

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra technologických zařízení staveb**



**Diplomová práce**

**Návrh inovace technologické linky na zpracování stavebního  
odpadu ve vybraném podniku**

**Autor práce: Bc. Ondřej Pimpara**

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

**© 2020 ČZU v Praze**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Ondřej Pimpara

Zemědělská specializace  
Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Návrh inovace technologické linky na zpracování stavebního odpadu ve vybraném podniku**

Název anglicky

**The proposal of innovation of technological line for the treatment of construction waste in the selected company**

---

### Cíle práce

Cílem diplomové práce je provést posouzení možností inovace technologické linky na zpracování stavebního odpadu ve vybraném podniku.

Seznámit se s problematikou zpracování stavebního odpadu a na základě rozboru současného stavu vybrané technologické linky navrhnout inovaci se zaměřením na posouzení nákladů na investice, předpokládané úspory (např. energie, práce) a dodržení potřebných provozních parametrů. Na základě poznatků z literatury, vlastní analýzy a měření, provést rozbor jednotlivých možností a navrhnout a doporučit vhodná opatření a řešení pro praktickou aplikaci, která budou posouzena z hlediska technického a ekonomického.

### Metodika

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce
4. Současný stav sledované problematiky
5. Vlastní řešení
6. Výsledky a diskuse
7. Závěr a doporučení
8. Seznam použitých zdrojů
9. Přílohy

## **Doporučený rozsah práce**

45 až 55 stran

## **Klíčová slova**

Odpady, stavební odpad, stavební suť, odpadové hospodářství, drtič, třídíč

---

## **Doporučené zdroje informací**

FOTR, J. – SOUČEK, I.: Investiční rozhodování a řízení projektů: jak připravovat, financovat a hodnotit projekty, řídit jejich riziko a vytvářet portfolio projektů. Praha: Grada, 2011. 408 s., ISBN 978-80-247-3293-0

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

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

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

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

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

SEDLÁČKOVÁ, V. – SEDLÁČEK, P.: Přípravné procesy. Ostrava: VŠB – Technická univerzita, 2004. 114 s., ISBN 80-248-0582-0

Vyhláška MŽP č. 381/2001 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**

2018/19 LS – TF

## **Vedoucí práce**

doc. Ing. Petr Vaculík, Ph.D.

## **Garantující pracoviště**

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2018

**doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2018

**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2020

..

## **Prohlášení**

*„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma: Návrh inovace technologické linky na zpracování stavebního odpadu ve vybraném podniku, vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.*

*Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním, a to 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, že moje diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.*

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

V Praze dne 19.04.2020

---

Ondřej Pimpara

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Petru Vaculíkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, konzultace a připomínky při psaní této diplomové práce a pomoci splnění všech stanovených cílů.

## **Popis a zhodnocení současného stavu zpracování a využití stavebního odpadu**

### **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá návrhem inovace technologické linky na zpracování stavebního odpadu ve vybraném podniku.

V diplomové práci došlo k seznámení se základní problematikou a definici základních týkající se stavebního a demoličního odpadu v České republice, včetně popisu jednotlivých druhů stavebních odpadů. V praktické části došlo k analýze současného stavu technologické linky vybrané společnosti A na základě provedených měření a získaných informací. Z výsledku této analýzy došlo k návrhu vhodné inovace vedoucí ke zvýšení efektivity celé technologické linky, srovnání stávající a inovované linky pomocí technických a ekonomických ukazatelů. Výsledky práce byly zasazeny do současné problematiky odpadového hospodářství České republiky. Závěrem této práce bylo stanovení doporučení pro vybraný podnik.

**Klíčová slova:** Odpadové hospodářství, stavební odpad, drtič, třídíč, technologická linka

### **The description and evaluation of current situation of processing and utilization of the construction waste**

### **Summary**

This diploma thesis deals with the proposal of innovation for technological line focused on processing of construction waste in selected company.

This paper is focused on familiarization with basic issues and definition concerning construction waste in Czech Republic, including description of the various types of construction waste. Practical part deals with current state of technological line in selected company. Current state was analyzed based on measurements and obtained information. Based on the results of this analysis, was proposed a suitable innovation, resulting in increased efficiency of the entire technological line. Comparison of existing and innovated line using technical and economic indicators was carried out. The results of the work were set into the current issue of waste management in the Czech Republic. The conclusion of this work can be used for existing company.

**Keywords:** Waste management, construction waste, grinder, sorter, technological line

# OBSAH

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce.....	3
3	Metodika práce .....	4
4	Současný stav sledované problematiky .....	5
4.1.	Základní pojmy a definice v odpadovém hospodářství.....	7
4.2.	Právní problematika odpadového hospodářství u SDO .....	7
4.2.1.	Plán a cíl odpadového hospodářství.....	8
4.2.2.	Nebezpečné odpady .....	9
4.3.	Katalog odpadů, produkce a charakteristika SDO .....	10
4.3.1.	Beton, cihly, tašky a keramika (označení dle Katalogu odpadů 17 01).....	11
4.3.2.	Dřevo, sklo a plasty (17 02 dle Katalogu odpadů) .....	12
4.3.4.	Kovy a jejich slitiny (17 04 dle Katalogu odpadů).....	14
4.3.5.	Zemina, kamení a vytěžená hlušina (17 05 dle Katalogu odpadů).....	14
4.3.6.	Izolační materiály s obsahem azbestu (17 06 dle Katalogu odpadů).....	15
4.3.7.	Stavební materiál na bázi sádky (17 08 dle Katalogu odpadů) .....	16
4.3.8.	Jiné stavební a demoliční odpady (17 09) .....	17
4.4.	Současné metody pro zpracování SDO .....	17
4.4.1.	Typy souprav pro recyklaci SDO .....	18
5	Vlastní řešení .....	22
5.1.	Profil společnosti.....	22
5.2.	Popis linky na zpracování stavebního odpadu .....	23
5.2.1.	Příjmová část.....	23
5.2.2.	Otočná pásová rypadla.....	25
5.2.3.	Mobilní čelist'ový drtič .....	27
5.2.4.	Mobilní vibrační třídič .....	29
5.2.5.	Kolový nakladač .....	31

5.3.	Vlastní návrh inovované technologické linky .....	40
5.3.1.	Výkonnost inovované technologické linky.....	40
5.3.2.	Ekonomické zhodnocení návrhu.....	40
6	Výsledky a diskuze .....	47
7	Závěr .....	50
8	Citovaná literatura.....	52
9	Seznam citovaných norem ČSN, vyhlášek a souvisejících zákonů.....	55
10	Seznam obrázků.....	56
11	Seznam tabulek.....	57
12	Přílohy.....	58



## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČR Česká republika

SDO Stavební a demoliční odpad

CZ-NACE Klasifikace ekonomických činností

EWC-STAT Evropská klasifikace odpadu pro statistické účely

MŽP Ministerstvo životního prostředí

ISPOP Integrovaný systém pro plnění ohlašovacích povinností

HČ Hydraulické čerpadlo

# 1 Úvod

Stavební a demoliční odpad je směsicí různých typů materiálů vznikajících při demolici, výstavbách či úpravě objektů a inženýrských sítí. Jedná se o jeden z nejstarších druhů odpadů vytvářejícího se již velkou řadu let. S technologickým a ekonomickým vývojem lidstva vzniká stále větší množství různorodých stavebních materiálů, které se po určité životnosti dostanou do oběhu odpadového hospodářství a v rámci šetření přírodních zdrojů a nákladů je třeba hledat způsoby jejich dalšího využití.

V posledních letech zažívá stavebnictví velký rozvoj a spolu s rostoucí poptávkou po materiálech a surovinách se řeší také otázka omezených zdrojů surovin, nákladů na jejich přepravu a dopadu výroby na životní prostředí. Z těchto důvodů se hledají nové způsoby, jak omezit negativní vlivy spojené s výrobou těchto materiálů a možného opětovného využití již stávajících materiálů. Stavební a demoliční odpad představuje podle posledních dostupných dat Českého statistického úřadu jeden z největších podílů na celkové produkci odpadů. Tento samostatný materiálový tok tvoří až 36 % z veškerých vyprodukovaných odpadů, což znamená dle posledních zveřejněných dat z roku 2017 celkem 8 987 469 tun. V souvislosti s tímto vznikajícím objemem byl vytvořen Plán odpadového hospodářství sestávající se z několika bodů, z nichž nejzásadnějším bodem je omezení vzniku odpadu jako takového. Jedním z bodů tohoto plánu je také zavedení a podpora recyklačních center sloužících ke zpracování odpadu a uvedení ho do takového stavu, kdy je opět použitelný pro další výstavbu. V těchto centrech se zpracovávají téměř veškeré druhy stavebních a demoličních odpadů a následně jsou znovu zapojeny do oběhu materiálového hospodářství. Největší podíl na této odpadové skupině zastává zemina vznikající při výkopech a stavbě pozemních komunikací, které tvoří až dvě třetiny všech stavebních odpadů. Jejich značnou výhodou je však možnost opětovného využití bez zásadnějších úprav. Dalšími odpady vznikajícími primárně z demolic objektů jsou betony, asfalt, cihly a směsné odpady též známé jako stavební suť. Tyto materiály již musejí být drceny a následně tříděny v recyklačních centrech, aby mohlo dojít k jejich znovuvyužití.

Platná legislativa České republiky se v současnosti snaží podporovat recyklaci stavebních a demoličních odpadů. Jedním z příkladů, jak je recyklace formou implementace vhodné legislativy podporována, je vyhláška 387/2016 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu, který ukládá povinnost použít na úpravy terénu

jen upravený stavební odpad. Problém současné legislativy však spočívá v tom, že se snaží pouze o opětovné využití již vzniklého odpadu, nikoliv však o předcházení jeho vzniku. Oproti jiným státům Evropské unie v České republice není stanovena jasná struktura nakládání s odpady a dohled nad celým procesem.

Předmětem této práce je na základě získaných měření, poskytnutých dat a vybrané literatury zhodnotit současný stav technologické linky na zpracování stavebního odpadu ve zvoleném podniku. Na základě získaných dat následně provést návrh inovace, jež by měla zajistit ekonomický přínos analyzované společnosti prostřednictvím zvýšení technologické úrovně recyklační linky.

Praktická část této diplomové práce je založena na analýze a vyhodnocení dat získaných při zkoumání technologické linky, dále na návržení možnosti inovace za dosažením nižších nákladů a zlepšením provozních či ekonomických výsledků. Stanoveného cíle je dosaženo návržením nového článku technologické linky recyklačního centra, který má dopad na zvýšení celé její efektivity. Tento dopad je zkoumán jak po technologické, tak i po ekonomické stránce s následnou interpretací výsledků a vyvozením závěrů.

## 2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je provést posouzení možností inovace technologické linky na zpracování stavebního odpadu ve vybraném podniku.

