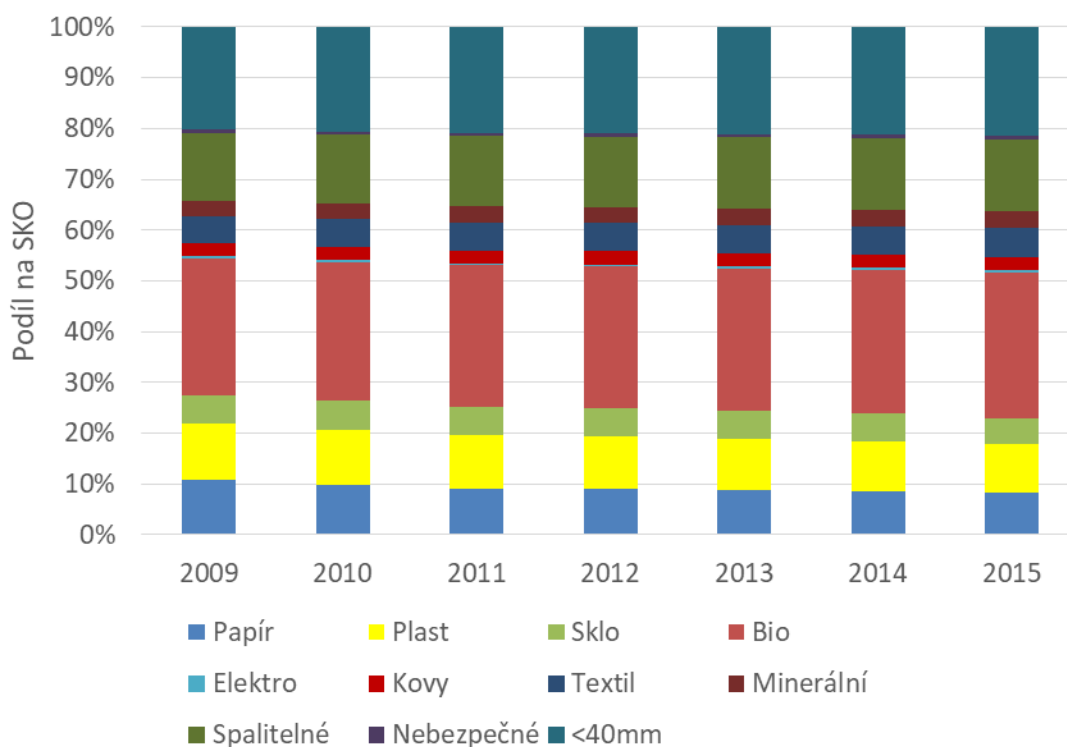
### 2.3 Složení SKO

Procentuální složení SKO v KO bylo vypočteno z celkového množství SKO a KO v letech 2009–2016 [14], výsledky zobrazuje Tab. 4. Z této tabulky je dále patrné, že největší procentuální množství SKO v KO bylo v roce 2009 a od té doby toto zastoupení klesá.

Tab. 4 Procentuální podíl SKO v KO v letech 2009–2016

Rok	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
%hm SKO v KO	62	59	57	56	55	55	54	50

V rámci Ústavu procesního inženýrství (ÚPI), FSI, VUT v Brně vznikl nástroj Justine [16], který slouží pro bilancování a prognózu odpadu. S jeho využitím bylo odhadnuto složení SKO v letech 2009–2015, které je zobrazeno na Obr. 1. Z grafu je patrné, že největší zastoupení mají ve všech letech bioodpady, přičemž jejich podíl v čase roste. Druhou nejčetnější složkou SKO jsou částice menší než 40 mm.



Obr. 1 Procentuální složení SKO v letech 2009–2015 [Zdroj: ÚPI, FSI, VUT v Brně]

### 3 PŘÍPADOVÁ STUDIE

Tato část BP je věnována praktické části zahrnující metodiku sběru dat, vlastní sběr dat a jejich popis, zpracování a zhodnocení výsledků. Snahou bylo získání reálných dat o produkci KO v několika typech domácností.

#### 3.1 Vlastní data

Pro potřeby této BP byl KO rozdělen do několika základních kategorií, které byly dále ještě rozčleněny. Tyto kategorie byly vybrány na základě předpokládaných nejčtetnějších složek KO. První skupinou jsou kovy, zahrnující podskupiny hliník a železo. Druhou skupinou je sklo obsahující sklo čiré, sklo hnědé a sklo zelené. Do třetí skupiny patří papír dělící se na kancelářský papír, noviny a časopisy, karton a lepenku, nápojový karton a papírové obaly. Do skupiny plasty byly zařazeny PET lahve čiré, PET lahve barevné, igelity a igelitové sáčky, plastové obaly a ostatní tvrdý plast. Další skupinou je biologicky rozložitelný odpad. Poslední skupinu tvoří nezařazený odpad.

Kovy:

- Hliník: Největší podíl v této kategorii zaujímá alobal, který však často bývá poměrně značně znečištěný od potravin. Časté jsou také plechovky od nápojů. Dále jsou zde víčka od jogurtů, nebo kalíšky od čajových svíček, které jsou však znečištěné voskem. Obr. 2 zobrazuje tento odpad.



Obr. 2 Ukázka hliníkového odpadu

- Železo: Železo je zastoupeno v podstatě jenom plechovkami a konzervami, případně vršky od piva a jiných nápojů ve skle.

Sklo:

- Sklo čiré: Je zastoupeno nejčastěji skleněnými lahvemi od nápojů. Nejrůznější skleněné nádoby ať už se jedná o zavařovací nádoby nebo nádobky od jogurtů se ve sledovaném komunálním odpadu příliš často nevyskytují, protože často nacházejí další uplatnění v domácnosti.
- Sklo hnědé: Převážně láhve od piva, případně vína.
- Sklo zelené: Nejčastěji se jedná o láhve od vína a jiných nápojů.

## Papír:

- Kancelářský papír
- Noviny a časopisy: Do této skupiny náleží noviny, časopisy, nejrůznější letáky a katalogy.
- Karton a lepenka: Karton a lepenka se vyskytuje spíše nárazově, a to zejména při objednávání nejrůznějšího spotřebního zboží z internetu anebo při nákupu rozměrnějších výrobků, nejčastěji elektroniky.
- Nápojový karton: Do této skupiny se řadí krabice od mléka a džusů.
- Papírové obaly: Jedná se nejčastěji o obaly od nejrůznějších potravin například sýrů, cereálií, bonboniér, čajů, mouky, rýže. Dále pak papírové obaly například od zubních past, krémů a další kosmetiky, nebo také od drobného spotřebního zboží.

