

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb



Bakalářská práce

**Technologické postupy a možnosti drcení vybraných
druhů odpadů**

Studentka: Kateřina Grambličková

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Vaculík, Ph.D.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Kateřina Grambličková

Procesní inženýrství
Technika a technologie zpracování odpadů

Název práce

Technologické postupy a možnosti drcení vybraných druhů odpadů

Název anglicky

The technological procedures and possibilities of crushing selected types of wastes

Cíle práce

Posouzení zvolených dezintegračních postupů s ohledem na vybrané druhy odpadů.

Metodika

Metodika práce

Na základě literárního rozboru oblasti odpadového hospodářství, která se zabývá zpracováním a využitím vybraných druhů odpadů, provést popis používaných postupů a zařízení s ohledem na drcení odpadů.

Osnova práce

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce
4. Charakteristika vybraných druhů odpadů
5. Metody a zařízení používané při drcení odpadů
6. Závěr a diskuze
7. Seznam literatury
8. Přílohy

Doporučený rozsah práce

30 až 40 stran

Klíčová slova

Odpadové hospodářství, odpady, drcení, třídění, recyklace

Doporučené zdroje informací

DINTER, O.: Drcení a mletí nerostných surovin. Vydání 1., SNTL, Praha 1984, 241 s.

KURAŠ, M.: Odpady a jejich zpracování. Vydání 1., Ekomonitor, Chrudim 2014, 343 s. ISBN 978-80-86832-80-7

MÜLLER, M.: Zpracovny nekovového odpadu. Česká zemědělská univerzita, Praha 2008, 154 s., ISBN 978-80-213-1840-3

Odpadové fórum – odborný časopis pro vše, co souvisí s odpady. České ekologické manažerské centrum, Praha 1999- . ISSN 1212-7779

Odpady – odborný časopis pro odpadové hospodářství. Technopress, Praha: 1991- . ISSN 1210-4922

Příslušné zákony, nařízení vlády, vyhlášky, ČSN, oborové předpisy a odborné časopisy

Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 93/2016 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Předběžný termín obhajoby

2020/2021 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Vaculík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 25. 02. 2021

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem diplomovou/bakalářskou práci na téma: Technologické postupy a možnosti drcení vybraných druhů odpadů vypracoval/a samostatně a použil/a jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom/a, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom/a, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom/a že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne 13.5.2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Petru Vaculíkovi, PhD. za odborné vedení, pomoc a cenné rady při zpracování této práce.

Dále bych poděkovala Ing. Janu Šonskému za ochotu a pomoc při měření, které tato práce obsahuje.

A v neposlední řadě velké díky patří mé rodině za podporu a energii během celého studia.

Technologické postupy a možnosti drcení vybraných druhů odpadů

Abstrakt

Tato práce předkládá aktuální problematiku drcení odpadů. Popsány jsou hlavní právní předpisy v odpadovém hospodářství v rámci České republiky. Charakterizovány jsou zde vybrané odpady– komunální odpad a směsný komunální odpad, plastový odpad a dřevěný odpad.

Popsány jsou nejpoužívanější drtiče pro předúpravu. Práce je doplněna o vlastní měření, které probíhalo na konkrétním drtiči pro konkrétní druhy odpadů.

Klíčová slova: Odpadové hospodářství, odpady, drcení, třídění, drtiče

The technological procedures and possibilities of crushing selected types of wastes

Abstract

Thesis elaborates on current problematic of waste crushing. The main legal regulations in the field of waste management in the Czech Republic are described.

Selected wastes are characterized here for example - municipal solid waste, mixed municipal waste, plastic waste and wood waste.

The most used crushers for pretreatment are described and introduced in detail. The work is supplemented by the measurement, which took place on a specific shredder for specific types of waste

Keywords: waste, waste management, industrial waste, waste crushing, waste sorting, crushers

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl práce.....	2
3 Metodika práce	3
4 Charakteristika vybraných druhů odpadů	4
4.1. Vybrané právní předpisy odpadového hospodářství	4
4.1.1. Zákon o odpadech.....	4
4.1.2. Zákon o obalech	5
4.1.3. Katalog odpadů.....	6
4.2. Základní definice a pojmy.....	7
4.3. Charakteristika komunálních odpadů.....	8
4.3.1. Směsný komunální odpad-20 03 01	10
4.4. Plastové odpady	11
4.5. Dřevo.....	17
5 Metody a zařízení používané při drcení odpadů.....	19
5.1. Teoretické základy procesu drcení.....	19
5.2. Typy strojů využívaných v drcení odpad	21
5.2.1. Čelist'ové drtiče	23
5.2.2. Odrazové drtiče	25
5.2.3. Válcové drtiče.....	26
5.2.4. Kladivové drtiče	28
6 Vlastní měření a výsledky	29
6.1. Charakteristika drcených odpadů.....	29
6.2. Popis vybraného drtícího zařízení.....	31
6.3. Měření	33
7 Závěr a diskuse.....	35
Seznam použitých zdrojů	36

Seznam obrázků

Odkazovaný seznam obrázků

Obrázek 1 Hierarchie nakládání s odpady	5
Obrázek 2 Označování odpadů dle Katalogu odpadů	6
Obrázek 3 Produkce komunálního odpadu.....	8
Obrázek 4 Cíle pro nakládání s komunálním odpadem do budoucích let.....	10
Obrázek 5 Evidence produkce SKO v ČR	11
Obrázek 6 Označení nízkohustotního polyethylenu.....	12
Obrázek 7 Materiálové složení tetrapacku	12
Obrázek 8 Označení vysokohustotního polyethylenu	13
Obrázek 9 Ochranné trubky z PE-HD	13
Obrázek 10 Označení polypropylenu	13
Obrázek 11 Dóza na potraviny z PP.....	13
Obrázek 12 Označení polyethylentereftalátu	14
Obrázek 13 PET lahve.....	14
Obrázek 14 Označení polystyrenu.....	14
Obrázek 15 Polystyrenové desky	14
Obrázek 16 Označení polyvinylchloridu.....	15
Obrázek 17 Tvarovka z PVC.....	15
Obrázek 18 Základní způsoby zdrobňování	21
Obrázek 19 Jednovzpěrný čelistový drtič	24
Obrázek 20 Dvouvzpěrný čelistový drtič	25
Obrázek 21 Odrazový drtič	26
Obrázek 22 Roll-packer.....	27
Obrázek 23 Kladivový drtič	28
Obrázek 24 Balík plastového odpadu.....	29
Obrázek 25 Nadrcený dřevěný odpad	30
Obrázek 26 Nadrcený směsný komunální odpad	30
Obrázek 27 Drtič TANA 440DTeco Shark	32
Obrázek 28 Schéma drtiče TANA 440DTeco Shark.....	32
Obrázek 29 Balík s odpadem nabírán drapákem.....	33
Obrázek 30 Odpad zpracováváný drtičem	34

Seznam tabulek

Odkazovaný seznam tabulek

Tabulka 1 Klasifikace dřevěného odpadu podle třech úrovní	18
Tabulka 2 Typy drtičů dle stupně drcení	22
Tabulka 3 Technické parametry dle katalogu výrobce.....	32
Tabulka 4 Vlastní měření	33

1 Úvod

"Populace má tendenci růst rychleji než zdroje." Tento výrok můžeme znát z knihy Esej o principu populace od Thomase Robert Malthus, která byla publikována v r. 1798. Od této doby již uběhla řada let a množství populace na planetě Zemi vzrostlo o 6,3 miliardy. Globálně se tedy vznik odpadů a využívání zdrojů v důsledku vzrůstající populace poměrně značně zrychlil [1]

Celkové zrychlení života, a tudíž nárustu odpadů, představuje pro životní prostředí a lidské činnosti, jisté hrozby, proto je potřeba se této problematice, stále s větším důrazem, věnovat. Odpadové hospodářství, je důležité, nejen z pohledu celkového dopadu a ovlivnění životního prostředí, ale také z hlediska ekonomické problematiky, která zde hraje také podstatnou roli.

Stále víc ve společnosti rezonuje myšlenka přechodu z tzv. lineární ekonomiky na ekonomiku cirkulární. Některé země již na tento způsob přešli mnohem rychleji, v České republice je přechod pozvolný. Princip cirkulární ekonomiky je rozvoj lidstva tak, aby docházelo, k co největšímu využívání zdrojů.

V tomto smyslu, se tedy rozumí, že dojde k navýšení úrovně zejména materiálového využití odpadů a následně energetickému využití. Dochází tedy postupně k pozvednutí a větší důraz na ctění tzv. hierarchie nakládání s odpady.

Jednou z možností, jak zmenšit objem celkového odpadu je mechanická předúprava, kterou se tato práce bude nadále zabývat. Tento způsob úpravy odpadů, pomocí drtičů, je jistý mezikrok, pro celou řadu, dalšího způsobu zpracování např. materiálové využití nebo úprava před uložením na skládky, ačkoliv toto je poslední z možností způsobu nakládání s odpady. [1]

2 Cíl práce

Cílem této práce je posouzení zvolených dezintegračních postupů s ohledem na vybrané druhy odpadů.

Práce se bude zabývat charakteristikou odpadového hospodářství, vybranými druhy odpadů a zařízeními používanými k úpravě odpadů, tj. jednotlivými druhy drtičů odpadů. Dále bude v práci pojednáno o vybraných druzích odpadů, který byly upravovány v rámci uskutečněného měření.

Závěr práce zhodnotí vybrané drtiče a popsané způsoby úpravy jednotlivých druhů odpadů.

3 Metodika práce

Na základě literárního rozboru oblasti odpadového hospodářství, která se zabývá zpracováním a využitím vybraných druhů odpadů, popis používaných postupů a zařízení s ohledem na drcení odpadů.

Postu práce:

1. úvodní charakteristika odpadového hospodářství;
2. definice cílů práce;
3. charakteristika vybraných druhů odpadů;
4. metody a zařízení používané při drcení odpadů;
5. uskutečnění měření;
6. celkové zhodnocení dosažených výsledků.

4 Charakteristika vybraných druhů odpadů

Tato kapitola popisuje vybrané právní předpisy odpadového hospodářství se zaměřením na zákon o odpadech, který definuje pojmy využívající se v odpadovém hospodářství. Také se tato kapitola zabývá vybranými druhy odpadů – Charakteristika komunálního odpadu, plastového odpadu a dřeva.