Díličím cílem práce je seznámit se s problematikou zpracování stavebního odpadu a na základě rozboru současného stavu vybrané technologické linky navrhnout inovaci se zaměřením na posouzení nákladů na investici, předpokládané úspory (např. energie, práce) a dodržení potřebných provozních parametrů.

Na základě poznatků z literatury, vlastní analýzy a měření provést jako druhý dílčí cíl rozbor jednotlivých možností, navrhnout a doporučit vhodná opatření a řešení pro praktickou aplikaci, která budou posouzena z hlediska technického a ekonomického.

### 3 Metodika práce

Diplomová práce bude zpracována za pomoci následujícího postupu:

- seznámení se současnou problematikou zpracování stavebního odpadu, stanovení jednotlivých definic, právních předpisů a norem v této oblasti;
- seznámení se s jednotlivými druhy stavebních odpadů a jejich možného uplatnění po následném zpracování, vymezení nebezpečných odpadů v tomto odvětví;
- seznámení se s konkrétní technologickou linkou ve vybraném recyklačním centru na zpracování stavebního odpadu;
- získání dat pomocí měření a poskytnutých informací s následným zpracováním;
- analýza současného stavu a návržení inovace za účelem zvýšení efektivity a snížení nákladů technologické linky;
- zhodnocení ekonomického dopadu navrhované inovace;
- interpretace výsledů a diskuze;
- závěr a zhodnocení.

## 4 Současný stav sledované problematiky

V této kapitole bude blíže upřesněna základní problematika současného stavu zpracování stavebního a demoličního odpadu, dále bude proveden rozbor technologické linky používané ke zpracování stavebních a demoličních odpadů, vyzkoušeny kladné a záporné vlastnosti jednotlivých částí technologické linky a recyklačního střediska jako celku.

Stavební odpad, někdy též nazýván jako stavební suť, je možné popsat jako soubor heterogenních materiálů (cihla, beton, stavební bloky a další), který je vytvářen při různých stavebních úkonech. Dojde-li ke smíšení těchto heterogenních materiálů, vzniká směs pojmenovaná jako demoliční odpad. Tyto odpady jsou vytvářeny úmyslně likvidací celých objektů, nebo jejich částí. Mohou být také vytvářeny nahodile v důsledku přírodních katastrof (Kuraš, 2014).

Stavební odpad tvoří, dle posledních průzkumů Českého statistického úřadu z roku 2017, primární podíl celkové produkce odpadů (viz obr. č. 1). Je proto nutné se této problematice více věnovat, a to jak po stránce legislativní, tak i technologické.

Původ odpadu	Celkem [t]	Podíl na celku [%]
<b>Produkce odpadů celkem</b>	<b>24 925 722</b>	<b>100</b>
<b>v tom:</b>		
<b>z podniků</b>	<b>20 883 840</b>	<b>84</b>
z toho:		
odpad podobný odpadu z domácnosti	520 576	2
z toho:		
zemědělství, lesnictví a rybářství	113 448	0,5
těžba a dobývání	95 254	
zpracovatelský průmysl	5 179 587	21
výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klimatizovaného vzduchu	645 921	3
činnosti související s odpadními vodami, odpady a sanacemi	3 636 404	15
<b>stavebnictví</b>	<b>8 987 469</b>	<b>36</b>
doprava a skladování	215 559	1
<b>z obcí</b>	<b>4 041 882</b>	<b>16</b>
z toho:		
komunální odpad	3 642 958	15

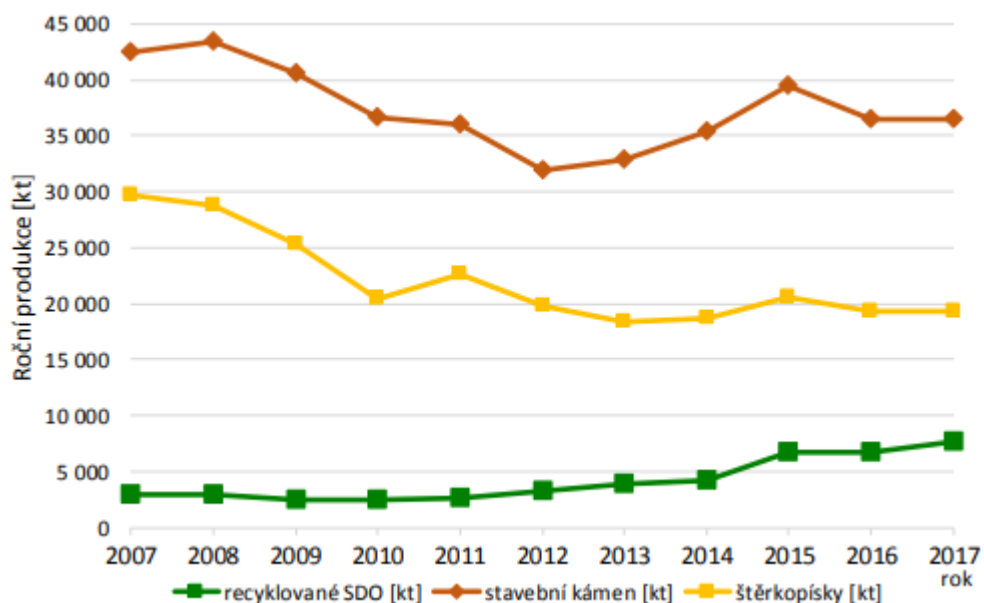
Obrázek 1 - Produkce odpadů v roce 2017

Zdroj: (ČSU 2017)

Odpady pocházející ze stavebnictví tvoří největší samostatný materiálový tok, jehož podíl na celkové produkci odpadů představuje asi 36 %. Jedná se tedy o zcela zásadní složku odpadového hospodářství. Přirozeně se tudíž hledají způsoby pro opětovné využití stavebního a demoličního odpadu (SDO), přičemž významným způsobem je jejich recyklace. Jsou hledány nové možnosti využití s cílem opětovného zavedení těchto složek ve stavebních procesech.

Důraz je kladen zejména na svědomité aplikování platné legislativy, která podporuje recyklaci SDO mnoha předpisy a vyhláškami ve stavebních procesech. Tato legislativní podpora je zavedena zejména z důvodu snížení skládkování, šetření přírodních zdrojů a opětovného využití materiálních zdrojů (RECYCLING, 2018).

Tvorba stavebního a demoličního odpadu je úzce spjata s produkcí ve stavebnictví, zejména pak s výstavbou inženýrských staveb. U tohoto spojení, znázorněného na obr. č 2 ukazujícího poměr relativní produkce mezi SDO a inženýrskými stavbami, lze dobře pozorovat nárůst mezi lety 2007 až 2017 této hodnoty až o 80 % oproti nejnižší hodnotě v roce 2009. Tato změna nastala díky poklesu cen ve stavební produkci z důvodů veřejných výběrových řízení a současně díky přesnějšímu sledování materiálových toků ve sféře SDO.



Obrázek 2 - Produkce stavebního kamene, štěrkopisky a recyklátů ze SDO

Zdroj: (RECYCLING, 2019)

#### 4.1. Základní pojmy a definice v odpadovém hospodářství

Tato podkapitola vysvětluje primární pojmy a definice dle zákona č.185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, se kterými se v této práci nadále pracuje.

**Odpad** je definován: „každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit.“

**Nebezpečným odpadem** je myšlen „odpad vykazující jednu nebo více nebezpečných vlastností uvedených v příloze přímo použitelného předpisu Evropské unie o nebezpečných vlastnostech odpadů.“

**Odpadovým hospodářstvím** je „činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadů, na nakládání s odpady a na následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale uloženy, a kontrola těchto činností.“

**Nakládáním s odpady** je myšleno „obchodování s odpady, shromažďování, sběr, výkup, přeprava, doprava, skladování, úprava, využití a odstranění odpadů.“

**Využití odpadu** je „činnost, jejímž výsledkem je, že odpad slouží užitečnému účelu tím, že nahradí materiály používané ke konkrétnímu účelu, a to i v zařízení neurčeném k využití odpadů podle § 14 odst. 2, nebo že je k tomuto konkrétnímu účelu upraven; v příloze č. 3 k tomuto zákonu je uveden příkladný výčet způsobů využití odpadů.“

**Recyklace odpadu** je „jakýkoliv způsob využití odpadů, kterým je odpad znovu zpracován na výrobky, materiály nebo látky pro původní nebo jiné účely jejich použití, včetně přepracování organických materiálů; recyklací odpadů není energetické využití a zpracování na výrobky, materiály nebo látky, které mají být použity jako palivo nebo zásypový materiál.“ (Zákon č. 185/2001 Sb.).

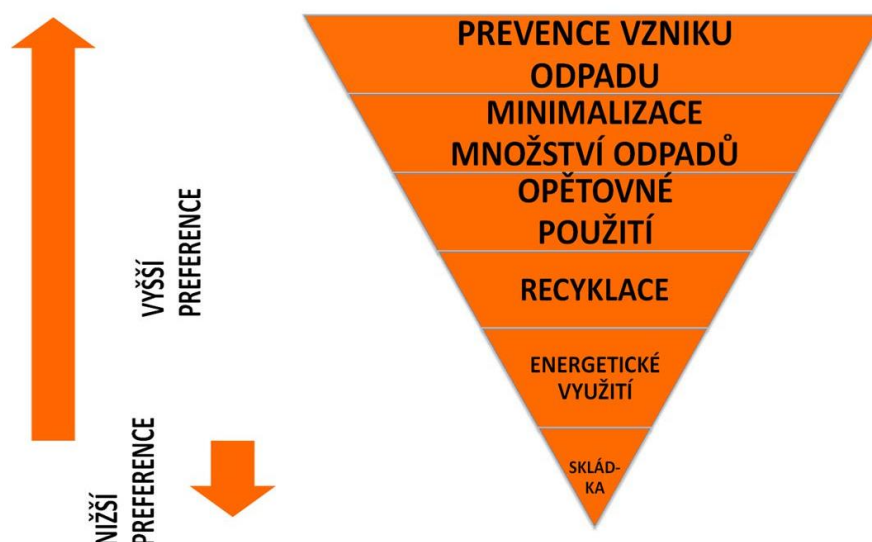
#### 4.2. Právní problematika odpadového hospodářství u SDO

Pojem odpadové hospodářství zastupuje soubor činností vykonávaných za účelem nakládání s odpady, předcházení jejich vzniku a současnou kontrolou jejich skladování a míst k tomu určených. S úmyslem stanovení dlouhodobé strategie, jasných pravidel, postupů a doporučení sestavilo ministerstvo životního prostředí Plán odpadového hospodářství.