## Plast:

- PET lahve čiré
- PET lahve barevné
- Igelity a igelitové sáčky: Nejvíce jsou zde zastoupeny igelitové sáčky, které jsou však velmi lehké a ani při velkém množství se výrazněji váhově neprojeví. Na rozdíl od igelitových tašek, které jsou vyrobeny ze silnějšího igelitu a zaujmají největší váhový podíl v této kategorii.
- Plastové obaly: Většina potravin je v současné době balena do plastových obalů, takže se s těmito obaly setkáme při koupi téměř jakýchkoliv potravin například čokolád, bonbonů, těstovin. Tyto obaly jsou produkovány ve velkém množství co do počtu kusů a objemu. Obr. 3 zobrazuje plastové obaly.



Obr. 3 Ukázka plastových obalů

- Ostatní tvrdý plast: Tato kategorie zahrnuje poměrně širokou škálu plastů od obalů šamponů, sprchových gelů přes jednorázové přepravky na jídlo, až po plastové vaničky například od zeleniny, ovoce, masa a dalších potravin.

BIO:

- Biologicky rozložitelný odpad: Jedná se o biologicky rozložitelný odpad z kuchyně v domácnosti. Obr. 4 zobrazuje BIO odpad.



Obr. 4 Ukázka BIO odpadu

Nezařazeno:

- Nezařazený odpad: Zde je ve velké míře zastoupen především papír s nejrůznější povrchovou úpravou, nebo papír mastný nebo z jiného důvodu nevhodný pro zařazení do některé z jiných kategorií. Dále pak hygienické potřeby nebo také obaly vyrobené z více druhů materiálů například ze skla a plastu, které se nehodí pro zařazení do některé z předešlých skupin.

Textil:

- Textil: Jedná se především o staré oblečení.

### 3.2 Metodika sběru dat

V rámci této BP bylo množství a složení KO sledováno ve třech různých skupinách. Tyto skupiny se vzájemně liší v počtu osob, věkových kategoriích, dosaženém vzdělání a oblastech, ve kterých žijí. Díky rozdílům v těchto skupinách se dají předpokládat různé hodnoty získaných dat. Tyto skupiny byly vybrány ve snaze o zastoupení velkého množství domácností. Další vhodnou skupinou pro získávání dat by byla například dvoučlenná domácnost seniorů nebo rodina s dětmi žijící ve městě. Tyto skupiny však nebyly v rámci této BP zkoumány.

Skupina 1 (DOMA): Jedná se o domácnost dvou dospělých osob, kteří žijí v rodinném domě v malé vesnici Popovice v okrese Uherské Hradiště. Tomáš Kučera, věk 48 let, ukončené středoškolské studium s maturitou, pracující jako manažer výroby ve strojírenské firmě.

Markéta Kučerová, věk 46 let, ukončené vysokoškolské studium s titulem Bc. v oboru pedagogika předškolního věku, pracující jako učitelka v mateřské škole.

Skupina 2 (DOMA V): Jedná se o tu samou domácnost, jako je uvedena ve skupině 1, rozšířenou o jejich děti. Zuzana Kučerová, věk 16 let, studující střední pedagogickou školu. David Kučera, věk 22 let, ukončené středoškolské studium s maturitou na gymnáziu, v současnosti student VUT 3. ročníku obor Základy strojního inženýrství.

Měření v této skupině probíhalo jen o víkendech, jelikož všichni členové této skupiny jsou v jedné domácnosti pouze o víkendech.

Skupina 3 (KOLEJE): Jedná se o domácnost dvou vysokoškolských studentů, žijících na kolejích v Brně. Již zmíněného Davida Kučery a Veroniky Harnové, věk 23 let, ukončené středoškolské studium s maturitou na gymnáziu, v současnosti studentka VUT 3. ročníku obor Základy strojního inženýrství.

V průběhu shromažďování dat se při jejich sběru mnohdy vyskytly problémy. Nejčastějším problémem je znečištění jiným druhem odpadu. Například velmi časté je znečištění alobalu nebo plastových obalů bioodpadem. Pro dobrou vypovídající hodnotu byla snaha o odstranění tohoto bioodpadu umytím. Je však jasné, že při běžném třídění odpadů tomuto odstraňování není taková pozornost věnována. Což omezuje jejich další zpracování. Dalším, i když méně častým problémem je výskyt odpadu, který je vyroben z více druhů materiálu současně. Například nádoby vyrobené ze skla a pasty, nebo skla a kovu. Tyto nádoby bylo z tohoto důvodu nutné zařadit do kategorie nezařazeno.

### **3.3 Výsledky**

Měření probíhalo od osmého ledna do dvacátého devátého dubna 2018 v rámci tří skupin domácností. Data vznikla vážením vždy jednou týdně pro každou skupinu. Pro skupinu 1 máme patnáct hodnot, pro skupinu 2 máme šestnáct hodnot a pro skupinu 3 máme k dispozici patnáct hodnot. Tato data však bylo nutné nejprve upravit. Jednou z poměrně významných úprav bylo sloučení některých kategorií odpadu do jedné, z důvodu lepšího porovnávání a následného zpracování. Například ve skupinách DOMA a DOMA V byl nejprve bioodpad rozdělen ještě do dvou podkategorií. A to konkrétně kategorie kompost, která zahrnovala kuchyňský bioodpad, který byl kompostován přímo v domácnosti, tedy v místě vzniku. Druhá kategorie měla pracovní označení pes. V této kategorii byl bioodpad, který byl vhodný pro krmení psa. Jednalo se především o kosti a tvrdé pečivo. Obě tyto kategorie však byly následně sjednoceny do kategorie bio. Příkladem dalších kategorií, které byly následně zahrnuty do jiných kategorií, jsou například ruličky od toaletního papíru, nebo použité kapesníky. Důvodem pro sloučení těchto kategorií je skutečnost, že tyto skupiny by samostatně nepřinesly žádnou významnou informační hodnotu. Pro následnou analýzu a snadnější používání byla z naměřených a upravených dat vytvořena sjednocená datová sada.