4.1. Vybrané právní předpisy odpadového hospodářství

Nejdůležitějším zákonem, upravujícím odpadové hospodářství z právního hlediska v České republice, je zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech. Tento zákon byl však od 1.1.2021 nahrazen a novelizován zákonem č. 541/2021 Sb., o odpadech. A dalším velmi podstatným zákonem je zákon č. 477/2001 Sb., o obalech.

Mezi další velmi podstatné právní předpisy, které je potřebné a nezbytné mít na paměti, při nakládání s odpady, je vyhláška č. 8/2021 Sb., o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů.

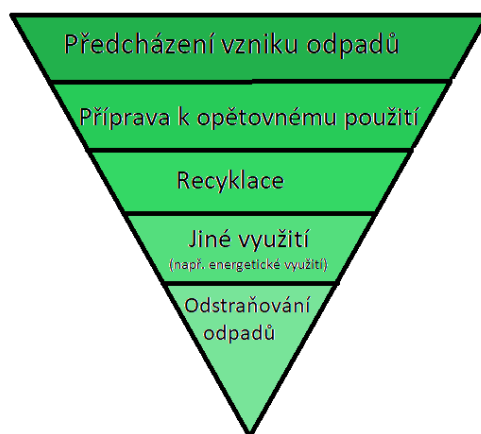
Pomyslnou třetí úroveň předpisů jsou příslušně normy ISO a ČSN EN, kterých je v odpadovém hospodářství celá řada. Pro účel této práce jsou zde uvedeny normy, které se danou problematikou zabývají:

- ČSN 27 9107- Kladivové drtiče. Základní parametry;
- ČSN 72 9101- Drtiče. Názvosloví;
- ČSN 83 8001- Názvosloví odpadů.

4.1.1. Zákon o odpadech

Zákon o odpadech v České republice byl nesčetněkrát novelizován a upravován, tak aby co nejlépe naplňoval závazky, vycházející z Evropské unie a jejich směrnic. Aktuálně je platný v podobě zákona č. 541/2020 Sb., o odpadech.

Zákonem je definován pojem odpad jako: „*každá movitá věc, které se osoba zbavuje, má úmysl nebo povinnost se jí zbavit*“, (Zákon však nezařítuje všechny odpady. Specifické druhy odpadů, jako jsou např. Radioaktivní odpad, odpadní vody, odpad výbušnin, střeliva a munice podléhají jiným právním předpisům a zákonům.).



Obrázek 1 Hierarchie nakládání s odpady [3] – upraveno: Grambličková; 2021

Tyto principy by se při nakládání s odpady, dle pořadí, měly dodržovat a respektovat. Odchýlení, od již výše zmíněné hierarchie odpadového hospodářství, je možné jen tehdy, pokud se z hlediska posuzování životního cyklu, konkrétně vzniklého odpadu, ukáže jiný způsob nebo změna pořadí jako vhodnější.

Samotné předcházení vzniku odpadů je prvním tzv. preventivním krokem, který by se měl u původců a zejména výrobců brát v potaz. Zvlášť obezřetný důraz by měl být vyvíjen na odpad nebezpečné, jelikož zejména tento druh odpadu je složitější a náročnější na samotnou úpravu či likvidaci [4].

Přípravou k opětovnému použití se rozumí využití produktu nebo jeho částí. Samotná recyklace, je materiálové využití. Tento způsob zpracování není v ČR moc nerozvinut, ale s následujícími lety by se měl pozvednout na vyšší úroveň. Naopak, od poslední možnosti-odstraňování odpadů například v podobě skládkování, či spalování bez získání energie, se bude upouštět.

Pokud při výrobě vzniká vedle primárního produktu, také přidružený, sekundární produkt, nejedná se o odpad, ale o vedlejší produkt. Za vedlejší produkt lze považovat takový produkt, u kterého je další využití zajištěno [4].

4.1.2. Zákon o obalech

Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a změně některých zákonů (zákon o obalech), je realizován systémem pro zpětný odběr obalů. Ačkoliv nakládání s obaly je spravováno tímto zákonem, zásadní roli při samotném nakládání s obaly hraje i Zákon o odpadech. A je tomu

tak v případě, že otázka ohledně problematiky obalů, není v zákoně o obalech řešena nebo zodpovězena.

Za obal se považuje výrobek, který je zhotoven z jakéhokoliv materiálu, je určen k ochraně, manipulaci, prezentaci či pojmnutí výrobku.

Rozlišují se odpady:

A) **Prodejní** – Pokud dojde k poškození tohoto typu obalu, může zároveň dojít k poškození vlastností samotného výrobku.

B) **Skupinový** – zpravidla pojme větší množství prodejních jednotek. Pokud se odstraní, výrobek a jeho vlastnosti nejsou poškozeny.

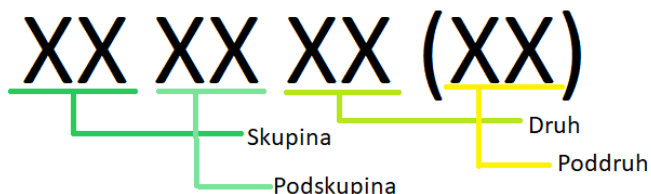
C) **Přepavní** – takový obal má zejména napomáhat a usnadňovat manipulaci a přepravu výrobků, aby nedošlo například k jejich poškození

Každý, kdo uvádí na trh nový obalový materiál, musí splnit následující povinnosti:

- Co nejmenší hmotnost a objem obalu
- Maximální možné množství $100 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ v součtu koncentrací olova, rtuti, chromu a kadmia s oxidačním číslem +VI
- Zajistit zpětný odběr, bez nároku na „úplatu“ (změnit slovo) a dostatečné množství sběrných míst spolu s pravidelným odvozem
- Obal by měl být opětovně použitelný, dále energeticky využitelný nebo recyklovatelný [5].

4.1.3. Katalog odpadů

Každý vzniklý odpad, lze nějak charakterizovat a zařadit, k tomu slouží vyhláška č. 8/2021 Sb., o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů.



Obrázek 2 Označování odpadů dle Katalogu odpadů [Zdroj: Grambličková; 2021 (archiv autorky)]

Odpad je označován 6místným kódem, v některých případech se jedná, o kód 8místný. V katalogu nalezneme 20 hlavních skupin odpadů, z toho každá skupina má odlišný počet podskupin a druhů odpadů. Pokud daný druh chceme určit blíže, specifikujeme jej ještě posledním dvojčíslím, které určuje daný poddruh např. 19 12 03- jsou neželezné kovy a pod číslem 19 12 03 01 nalezneme konkrétně měď, bronz a mosaz.

V některých případech nalezneme katalogové číslo, které je označeno hvězdičkou, takový to odpad je považován za nebezpečný např. 06 03 11*- Pevné soli a roztoky obsahující kyanidy [6].

4.2. Základní definice a pojmy

Názvosloví související s odpadovým hospodářstvím, lze nalézt v zákoně o odpadech č. 541/2020 Sb., o odpadech, kde je uvedeno přesné vymezení, které daný pojem představuje:

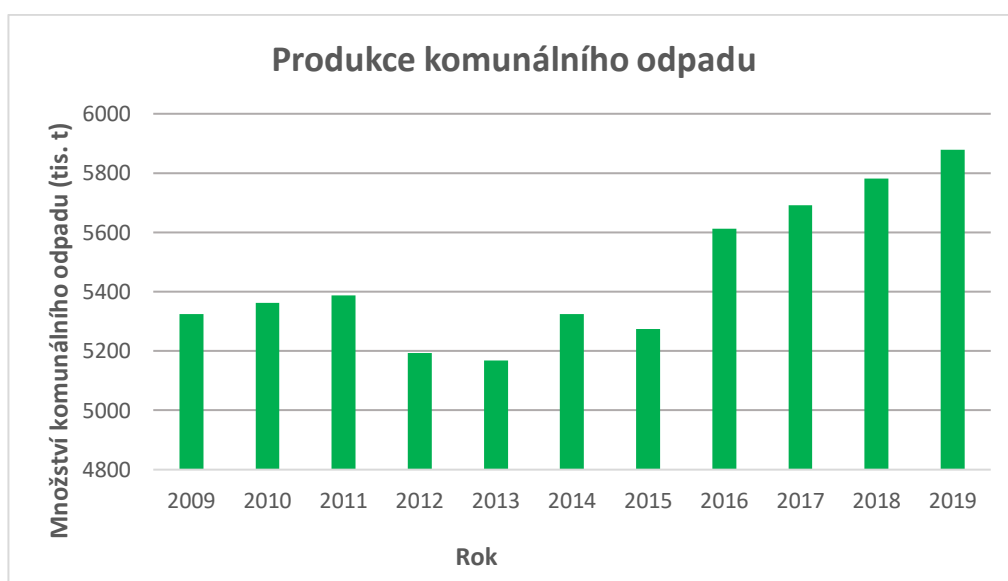
- **Nebezpečný odpad** – *„odpad, který vykazuje alespoň jednu z nebezpečných vlastností uvedených v příloze přímo použitelných předpisů Evropské unie o nebezpečných vlastnostech odpadů. Se zařazuje do druhu odpadu, kterému je v Katalogu odpadů přiřazena kategorie nebezpečný odpad, nebo je smísen s některým z nebezpečných odpadů nebo je jím znečištěn.“*;
- **Ostatní odpad** – *„odpad, který nesplňuje podmínky uvedené v odstavci 1 (pro nebezpečný odpad). Směsný komunální odpad se považuje za ostatní odpad, i když splňuje podmínky uvedené v odstavci 1 (pro nebezpečný odpad)“*;
- **Původce odpadu** – *„každý, při jehož činnosti vzniká odpad, právnická nebo podnikající fyzická osoba, která provádí úpravu odpadů nebo jiné činnosti, jejichž výsledkem je změna povahy nebo složení odpadu, nebo obec od okamžiku, kdy osoba odloží odpad podle § 59 a 60 na místo obcí k tomuto účelu určenému“*;
- **Předcházením vzniku odpadu** – *„opatření přijatá předtím, než se movitá věc stane odpadem, která omezují nepříznivé dopady vzniklého odpadu na životní prostředí a zdraví lidí, omezují obsah nebezpečných látek v materiálech a výrobcích nebo omezují množství odpadu, a to i prostřednictvím opětovného použití výrobků nebo jejich částí k původnímu účelu nebo prodloužením životnosti výrobků“*;

•**Nakládáním s odpadem** – „*soustředování odpadu, shromažďování odpadu, skladování odpadu, sběr odpadu, úprava odpadu, využití odpadu, odstranění odpadu, obchodování s odpadem nebo přeprava odpadu*“;

•**Odpadové hospodářství** – „*se rozumí činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadu, na nakládání s odpadem, na následnou péči o místo, kde je odpad trvale uložen, zprostředkování nakládání s odpady a kontrola těchto činností*“.