#### 4.2.1. Plán a cíl odpadového hospodářství

Problematika odpadového hospodářství a nakládání se stavebními a demoličními odpady se vymezuje několika primárními body. Jako hlavní prioritu si stanovuje mitigaci a prevenci vzniku odpadu jako takového (viz obr. č.3). Ministerstvo životního prostředí proto vydalo zákonou legislativu, která tuto problematiku upravuje a stanovuje si jasné cíle. Dle zákona č. 352/2014 Sb., o Plánu odpadového hospodářství v ČR pro období 2014 – 2024) je definován jako: „Zvýšit do roku 2020 nejméně na 70 % hmotnosti míru přípravy k opětovnému použití a míru recyklace stavebních a demoličních odpadů a jiných druhů jejich materiálového využití, včetně zásypu, při nichž jsou materiály nahrazeny v souladu s platnou legislativou stavebním a demoličním odpadem kategorie ostatní s výjimkou v přírodě se vyskytujících materiálů uvedených v Katalogu odpadů pod katalogovým číslem 17 05 04 (zemina a kamení).“ (zákon č. 352/2014 Sb.).“



Obrázek 3-Preference nakládání s odpady

Zdroj: (MŽP, 2016)

Další strategické cíle Plánu odpadového hospodářství ČR se zaměřují na minimalizaci nepříznivých účinků nakládání s odpady, jenž přímo ovlivňují lidské zdraví a mají dopad na životní prostředí. Důraz je kladen také na maximální využití recyklovaných složek jako náhrady primárních zdrojů a s tím související přechod na oběhové hospodářství (MŽP, 2016).

#### 4.2.1.1. **Kontrola a opatření ze strany státu**

Legislativní proces České republiky není v oblasti SDO zcela upraven a konec těchto odpadů je teprve v řešení, či není přesně definován. Opačnou politiku má například Rakousko, kde je každý odpad usměrňován již v okamžiku demolice až po výrobní proces nových recyklovatelných materiálů. Tyto odpady jsou tak zcela součástí a v souladu s principy odpadového hospodářství.

Legislativa České republiky v současnosti poměrně podporuje recyklaci SDO. Od 1. 1. 2017 stala v platnost vyhláška 387/2016 Sb., která mění znění vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu. Jedním z primárních prvků pro rozšíření recyklace SDO je uveden v § 12 této vyhlášky, kde je mimo jiné psáno, že pro povrchové úpravy terénu není možné nadále aplikovat neupravené SDO. Výjimky tvoří zeminy, jalové horniny, hlušiny a sedimenty. Dále byla sepsána společná vyhláška Ministerstva životního prostředí a Ministerstva průmyslu a obchodu, která zjednodušuje a zpřehledňuje nakládání s odpady produkovanými při výstavbě a demolici asfaltových vozovek. Ta stanovuje kritéria, při kterých opětovně získaná asfaltová směs přestává být odpadem a stává se produktem. Tímto krokem by mělo dojít k zajištění, aby se maximální část vybouraných asfaltových povrchů využila na opětovné zpracování v obalovnách (RECYCLING, 2018).

#### 4.2.2. **Nebezpečné odpady**

Do skupiny nebezpečných odpadů spadají ty odpady, které projevují minimálně jednu nebezpečnou vlastnost vypsanou v příloze Nařízení Komise (EU) č.1357/2014.

Mezi tyto nebezpečné vlastnosti spadá například toxicita, mutagenita, karcinogenita, ekotoxicita a infekčnost. Ve stavebnictví lze uvést jako příklad odpady obsahující rtuť a azbest, jež se hojně využíval ve starých střešních krytinách, tepelných a protipožárních izolacích, dále u tvarovek a azbestocementových desek. Tato kategorie odpadů může narušovat lidské zdraví či životní prostředí, je tedy žádoucí věnovat jim zvýšenou pozornost, a to jak při jejich odstraňování, tak i při transportu (MŽP, 2016).

Z důvodu rámcového monitorování a nakládání s nebezpečnými odpady, byl *dle zákona č. 25/2008 Sb., o integrovaném registru znečišťování životního prostředí a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí a o změně některých*

zákonů, zřízen Integrovaný systém pro plnění ohlašovacích povinností (ISPOP). Zmíněné ustanovení udává povinnost zodpovědné osoby nahlásit vznik nebezpečného odpadu, tak aby mohla být přijata veškerá opatření při jeho likvidaci (Grusman, 2012).

### 4.3. Katalog odpadů, produkce a charakteristika SDO

Souhrn veškerých produkovaných odpadů, včetně označení jednotlivých skupin odpadů, je součástí vyhlášky č. 381/2001 Sb., Vyhláška Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví Katalog odpadů, seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů). V této vyhlášce jsou vyčteny jednotlivé skupiny SDO a jejich definice. Tento výčet pomáhá při jejich monitorování a stanovení poměru produkovaného množství každé skupiny (viz obr. č. 4), dle vyhlášky č. 93/2016 Sb., O Katalogu odpadů. Tyto údaje jsou následně porovnávány mezi sebou a na jejich základě jsou stanovovány trendy a další analýzy.

skupina	odpad	2012	2013	2014	2015	2016	2017
		[kt]	[kt]	[kt]	[kt]	[kt]	[kt]
<b>17 01</b>	<b>Beton, cihly, tašky a keramika</b>	3 445	3 249	3 688	4 419	4 375	4 502
17 01 01	Beton	1 385	1 292	1 422	1 985	1 755	1 845
17 01 02	Cihly	735	757	745	840	889	905
17 01 03	Tašky a keramické výrobky	14	12	16	14	15	15
17 01 07	Směsi neuvedené pod č. 17 01 06	1 250	1 172	1 473	1 580	1 716	1 651
<b>17 03</b>	<b>Asfaltové směsi, dehet a výr. z dehtu</b>	531	510	573	896	757	783
17 03 02	Asfalt. směsi neuvedené pod č. 17 03 01	526	508	568	891	752	777
<b>17 05</b>	<b>Zemina (včetně vytěžené zeminy z kont. míst), kamení a vytěžená hlušina</b>	8 908	9 966	11	15	12	12
17 05 04	Zem. a kam. neuvedené pod č. 17 05 03	7 832	9 442	10	13	11	10
17 05 06	Vyt. hlušina neuvedená pod č. 17 05 05	622	130	102	850	527	667
17 05 08	Štěrky ze železničního svršku neuvedené pod číslem 17 05 07	64	80	112	578	399	305
<b>17 06</b>	<b>Izol. a staveb. materiály s azbestem</b>	59	61	66	62	54	58
17 06 04	Izol. mat. nev. pod č. 170601 a 03	36	35	40	42	36	40
<b>17 08</b>	<b>Stavební materiál na bázi sádky</b>	7	9	11	14	17	13
17 08 02	Materiály neuvedené pod č. 17 08 01	7	9	11	14	17	13
<b>17 09</b>	<b>Jiné stavební a demoliční odpady</b>	496	609	451	722	547	605
17 09 04	Sm. SDO nev. pod č. 170901, 02, 03	473	590	441	709	535	605
<b>CELKEM</b>		<b>13 447</b>	<b>14 404</b>	<b>15 916</b>	<b>21 891</b>	<b>18 004</b>	<b>18 111</b>
z toho 1701 + 170302 + 170904		4 383	4 330	4 665	6 019	5 662	5 890
což z celkového SDO činí v %		33%	30%	29%	27%	31%	33%
podíl skupiny 1705 na celkové produkci SDO		66%	69%	70%	71%	68%	67%

Obrázek 4 - Materiálové složení SDO v letech 2012 až 2017

*Zdroj: (CENIA, 2019)*

#### 4.3.1. **Beton, cihly, tašky a keramika** (označení dle Katalogu odpadů 17 01)

Skupina odpadů s vysokým uplatněním výsledných recyklátů, a to díky dobré pevnosti v tlaku a znatelně nižším nákladům při jejich zařazení do výroby než při použití prvotních surovin. Odpad má po demolici podobnou strukturu jako přírodní kamenivo (viz obr. č. 5) a často se tedy jen předtřídí a využije jako recyklát. Uplatnění nachází například jako plnivo do betonových směsí či při tvorbě zásypů (Svoboda, 2013). U odpadu jako jsou nosné betonové sloupy se po demolici odstraňuje kovová výztuž, aby nedošlo ke znečištění výsledného produktu či poškození recyklační linky. Části kovového odpadu se mohou i přesto dostat do zpracovávaného odpadu, z tohoto důvodu jsou na částech recyklační linky přítomny elektromagnetické odlučovače, které zbavují produkt kovových úlomků.

Cihelný a keramický recyklát má oproti betonovému recyklátu vyšší schopnost vázat vodu, z toho důvodu se nepoužívá do konstrukčních vrstev či jako plnivo. Jeho značnou výhodou je vyšší tepelný odpor oproti přírodnímu kamenivu. Hojně se používá při výrobě vibroslisovaných tvárnic či pro úpravu sportovních ploch (Procházka, 2016).



*Obrázek 5 - Betonový odpad*

*Zdroj: (ČIMOK, 2019)*

#### 4.3.2. Dřevo, sklo a plasty (17 02 dle Katalogu odpadů)

Tato skupina odpadů se zpracovává dvěma způsoby. V případě dřevěného odpadu jde především o rozřezání materiálu na menší části, ze kterých budou vyrobeny dřevovláknité či OSB desky, nebo může být zrecyklován a využit při výrobě nábytku.

Sklo a plasty se zpracovávají zejména působením tepla a opětovného tvarování. Ne všechny druhy plastů mohou však procesem opětovné recyklace projít a je tedy třeba je oddělit. Díky opětovnému tvarování je u těchto materiálů vysoké procento recyklátu, navíc výsledné produkty mohou být zcela k nepoznání od produktů zpracovaných z prvotních surovin (Vöros, 2015).

Opětovné uplatnění dřevěných výrobků (viz obr. č. 6) pro recyklaci probíhá na základě přezkoumání, zda není materiál poškozen či napaden škůdci. Následně je doporučen k recyklaci nebo energetickému využití. Materiál schválený k recyklaci je zpracován na dřevěné třísky a hobliny, ty mohou posloužit jako plnivo tepelně-izolačních betonů nebo jako materiál pro výrobu dřevotřískových desek (RECYCLING, 2014).



Obrázek 6 - Dřevěný demoliční odpad

Zdroj: (PXHERE, 2017)

#### 4.3.3. Asfaltové směsi, dehet a výrobky z dehtu (17 03 dle Katalogu odpadů)

Tato skupina materiálů najde své využití zejména v inženýrských stavbách (lité asfalty, postřiky, emulze, asfaltové betony) a hojně jsou také stále využívány jako hydroizolační

nátěry a pásy. Značnou výhodou těchto materiálů je schopnost odolávat teplotním výkyvům a vyšší odolnost vůči deformaci působení vnějších sil (Pytlík, 1998). Asphalt, zejména z vozovek, se nejprve rozruší na menší kusy (viz obr. č 7), které jsou následně dopraveny do recyklačních center, nebo jsou pracovány přímo na místě vzniku (Svoboda, 2013).