#### **3.3.1 Data**

Tab. 5 a Tab. 6 zobrazují ukázky naměřených dat pro analyzované skupiny domácností a odpadu v období 5.–25.2.2018. Zobrazená data již nezahrnují vyřazené skupiny odpadu.

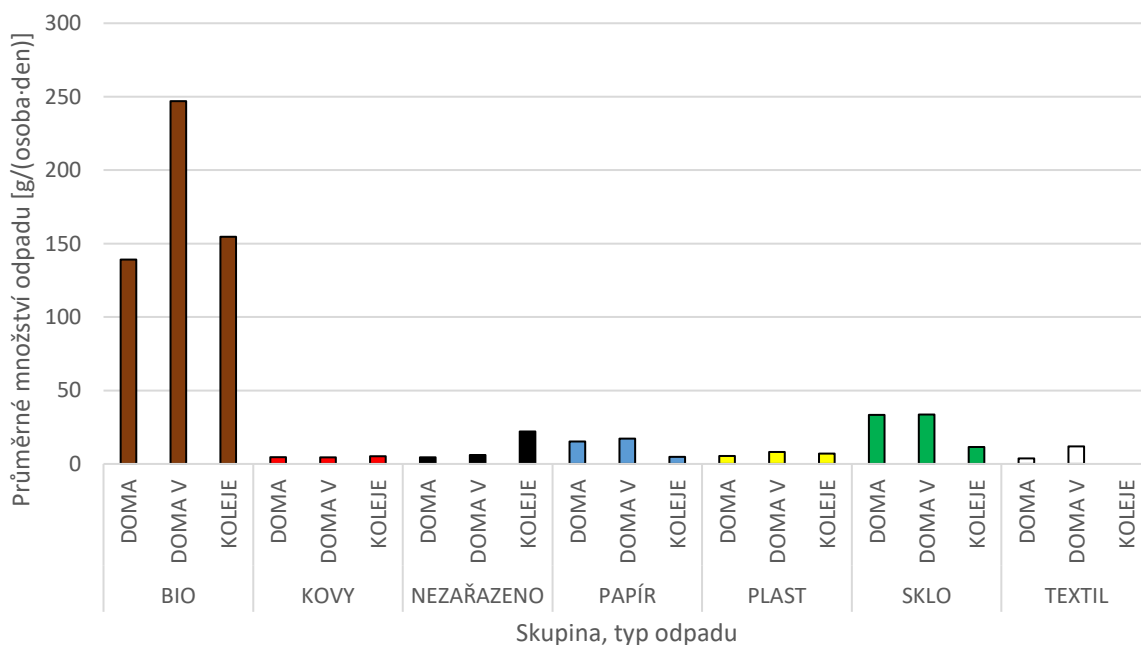
Tab. 5 Ukázka naměřených dat skupiny DOMA a DOMA V

Kategorie	Podkategorie	Naměřené hodnoty v gramech v daném období					
			Víkend		Víkend		Víkend
		5.-9.2.	10.-11.2.	12.-16.2.	17.-18.2.	19.-23.2.	24.-25.2.
KOVY	Fe	165	214	3	108	0	4
	Al	17	14	26	10	4	8
SKLO	čiré	412	0	0	0	0	0
	barevné zelené	539	0	0	0	511	0
	barevné hnědé	327	1309	653	983	322	0
PAPÍR	kancelářský	1	30	1	0	29	0
	noviny, časopisy	915	194	315	187	308	126
	karton	162	0	0	0	122	0
	nápojový karton	144	199	117	101	232	116
	obaly	72	0	88	17	22	55
PLAST	PET čirý	0	60	0	47	31	29
	PET barevný	39	0	38	3	111	97
	igelity	55	66	24	24	80	21
	obaly	73	44	40	85	86	79
	ostatní	31	159	106	30	33	49
BIO		1063	2765	779	697	2171	596
NEZAŘAZENO		37	71	8	0	16	3
TEXTIL		0	0	0	0	0	0

Tab. 6 Ukázka naměřených dat skupiny KOLEJE

Kategorie	Podkategorie	Naměřené hodnoty v gramech v daném období					
		5.-8.2.	12.-15.2.	19.-22.2.	26.2.-1.3.	5.-9.3.	12.-15.3.
KOVY	Fe	25	111	0	19	60	0
	Al	41	8	29	18	36	6
SKLO	čiré	677	224	0	0	0	0
	barevné zelené	0	321	0	0	0	0
	barevné hnědé	656	0	0	0	0	0
PAPÍR	kancelářský	32	32	24	32	97	4
	noviny, časopisy	0	14	5	0	0	0
	karton	0	0	0	0	31	0
	nápojový karton	193	48	101	48	33	91
	obaly	181	56	158	45	108	83
PLAST	PET čirý	0	44	48	42	109	0
	PET barevný	0	64	143	138	37	74
	igelity	23	60	37	42	25	45
	obaly	66	29	48	47	79	20
	ostatní	11	160	95	70	45	177
BIO		1708	809	1350	1643	3031	703
NEZAŘAZENO		118	94	300	133	197	119
TEXTIL		0	0	0	0	0	0