4.3. Charakteristika komunálních odpadů

Z hlediska množství, se komunální odpad nedá považovat za největší, jelikož tvoří přibližně 14,5 % z celkového množství vzniklého odpadu na území ČR. Avšak jedná se o odpad, kterému je upřena značná pozornost, což je způsobeno zejména vznikem z každodenní lidské činnosti.



Obrázek 3 Produkce komunálního odpadu [ISOH, MŽP, 2020]

Z uvedeného grafu je možné pozorovat, že produkce komunálního odpadu v posledních letech narůstá. Je to způsobeno zejména vzrůstajícím počtem obyvatel. Přestože data z roku 2020 o produkci komunálního odpadu nejsou ještě zveřejněná, tak již teď se ví, že pandemie na množství komunálního odpadu bude mít také značný vliv, jelikož veškerá lidská činnost a práce se přesunula do domácností.

Dle zákona č. 541/2021 Sb., o odpadech - „Je komunálním odpadem směsný a tříděný odpad z domácností, zejména papír a lepenka, sklo, kovy, plasty, biologický odpad, dřevo, textil, obaly, odpadní elektrická a elektronická zařízení, odpadní baterie a akumulátory, a objemný odpad, zejména matrace a nábytek, a dále směsný odpad a tříděný odpad z jiných zdrojů, pokud je co do povahy a složení podobný odpadu z domácností. Komunální odpad nezahrnuje odpad z výroby, zemědělství, lesnictví, rybolovu, septiků, kanalizační sítě a čistíren odpadních vod, včetně kalů, vozidla na konci životnosti ani stavební a demoliční odpad“ [7].

Vyhláška č. 8/2021 Sb., Katalog odpadu uvádí komunální odpad, včetně složek z odděleného sběru pod souhrnným katalogovým číslem 20 00 00.

Detailněji se komunální odpad rozděluje na:

A) Složky z odděleného sběru- 20 01 00

Charakteristickými druhy odpadů v této podskupině jsou především:

Papír a lepenka (20 01 01), Sklo (20 01 02), Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven (20 01 08), Kovy (20 01 40) a nejvíce výdělečná komodita Plasty (20 01 39).

B) Odpady ze zahrad a parků (včetně hřbitovního odpadu) - 20 02 00

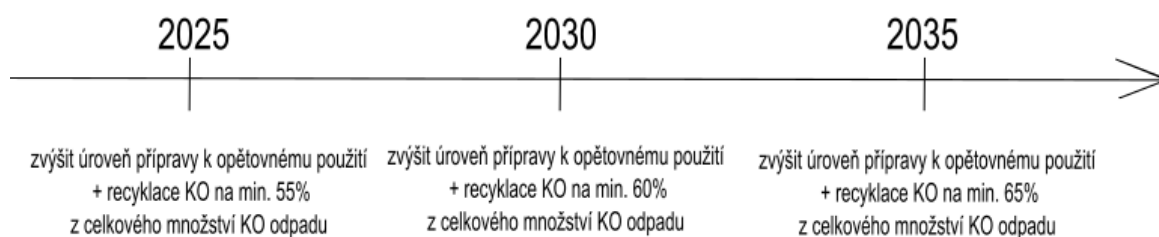
Podskupina zahrnující pod sebou-Biologicky rozložitelný odpad (20 02 01), Zeminu a kameny (20 02 02) a jiný biologicky nerozložitelný odpad (20 02 03)

C) Ostatní komunální odpady- 20 03 00

V této podskupině nalezneme např. Směsný komunální odpad (20 03 01), Odpad z tržišť (20 03 02), Uliční smetky (20 03 03) nebo Objemný odpad (20 03 07).

[6]

Při pohledu do budoucna, z balíčku tzv. oběhového hospodářství, který vychází ze směrnic EU, došlo k závazkům, které se týkají komunálního odpadu a jeho nakládání s ním. Tyto závazky se v zákoně č. 541/2020 Sb., o odpadech, promítly a jsou uvedeny v Příloze č. 1, jmenovaného zákona jako-Cíle odpadového hospodářství. [9]



Obrázek 4 Cíle pro nakládání s komunálním odpadem do budoucích let [Zdroj: Grambličková; 2021 (archiv autorky)]

Na obrázku č.4 je vidět, že mezi důležité cíle patří pozvednutí úrovně přípravy k opětovnému použití a úrovně recyklace komunálních odpadů. V roce 2025 je „ona meta“ posunutá na 55 % z celkového množství komunálního odpadu v r. 2030 minimálně na 60 % a r. 2035 alespoň na 65 %. Cíle vycházejí ze Směrnic Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 2018/851, která mění směrnici 2008/98/ES o odpadech a č. 2018/852, která mění směrnici 94/62/ES o obalech a obalových odpadech.

Dalším cílem je, energetické využití nejvýše 25 % z celkového množství komunálního odpadu a to do r. 2035. A v neposlední řadě, do stejného roku, by se z celkového množství komunálního odpadu vzniklého na území ČR, mělo na skládky tuhých komunálních odpadů ukládat nejvýše 10 % tohoto odpadu— což vychází ze Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 2018/850 (novelizace směrnice 1999/31/ES, o skládkování odpadů) [4] [6].

4.3.1. Směsný komunální odpad-20 03 01

Z pohledu složení komunálního odpadu, největší část představuje tzv. směsný komunální odpad. Dle zákona č. 541/2020 Sb., o odpadech, se směsný komunální odpad považuje za ostatní odpad.

Jedná se o odpad, který se nedá nijak třídit a většinou se spaluje nebo se ukládá na skládky komunálních odpadů.

Do budoucna je však nutné pracovat s faktem, že dle legislativních stanov ČR, bude od r. 2024 zakázáno, směsný komunální odpad ukládat na skládky [4] [8].



Obrázek 5 Evidence produkce SKO v ČR- [8]

Z grafu je patrné že množství směšného komunálního odpadu, rok od roku, nepatrně klesá. Úbytek je způsoben zejména větším důrazem na separaci odpadu, vzniklého z domácností.

4.4. Plastové odpady

O době, ve které žijeme se hovoří, jako o době plastové potažmo obalové. Plast nalezneme všude kolem nás, a to v mnoha podobách.

Pokud hovoříme o plastech (polymerních materiálech), můžeme je rozdělit na základě původu, na přírodní a syntetické. Syntetické polymerní materiály bývají tvořeny více složkami, než-li čistým polymerem.

Složení lze rozdělit do tří základních skupin:

- **Pojiva**-představují základní materiál-samotný polymer;
- **Plniva**-jedná se o příměsi, které jsou anorganického či organického původu, jejich hlavní funkcí je úprava vlastností a ceny polymeru. Plniva mohou být vláknové struktury nebo práškové;
- **Přísady**-těch máme celou řadu, např. maziva, změkčovadla-organické látky, díky kterým má materiál určitou vlastnost (ohebnost atd.); stabilizátory— „jejich úkolem“ je zachovávat vlastnosti a hodnoty materiálu po dobu skladování a uchovávání; barviva— upravuje barvu;

U naprosté většiny polymerních materiálů, tvoří primární složku ropa potažmo zemní plyn [10].

Mezi nejčastěji využívané polymerní materiály patří:

A) PE (Polyethylen)

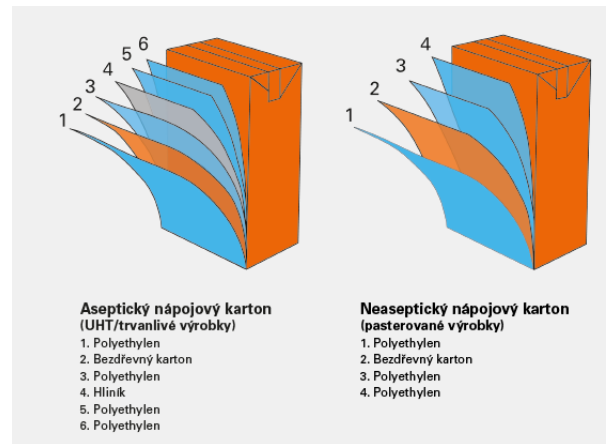
Jedná se o jednoho z představitelů skupiny tzv. polyoleofinů. Polymerace polyethylenu vyžaduje absolutní čistotu. Jde o velmi rozšířený polymer, který je hojně využíván díky svým dobrým vlastnostem a nízkou cenou. Polyethylen se dobře zpracovává, má dobrou chemickou odolnost, vysoké elektroizolační vlastnosti a je zdravotně nezávadný.

Rozlišují se dva druhy PE (Polyethylenu):

- **LDPE („Low Density Polyethylene“) – s nízkou hustotou**



Obrázek 6 Označení nízkohustotního polyethylenu- [21]



Obrázek 7 Materiálové složení tetrapacku -[22]

Tento polyethylen se nejhojněji využívá na obaly např. sáčky, folie atd. nebo ve formě laminátů společně s papírem nebo hliníkem. LDPE lze nalézt v nápojových kartonových obalech (tzv. tetrapak), kde představuje cca 20 % obalu.

- HDPE („*High density polyethylene*“) – s vysokou hustotou



Obrázek 8 Označení vysokohustotního polyethylenu- [23]



Obrázek 9 Ochranné trubky z PE-HD - [24]

Předností vysokohustotního polyethylenu je velmi dobrá mechanická pevnost nebo tepelná odolnost. Využívá se ve stavebnictví např. na výrobu trubek, nebo v potravinářství např. pro výrobu misek, kelímků [10][11][12].

B) PP (Polypropylen)



Obrázek 10 Označení polypropylenu - [25]



Obrázek 11 Dóza na potraviny z PP- [26]

Jedná o semikrystalový plast, a jde o zástupce polyoleofinu. Je velmi podobný HDPE, ale má vyšší teplotu tání, pevnost, ale nižší hustotu.

Tento plast má opravdu dobré elektroizolační vlastnosti a je chemicky odolný. Využití nachází v gastroprůmyslu, vyrábí se z něj dózy na potraviny, jednorázové nápojové pohárky. Své uplatnění má, ale i v automobilovém průmyslu, kde se z něj vyrábí např. přístrojové desky [10][11]

C) PET (Polyethylentereftalát)

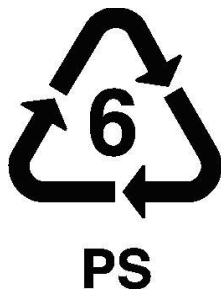


Obrázek 12 Označení polyethylentereftalátu- [27]

Obrázek 13 PET lahve - [28]

Jedná se o termoplast, který spadá do skupiny polyesteru. PET je pevný a zároveň pružný plast, má dobré izolační vlastnosti. Nejčastěji tento polymer nalezneme v obalovém průmyslu př. PET lahve na nápoje, elektrotechnice— výroba přepínačů, izolačních cívek atd. [10][13].