*Obrázek 7 - Asfaltový odpad z povrchu vozovky*

*Zdroj: (ČIMOK, 2019)*

Benefitem této skupiny odpadů je velké procento jeho znovuvyužití ke stejnému účelu, to platí zejména u povrchu vozovek. V ČR se k opětovnému využití uplatňují dva způsoby recyklace asfaltových směsí. První metodou je recyklace za studena, kdy je odpad recyklován a znovu použit přímo na místě výstavby při současném dodržení stanovených evropských a českých norem (RECYCLING, 2016).

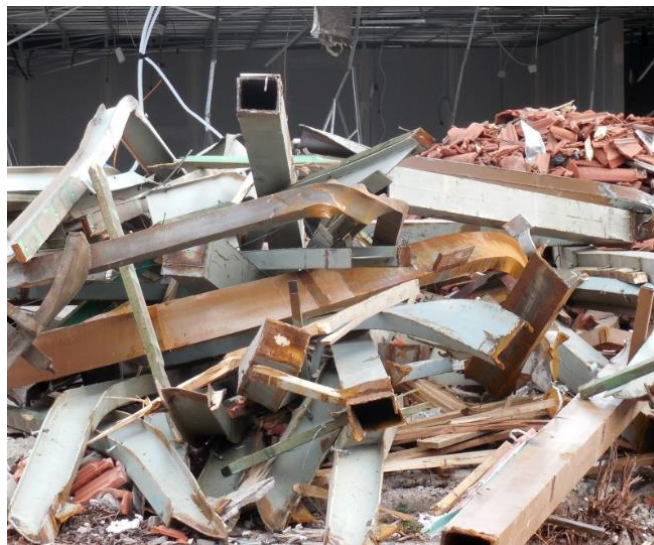
Metoda recyklace asfaltové směsi za studena je velice praktická, jelikož veškeré operace probíhají v jednom cyklu, avšak je k danému procesu zapotřebí nákladná technika. Zpracování odpadu na místě vzniku má však řadu výhod, především zkrácení doby uzavírek a menší ztrátu materiálu při dopravě a recyklaci (Valentin, a další, 2012). Pro samotnou recyklaci se využívá souprava strojů, kterou tvoří zásobník s pojivem a fréza doprovázená recyklačním strojem. Poté, co projde materiál zmíněnou soupravou strojů, je následně povrch zapraven finišerem a hutnicím válcem (Solařová, 2007).

Metoda zpracování za tepla probíhá obdobně jako za studen, celý proces je však rozdělen do několika etap. Je tak časově i finančně náročnější, kvalitativně je však dosahováno lepších výsledků (Solařová, 2007).

#### 4.3.4. **Kovy a jejich slitiny** (17 04 dle Katalogu odpadů)

Kov, zejména ocel, je ve stavebnictví hojně využívaný prvek. Díky velké pevnosti v tahu se používá zejména pro nosné konstrukce, jeho využití je však značné napříč celým stavebním sektorem. Jedna z primárních výhod odlišující slitiny kovů od zbytku stavebních materiálů je jejich plasticita (Vojtěch, 2006). Tohoto faktu lze dobře využít při tváření kovů za vyšších teplot (lisování, válcování, kování a další), což vede k jejich opětovnému využití.

Kovový odpad vznikající během demolice (viz obr. č. 8) je shluk různých druhů kovů, které je potřeba před vstupem do recyklačního procesu roztřídit na jednotlivé slitiny. Následuje roztavení a možnost opětovného zpracování na stavební prvek. Touto cestou recyklace kovového šrotu se uspoří 2 tuny černého uhlí, 4 tuny železné rudy a až 70 hodin lidské práce (Váňa, 2016).



*Obrázek 8 - Kovový odpad z demolice*

*Zdroj: (PXHERE, 2017)*

#### 4.3.5. **Zemina, kamení a vytěžená hlušina** (17 05 dle Katalogu odpadů)

Skupina zastupující největší podíl stavebních odpadů. Odpady spadající do této kategorie jsou generovány především při výstavbě pozemních komunikací, tvorbě inženýrských sítí a zakládání či rekonstrukci pozemních staveb. Majoritní podíl pak zaujímá zemina (viz obr.

č. 9) a kamení, které se řadí mezi materiály inertní, tudíž se působením vnějších vlivů nerozkládají. Mohou tak být znovu použity pro nenáročné konstrukce či zásypy bez nutnosti dalšího zpracování.



*Obrázek 9 - Výkopová zemina*

*Zdroj: (ČIMOK, 2019)*

Hlavní snahou je uplatnit tento odpad přímo na místě vzniku a zapojit ho tak znovu do procesu stavby. To lze zajistit při opětovném zpracování při výkopech, zemních pracích nebo vyrovnávání terénu. Další alternativa využití odpadního kameniva jsou například protihlukové valy u komunikacích a železničních tratí (Horáček, 2001).

#### **4.3.6. Izolační materiály s obsahem azbestu (17 06 dle Katalogu odpadů)**

Stavební a demoliční odpady obsahující azbest se řadí do skupiny nebezpečných odpadů. Vlákná azbestu jsou schopna přenášet vzduchem a bylo prokázáno, že jejich usazování na plicích způsobuje rakovinu (Svoboda, 2013). Při manipulaci s takovým odpadem je nutno postupovat obezřetně (viz obr. č. 10) a informovat příslušné orgány dle zákona č. 25/2008 Sb., o integrovaném registru znečišťování životního prostředí a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí.

Jednotlivé kroky pro nakládání s odpady obsahující azbest řeší zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu. Pro odstranění takového odpadu je třeba zřídit kontrolní orgán, který musí zajistit, aby se při odstranění azbestu neuvolnila do ovzduší jeho



vlákna. Odpad je následně uzavřen do neprodyšných obalů s označením a poté převezen na místo skladování k tomu určené (Báčová, 2007).



*Obrázek 10 - Likvidace azbestové krytiny*

*Zdroj: (DOPAREAL, 2020)*

#### **4.3.7. Stavební materiál na bázi sádry (17 08 dle Katalogu odpadů)**

Sádra se z hlediska použití ve stavebnictví dělí na tři skupiny, a to na stavební sádro (omítky a dílce ze sádry mezi, než spadá i sádrokarton), technickou sádro a modifikovanou sádro (vyznačují se vyšší tvárností). Technické vlastnosti a specifikace jednotlivých skupin určuje norma ČSN 72 2301, Sádrová pojiva, klasifikace, všeobecné technické požadavky, zkušební metody.

Nejvýznamnějšího činitele v této skupině odpadů zastává sádrokarton (viz obr. č. 11), jenž je tvořen jádrem ze sádry mezi dvěma kartony. Sádrokarton se hojně využívá pro řadu účelů, a to díky možné úpravě jeho požadovaných vlastností, jako je například zvýšená odolnost vůči vlhkosti či hluku. Dále je možné vylepšit jeho protipožární účinky (Nyč, 2005).



*Obrázek 11 - Demoliční odpad ze sádkartonu*

*Zdroj: (SPBOHEMIA, 2019)*

#### **4.3.8. Jiné stavební a demoliční odpady (17 09)**

Do této kategorie se řadí zejména nebezpečné odpady obsahující rtuť, PCB a jiné nebezpečné látky. Tyto látky byly značně využívány díky dobrým izolačním vlastnostem v druhé polovině 20. století.

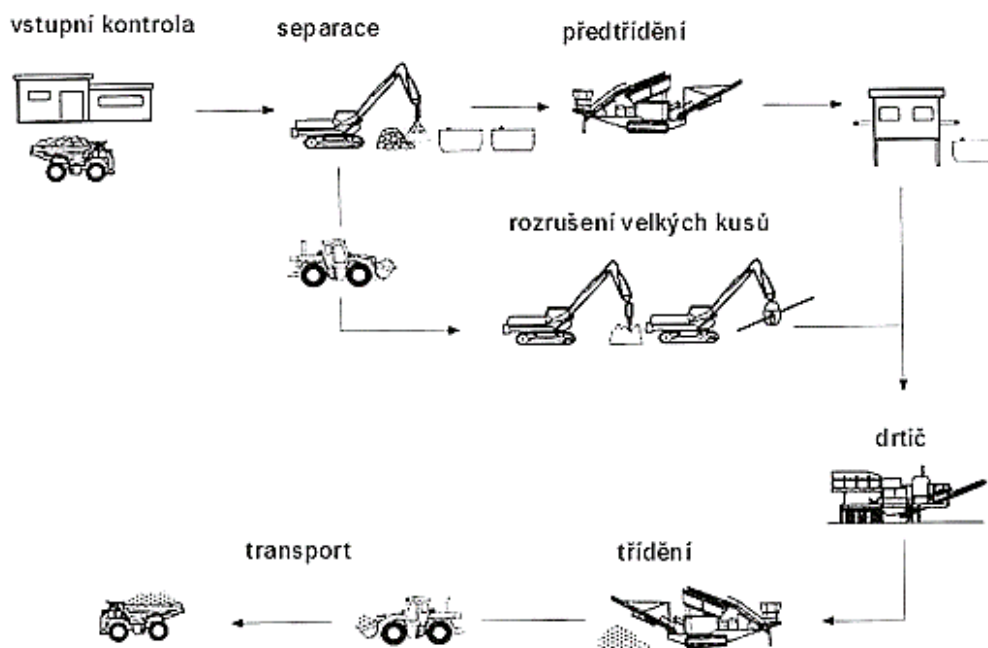
Nakládání s těmito odpady probíhá na základě již výše zmíněného zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (Drdla, 2020).

#### **4.4. Současné metody pro zpracování SDO**

Před samotným zpracováním odpadů je nejdříve nutné zbavit odpad veškerých nežádoucích příměsí, které mohou znehodnotit výsledný produkt či poškodit část drtící linky. Každé recyklační středisko by mělo provádět vstupní kontrolu a odpad přijímat v jeho nejčistší podobě a v rámci možností dodavatele, tak aby nebylo nutné jej nadále třídit a upravovat.

Proces odstranění příměsí probíhá s pomocí třídících technologií a lidské práce na základě vizuální kontroly, objemové hmotnosti, chování při odvalování a jejich magnetických vlastností. Po odstranění nebezpečného a kontaminovaného odpadu dochází k oddělení cizorodých látek (kovy, asphalt, dřevo, plasty) od minerálních látek a následnému předtřídní (viz obr. č. 12).

Výsledná minerální suť se následně rozdělí na jednotlivé skupiny odpadů dle Katalogu odpadů. Oddělené skupiny odpadů se dále rozbíjejí pomocí rypadel a jiné techniky na menší kusy vhodné ke zpracování (Junga a kol., 2015).