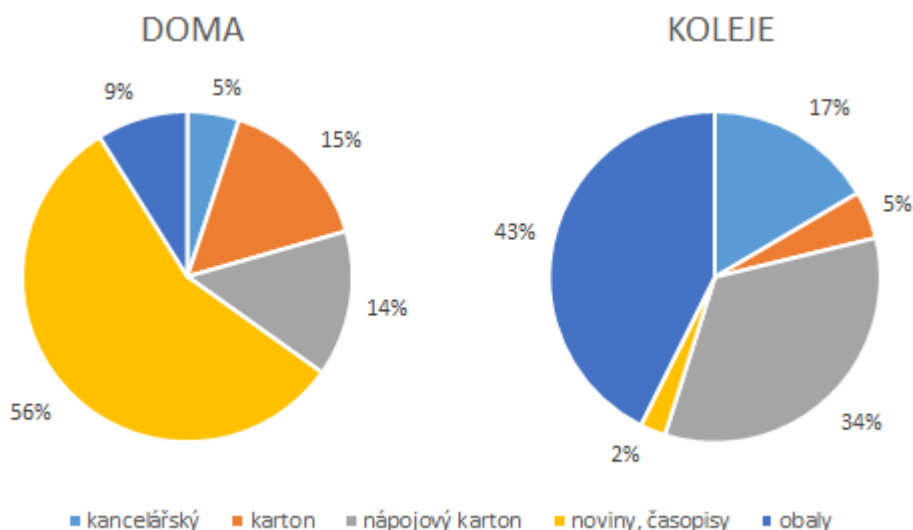
Z nashromážděných dat je možné vytvořit řadu výstupů. Pro většinu účelů je vhodné vztahovat navážené množství odpadu v gramech na osobu a den. Takto získaná data mají lepší vypovídající hodnotu. Jako základní porovnání se nabízí srovnání odpadu v gramech na osobu a den pro jednotlivé druhy odpadu a skupiny, jak můžeme vidět v grafu na Obr. 5. Z tohoto grafu je patrné, že zdaleka nejvyšší produkce v porovnání s ostatními druhy odpadu, dosahuje bioodpad, a to bez ohledu na skupinu respondentů. Dále je patrné, že produkce bioodpadu se liší i mezi samotnými skupinami a nejvyšších hodnot dosahuje přes víkend, tedy v době, kdy je v domácnosti celá rodina. Tento výsledek se do jisté míry dal očekávat, neboť v pracovní dny se respondenti stravují do značné míry v práci, případně ve škole a vyprodukovaný odpad již není zahrnut v této práci. U kovových a plastových odpadů je průměrná produkce poměrně vyrovnaná a nevykazuje žádné výrazné rozdíly mezi skupinami. U odpadů spadajících do kategorie nezařazeno je možné pozorovat výrazně vyšší průměrnou hodnotu ve skupině KOLEJE než v ostatních skupinách. To může být způsobeno například větší produkcí odpadů, které jsou vyrobeny z více druhů materiálů současně a není je možné zařadit do jiných kategorií. Produkce papírových odpadů a skla je u skupin DOMA a DOMA V vyrovnaná ale vyšší než u skupiny KOLEJE. Důvody této skutečnosti budou popsány níže v tomto textu. Kategorie TEXTIL má zastoupení pouze u prvních dvou pozorovaných skupin, jelikož ve skupině KOLEJE nebyl žádný textilní odpad v průběhu měření vyprodukován.



Obr. 5 Graf průměrného množství jednotlivých typů odpadu pro dané skupiny

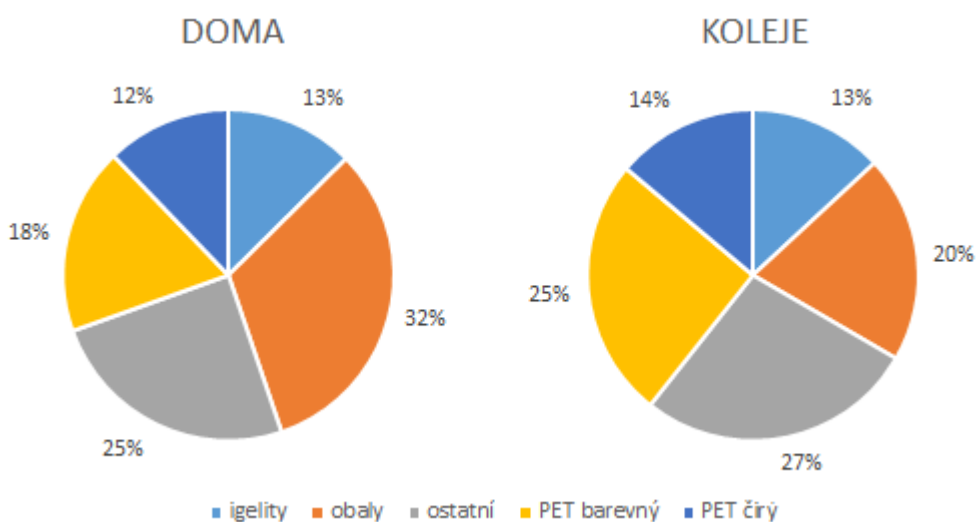
Grafy na Obr. 6 zobrazují porovnání produkce jednotlivých frakcí papíru v procentech ve skupinách DOMA a KOLEJE. Skupina DOMA V vykazuje podobné složení jako skupina DOMA, a proto z hlediska dalšího porovnání není nijak zvlášť zajímavá. Jak je patrné, procentuální zastoupení se mezi jednotlivými kategoriemi výrazně liší. Ve skupině DOMA zaujímají noviny a časopisy nadpoloviční většinu ze všech vyprodukovaných papírových odpadů. Hlavním důvodem je fakt, že do této kategorie jsou zahrnuty i reklamní letáky a brožury, které se ve skupině KOLEJE nevyskytovaly prakticky vůbec. Zajímavé by bylo rozdělit tuto kategorii na dvě samostatné, zvlášť na noviny a časopisy a zvlášť na letáky. Další významný rozdíl je v kategorii obaly, kdy u skupiny KOLEJE je jejich podíl výrazně vyšší, což napovídá, že u této skupiny jsou

mnohem více využívány papírové obaly, a to především u potravin. Rozdíl je také u kategorie nápojový karton, což svědčí o jejich častějším využívání ve skupině KOLEJE.



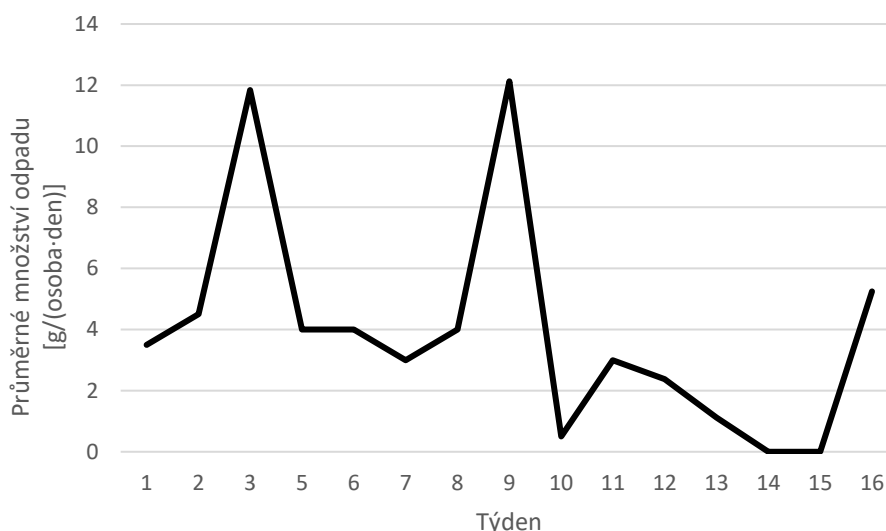
Obr. 6 Grafy produkce papíru pro skupiny DOMA a KOLEJE

Další grafy na Obr. 7 představují podobné porovnání jako v předchozím případě, s tím rozdílem, že nyní se jedná o procentuální porovnání produkce jednotlivých kategorií plastových odpadů. Tyto odpady na první pohled nevykazují tak významné rozdíly v zastoupení, jako tomu bylo v případě papírů. Největší rozdíl je v kategorii obaly a vyšší procentuální zastoupení je překvapivě u skupiny DOMA.