D) PS (Polystyren)



Obrázek 14 Označení polystyrenu-[29]

Obrázek 15 Polystyrenové desky-[30]

Charakteristickými vlastnostmi tohoto polymeru, jsou vysoký lesk, dobré elektroizolační vlastnosti, tvrdost ale zároveň křehkost. Není vhodný pro venkovní využití, kde křehne a žlutne.

Polystyren se rozděluje na:

- **EPS („Expandable polystyrene“)** – pěnový polystyren
Jedná se o lehčí druh polystyrenu, který má dobré tepelné izolační vlastnosti, proto se využívá např. ve stavebnictví k zateplování staveb. Nevýhodou tohoto polymeru je špatná odolnost vůči rozpouštědlům.
- **HIPS („High Impact Polystyrene“)** – houževnatý polystyren
Vlastnosti tohoto polystyrenu závisí na obsahu gelové fáze a způsobu zpracování. Z pravidla jde o plast, který má vysokou nárazu vzdornost a snadno se tvaruje. [10] [11]

E) PVC (Polyvinylchlorid)



Obrázek 16 Označení polyvinylchloridu- [31]



Obrázek 17 Tvarovka z PVC- [32]

Jde o nejpoužívanější termoplast, který dále patří do skupiny tzv. polyhalogenolefinů. V porovnání s PP nebo PE, je obtížněji zpracovatelný, což je dáno zejména nízkou tepelnou stabilitou.

Tzv. „smršťovací folie jsou obalovány PET lahvemi, což značně zhoršuje jejich recyklaci.

PVC lze rozdělit na dva druhy:

- **Měkkčený PVC**— Využívá se při výrobě folií, ochranných rukavic či hraček.
- **Neměkkčený PVC**— Vyniká svou odolností vůči vodě, kyselinám, zásadám nebo organickým chemikáliím. Vyrábí se z něj armatury, trubky, nebo desky na obklady fasád atd. [10] [11] [13]

V odpadovém hospodářství se setkáváme s následujícími plastovými odpady:

A) Směsný plastový odpad

Heterogenní směs polymerních odpadů, jejichž vlastnosti, struktura, kvalita a složení jsou rozdílné. Je tvořen zejména odpady, které získáváme separovaným sběrem plastových odpadů. Největší množství zaobírají obaly a z hlediska druhů plastů zde nalezneme nejčastěji-PP, PE, PET.

B) Jednodruhový plastový odpady

Jak již název napovídá, tento odpad je složen z jednoho druhu plastu, který má však rozdílnou čistotu a kvalitu.

Tento odpad, lze dále dělit dle vzniku původu:

- **Technologický (zpracovatelský) odpad**— z pravidla polymer velmi dobré kvality, který vzniká v primární výrobě plastů, tudíž je zde přesné složení odpadu znám
- **Průmyslový plastový odpad**— tento typ odpadu je známého složení a není nijak znehodnocen, př. odřezky plastového potrubí
- **Uživatelský plastový odpad**— tyto plasty jsou již znehodnoceny opotřebením, jejich složení je známé, př. PET lahve, plastové komponenty z elektrotechniky apod. [14]

Změny z hlediska přepravy plastových odpadů:

V r. 2019 došlo ke změně kódů plastových odpadů. Tato změna se odehrála v rámci tzv. Basilejské úmluvy. Kód B3010 byl nahrazen kódem B3011. Hlavním důvodem této změny byla lepší kontrolovatelnost vývozů plastových odpadů do jiných zemí.

Od tohoto roku- 1.1. 2021 se mohou vyvážet do třetích zemí, odpady z plastů právě pod již zmíněným kódem B3011. Jde především o plasty, které spadají do tzv. zeleného seznamu. V rámci tohoto seznamu, jde o plasty jednodruhové, avšak lze vyvážet i směsi, ale pouze polyethylenu (PE), polypropylenu (PP) a polyethylentereftalátu (PET). Zkrátka, veškeré plasty, které se dostanou za hranice, musejí být určeny k recyklaci a také musejí dosahovat určitou úroveň čistoty [15].

4.5. Dřevo

Dřevo je obnovitelný přírodní zdroj, který oplývá řadou přínosných vlastností. Jedná se o materiál snadno obrobitelný, odolný vůči chemickým vlivům, vysoce odolný z hlediska mechanického poškození a v porovnání např. s kovovým materiálem má velmi dobré tepelně-izolační vlastnosti.

Dalším přínosem dřeva je schopnost absorbovat oxid uhličitý (CO₂) z atmosféry. Z tohoto úhlu pohledu je přínosné z hlediska odpadového hospodářství, dřevo především materiálově využívat. Jednak je to samozřejmě v souladu s hierarchií nakládání s odpady, tudíž v souladu se zákonem o odpadech a dále je to přínos z pohledu životního prostředí— redukce skleníkových plynů [16].

V odpadové problematice lze dřevo, jako takové nalézt ve dvou hlavních podobách:

- **„Nové“ dřevo**— není vhodné pro další úpravu např. na výrobu nábytku atd., patří různé části stromů, větve, dřevěné štěpky.

Tento typ odpadu se zpracovává zejména energeticky, hovoříme o biopalivu, nebo aerobním rozkladem (kompostováním).

- **„Mrtvé“ dřevo**— vhodné pro materiálovou recyklaci. Řadíme zde dřevěné palety, starý nábytek, dřevo ze staveb či demolice (bez obsahu betonu nebo jiného znečištění) nebo kůru [17].

Dřevěný odpad lze řadit dle Plánu odpadového hospodářství ČR 2015-2024 do komunálního odpadu (KO), konkrétně do biologicky rozložitelného odpadu (BRKO).

Dřevo je však také součástí stavebního a demoličního odpadu, který v odpadovém hospodářství zastupuje cca 55% množství celkové produkce odpadu. V neposlední řadě se s odpadem v podobě dřevěného materiálu, setkáváme v obalových odpadech např. euro palety atd. [18].

Tabulka 1 Klasifikace dřevěného odpadu podle třech úrovní

Úroveň 1- dle zdroje	Úroveň 2- dle typu	Úroveň 3 - dle jakosti
Dřevěné odřezky	Odřezky a velké štěpky (bez ošetření)	I,II
	Odřezky a velké štěpky (s ošetřením)	III
Dřevěné obaly	Dřevěné palety (bez ošetření)	I,II
	Dřevěné palety (s ošetřením)	III
	Ostatní obaly např. boxy, bedýnky atd. (bez ošetření)	I,II
Stavební a demoliční dřevo	Dřevo z demolice a stavebnictví (bez ošetření)- pro interiérové využití	I, II
	Staré dřevo z demolice a přestavby (s ošetřením) - pro interiérové využití	III
	Staré dřevo z demolice a přestavby (s ošetřením) - pro venkovní využití	III
Dřevěný odpad z nábytku	Nábytek (bez ošetření)	I, II
	Nábytek (s ošetřením)	III
	Nábytek a čalounění	III
Nevhodné umístění	Impregnované dřevo (s ošetřením CCA- anorganické roztoky arsenu, mědi a chromu nebo PCP- pentachlorfenol)	IV
	Kompozitní materiály z demolice a staveb	III
	Směsný dřevěný odpad (s obsahem plastů, skla, kovů atd.)	III
		III

Zdroj: [19]

Ačkoliv neexistuje v současnosti žádná jednotná definice a klasifikace dřevěného odpadu, existuje mnoho podob, jak lze tento druh odpadu členit. V tabulce č.1, je dřevěný odpad rozdělen dle tří úrovní-podle zdroje původu (úroveň 1), následného popisu dřevěného odpadu (úroveň 2) a dle jakosti (úroveň 3).

Stupeň I je čisté dřevo, bez kontaminace nebo malým procentem kontaminace, tento typ je velmi vhodný pro recyklaci. Stupeň II pod sebou zahrnuje čistý dřevěný odpad s určitou kontaminací a stupeň III obsahuje značnou kontaminaci a je vhodný především ke spalování. Poslední stupeň IV patří dle směrnice 2008/98/ES do skupiny nebezpečných odpadů, vhodnost zpracování je spalování [20].

5 Metody a zařízení používané při drcení odpadů

5.1. Teoretické základy procesu drcení

S procesem drcení je v praxi spojováno, také mletí, dezintegrace a souhrnně se tyto procesy označují jako přípravné procesy mechanického rozpojování.

Jedná se o velmi důležité technologické pochody, jejichž využití je napříč celého průmyslového odvětví. Postupy a mechanismy mletí a drcení však vycházejí zejména z odvětví těžby, úpravy a zpracování nerostných surovin.

Primárním účelem rozpojování pevných látek je především zvětšení měrného povrchu materiálu. Samozřejmě neméně důležité je zdrobňování pevné látky na zrna takové velikosti, aby zrnitost byla vyhovující pro další zpracování, jelikož se jedná o zpracování přípravné.

Mezi materiálem působí soudržné síly, které drží hmotný útvar pohromadě, při drcení musí dojít k přemožení těchto sil, pomocí sil vnějších.

Důležitým vstupním parametrem jsou bezesporu fyzikální vlastnosti zpracovávaného materiálu – pevnost, tuhost, houževnatost. Čím jsou tyto fyzikální vlastnosti větší, tím více je potřeba vynaložit energie na samotné rozpojování. Během drcení je ale potřeba ještě vynaložit energii na překonání tření a v ten moment dochází k transformaci energie na energii tepelnou.

Teorie procesu rozpojování:

- **Rittingerova „povrchová“ teorie**

Jedná se o nejstarší hypotézu z r. 1867, která předpokládá, že práce vynaložená k rozpojování materiálu je úměrná velikosti povrchu rozpojovaného materiálu. Tato hypotéza nebere v potaz ztráty, a tudíž v praxi během praktických pokusů, nedošlo k tak jednoznačnému potvrzení platnosti hypotézy. Protože, jak již bylo zmíněno, na rozpojení je potřeba energie, která překonává tření a další ztráty energie vznikají např. při deformaci částic atd. [33][34][35].