Obrázek 12 - Technologická návaznost pro recyklaci SDO

Zdroj: (Junga a kol., 2015)

#### 4.4.1. Typy souprav pro recyklaci SDO

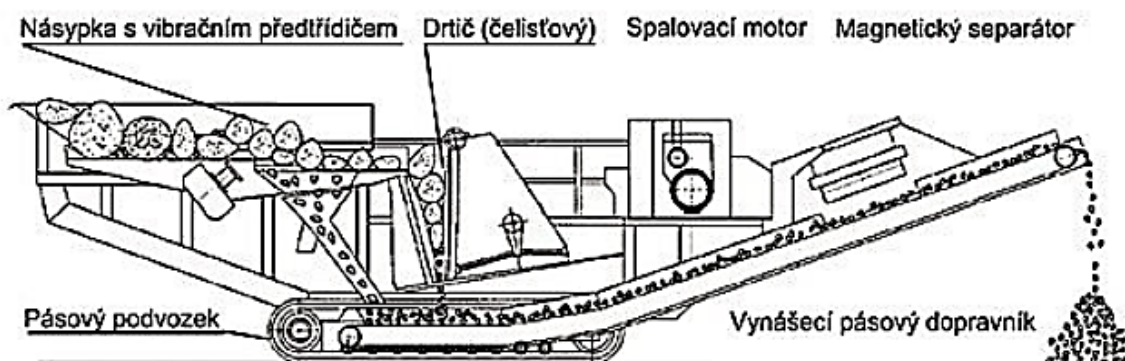
Recyklační souprava je po sobě jdoucí seskupení strojů určených k částečnému rozřídění, drcení a třídění stavebních a demoličních odpadů za účelem dalšího zpracování a využití. V současnosti se pro tento proces využívají tři technologie souprav, které se dělí podle možnosti manipulace samotné soupravy a možnosti reorganizace. Soupravy jsou: stacionární, semi-mobilní a mobilní.

Obecný princip a uspořádání těchto zařízení je velmi obdobný u všech zmíněných. Přetříděný odpad je přepraven do přijímací násypky, odtud je veden skrze sítový rošt, kde dochází k propadu malých frakcí (rozdělení kameniva dle velikosti zrn propadajících mezi síty) na příčný pásový dopravník. Zrna o malých rozměrech (málo frakce) jsou odvedena na skladovací plochy. Frakce, které neprojdou skrze sítový rošt, pokračují do drtiče. Zde dochází k rozložení na menší frakce vhodné pro další rozřídění, následně materiál vychází pryč z drtiče přes magnetický odlučovač zachytávající zbytky kovových odpadů (Junga a kol., 2015).

#### 4.4.1.1. Mobilní souprava

Mobilní recyklační soupravy jsou dnes velice oblíbené. Nejčastěji se s nimi setkáváme u recyklačních středisek zpracovávajících střední až velké objemy stavebního odpadu a na rozsáhlejších stavbách (silnice, průmyslové areály a další). Hlavním důvodem je rychlá a operativní změna dispozice či seskupení celé soupravy a samotného třídícího střediska.

Mobilní linky jsou konstruovány tak, že veškeré zařízení je upevněno na přívěsných a návěsných podvozcích spolu s dílčím technologickým zařízením. Podvozek je zpravidla konstruován jako pásový z důvodu náročnosti terénu, kde se zařízení pohybuje. Mobilní soupravu obvykle zastupuje drtící a třídící zařízení, u kterých platí následující technologický proces (viz obr. č. 13) v tomto pořadí: příjem materiálu, prvotní prosévání, rozměňování s následným magnetickým odlučováním kovů. V návaznosti na požadované vlastnosti výsledného produktu může dojít k dalšímu drcení. Předdrcený produkt je nadále dopraven do třídiče, a to buď přímo z drtiče nebo pomocí nakladače. Třídící mechanismus následně rozdělí materiál na požadované frakce a odvede je na skladovací plochu (Müller, 2008).



Obrázek 13 - Schéma mobilního čelistové drtiče

Zdroj: (Müller, 2008)

#### 4.4.1.2. Semi-mobilní souprava

Semi-mobilní souprava je sestavována až na místě určení, přičemž během práce je zcela fixní a není možné usměrňovat její polohu. Po přerušení procesu může být linka snadno a rychle rozložena a přepravena na jiné místo pomocí nákladních automobilů. Jednotlivé části linky fungují na principu sestavitelných kontejnerů, které se pohybují na kolovém podvozku či ližinách. Na místo, kde dojde k jejich sestavení, bývají dopravovány separátně

(Henková, 2010). Výkonnost této soupravy dosahuje je zpravidla až o 20 % vyšší než u linek mobilních. Nevýhodou je však náročnější logistická organizace, nároky na rovinnost terénu a větší plochu (Müller, 2008).



Obrázek 14 - Semi-mobilní drtič na zpracování SDO

Zdroj: (TSTSW.CZ, 2014)

#### 4.4.1.3. Stacionární souprava

Předností soupravy stacionární je především vysoká kvalita výsledného produktu a velmi vysoká výkonnost. Stacionární linka je schopná spolehlivě oddělit příměsi a dosáhnout tak vysokého procenta čistoty recyklátu. Pro tento typ souprav je nutné zajistit neustálý přísun materiálu ke zpracování, proto jsou nejčastěji využívány u staveb velkých rozsahů či v recyklačních centrech v blízkosti velkých měst. Zvolením takto daného umístění je zajištěn ekonomicky výhodný provoz (Müller, 2008). Fixní umístění také umožňuje nepřerušovaný provoz, který má značný dopad na životní prostředí, proto jsou linky vybaveny hlukovými tlumiči, filtry pevných částic či zvlhčovacím zařízením. V návaznosti na opatření snižující dopad soupravy na okolní prostředí se v blízkosti objektů budují protihlukové valy prostřednictvím kterých je zajištěno korektního odvodu znečištěné vody a prachu (Junga a kol., 2015).

Stacionární recyklační soupravy bývají doplněny tzv. mokrou úpravou, kdy je celý proces třídění realizován za mokra. Voda je průběžně filtrována a proudí soupravou po celou dobu procesu. Značnou výhodou je celkové snížení prašnosti a hlučnosti za podmínky odvádění znečištěné vody do nepropustných nádrží, kde dochází ke zbavování kalu (Müller, 2008).



*Obrázek 15 - Stacionární souprava na zpracování SDO*

*Zdroj: (DSP Přerov, 2011)*

## 5 Vlastní řešení

V této kapitole bude popsána technologická linka vybrané společnosti pro zpracování stavebního a demoličního odpadu a popsány jednotlivé části této linky. Následně bude technologická linka inovována výběrem nové techniky (na základě multikriteriálního hodnocení) vedoucí ke zvýšení efektivity či úspor nákladů celé linky. Nově inovovaná recyklační linka bude poté dle vybraných parametrů porovnána s linkou původní. Porovnání bude provedeno za základě ekonomického zhodnocení provozu.

Pro řešení této práce byla navázána spolupráce se společností specializující se na zpracování a recyklaci stavebních a demoličních odpadů. Zvolené recyklační centrum bylo navštíveno za účelem provozních měření, pořízení fotografií a nabytí informací týkajících se provozu společnosti. Získaná měření byla pořízená v rámci zpracování jednoho druhu stavebního odpadu dle Katalogu odpadu. Z důvodu poskytnutí citlivých dat si společnost nepřeje být přímo jmenována, a proto bude v této práci nadále označována jako společnost A.

Vzhledem k tomu, že společnost v posledním roce získala dotaci „Energetické úspory ve společnosti A“ v rámci níž došlo k nahrazení starého drtiče a třídiče stavebních odpadů za nový, bude v této práci vybraná technologická linka inovována o výběr nového kolového nakladače, o kterém zmíněná společnost uvažuje vzhledem k zastaralému stavu současného kolového nakladače.

### 5.1. Profil společnosti

Společnost A působí na trhu již od 90.let a aktuálně provozuje recyklační středisko, které se soustředí primárně na recyklaci SDO a zpracování lomového kameniva. Dále pak provozuje činnosti v oblasti nakládání s nebezpečnými odpady, autodopravy a provozu stavební techniky.

Technologická linka je složena z mobilních strojů a může se dispozičně přizpůsobovat aktuálním potřebám společnosti. Společnost A má pro potřeby recyklační linky k dispozici jeden čelistový drtič, síťový třídič, jeden kolový nakladač, dvě rypadla a pět strojníků na obsluhu jedné linky. Poloha středisek je velice příhodná z hlediska dodavatelsko-odběratelských vztahů, jelikož má přímé napojení na dálniční síť.

Recyklační centrum, které je předmětem této práce, se rozkládá na ploše 22 500 m<sup>2</sup> a je tvořeno zpevněnou plochou určenou pro ukládání stavebních a demoličních odpadů. Dále se na ploše nachází zastřešené kóje určené ke skladování výsledných tříděných frakcí recyklátů, silniční automobilová váha a administrativní budova pro příjem odpadu a jiné funkce. Příjem objemu stavebního a demoličního odpadu zcela závisí na množství získaných zakázek, probíhajících demolic a staveb v okolí a možnostech samotné linky. Hmotnost navezeného odpadu se může pohybovat mezi 0 až 1000 tun denně, průměrně však centrum přijímá 140 tun stavebního odpadu denně.

## 5.2. Popis linky na zpracování stavebního odpadu

Zkoumaná recyklační linka, byla v době měření složena z jednoho čelistového drtiče Sandvik QI341 s možným vstupem materiálu o zrnitosti až 600 mm a vibračního třídiče Sadvik QA331 s rovnými síty, oba tyto stroje jsou zcela mobilní a lze je napojit do kombinace. Třídící i drtící zařízení může pracovat samostatně či být umístěno za sebe. Způsob práce je zcela závislý na druhu a požadované zrnitosti zpracovávaného materiálu. Materiály, například zeminy, se pouze třídí a není zde třeba využít drtiče, naopak odpadový beton se pouze drtí je-li požadována pouze frakce 0/63. Pokud jsou žádány i další frakce, jako 0/8, 8/32 a 32/63, je aplikována kombinace drtiče a třídiče pracující v přímé návaznosti. U stavebních odpadů jako například stavební suť, může nastat situace kdy je odpad nejdříve předdrcen, část výstupů je využita a zbytek vstupuje do opětovného procesu drcení s případným tříděním.

K manipulaci s materiálem má společnost k dispozici kolový nakladač Volvo 110 F, sloužící primárně pro přepravu materiálu k místě drcení či třídění. Další mechanizací jsou dvě pásová otočná rypadla značky CAT, model 323 a 318 F, podílejí se zejména na plnění drtiče, rozbíjení nadměrných kusů odpadů a separaci armatury z betonu pomocí hydraulických nůžek. Na obsluhu strojů se při jedné 8hodinové pracovní směně podílí 5 strojníků z toho jeden vedoucí směny.

### 5.2.1. Příjmová část

Centrum pro zpracování a recyklaci stavebního odpadu, přijímá odpad dvěma způsoby. V případech, kdy se samo podílí na tvorbě vzniku SDO dochází ke svozu odpadů pomocí vlastní nákladní techniky (jedná se zejména o zemní práce, a tudíž vzniklý odpad 17 05, dle Katalogu odpadů), v ostatních případech přijímá odpad od jeho původců. Nákladní technika



s odpadem při příjezdu do areálu zastaví na nákladní váze, kde dojde ke zvážení celé soupravy spolu s nákladem. Nákladní automobil je poté zvážen i po vyložení nákladu a vzniklý rozdíl je roven přijatému množství odpadu.