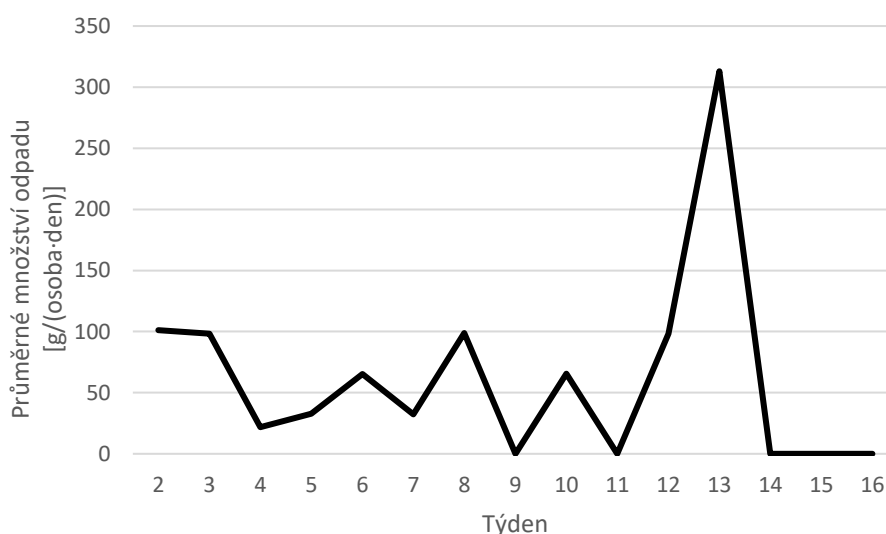
Obr. 7 Grafy produkce plastu pro skupiny DOMA a KOLEJE

Další možností je zaměřit se na průměrnou produkci na osobu jen jedné frakce odpadu a sledovat její průběh v jednotlivých týdnech. Obr. 8 například znázorňuje produkci kancelářského papíru ve skupině KOLEJE. Produkce tohoto druhu odpadu je povětšinou poměrně ustálená až na třetí, devátý a šestnáctý týden, kdy dochází k jejímu výraznému nárůstu. Tato skutečnost je způsobena zápočtovými testy v těchto týdnech, kdy respondenti v této skupině při přípravě na tyto testy spotřebovali výrazně více papíru, než jiné týdny.



Obr. 8 Graf průměrné produkce kancelářského papíru v jednotlivých týdnech

Následující graf na Obr. 9 zobrazuje průměrnou produkci hnědého skla v jednotlivých týdnech měření ve skupině DOMA. Produkce je opět poměrně vyrovnaná vyjma 13. týdne, kdy je patrný prudký nárůst produkce. Toto je způsobeno velikonočními svátky, kdy dochází k výrazně vyšší produkci hnědého skla vlivem zvýšené konzumace alkoholu



Obr. 9 Graf průměrné produkce barevného hnědého skla v jednotlivých týdnech

### 3.3.2 Statistické zpracování dat

Již při prvním pohledu na průměrné hodnoty produkce odpadů v gramech na osobu a den, zde byly patrné velké rozdíly napříč skupinami. Tento prvotní odhad však bylo potřeba ověřit matematicky korektně pomocí testování hypotéz. Většina následných statistických zpracování byla prováděna pomocí programu Microsoft Excel s využitím jeho funkcí.

Pro následné další testování bylo důležité nejprve určit, zda se jedná o data s normálním rozdělením. Proto byla u znormovaných dat produkce jednotlivých kategorií odpadů v týdnech ověřena jejich normalita. Pokud se jedná o normální

rozdělení, bude se nejvíce hodnot vyskytovat poblíž průměrné hodnoty. Test normality byl proveden pomocí Lillieforsova testu normality s využitím online nástroje<sup>1</sup>. Většina skupin vykazovala normální rozdělení průměrné produkce odpadu v gramech na osobu a den. Normální rozdělení nevykazovaly kovy ve skupině DOMA, papír ve skupině DOMA V a sklo ve skupině KOLEJE. Výsledky Lillieforsova testu normality zobrazuje Tab. 7. To je nejspíše způsobeno tím, že produkce těchto odpadů byla v daných skupinách málo častá a ve velké řadě případů nulová.

Tab. 7 Výsledky Lillieforsova testu normality

Lillieforsův test normality		
BIO:	DOMA	normální rozdělení
	DOMA V	normální rozdělení
	KOLEJE	normální rozdělení
Kovy:	DOMA	není normální rozdělení
	DOMA V	normální rozdělení
	KOLEJE	normální rozdělení
Nezařazeno:	DOMA	normální rozdělení
	DOMA V	normální rozdělení
	KOLEJE	normální rozdělení
Papír:	DOMA	normální rozdělení
	DOMA V	není normální rozdělení
	KOLEJE	normální rozdělení
Plast:	DOMA	normální rozdělení
	DOMA V	normální rozdělení
	KOLEJE	normální rozdělení
Sklo:	DOMA	normální rozdělení
	DOMA V	normální rozdělení
	KOLEJE	není normální rozdělení

Následně byly vypočítány popisné charakteristiky jednotlivých datových sad jako například průměr, směrodatná odchylka, rozptyl atd. Tyto popisné charakteristiky byly dále využity při výpočtu jednotlivých statistik.

Pro testování hypotézy o rovnosti středních hodnot a alternativní hypotézy o nerovnosti středních hodnot byl použit T-test. Hypotézy jsou uvedeny v (1) až (6).