Hypotéza byla demonstrována na velké krychli o délce hrany U , která byla rozdělena na menší krychličky o délce hrany u .

Obecný tvar Rittingerovy rovnice:

$$W = C_R \cdot \left(\frac{1}{U_{stř}} - \frac{1}{u_{stř}} \right) \quad (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}) \quad /1/$$

C_R – empiricky stanovena Rittingerova konstanta ($\text{Ws} \cdot \text{m}^{0.5} \cdot \text{kg}^{-1}$),

$U_{stř}$ – střední průměr materiálu před zdrobněním (m),

$u_{stř}$ – střední průměr materiálu po zdrobnění (m) [35][36].

- **Kickova „objemová“ teorie**

Rozdíl mezi Kickovou teorií oproti Rittingera je, že práce potřebná k rozpojování je úměrná objemu rozpojovaného materiálu, ne jejímu vzniklému povrchu. Tato hypotéza našla jisté prolnutí a potvrzení v hypotéze, kterou vyslovil ruský inženýr V. L. Kirpichov. Tato teorie je platná spíše pro drcení, než-li mletí [33] [34].

Obecný vztah pro rozpojování podle Kickova:

$$W = C_K \cdot \log \frac{U_{stř}}{u_{stř}} \quad (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}) \quad /2/$$

C_K – empiricky stanovena Kickova konstanta ($\text{Ws} \cdot \text{m}^{0.5} \cdot \text{kg}^{-1}$),

$U_{stř}$ – střední průměr materiálu před zdrobňováním (m)

$u_{stř}$ – střední průměr materiálu po zdrobňování (m)

[34]

- **Bondova „třecí“ teorie**

Relativně nová hypotéza, která již bere v potaz překonávání tření. Dle této hypotézy dochází k přeměně mechanické energie v energii tepelnou, při překonávání vnějšího a vnitřního tření. Při tomto překonávání třecích sil vzniká lokální deformace, dojde k překonání kritického napětí a následnému rozpadnutí hmoty. Dle F.C. Bonda závisí množství energie, potřebného k rozpojování, na objemu částic, ale i na povrchu materiálu. [33] [34] [35]

Obecný vztah pro rozpojování dle F.C. Bonda:

$$W = C_B \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{U}} - \frac{1}{\sqrt{u}} \right) \quad (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}) \quad /3/$$

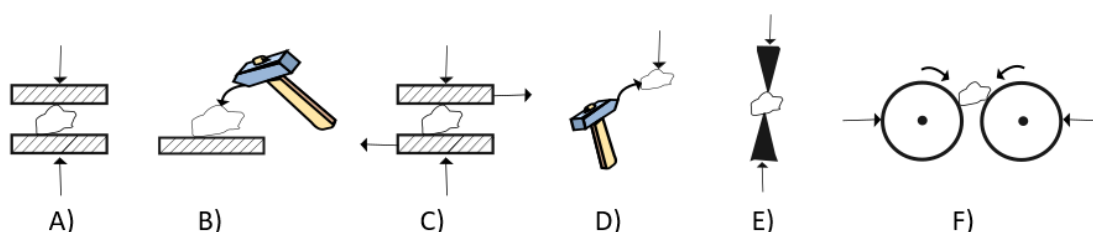
C_B – empiricky stanovena Bondova konstanta ($\text{Ws} \cdot \text{m}^{0,5} \cdot \text{kg}^{-1}$),

$U_{stř}$ – střední průměr materiálu před zdrobňováním (m)

$u_{stř}$ – střední průměr materiálu po zdrobňování (m)

[34]

Zaměříme-li se na samotný proces na základě působení vnějších sil, nejčastěji se využívá – tlaku, nárazu, tření či štípání. Na obr.18 můžeme vidět základní způsoby zdrobňování.



Obrázek 18 Základní způsoby zdrobňování [33]- upraveno: Grambličková; 2021

Proces může probíhat působením tlaku na materiál, který je mezi dvěma nepohyblivými deskami (čelistmi) (obr.18a). Také může docházet k rozměňování materiálu úderem kladiva či jiným nástrojem na nepohybující materiál (obr.18b) nebo pohybující se materiál (obr.18d). Pokud dochází k vzájemnému pohybu drtících ploch kolmo ke směru působících tlakových sil na materiál, jedná se o tzv. roztírání (obr.18c). Na obrázku ve variantě e) je materiál rozmačkáván a štěpen. Velmi častou variantou je, drcení pomocí dvou pohybujících se válců (obr.18 f).

U drtičů a mlýnů se nevyužívá pouze jednotlivých základní způsobů viz. (obr.18), ale zpravidla jde vždy o kombinaci těchto základních procesů.

5.2. Typy strojů využívaných v drcení odpad

Při volbě vhodného stroje na drcení odpadu, je nutné vzít v potaz faktory, které mají na výběr vliv.

Faktory zpracovávaného materiálu:

- fyzikální a mechanické vlastnosti drceného odpadu;
- vstupující rozměrová velikost zpracovávaného odpadu;
- požadovaná výstupní velikost zpracovaného odpadu;
- obsah lepkavých příměsí drceného odpadu.

Faktory z hlediska parametrů stroje:

- pořizovací cena drtiče;
- náročnost na obsluhu a údržbu stroje;
- hmotnost a rozměry stroje;
- požadovaný výkon stroje;
- spotřeba elektrické energie a potřebný instalovaný výkon hnacího elektromotoru.

Jednou z charakteristik strojů na mechanické rozpojování je tzv. stupeň drcení a mletí.

Stupeň drcení a mletí lze vyjádřit poměrem velikosti zpracovávaného materiálu:

$$s = \frac{U}{u} \quad /4/$$

U – velikost největších kusů zpracovávaného materiálu před drcením (mletí) (m)

u – velikost největších kusů zpracovávaného materiálu po drcení (mletí) (m)

[33] [34]

Stupeň drcení se může u jednotlivých drtičů v praxi lišit, ale přibližně je znám. Čím vyšší je stupeň, tím lepší je samotné drcení.

Tabulka 2 Typy drtičů dle stupně drcení

Typ drtiče	Stupeň drcení
Čelist'ové drtiče	3-6
Válcové drtiče (s hladkými válci)	3-4
Kladivové drtiče s ostrými válci	8-10
Kladivové drtiče jednorotorové	10-15
Odrazové drtiče	~ 8-15

Zdroj: [33] – upraveno: Grambličková; 2021

Drtiče lze rozdělit na stacionární a mobilní. Mobilní drtiče jsou z hlediska nákladů náročnější proti stacionárním, ale náklady jsou zase ušetřeny při přepravě na místo potřeby. Jsou tedy flexibilnější a investice, zejména v odpadovém hospodářství je přínosná.

Drtičů je na trhu celá řada, avšak při zpracování odpadů, se nejvíce využívají:

- Čelist'ové drtiče
- Odrazové drtiče
- Kladivové drtiče
- Válcové drtiče

5.2.1. Čelist'ové drtiče

Čelist'ové drtiče jsou vhodné zejména pro rozměrné odpady, proto největší využití nacházejí při zpracovávání stavebního a demoličního odpadu. Odpad je drcen mezi dvěma čelistmi, z nichž jedna čelist je pohyblivá a druhá nikoliv.

Vhodnost tohoto druhu drtiče se ukazuje u tvrdých a houževnatých materiálech. Potřeba je však počítat s tím, že odpad je na výstupu z hlediska velikosti a tvaru rozmanitý, což je považováno za nedostatek tohoto stroje. Další nevýhodnou je například časté zacpání drtiče, nebo tvorba prachu v čelistích.

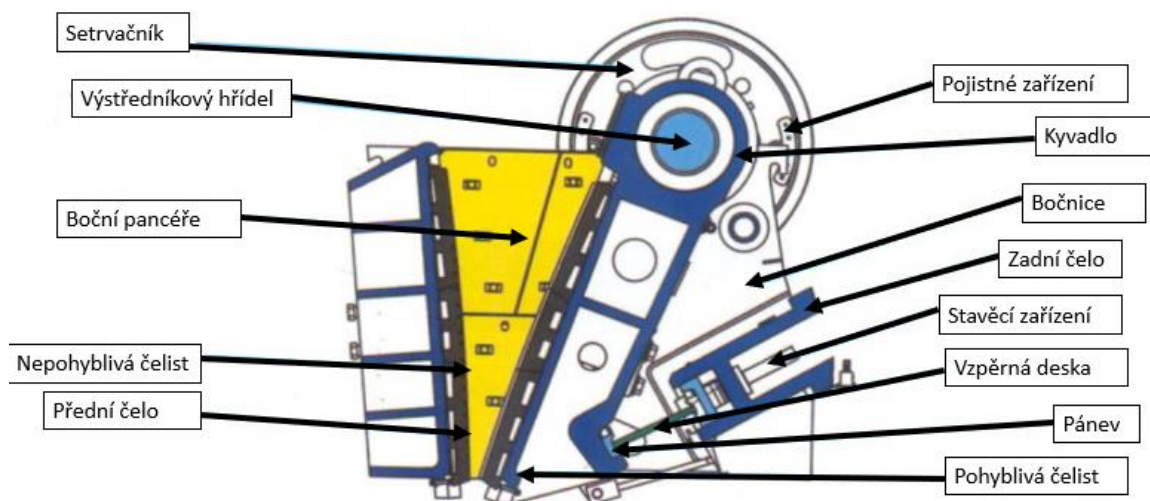
Ovšem tento stroj má i velikou řadu benefitů. Z hlediska konstrukce, se jedná o poměrně jednoduchý drtič, z čehož vyplívá – snadná údržba a obsluha stroje. Další přínos je relativně vysoká životnost jednotlivých součástí, což je vždy velmi kladná a kvitovaná vlastnost [33] [34].

Drtiče lze dále rozdělit na:

A) Čelist'ové drtiče jednovzpěrné

Tento typ čelist'ového drtiče je proti dvovzpěrnému lehčí a menší, ale čelisti vykonávají složitější pohyb. Jak již název napovídá, je obdařen pouze jednou vzpěrnou deskou. Tato deska je jednou stranou opřena o zadní stěnu rámu drtiče a druhým koncem o spodní část kyvadla. Vrchní část kyvadla vykonává pohyb, jehož trajektorie se podobá kruhu a následně se mění v oválnou až eliptickou křivku. Tvar trajektorie pohybu se však liší dle vzájemné polohy kyvadla a vzpěrné desky [34].

Z pohledu základních pohybů mechanického rozpojování, tento drtič zpracovává odpad rozmačkává a roztírá. Zpracovává středně a velmi tvrdé a houževnaté materiály.