Odpad je zprvu svezen na jedno určené místo, zde dochází ke kvalitativní kontrole na základě zkušeností příjmového personálu a po vizuální stránce. Kontroluje se míra nežádoucích příměsí, která se velmi liší dle kvality návozu odpadů do zařízení. Následně dojde k oddělení nežádoucího komunálního odpadu, který je uložen na řízenou skládku. Dále je zde separován kovový odpad, rozrušením materiálu pomocí vydrčovací kleště (viz obr. č. 16), který je předáván do zařízení pro jeho další zpracování. Řádově se jedná o desítky tun za rok.



*Obrázek 16 - Rozrušování materiálu pomocí vydrčovací kleště*

*Zdroj: (Pimpara – archiv autora, 2020)*

Každý vlastník (dodavatel) odpadu musí při uložení odpadu do zařízení vyplnit dokument o základním popisu odpadu, sloužící zároveň jako průvodka odpadu k recyklaci (viz příloha). V tomto dokumentu jsou uvedeny základní údaje o příjemci a vlastníkovi odpadu, popis vzniku a katalogové číslo odpadu. Obsahuje také čestně prohlášení, že odpad předávaný do zařízení je odpad kategorie O, není znečištěn žádnými látkami způsobujícími jeho nebezpečnost ve smyslu zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, a vyhlášky MŽP č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č.383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.

### 5.2.2. Otočná pásová rypadla

Funkce jako prvotní separace odpadů od příměsí, rozrušení velkých kusů materiálu a samotné plnění drtiče a třídiče stavebního odpadu, zastávají ve společnosti A dvě otočná pásová rypadla značky CAT, přesněji modely 323 D a 318 F.

Ve stávající technologické lince jsou obě rypadla plně využita. Pásové rypadlo CAT 323 D se obvykle pohybuje v příjmové části recyklačního střediska, provozující činnosti jako jsou přetřídění odpadů a rozrušení velkých kusů (viz obr. č. 14). Druhé rypadlo CAT 318 F se využívá k plnění drtiče a třídiče SDO. Rozdělení prací vyplývá primárně z rozdílu provozních hmotností, kde rypadlo s menší hmotností je lépe situováno pro práci na deponii a díky nižší spotřebě paliva také dojde k úspoře nákladů.

Technické parametry	CAT 318 F	CAT 323 D
Výkon motoru [kW]	88	121
Max hloubka/dosah [m]	6,6 / 9,2	6,7 / 9,9
Provozní hmotnost [kg]	19 000	25 500
Objem lopaty [m <sup>3</sup> ]	0,92	1,19
Průměrná spotřeba [l.h <sup>-1</sup> ]*	7,01	9,47

Tabulka 1 - Parametry otočných pásových rypadel

Zdroj: (RITCHESPECS, 2019)

Ve vybrané společnosti A došlo ke stanovení průměrné spotřeby paliva\*, aby mohla být lépe stanovena ekonomická náročnost provozu. Reálná spotřeba bývá v provozu obvykle vyšší, než uvádí výrobce, a proto byla provedena měření spotřeby s cílem stanovení množství spotřebovaného paliva za hodinu. Měření probíhalo v jedno pracovním týdnem, kdy byla doplněna nádrž stroje do plné výše, zapsán počet hodin nepřerušené práce a následně vypočtena průměrná hodinová spotřeba dle vztahu [1].

$$P_s = \frac{S_d}{t_s} \quad [\text{l.h}^{-1}] \quad [1]$$

Kde:

- $S_d$  – průměrná hodnota spotřebovaného paliva za jednu pracovní směnu [l];
- $t_s$  – doba práce nakladače za jednu pracovní směnu [h].

Stanovení hodnot

- $S_{d1} = 71$  l, hodnota byla stanovena z pěti měření u CAT 323 D;
- $S_{d2} = 53$  l, hodnota byla stanovena z pěti měření u CAT 318 F;
- $t_s = 7,5$  hodin, hodnota byla zvolena dle informací poskytnutých společností A.

Výpočet:

$$P_{s1,2} = \frac{S_{d1,2}}{t_s} \quad [\text{l}\cdot\text{h}^{-1}]$$

$$P_{s1} = 9,47 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$$

$$P_{s2} = 7,06 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$$

Ze získaných výpočtů lze vidět, že průměrná spotřeba paliva se liší, primárně z rozdílných výkonů obou motorů, provozních hmotností strojů a také počtu přejezdů za jednu pracovní směnu u každého stroje. Rypadlo pracující v příjmové části uskuteční za jeden den zřejmě více přejezdů nežli rypadlo, které plní drtič či třídič.

Pro určení výkonosti linky jako celku je třeba určit výkonnost jednotlivých prvků v ní pracující. Výpočet hodinového výkonu pásového rypadla, pro cyklicky pracující stroj bude určeno dle vztahu:

$$Q = \frac{3600}{t_c} \cdot V \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad [2]$$

Kde:

- $t_c$  – doba jednoho pracovního cyklu [s];
- $V$  – objem lopaty [ $\text{m}^3$ ];
- $k_1$  – koeficient plnění dle rozpojitelnosti;
- $k_2$  – koeficient opotřebení lopaty;
- $k_3$  – koeficient vlivu otočení;
- $k_4$  – vliv zkušenosti obsluhy
- $k_5$  – opravný čas o přejezdy a organizační přestávky

Stanovení proměnných:

- $t_c$  – stanovena jako průměrná hodnota z naměřených hodnot ve spol. A na 27 sekund;
- $V$  – objem lopaty  $0,92 \text{ m}^3$  a  $1,19 \text{ m}^3$ ;
- $k_1$  – koeficient plnění dle rozpojitelnosti; dle třídy rozpojitelnosti stanoven 0,96;

- k<sub>2</sub> – průměrné opotřebení 0,9;
- k<sub>3</sub> – předpokládáme maximální otočení 135°, kdy se koef rovná 0,95;
- k<sub>4</sub> – předpokládáme zkušeného pracovníka kdy koef se rovná 1
- k<sub>5</sub> – z ohledem na nedostatek organizace, byl zvolen 0,7

Výpočet:

$$Q_r = \frac{3600}{20} \cdot 0,92 \cdot 0,96 \cdot 0,9 \cdot 0,95 \cdot 1 \quad [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$$

$$Q_r = 151,03 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Výkonnost pásového otočného rypadla CAT 318 F, byla dle výpočtu stanovena na 151,03 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.

### 5.2.3. Mobilní čelistový drtič

Centrem linky na zpracování SDO je čelistový drtič Sandvik QI341 (viz obr. č. 17). Jedná se o mobilní dvojevzpěrný čelistový drtič slouží pro primární drcení nelepivých a velmi pevných materiálů, jako beton, cihly, stavební suť a další ze skupin SDO. Stroj pojme velikost vstupních materiálů až 600 mm.

Drťicí zařízení je poháněno naftovým motorem s průměrnou udávanou spotřebou 8,8 l.h<sup>-1</sup> (viz tab. č. 2), v reálných podmínkách však byla naměřena výrazně vyšší spotřeba, její hodnoty se liší v závislosti na druhu zpracovávaného materiálu, v průměru se však hodnoty pohybují mezi 10 až 12 l.h<sup>-1</sup>, s nejčastější hodnotou dosahující průměr 11,25 l.h<sup>-1</sup>. Obsluhu stroje obvykle zastávají jeden až dva strojníci, tak aby docházelo k jeho plynulému chodu a plnému využití kapacit. Výkonnost drtiče se pohybuje až k hranici 600 tun za 8 hodin neboli za jednu pracovní směnu. Přibližně jde tedy o 75 t.h<sup>-1</sup> při nepřetržitém provozu.



Obrázek 17 - Čelistový drtič SANDVIK QI 341

Zdroj: (Pimpara – archiv autora, 2020)

Technická data Sandvik QI 341	
Velikost vstupního otvoru [mm]	922x670
Maximální velikost vstupů [mm]	600
Typ motoru a výkon [kW]	C9 Acert 261
Udávaná spotřeba motoru [l.h <sup>-1</sup> ]	8,8
Provozní hmotnost [t]	37,2

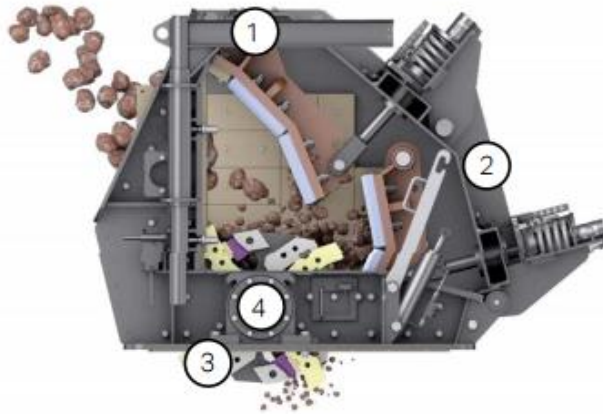
Tabulka 2 - Parametry čelistového drtiče Sandvik QI 341

Zdroj: (SANDVIK, 2014)

Ve zkoumaném recyklačním středisku pracuje drtič samostatně či v kombinaci se síťovým třídícím. Nejčastěji zpracovává betonový odpad, zbavený armovací výztuže, na výsledný recyklát 0/63, kdy v tomto případě není nutné zařadit třídící, díky poměrně hrubé frakci. Dále se využívá pro zpracování asfaltu z vozovek, cihelného odpadu a stavební sutě, kdy často nejprve dochází k přetřídění a teprve poté následuje samotné drcení na jemnější frakci.

Vstupující odpad je střídavě stlačován mezi dvěma deskami (viz obr. č. 18), které střídavě mění svůj rozestup, produkt tak při opakovaném drcení klesá až na velikost výstupní štěrby, jejíž rozměr má zaručit stejný rozměr všech výstupních složek. Na povrchu

vzpěrných desek je umístěna skořepinová litina, ta slouží jako pojistný prvek před poškozením drtícího mechanismu. Pokud se mezi čelisti dostane nežádoucí prvek, jako je například ocelová výztuž, deska se prolomí a činnost stroje zastaví. Samotné operace výměny litinové desky je však velmi nákladná a časově náročná. Je tak kladen velký důraz na čistotu vstupních produktů bez nežádoucích příměsí.