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \quad (1)$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \quad (2)$$

$$H_0: \mu_1 = \mu_3 \quad (3)$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_3 \quad (4)$$

$$H_0: \mu_2 = \mu_3 \quad (5)$$

$$H_1: \mu_2 \neq \mu_3 \quad (6)$$

Pro další výpočet bylo nejprve nutné ověřit hypotézu o rovnosti rozptylů sledovaných datových sad oproti alternativní hypotéze o nerovnosti rozptylů sledovaných datových sad (7) až (12), pro které byl využit F-test. Provedení F-testu bylo nutné, jelikož různé

<sup>1</sup> <http://in-silico.net/tools/statistics/lillieforstest>

výsledky tohoto testu ovlivňují postup a použité vzorce při testování hypotézy o rovnosti středních hodnot. Obě tyto hypotézy byly testovány na hladině významnosti 0,05. Tato testování však bylo možné provést jen u dat, která vykazovala normální rozdělení. Výsledky obou těchto hypotéz jsou zobrazeny v Tab. 8 a Tab. 9.

$$H_0: s_1^2 = s_2^2 \quad (7)$$

$$H_1: s_1^2 \neq s_2^2 \quad (8)$$

$$H_0: s_1^2 = s_3^2, \quad (9)$$

$$H_1: s_1^2 \neq s_3^2 \quad (10)$$

$$H_0: s_2^2 = s_3^2 \quad (11)$$

$$H_1: s_2^2 \neq s_3^2 \quad (12)$$

Tab. 8 Výsledky hypotézy o rovnosti středních hodnot

Hypotéza o rovnosti středních hodnot		
BIO:	DOMA a KOLEJE	nezamítáme
	DOMA V a KOLEJE	zamítáme
	DOMA a DOMA V	zamítáme
Kovy:	DOMA a KOLEJE	---
	DOMA V a KOLEJE	nezamítáme
	DOMA a DOMA V	---
Nezařazeno:	DOMA a KOLEJE	zamítáme
	DOMA V a KOLEJE	zamítáme
	DOMA a DOMA V	nezamítáme
Papír:	DOMA a KOLEJE	nezamítáme
	DOMA V a KOLEJE	---
	DOMA a DOMA V	---
Plast:	DOMA a KOLEJE	nezamítáme
	DOMA V a KOLEJE	nezamítáme
	DOMA a DOMA V	nezamítáme
Sklo:	DOMA a KOLEJE	---
	DOMA V a KOLEJE	---
	DOMA a DOMA V	nezamítáme

**Tab. 9 Výsledky hypotézy o rozptylů**

Hypotéza o rovnosti rozptylů		
BIO:	DOMA a KOLEJE	nezamítáme
	DOMA V a KOLEJE	zamítáme
	DOMA a DOMA V	nezamítáme
Kovy:	DOMA a KOLEJE	---
	DOMA V a KOLEJE	nezamítáme
	DOMA a DOMA V	---
Nezařazeno:	DOMA a KOLEJE	nezamítáme
	DOMA V a KOLEJE	nezamítáme
	DOMA a DOMA V	nezamítáme
Papír:	DOMA a KOLEJE	zamítáme
	DOMA V a KOLEJE	---
	DOMA a DOMA V	---
Plast:	DOMA a KOLEJE	nezamítáme
	DOMA V a KOLEJE	zamítáme
	DOMA a DOMA V	nezamítáme
Sklo:	DOMA a KOLEJE	---
	DOMA V a KOLEJE	---
	DOMA a DOMA V	nezamítáme

U skupin dat, která nevykazovala normální rozdělení, byl proveden Mann-Whitneyův neparametrický test, který nepočítá s hodnotami původních dat, ale s jejich pořadím. Tento test testuje hypotézu o shodě distribučních funkcí obou skupin vstupních dat. Výsledky tohoto testu jsou zobrazeny v Tab. 10.

**Tab. 10 Výsledky Mann-Whitneyova testu**

Mann-Whitneyův test		
Papír:	DOMA V	zamítáme
	KOLEJE	
	DOMA V	nezamítáme
	DOMA	
Kovy:	DOMA V	nezamítáme
	DOMA	
	DOMA	nezamítáme
	KOLEJE	
Sklo:	DOMA	zamítáme
	KOLEJE	
	DOMA V	zamítáme
	KOLEJE	

Také byl proveden intervalový odhad průměrné produkce odpadu v gramech na osou a den pro jednotlivé kategorie a skupiny, který je zobrazen v Tab. 11. Tento interval představuje rozmezí, v jakém se s velkou pravděpodobností budou pohybovat další hodnoty produkce jednotlivých odpadů.

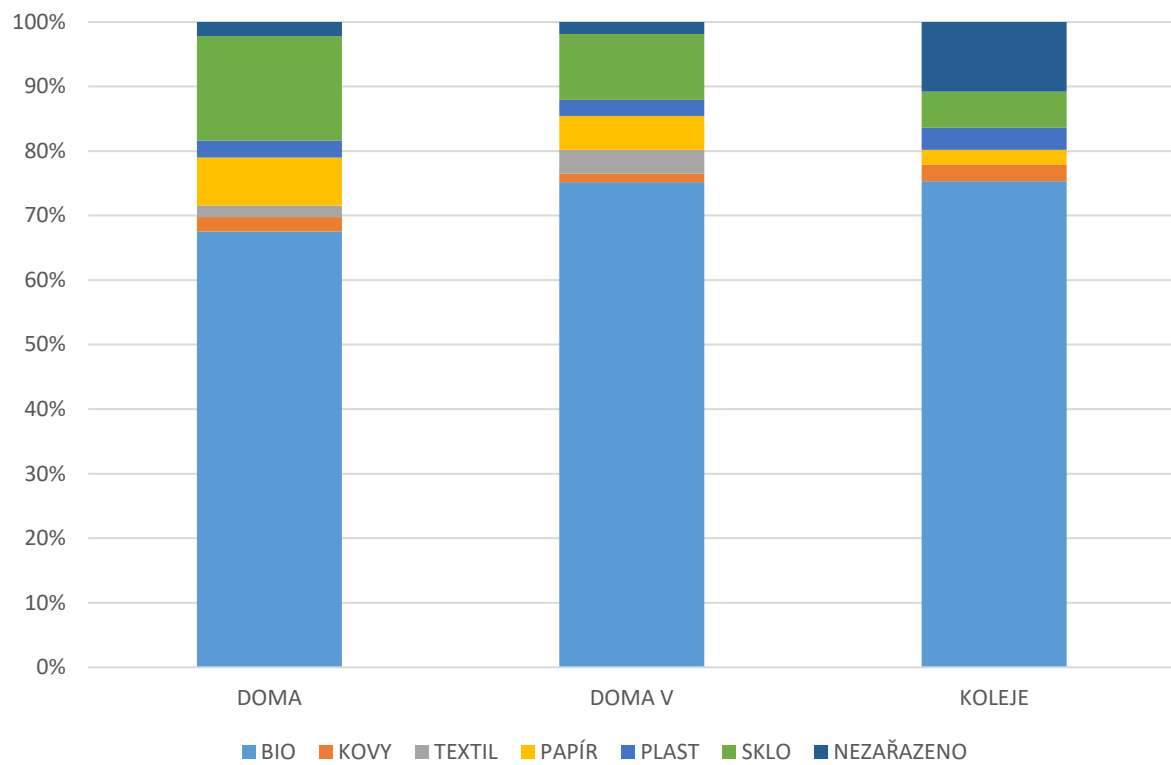
Tab. 11 Intervalový odhad střední hodnoty produkce odpadu [g]