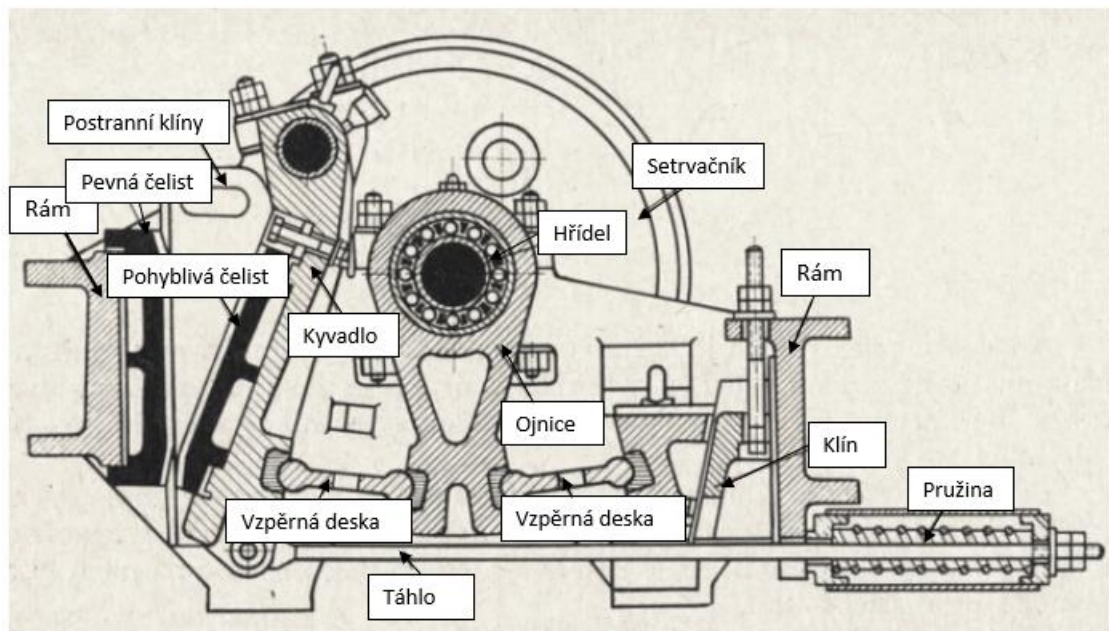


Obrázek 19 Jednovzpěrný čelistový drtič - [37] upraveno: Grambličková; 2021

B) Čelist'ové drtiče dvouvzpěrné

Drtič je vybaven jednou pohyblivou a jednou pevně připevněnou čelistí v rámu. Pohyblivá čelist vykonává kývavý pohyb. Odpad, který je zde zpracováván se drtí při vzájemném přibližování čelistí směrem k sobě.

Ačkoliv má tento drtič relativně dlouhou a dobrou životnost, je možné, že časem dojde k mechanickému opotřebení čelistí, tudíž má stroj tzv. lože, aby bylo ony čelisti možné vyměnit [33].

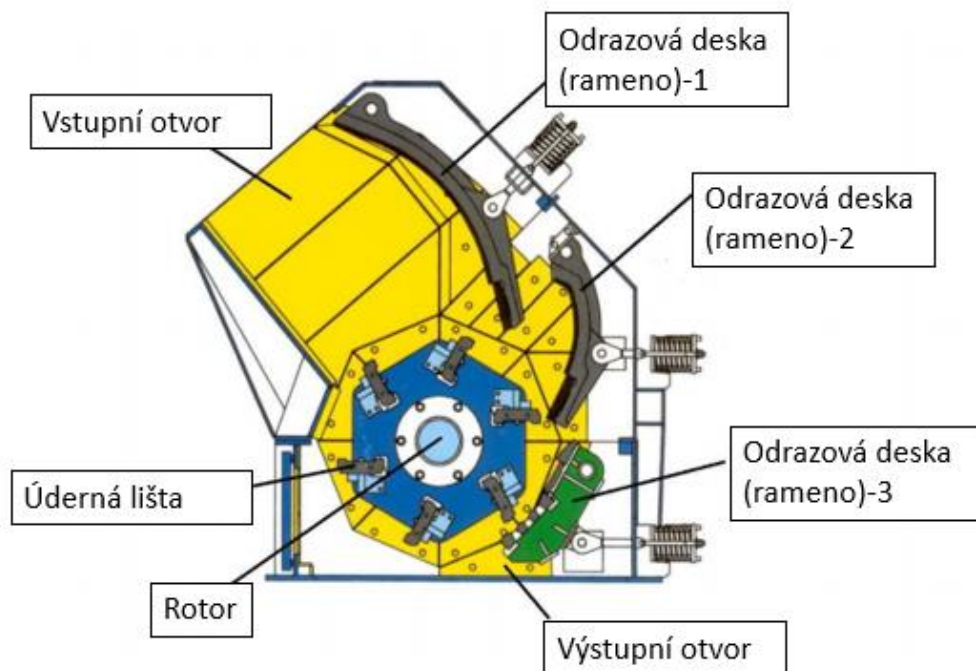


Obrázek 20 Dvouvzpěrný čelist'ový drtič - [34] upraveno: Grambličková; 2021

5.2.2. Odrazové drtiče

Drtič je vhodný pro středně tvrdé a tvrdé materiály s možnou příměsí lepivých složek. Opět se využívá zejména při zpracování a recyklaci demoličního a stavebního odpadu. Proti čelist'ovému drtiči je výhoda, že na výstupu nalézáme drcený materiál v podobě přibližně stejně vypadajících hmotných útvarů. Jako snad každý stroj, má i své nevýhody a v tomto případě se jedná o poměrně značnou hlučnost a prašnost stroje. Z hlediska ekonomického pohledu, hovoříme o relativně nákladném stroji.

Do drtiče vstupuje odpad, který je pomocí lišt (ramen) vržen velkou rychlostí na odrazové pancířové desky a zpět. Stojí lez nalézt jak v mobilní podobě, tak stacionární [39] [40] [41] [42].



Obrázek 21 Odrazový drtič - [38] upraveno: Grambličková; 2021

5.2.3. Válcové drtiče

Válcové drtiče jsou složeny buď ze dvou proti sobě se otáčejících válců – dvouválcové anebo existují jednoválcové. Jednoválcový, je pochopitelně, dle názvu, složen z jednoho pohybujícího se válce a nepohyblivé čelisti. Válcových drtičů je na trhu celá řada, a proto jejich využití je rozmanité. Některé drtí materiály hrubě jiné jemně či středně hrubě.

Další rozdělení těchto drtičů je dle povrchu válců:

- Drtiče s hladkými válci – v tomto případě jde o dvouválcové drtiče, kdy se mezi hladkými válci rotujícími proti sobě drtí materiál. Tyto drtiče mají stupeň drcení poměrně malý-cca 3-4.
- Drtiče s ozubenými válci
- Drtiče s rýhovanými válci

Jednoválcové drtiče jsou často vybaveny právě ozubením či ostny. Tvar bývá přizpůsoben charakteru drceného materiálu, zejména pevnosti. (modrá brožura)

Využívají i více válcové drtiče-tříválcové a čtyřválcové drtiče. Pokud stroj obsahuje vícero válců, účinnost drcení je pochopitelně vyšší. Další válce slouží např. jako pomocně nebo tzv. předdrtiče [33] [34].

V rámci zpracování odpadů, lze zařadit do této skupiny i tzv. Roll-packery. Tento způsob se využívá zejména v průmyslu, kde je velké množství objemných odpadů nebo

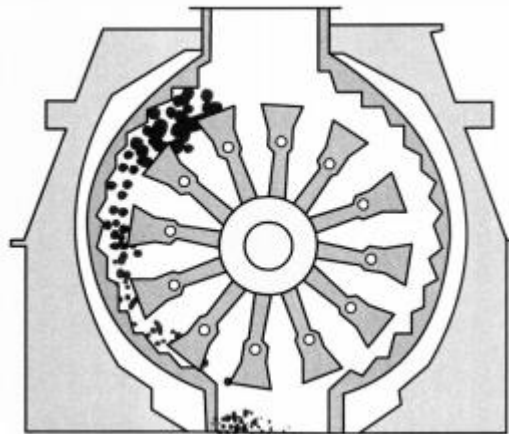
v sběrných dvorech. Rameno s válcem slouží jako „kompaktor“ k hutnění materiálu, který je umístěn v kontejneru. Tímto způsobem lze zpracovat např. nábytek, palety, papír, směsný odpad, plechy sklo atd. kontejner s kovovým válcem (bubnem), se vyrábí ve stacionární či mobilní formě [43].



Obrázek 22 Roll-packer - [43]

5.2.4. Kladivové drtiče

Kladivový drtič je vhodný pro zpracování, zejména měkkých a středně tvrdých materiálů, které neobsahují lepkavé složky. Drcení se provádí díky kladivům upevněným na rotoru. Během drcení jsou kladiva v radiální poloze, což je způsobeno odstředivou silou. Pomocí rychlého úderu kladiv a vrhání materiálu na pancéřové desky, je materiál drcen. Aby nedocházelo k přílišnému opotřebení úderných nástrojů (kladiv), vyrábějí se z tvrdé uhlíkové oceli. Dalším způsobem, jak prodloužit životnost je otočení nástrojů o 180° ve směru otáčení [33].



Obrázek 23 Kladivový drtič - [33]

6 Vlastní měření a výsledky

V rámci bakalářské práce bylo provedeno měření, které se zabývalo drcením vybraných druhů odpadů.

6.1. Charakteristika drcených odpadů

Odpady zpracováváné pro účely této práce pocházely ze svozu tříděného odpadu z měst, obcí od občanů a organizací. Svozový odpad z těchto toků, dále putoval na třídící linku, kde podléhal dalšímu, důkladnějšímu vytrídění. Třídění se provádí např. dle kvality jednotlivých složek.

Dle komodit, dále budou popsány:

- Plastový odpad
- Dřevěný odpad
- Směsný komunální odpad

Plastový odpad:

K drcení jde plastový odpad, který vychází z třídící linky, neputuje tedy k recyklaci, ale lisuje se a skladu. Poté je plast ve formě balíku odvezen k drtiči. Balík je o velikosti cca 1 x 1 x 1 m.

Tento odpady byl pro zpracování v drtiči TANA ve 2 formách.

1. Forma – volně ložený plastová odpad
2. Forma – slisovaný plastový odpad do balíků bez drátu, resp. drát byl před samotným zpracováním rozstříhnut. Hmotnost balíku byla cca 300 kg.