Obrázek 18 - Schéma drtícího ústrojí v horní poloz

Zdroj: (SANDVIK, 2014)

- 1 - zvedací úložník a kolébka na olej pro snadnou údržbu,
- 2 - robustní svařovaná komora,
- 3 – čtyř barový rotor s konfigurovatelnými zaměnitelnými kladivy,
- 4 – kulová hlava s válečkovými ložisky pro velké zatížení

#### 5.2.4. Mobilní vibrační třídič

Ve zkoumaném recyklačním centru je zastává hlavní třídící funkci vibrační třídič SANDVIK qa331 (viz obr. č. 19) s rovnými síty. Tento mobilní stroj dosahuje výkonu až  $100 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ , tedy až 800 t za osm hodin pracovní směny. Jeho výkonnost je závislá nejen na kvalitě obsluhy, ale je úzce spojena s kvalitou vstupů, zejména s lepivostí, kusovitostí a vlhkostí vstupních odpadů. Stroj je poháněn naftovým motorem, jehož indikovaná spotřeba je  $4,4 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$ . Celková spotřeba třídiče se však při plném nasazení v pracovní směně pohybuje mezi 8 až  $10 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$ , se střední hodnotou v  $9 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$ . Stroj obvykle obsluhuje jeden strojník.

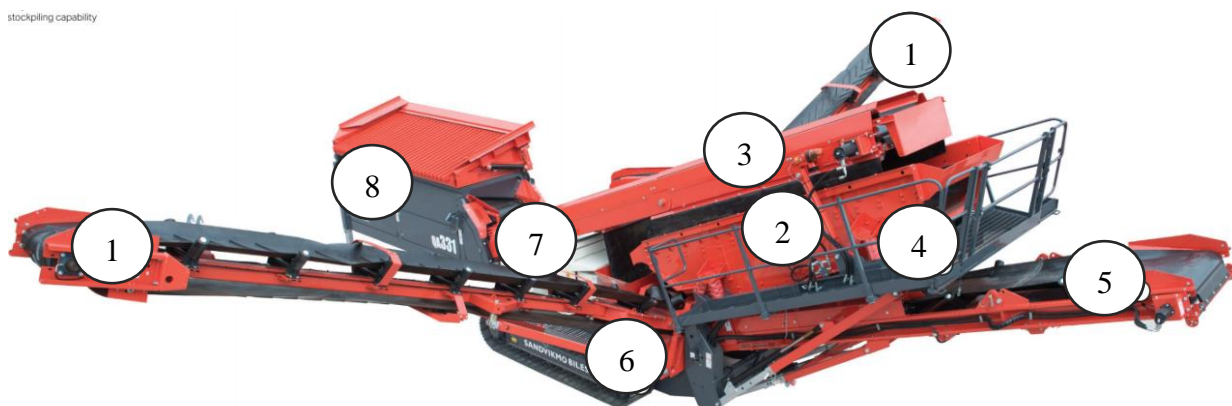
Technická data Sandvik QA 331	
Velikost paralelního síta [mm]	4260 x 1500
Motor o výkonu	C4.4 75 kW
Udávaná spotřeba motoru [ $l \cdot h^{-1}$ ]	4,4
Provozní hmotnost [t]	27,05

Tabulka 3 - Parametry vibračního třídiče Sandvik QA 331

Zdroj: (SANDVIK, 2014)

Materiál určený ke třídění je sypan přes ocelový rošt, sloužící jako sekundární prvek pro zachytávání nežádoucích prvků. Odtud je odpad pomocí vibrací přiváděn na paralelně zavěšená síta, uložená na pružinách a osazená budičem vibrací. Díky vyvolanému krouživému pohybu celé sítové skříně, je možné zkrátit délku sít při zpracování vysoké efektivity a výkonnosti (Müller, 2008).

stockpiling capability



Obrázek 19 - Vibrační třídič Sandvik QA331

Zdroj: (SANDVIK, 2014)

- 1 – Postranní výložník (2x) o šířce 650 mm s výškou dopadu 4700 mm
- 2 – Síťový box o rozměrech 4,2x1,5 m
- 3 – Hlavní výložník pro dávkování materiálu na síta, o šíři 1050 mm
- 4 – Plošina pro údržbu
- 5 – Přední výložník o šířce 1200 mm, s výškou dopadu 4034 mm
- 6 – Pásový pojízdomý mechanismus ovládaný dálkově
- 7 – Pohonná jednotka o výkonu 74.5 kW
- 8 – Násypka (příjmový koš) s mříží pro zachycení nečistot

Vibrační třídič s rovnými sítý mají paralelní uspořádání sít, která jsou zavěšená nebo uložena na pružinách a osazená budičem vibrací. Jako budič obvykle slouží elektromagnet, nerovnoměrné rozložení hmot setrvačnicku či excentr. Díky vyvolaným vibračním síta a kruhovým, nebo eliptickým pohybem celé síťové skříně se dosahuje vysoké efektivity, což vede k možnosti zkrácení délky síťové plochy. Model Sandvik QA 331 je schopen třídít až tři různé hrubosti frakce, a to 0/8; 8/32 a 32/63. Rozdělení hmotnosti výsledného recyklátu v poměru na množství vstupujícího odpadu se značně liší v závislosti, na již zmíněné kvalitě vstupní složky. U směsného odpadu, označením 17 07 01, dle Katalogu odpadů neboli stavební sutě je dle naměřených hodnot průměrné rozdělení následující:

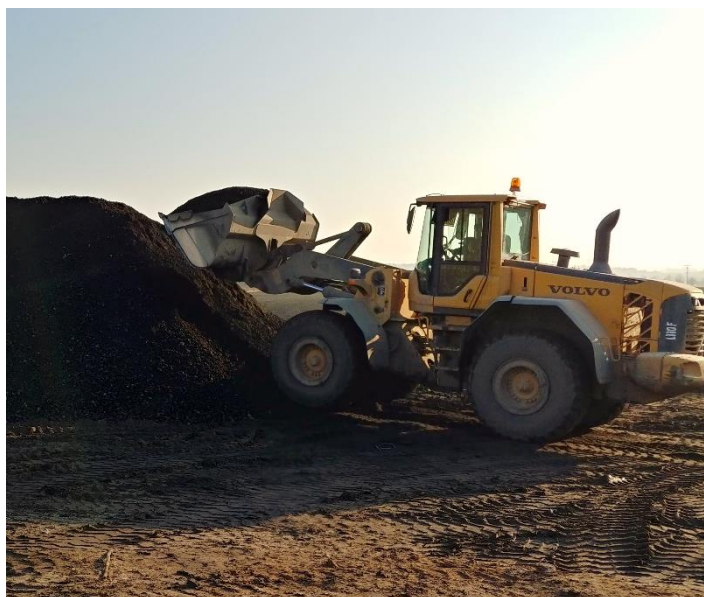
Výsledná frakce [mm]	Procentuální podíl [%]
Jemná 0/8	35
Střední 8/32	30
Hrubá 32/63	35

*Tabulka 4 - Průměrné procentuální rozdělení odpadu 17 07 01 mezi jednotlivé frakce*

#### **5.2.5. Kolový nakladač**

Kolový nakladač slouží, k manipulaci s materiálem po areálu recyklačního střediska, nakládání a vykládání (viz obr. č. 20) z míst pro příjem odpadů či deponií, přepravu výsledných recyklátů na místo uložení. Tento stroj zastává prvek, který jako první přichází do kontaktu s odpadem, je aktivně zapojen do celého cyklu zpracování odpadu a je také posledním článkem zpracovatelské linky, která přijde do styku s výsledným produktem.





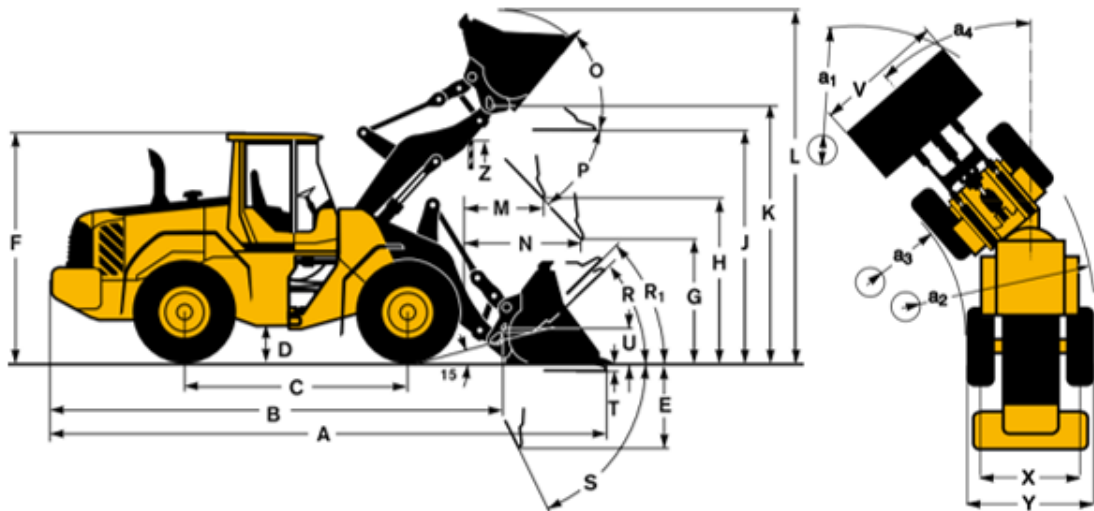
*Obrázek 20 - Kolový nakladač Volvo L 110 F*

*Zdroj: (Pimpara – archiv autora, 2020)*

Pracovní cyklus kolového nakladače začíná v místě ukládky navezeného odpadu, který již prošel kontrolou, případnou úpravou a byl přijat dle stanov recyklačního střediska. Nezpracovaný materiál je pomocí nakladače převážen na místo přímo určené ke skladování daného typu stavebního odpadu, dle Katalogu odpadu. Tyto deponie se ve Společnosti A vrší pomocí nakladače do maximální výšky 3,5 m, tak aby bylo sníženo riziko sesunutí a lepší dostupnosti pro rypadlo, převážně pracující na horní ploše deponie. K tomuto místu je později přistaven drtič a odpad je nakládán pomocí rypadla přímo do drtiče, nakladač může zastávat plnicí funkci jen pokud je k příjmovému koši stroje vytvořena nájezdová rampa, díky jeho nedostatečné výsypné výšce. Nadrčený odpad je poté nakladačem uložen na místo vybrané pro jeho skladování. Pokud je požadováno třídění na menší frakce, než může nabídnout drtič, je k tomuto místu přistaven třídič. Výsledný recyklát je nakládán a převezen do kojí pro jeho skladování (u materiálu se zvýšenou nasákavostí) či na venkovní uložení recyklovaného odpadu. Stejný postup se uplatňuje i pokud drtič a třídič pracují v kombinaci, a je tak snížen potřebný počet přejezdů.

Technologická linka Společnosti A využívá kolový nakladač Volvo řady L 110 F (ročník 2011) s náhonem na všechna kola. Stroj je poháněn dieselovým přeplňovaným vznětovým šestiválcovým motorem Volvo D7E LB E3 s výkonem 169 kW a zdvihovém objemu 7,1 litů. Motor je chlazen vzduchem s hydrostatickým elektricky poháněným chlazením.