Intervalový odhad			
		dolní mez	horní mez
BIO:	DOMA	109,3	169
	DOMA V	178,7	315,2
	KOLEJE	111,5	197,8
Kovy:	DOMA	-1,2	10,4
	DOMA V	0,2	8,7
	KOLEJE	0,3	10,2
Nezařazeno:	DOMA	3	6
	DOMA V	3,9	8,2
	KOLEJE	17,8	26,4
Papír:	DOMA	-3,9	34,4
	DOMA V	-23	57,6
	KOLEJE	-1	10,6
Plast:	DOMA	0,2	10,6
	DOMA V	-1	17,3
	KOLEJE	1,5	12,6
Sklo:	DOMA	-10,3	77,1
	DOMA V	-6,6	73,9
	KOLEJE	-15,2	38,3

Z výsledků hypotézy o shodě středních hodnot, Mann-Whitneyova neparametrického testu, ale i z intervalových odhadů vyplývá, že průměrné hodnoty odpadů jsou velmi nesourodé a není možné je jednoznačně popsat jako celek. Pouze při porovnání plastů a kovů se dá prohlásit, že jejich produkce vykazuje podobné hodnoty u všech skupin domácností.

### 3.3.3 Určení potenciálu pro třídění KO

V současnosti v ČR není ani zdaleka využito potenciálu pro třídění surovin. To je do jisté míry způsobeno faktem, že občané nejsou k třídění odpadů dostatečně vedeni a motivováni. Graf na Obr. 10 zobrazuje průměrné produkce odpadu v gramech na osobu a den pro jednotlivé kategorie odpadu a skupiny v procentech. Jak je patrné z Obr. 10 zdaleka nejvíc je ve všech skupinách produkován bioodpad, který skýtá ohromný potenciál pro další využití. Další významnou kategorií představuje sklo, jehož třídění je ale poměrně dobře zvládnuté a velká část vyprodukovaného skleněného odpadu končí v separovaném sběru. Následuje papír, u kterého skýtají největší potenciál pro zvýšení třídění papírové obaly, které jsou v současné době tříděny málo a končí často v SKO. Kategorie kovy sice nezaujímá největší podíl, ale kovový odpad je produkován poměrně pravidelně ve všech skupinách. Problém pro zlepšení třídění kovů spočívá v tom, že při těchto malých, i když pravidelných, produkcích se nevyplácí jejich odvoz na sběrné dvory, nebo jiná místa výkupu kovů, a proto končí nevyužitý v KO. Asi nejproblémovější kategorií z hlediska třídění představují plasty, což je do značné míry způsobeno nejednotností na celém území ČR při jejich sběru. Z kategorie plastů jsou poměrně dobře tříděny PET láhve, u ostatních plastových materiálů je již míra třídění výrazně nižší. Z grafu na Obr. 10 se dá odhadnout, že potenciál pro třídění je u skupiny DOMA V cca 98 %, u skupiny DOMA cca 97 % a u skupiny KOLEJE cca 94 %.



*Obr. 10 Procentuální zastoupení jednotlivých odpadů v daných skupinách*

## 4 ZÁVĚR

V úvodu teoretické části této práce byla popsána legislativa ČR vztahující se k odpadovému hospodářství a byly definovány základní pojmy. Nejrozsáhlejší část teoretické části se zabývá KO. Konkrétně jsou zde popsány některé způsoby zpracování KO a produkce tohoto odpadu v posledních letech v ČR. Pozornost je věnována také TAPu, jako jedné z možností, jak nakládat s odpady, jeho výrobě a možnostech dalšího uplatnění. Dále jsou zde uvedena katalogová označení jednotlivých odpadů spadajících do kategorie KO a stručný popis vybraných odpadů. Na závěr této části je uvedena produkce SKO v KO a také odhad složení SKO.

Praktická část práce je zaměřena na samotnou analýzu složení KO. Nejprve bylo nutné rozdělit KO běžně produkovány v domácnostech do několika kategorií, u kterých by bylo možné sledovat jejich produkci a definovat, které odpady budou do konkrétních kategorií zařazovány. Následně bylo nutné vybrat skupiny respondentů a stanovit metodiku sběru dat. Po samotném sběru dat byla data upravena pro jednotnosti mezi skupinami domácností. Úprava zahrnovala především sloučení, nebo odstranění některých kategorií za účelem snadnějšího porovnávání získaných dat. Takto upravená data však byla dále znormována podle počtu osob v domácnosti a počtu dní, ve kterých bylo toto vážení prováděno kvůli lepší výpovědní hodnotě takovýchto dat.