Obrázek 24 Balík plastového odpadu [Šonský; 2021]

Dřevěný odpad:

Hmotnost zpracovávaného dřeva byla cca 265 kg. Dřevěný odpad pochází z velkoobjemového odpadu tzn. dřevo z nábytku, palety atd. Tento druh odpadu, je složitější pro nakládání. Drapák, který odpad nakládá pro následné drcení v drtiči, dřevo rozhodí kolem, tudíž se velmi špatně nabírá.



Obrázek 25 Nadrcený dřevěný odpad [Šonský; 2021]

Směsný komunální odpad (SKO):

SKO pochází z měst a obcí, jedná se tedy o typ zástavby, jak centrální, tak příměstský. Tento typ odpadu se do drticího zařízení vkládá volně.



Obrázek 26 Nadrcený směsný komunální odpad [Šonský; 2021]

6.2. Popis vybraného drtícího zařízení

Měření prováděná v rámci této práce byla uskutečněna na drtiči TANA 440DTeco Shark. Jedná se o mobilní stroj s dieselovým motorem. Aby nedošlo k přetížení stroje, dieselový motor a hydraulická převodovka je vybavena systémem „TANA Control“.

Drtící zařízení je vybaveno pásy, díky kterým se může, pomocí dálkového ovládání, pohybovat.

Při pohledu na možnosti zpracovatelnosti materiálu, stroj je opravdu všestranně schopný. Primárně je určen pro drcení odpadů, který vychází z třídící linky – řeč je zejména o plastovém, dřevěném či směsném odpadu.

Technická specifikace stroje:

Roční výkonnost zařízení	50 000 m ³
Zpracovatelská výkonnost zařízení	50 000 m ³
Okamžitá zpracovatelská výkonnost zařízení	15 m ³ .hod ⁻¹ , resp. 125 m ³ .hod ⁻¹

- Aktuální provoz používání zařízení

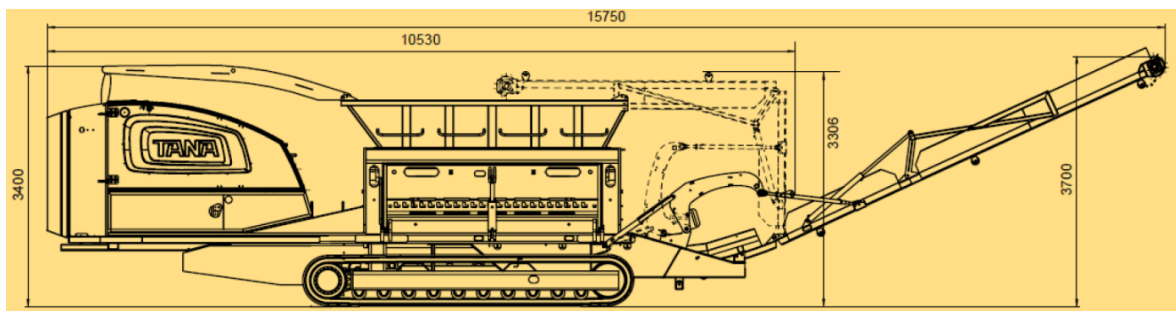
Pokud je zařízení v provozu – veškerá práce je monitorována, aby docházelo ke kontrole technického stavu stroje. V případě jakýchkoliv údržbářských činností se vede provozní deník a vše je tak zaznamenáno. V rámci monitoringu je sledován vizuálního stavu zpracovávaný odpad. Stroj aktuálně slouží ke zpracování odpadů – ostatních i nebezpečných. Důvodem sledování a celého monitoringu je zejména, kvůli možnému znečištění okolního prostředí.

Značnou nevýhodou tohoto drtiče je jeho hlučnost, který nelze do jisté míry ovlivnit, kvůli značnému množství zpracovávaného odpadu.

Umístění stroje, musí splňovat určité podmínky: dostatečná vzdálenost od chráněného venkovního prostoru a chráněného venkovního prostoru staveb, kdy sebere v potaz konkrétní situace lokality. Je nutné dodržovat hygienické limity na hlučnost stacionárního zdroje – dle stanov v § 30 zákona o ochraně veřejného zdraví a upravené v Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací [44].



Obrázek 27 Drtič TANA 440DTeco Shark- [44]



Obrázek 28 Schéma drtiče TANA 440DTeco Shark – [44]

Tabulka 3 Technické parametry dle katalogu výrobce

Obecné informace		Přenos motoru a výkonu	
Provozní hmotnost	29700 kg	Jmenovitý výkon (SAE J1995)	399kw
Celková délka v přepravě	10250 mm	Zdvihový objem (l) a počet válců	15-6
Celková délka v provozu	15740 mm	Palivová nádrž (litry)	710 l
Celková šířka	2860 mm	Jmenovitý točivý moment rotoru	440 kNm
Celková výška v dopravě	3600 mm	Vstupní násypka	
Maximální rychlost dopravního pásu	3 m/s	Nakládací výška	3174 mm
Šířka dopravníku	1000 mm	Objem	5,06 m ³
Drtící nástroj			
Délka drcení rotoru	300 mm		
Rychlost rotoru max.	28 ot/min		
Průměr rotoru	920 mm		
Rotorové nože, ks	33/44		
Typ nože rotoru	Šroubovatelný, oboustranný nůž		
Velikost nože rotoru	115x 70 mm		

Zdroj: [44] upraveno: Grambličková; 2021

6.3. Měření

Jak již bylo výše uvedeno, měření se provádělo na drtiči TANA 440DTeco Shark na sítu 70x70 mm. Proces drcení se prováděl ve venkovních prostorách v několika dnech.

Zpracovávaný odpad – plast, dřevo, směsný komunální odpad, byl pomocí drapáku o objemu 0,53 m³ vkládán do drticího zařízení k rozpojování.

Nejprve byl drcen plastový odpad, který byl upraven do balíků, jejichž bližší specifikace je popsána ve výše uvedené charakteristice zpracovávaného odpadu.



Obrázek 29 Balík s odpadem nabírán drapákem [Šonský; 2021]

Na obr. č. 28, lze vidět jednu z variant zpracování plastového odpadu. Odpad byl ve formě balíku s dráty, které byly pomocí drapáku rozstříženy a následně uchopeny pro nakládání do drtiče.

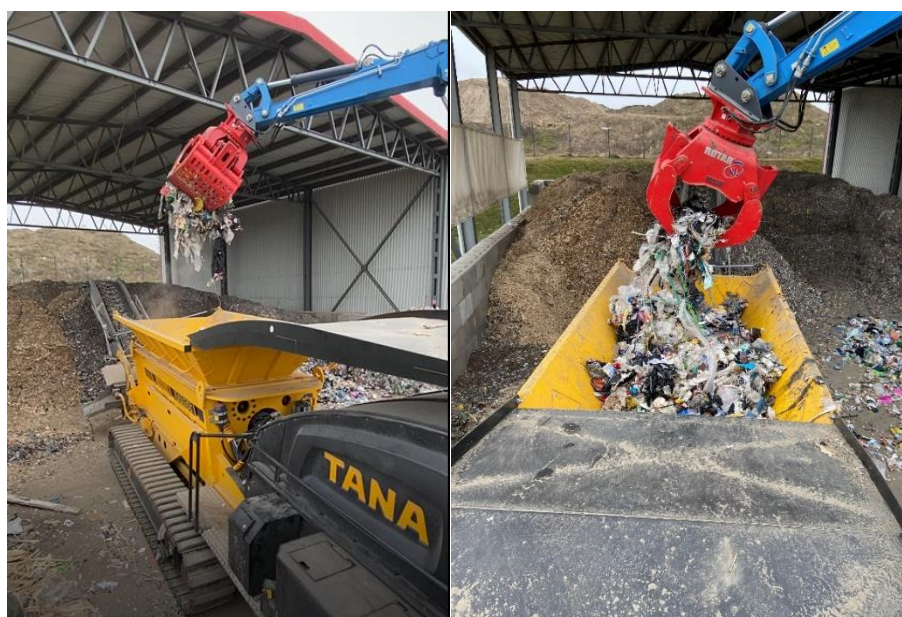
Poté následoval dřevěný odpad – jehož forma nebyla předem nijak zvláště upravena (např. ve formě balíků), což představovalo značné problémy v manipulaci, stejně tak jako u posledního měřeného odpadu – SKO.

Tabulka 4 Vlastní měření

Odpad	Hmotnost [t]	Doba drcení [min]	Hodinová výkonnost [t/h]
Směsný komunální odpad	6,48	32:52,3	11,95
Volně ložený plastový výmět	3,2	33:53,7	5,72
Plastový výmět v balíku (prostřížené dráty drapákem)	5,36	56:54,2	5,68

Hlavním parametrem měření byla doba drcení. Během celého procesu docházelo k občasným prostojům, přibližně 10 min z celkové hodiny. Výsledkem měření je výkonost jednotlivých komodit, které se drtily.

Největší potíže byly s volně loženým odpadem, který se rozsypal po ploše a šel jen obtížně sebrat drapákem (proto není toto měření blíže uváděno a hodnoceno v této bakalářské práci). Řešením tohoto problému bylo použití nakladače, díky kterému se rozsypaný odpad shrnul. Komplikace tohoto typu, se vyskytovala zejména při manipulaci a drcení dřevěného odpadu.



Obrázek 30 Odpad zpracováváný drtičem [Šonský; 2021]

Provedené měření prokázala, že drtič TANA 440DTeco Shark je vhodný zejména pro úpravu směsného komunálního odpadu a plastového odpadu. Plastový odpad je možné vkládat do drtiče volně nebo jako prostřižený balík (který drží částečně pohromadě) a ve výkonosti není takový rozdíl. Nicméně z hlediska přepravy jsou vhodné balíky. Naopak dřevěný odpad se v tomto případě nesesetkal s úspěchem. Výhodou použití tohoto drtiče je možnost přemístění na potřebné místo, jelikož se jedná o mobilní stroj a také široká možnost použití např. i pneumatik, které se ale v našem případě nezpracovávaly. Naopak nevýhodnou je, že při drcení SKO, je nutné rychleji nastavit reverzaci stroje, což je způsobeno nejspíš nehomogenitou zpracovávaného odpadu.

7 Závěr a diskuse

V této práci byl popsán způsob nakládání s odpady, dle platné legislativy v České republice, která je zde blíže přiblížena. Zákon o odpadech byl v tomto roce (2021) novelizován, tudíž byla celá problematika pojata velmi aktuálně a přihlédnutím k změnám do budoucích let, celkového směřování odpadového hospodářství. Opomenuto nebylo, ani značení odpadů a následná charakteristika vybraných druhů odpadů, jejichž výběr byl popisován dle návaznosti na zpracovávané materiály, na kterých proběhlo měření.