Data byla následně popsána pomocí základních statistik, které byly dále využity ve výpočtech. Průměrné produkce jednotlivých druhů odpadů jsou zobrazeny v grafech, které ukazují rozdíly ve skupinách odpadu i domácnostech. Jsou zde také popsány některé zajímavé výsledky a jejich možné vysvětlení. Vlastní statistické zpracování dat zahrnuje testování hypotéz o rozdílech mezi jednotlivými skupinami domácností. Na základě výsledků hypotéz byl u některých odpadů identifikován velký vliv na produkci s ohledem na domácnost. Na závěr byl odhadnut potenciál pro třídění KO v jednotlivých skupinách, s nastíněním důvodů, proč není tento potenciál lépe využíván. Tyto výsledky mohou podpořit rozhodování ohledně investic do kampaní a systému sběru odpadu nebo při stanovování dílčích cílů v odpadovém hospodářství.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Vhodné nastavení budoucího OH dle nového zákona, včetně ekonomických dopadů. *Česká asociace odpadového hospodářství* [online]. Havelka [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://www.caoh.cz/data/article/Caoh---nove-zakony-a-ekonomicke-nastaveni.pdf>
- [2] ČESKÁ REPUBLIKA. ZÁKON o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *Sbírka zákonů*. Praha, 2001, 185/2001 Sb. Dostupné také z: [http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/8FC3E5C15334AB9DC125727B00339581/%24file/Z%20185\\_2001.pdf](http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/8FC3E5C15334AB9DC125727B00339581/%24file/Z%20185_2001.pdf)
- [3] ČESKÁ REPUBLIKA. 352. Nařízení vlády o Plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015–2024. In: *Sbírka zákonů*. Praha, 2014, číslo 352. Dostupné také z: [https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/1A9ED7F11A20B986C1257E2E00422918/%24file/NV%20352\\_2014.pdf](https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/1A9ED7F11A20B986C1257E2E00422918/%24file/NV%20352_2014.pdf)
- [4] Nová odpadová data MŽP za rok 2016: produkce všech odpadů v ČR klesá, u komunálních odpadů je tomu naopak. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2017 [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/news\\_171017\\_OD](https://www.mzp.cz/cz/news_171017_OD)
- [5] *VÝKUP PLASTŮ* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.vykup-plastu.cz/vykup-plastu/>
- [6] Aktuální ceník. *SBĚRNÉ SUROVINY HODONÍN S.R.O.* [online]. 2018 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.sbersurovin.cz/aktualni-cenik>
- [7] Energetické využití odpadu – alternativa za fosilní paliva. In: *ONEREGETICE.CZ* [online]. Holínek, 2015 [cit. 2018-04-5]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/teplarenstvi/energeticke-vyuziti-odpadu-alternativa-za-fosilni-paliva/>
- [8] Co je ZEVO. *SKUPINA ČEZ* [online]. [cit. 2018-04-5]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/zevo/co-je-zevo.html>
- [9] 4.3 Analýza potenciálu energetického využití odpadů v ČR včetně ekonomického a regionálního vyhodnocení. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2015 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty\\_po8\\_opzp\\_2007\\_2013/\\$FILE/OODP-4\\_3\\_MZP\\_FIN-20160810.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_po8_opzp_2007_2013/$FILE/OODP-4_3_MZP_FIN-20160810.pdf)
- [10] *KOMPOSTUJ.CZ* [online]. [cit. 2018-05-28]. Dostupné z: <http://www.kompostuj.cz/>
- [11] ČSN EN 15357 - Tuhá alternativní paliva – Terminologie, definice a popis. *Informační systém* [online]. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.nlnorm.cz/terminologicky-slovník/50471>
- [12] Porovnání alternativních paliv. *ODPADY* [online]. Grzywa, 2003 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <http://odpady-online.cz/porovnani-alternativnich-paliv/>
- [13] 4.6 Analýza přechodu komunálního odpadu (skupina 20 Katalogu odpadů) na palivo z odpadu. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2015 [cit. 2018-05-8]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty\\_po8\\_opzp\\_2007\\_2013/\\$FILE/OODP-4\\_6\\_MZP\\_FIN-20160810.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_po8_opzp_2007_2013/$FILE/OODP-4_6_MZP_FIN-20160810.pdf)

- [14] Informační Systém Odpadového Hospodářství. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://isoh.mzp.cz/VISOH/>
- [15] Katalog odpadů. *Katalog odpadů 2017* [online]. [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <https://www.katalogodpadu.cz/index.php?k1=20&k2=1#top>
- [16] Justine – tool applied for forecasting in waste management. *Ústav procesního inženýrství FSI VUT v Brně* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://upi.fme.vutbr.cz/veda-vyzkum/justine>

## **SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

BP	Bakalářská práce
ČAOH	Česká asociace odpadového hospodářství
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
EVO	Energetické využití odpadů
KO	Komunální odpad
MBÚ	Mechanicko-biologická úprava odpadů
POH	Plán odpadového hospodářství
SKO	Směsný komunální odpad
TAP	Tuhé alternativní palivo
ÚPI	Ústav procesního inženýrství
ZEVO	Zařízení pro energetické využití odpad

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Složky z odděleného sběru [14] .....	15
Tab. 2 Odpady ze zahrad a parků [14] .....	15
Tab. 3 Ostatní KO [14] .....	16
Tab. 4 Procentuální podíl SKO v KO v letech 2009–2016.....	17
Tab. 5 Ukázka naměřených dat skupiny DOMA a DOMA V.....	22
Tab. 6 Ukázka naměřených dat skupiny KOLEJE.....	22
Tab. 7 Výsledky Lillieforsova testu normality.....	26
Tab. 8 Výsledky hypotézy o rovnosti středních hodnot .....	27
Tab. 9 Výsledky hypotézy o rozptylů .....	28
Tab. 10 Výsledky Mann-Whitneyova testu .....	28
Tab. 11 Intervalový odhad střední hodnoty produkce odpadu [g].....	29

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Procentuální složení SKO v letech 2009–2015 [Zdroj: ÚPI, FSI, VUT v Brně]	17
Obr. 2 Ukázka hliníkového odpadu	18
Obr. 3 Ukázka plastových obalů	19
Obr. 4 Ukázka BIO odpadu	20
Obr. 5 Graf průměrného množství jednotlivých typů odpadu pro dané skupiny	23
Obr. 6 Grafy produkce papíru pro skupiny DOMA a KOLEJE	24
Obr. 7 Grafy produkce plastu pro skupiny DOMA a KOLEJE	24
Obr. 8 Graf průměrné produkce kancelářského papíru v jednotlivých týdnech	25
Obr. 9 Graf průměrné produkce barevného hnědého skla v jednotlivých týdnech	25
Obr. 10 Procentuální zastoupení jednotlivých odpadů v daných skupinách	30