Popsán byl komunální odpad, což je z pohledu běžného občana, velmi známá komodita. Právě toto je jeden z odpadů, který nadále bude čelit velkým změnám v množství materiálového využití.

Jelikož se tato doba považuje za plastovou a obalovou, nebylo zde zapomenuto ani na charakteristiku plastového odpadu, jehož využívání a následné zpracování je v neustálém rozmachu.

Dřevěný odpad, představuje odpad spadající do, ať už do velkoobjemového komunálního odpadu, tak i stavebního odpadu, což je odpad, který z hlediska objemu zabírá největší produkci odpadů.

Dále byly nastíněny teoretické základy přípravného procesu rozpojování, dle hypotéz rozpojování – Rittingerova, Kickova nebo Bondova hypotéza. V návaznosti na tento proces, došlo k popsání jednotlivých drtičů a jejich princip drcení, se kterými je možno se v odpadovém hospodářství setkat – čelist'ové drtiče, válcové drtiče, odrazové a kladivové.

Práce je obohacena měřeními, díky kterému došlo k rozšíření povědomí z hlediska procesu dezintegrace odpadů. Použit byl jednohřídelový drtič TANA 440DTeco Shark. Při měření se sledoval čas v souvislosti s množstvím drceného odpadu, z čehož byla vyvozena výkonost stroje dle zpracovávané komodity. Během procesu se také prokázala jednoduchost, popř. složitost manipulace

Tato bakalářská práce se zabývá velmi aktuálním tématem a jednoznačně prokázala význam a prospěšnost úpravy vybraných druhů odpadů drcením.

Seznam použitých zdrojů

- [1] *Odpadové fórum*. 22. Praha: České ekologické manažerské centrum, 2021. ISSN 1212-7779.
- [2] DAMOHORSKÝ, Milan. *Právo životního prostředí*. V Praze: C.H. Beck, 2010. ISBN 978-80-7400-338-7. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:301e3730-101e-11e8-8ee4-005056825209>
- [3] *Jak zacházet s odpady* [online]. A.P.E. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <http://www.odpady-ape.cz/cs/o-odpadech/jak-zachazet-s-odpady.html>
- [4] Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech. In: Zákon pro lidi.cz [online]. © AION, CS 2010-2021 [cit. 10. 5. 2021]. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>
- [5] Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech). In: Zákon pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 10. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-477>
- [6] Vyhláška č. 8/2021 Vyhláška č. 8/2021 Sb., o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů). In: Zákon pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 10. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-8>
- [7] *Komunální odpad* [online]. Ministerstvo životního prostředí, 2021 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/komunalni_odpady
- [8] *Opady v číslech* [online]. 2021 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://arnika.org/odpady-v-cislech>
- [9] *Nové podmínky Evropské unie v oblasti nakládání s odpady* [online]. 2018 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.epravo.cz/top/clanky/nove-podminky-evropske-unie-v-oblasti-nakladani-s-odpady-108192.html>
- [10] CHOTĚBORSKÝ, Rostislav a Miroslav MÜLLER. *Stárnutí konstrukčních materiálů. MM Průmyslové spektrum* [online]. 2006, [cit. 2021-05-10]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/starnutikonstrukcnich-materialu.html>
- [11] WEISS, Viktorie, STŘIHAVKOVÁ, Elena a Fakulta výrobních technologií a managementu. *Polymery*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně, Fakulta výrobních technologií a managementu, 2014. ISBN 978-80-7414-738-8. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:b31bbe00-0657-11e6-a611-005056827e51>
- [12] *Deník učenlivé „trídíčky“ Irči aneb co jste nevěděli o obalech z nápojových kartonů?* [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.jakvkuchyni.cz/denik-ucenlive-tridicky-irci-aneb-co-jste-nevedeli-o-obalech-z-napojovych-kartonu/>

- [13] *Encyklopedie plastů: Polyethylen- tereftalát (PET)* [online]. Samosebou.cz, 2021 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.samosebou.cz/2021/02/26/encyklopedie-plastu-polyethylentereftalat-pet/>
- [14] Odpady-online.cz [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <http://odpadyonline.cz/moznosti-recyklace-pvc-i/>
- [15] *Změny v přeshraniční přepravě plastového odpadu od 1.1.2021* [online]. Ministerstvo životního prostředí, 2021 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/plastovy_odpad_preprava
- [16] GAFF PH.D., Milan, Kamil TRGALA, PH.D a Tereza ADAMOVIČ. *Environmentální přínos využívání recyklovaného dřeva při výrobě aglomerovaných materiálů* [online]. Česká zemědělská univerzita, 2017 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <http://www.mojekrono.cz/wp-content/uploads/2019/09/Studie-ENVIp%C5%99%C3%ADnos-recykl%C3%A1tu.pdf>. Odborná studie. Česká zemědělská univerzita
- [17] *Dřevěný odpad - recyklace* [online]. © 2021 Marius Pedersen [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.mariuspedersen.cz/cs/o-marius-pedersen/sluzby/17.shtml>
- [18] *Plán odpadového hospodářství ČR* [online]. Ministerstvo životního prostředí [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr
- [19] FARACA Faraca, BOLDRIN Alessio, ASTRUP Thomas: Resource quality of wood waste: The importance of physical and chemical impurities in wood waste for recycling. In: *Waste Management*, 2019, volume 87, pages 135-147. ISSN 0956-053X. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X19300765>
- [20] ALTHOL, V., 2012. *Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz (Altholzverordnung - AltholzV)*. The German wastewood ordinance.) Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X19300765>
- [21] TOMIA. *Plastic recycle logo PE-LD, Polyethylene* [online]. 2006 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Polyethylen_s_n%C3%ADzkou_hustotou#/media/Soubor:Plastic-recyc-04.svg
- [22] *Nápojové kartony* [online]. © 2007 - 2021 TRÍDĚNÍODPADU.CZ [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.trideniodpadu.cz/napojove-kartony>
- [23] TOMIA. *Plastic recycle logo PE-HD, Polyethylene* [online]. 2006 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Polyethylen_s_vysokou_hustotou#/media/Soubor:Plastic-recyc-02.svg
- [24] *Ochranné trubky OPTOHARD* [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://mat-plasty.cz/trubky-potrubi-chronicky-mikrotrubicky/trubky-pro-ochranu-opticky-kabelu/ochranne-trubky-optohard>

- [25] *Materiál je polypropylen* [online]. Wikimedia Foundation, 2018 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://vniiam.ru/cs/the-material-is-polypropylene-polypropylene/>
- [26] Co Je Polypropylen [online]. Yangzhou Chengsen Plasty Co., 2018 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <http://cz.absmanufacturer.com/info/what-is-polypropylene-pp-25668855.html>
- [27] TOMIA. *Plastic recycle logo PET, Polyethylene Terephthalate* [online]. 2006 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Polyethylentereftal%C3%A1t#/media/Soubor:Plastic-recycle-01.svg>
- [28] *OBAL CENTRUM S.R.O. PET lahve* [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.obalcentrum.cz/pet-lahve-na-vino>
- [29] POLLÁK V. *Polystyrén (PS)* [online]. Ústav polymérov SAV [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=508>
- [30] *Polystyrenové desky EPS 100 Z* [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.akcniceny.cz/akce/polystyrenove-desky-eps-100-z-1156166/>
- [31] EIN ARTIKEL VON BARBARA. *Plastik: Worauf man sich einlässt: Polyvinylchlorid (PVC oder 3V)* [online]. 2017 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://ethikguide.org/blog/plastik-worauf-man-sich-einlaesst/>
- [32] T - kus PVC úhel 90° [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.bazenishop.cz/vodoinstalacni-material/t-kus-90-50-x-1-2-int>
- [33] SEDLÁČKOVÁ, Věra, SEDLÁČEK, Pavel a Institut environmentálního inženýrství. *Přípravné procesy*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2004. ISBN 80-248-0582-0. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:f920a2a0-6e0b-11e6-b2a7-5ef3fc9ae867>
- [34] DINTER, Oskar. *Drcení a mletí nerostných surovin*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1984. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:55bcac60-6565-11e7-8b50-001018b5eb5c>
- [35] VIRÁGOVÁ Tereza Porovnání různých metod stanovení melitelnosti práškových pojiv. Brno, 2016. 100 s., 4 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce Ing. Karel Dvořák, Ph.D. Dostupné také z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=145130
- [36] SLÍVA Aleš. *Základy zařízení úpraven: Učební text předmětu „Zařízení úpraven“* [online]. Ostrava, 2011 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <http://projekty.fs.vsb.cz/147/ucebniopory/978-80-248-2732-2.pdf>. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- [37] TURČINEK, A. *Mobilní zařízení pro drcení kameniva a recyklátů ze stavebních odpadů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 41 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=147758

- [38] LIMBERGER, Jakub. *Drcení stavebního odpadu* [online]. Praha, 2016 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/66133/F1-BP-2016-Limberger-Jakub-BAKALARSKA%20PRACE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Bakalářská práce. České Vysoké Učení Technické Fakulta Stavební. Vedoucí práce Ing. Martin Hlava, PhD.
- [39] Odrazové drtiče [online]. © PSP Engineering a.s [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <http://www.pspeng.com/cz/odrazove-drtice/>
- [40] BÖCKL, Josef. *POUŽITÍ DRTIČŮ A MLÝNŮ V OBLASTI RECYKLACE ODPADŮ* [online]. Most, 2010 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/82556/BOC105_HGF_B2102_3904R022_2010.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. Technická Univerzita OSTRAVA. Vedoucí práce Ing. Miluše Hlavatá, Ph.D.
- [41] Odrazové drtiče HIC [online]. Přerov: © DSP Přerov, spol. s r.o, 2011 [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <http://www.dspprerov.cz/nase-vyrobyky/drtice/odrazove-drtice-hic.html>
- [42] ŠEBESTA, K. *Konstrukce drtičky plastových dílů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 81 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. David Paloušek, Ph.D.. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=173623
- [43] Válcové drtiče: *Roll- Packer* [online]. BERGMANN - OST [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.ebergmann.com/p/blog-page.html>
- [44] TANA Shark 440DT shredder [online]. © Tana Oy [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://tana.fi/products/tana-shredder-440dt/>

Fotografie z měření poskytl Ing. Jan Šonský