Plynulý pojezd zajišťuje jednostupňová převodovka ovládaná pákou s plynulým řazením pomocí impulsů modulačního ventilu, který na základě změny velikosti stejnosměrného elektrického proudu, dá signál ke změně polohy páky. Pohon na jednotlivá kola je rozváděn plně plovoucí planetovou převodovkou. Hydraulický systém, je poháněn dvěma axiálními regulačními čerpadly o pracovním tlaku až 24 MPa s variabilním zdvihovým objemem, a je řízen primárním ventilem na omezení tlaku a dvěma regulačními ventily s oboustranně pracujícími válci. Kolový nakladač Volvo L 110 F (viz obr. č. 21) je vybaven lopatou se zuby o pracovním objemu 3 m<sup>3</sup>, šířce 2880 mm a nosnosti 12 650 kg při statickém postavení ramena kloubu. Maximální sypná výška lopaty je 2630 mm při výklopném úhlu 45 °, což neumožňuje přímé plnění drtiče ani třídiče, bez nájezdové plošiny. Provozní hmotnost nakladače je 19,3 tuny a spolu s lopatou disponuje průraznou silou 146,8 kN (VOLVO, 2012)



Obrázek 21 - Schéma kolového nakladače Volvo L 110 F

Zdroj: (VOLVO, 2012)

Označení rozměru	Rozměr
B – délka stroje bez pra. nástroje	6470 mm
C – rozvor kol	3200 mm
D – světlá výška podvozku	420 mm
F – výška stroje	3560 mm
G – min. výsypná výška	2132 mm
J – max. výška pro převoz	3690 mm
K – max. výška ramene	4020 mm
O – max. úhel naložení	55 °
P <sub>max</sub> – max výsypný úhel	50 °
X – rozchod kol	2070 mm
Y – šířka stroje	2670 mm
a2 – dráha otočení	5730 mm
a3 – dráha otočení	3060 mm
a4 – úhel natočení	± 40 °

Tabulka 5 - Rozměry nakladače Volvo L110F

Zdroj: (VOLVO, 2012)

### 5.2.5.1. Stanovení základních parametrů kolového nakladače

Efektivita a výkonnostní parametry každého stroje jsou určeny zejména technickými vlastnostmi, zkušeností obsluhy a vlastnostmi manipulovaného materiálu. Pro každý stroj zvláště je vypočítána jeho možná teoretická výkonnost v závislosti na objemu pracovního nástroje.

Výpočet hodinového výkonu navrhovaného nakladače, pro cyklicky pracující stroj podle vzorce:

$$Q = \frac{3600}{t_c} \cdot O \cdot k_o \cdot k_v \cdot k_{\check{c}} \cdot k_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad [3]$$

Kde:

- $t_c$  – doba jednoho pracovního cyklu [s];
- $O$  – objem lopaty [ $\text{m}^3$ ];
- $k_o$  – koeficient zohledňující ulehlost sutě;
- $k_v$  – koeficient výkonového využití (plnění, geometrie);
- $k_{\check{c}}$  – vliv časových ztrát;
- $k_i$  – vliv lidského faktoru, zručnost a motivace pracovníka

Volba koeficientů:

- $t_c$  – doba potřebná pro jeden pracovní cyklus, výpočet dle vzorce:

$$t_c = t_n + 2 \cdot t_p + t_v \quad [s] \quad [4]$$

- $t_n$  čas potřebný k naložení lopaty a její zdvih do přepravní polohy, z provozu naměřen 10-13 sekund;
  - $t_p$  doba otočení nakladače a dojezdu k místu vyložení, je závislá na vzdálenosti místa vyložení, v podniku byli naměřeny tyto hodnoty:
    - $t_{p1} = 18-22$  sekund (doba přepravy z příjmové části na místo skladování)
    - $t_{p2} = 24-29$  sekund (doba uložení drceného odpadu na místo skladování)
    - $t_{p3} = 28-32$  sekund (doba pro uložení recyklátu do kóji)
  - $t_v$  je doba vysypání, dle technické dokumentace 2,1 sekund
- $O$  – objem lopaty je 3 m<sup>3</sup>
  - $k_o$  – koeficient byl zvolen 1,1 vzhledem k zrnitosti odpadů;
  - $k_v$  – uvažuje se plnění na 110 % objemu lopaty při nakládání suti se uvažuje 1,1;
  - $k_č$  – zvolen 0,7 s ohledem na plánování a časové přestávky;
  - $k_i$  – zvolen 0,85 s předpokladem na dostatečně motivovanou a zručnou obsluhu.

### Výpočet:

Pro stanovení výkonnosti kolového nakladače Volvo L110F je nejdříve nutné určit dobu pracovního cyklu, která se liší dle stádia procesu, ve které se zpracováváný odpad nachází. Pro stanovení doby trvání jednotlivých pracovních cyklů bude postupováno dle vztahu [2].

Doba pracovního cyklu pro uložení odpadů z příjmové části na místo skladování k tomu určené (pro střední hodnotu  $t_{p1}=20$  s):

$$t_{c1} = 11 + 2 \cdot 20 + 2,1 \quad [s]$$

$$t_{c1} = 53,1 \text{ s}$$

Doba pracovního cyklu pro uložení nadrceného odpadu z místa drcení na místo skladování k tomu určené (pro střední hodnotu  $t_{p2}=27$  s):

$$t_{c1} = 11 + 2 \cdot 27 + 2,1 \quad [s]$$

$$t_{c1} = 67,1 \text{ s}$$

Doba pracovního cyklu pro uložení nadrceného odpadu z místa drcení na místo skladování k tomu určené (pro střední hodnotu  $t_{p3}=30$  s):

$$t_{c1} = 11 + 2 \cdot 30 + 2,1 \quad [\text{s}]$$

$$t_{c1} = 73,1 \text{ s}$$

Z těchto výpočtů vyplívám, že různé manipulační úkony kolového nakladače Volvo L110F, mají rozdílnou dobu trvání. Časy se mohou lišit dle, vzdálenosti mezi místem recyklace a úložných kójí, vzdálenosti mezi místem příjmu odpadu, odbornosti obsluhy a organizací materiálových toků.

Z vypočtených hodnot nyní lze stanovit celkovou výkonnost stroje pro jednotlivé úkony, dle vztahu [2], u výpočtů předpokládáme stejné podmínky u každého pracovního cyklu.

Výpočet výkonnosti pro  $t_{c1}$ :

$$Q_1 = \frac{3600}{53,1} \cdot 3 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 0,7 \cdot 0,85 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$Q_1 = 146,43 \quad \text{m}^3/\text{h}$$

Výpočet výkonnosti pro  $t_{c2}$ :

$$Q_1 = \frac{3600}{67,1} \cdot 3 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 0,7 \cdot 0,85 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$Q_2 = 115,88 \quad \text{m}^3/\text{h}$$

Výpočet výkonnosti pro  $t_{c3}$ :

$$Q_1 = \frac{3600}{73,1} \cdot 3 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 0,7 \cdot 0,85 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$Q_3 = 106,37 \quad \text{m}^3/\text{h}$$

Na základě předešlých výpočtů, byli stanoveny tři různé výkonnosti téhož nakladače, lišící se na základě vykonávané práce. Pro zjednodušení dalších výpočtů, bude stanoven aritmetický průměr ( $Q_C$ ), zastávající celkovou výkonnost nakladače.

$$Q_C = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{3} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad [5]$$

$$Q_C = \frac{146,43 + 115,88 + 106,37}{3} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$Q_c = 122,89 \text{ m}^3/\text{h}$$

Celková výkonnost stávajícího kolového nakladače je  $122,89 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  a úzce souvisí s celkovou výkonností jednotlivých prvků celé technologické linky, ve které se každý den pohybuje určité množství materiálu určené k manipulaci. Kolový nakladač musí být schopen obsloužit veškerý odpad cirkulující v recyklačním centru.

Výpočet průměrné spotřeby paliva kolového nakladače bude vztažen k průměrné délce práce stroje za jednu pracovní směnu (8 hodin) a nafty za tu dobu spotřebované. Výpočet vychází z doplnění nádrže kolového nakladače na konci každé směny po dobu jednoho týdne, jež bylo ve vybraném podniku naměřeno. Skutečná doba práce stroje, je rozdílná každý den měření, dle informací Společnosti A, se však pohybuje téměř po celou délku pracovní směny. Pro následující výpočty se tedy bude předpokládat že stroj pracoval 7 hodin za jednu osmihodinovou pracovní směnu, po odečtení povinných a organizačních.

Výpočet průměrné spotřeby paliva ( $P_s$ ) za jeden pracovní den nakladače (7 hodin), je stanoven dle vztahu [1], při 90 l spotřebované nafty za jednu pracovní směnu. Výsledná průměrná spotřeba je  $P_s = 12,87 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Průměrná spotřeba motoru stroje Volvo L110 F je dle výpočtů  $12,87 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$ , při zdvihovém objemu motoru 7,1 l. Spotřeba může být ovlivněna stářím stroje, zkušeností obsluhy a typem manipulovaného materiálu.

#### **5.2.5.2. Výběr nového nakladače pomocí multikriteriální analýzy**

Na základě předpokladu inovace technologické linky, byla sestavena tabulka základních parametrů pro kolové nakladače (viz tab. č. 4). V této tabulce byli srovnány vybrané modely se současnou technikou působící v recyklačním centru společnosti A. Zvolené varianty kolových nakladačů, budou následně zařazeny do multikriteriální analýzy a bude mezi nimi vybrána varianta nejvíce vyhovující daným požadavkům.

Označení stroje	Výkon motoru [kW]	Výkon HČ [l/min]	Maximální únosnost [kg]	Provozní hmotnost [kg]	Šířka stroje [mm]	Cena bez DPH[Kč]	Hydr. cyklus [s]
John Deere 644K Hybrid	171	297	12 798	18 341	2 875	4 784 000	11
Komatsu WA430-6	173	205,5	14 900	18 620	2 890	2 920 000	11,6
Volvo L120H	203	128	12 300	18 500	2 670	4 320 000	10
Caterpillar 950M	172	238	11 000	19 212	2 820	4 490 000	8,9
Stávající: Volvo L110F	169	145	11 570	19 300	2 670	3 264 000	10

Tabulka 6 - Srovnání základních parametrů kolových nakladačů

Zdroj: (RITCHESPECS, 2019)

Pro multikriteriální analýzu bylo zvoleno celkem pět faktorů, podílejících se na volbě nové techniky, a každému z nich byla přiřazena váha dle jejich významu na samotný výběr. Mezi faktory nejvíce ovlivňující výběr nového nakladače byla zařazena cena, z důvodu samotné možnosti financování techniky a výkon motoru naznačující informace o síle stroje. Spolu s výkonem motoru je také dobré brát v potaz provozní hmotnost stroje, tyto dva parametry mohou společně indikovat jaká bude finální spotřeba paliva. Dalším významným faktorem při výběru stroje je maximální únosnost, hrající u materiálů s různou objemovou hmotností podstatnou roli. V neposlední řadě se na volbě podílí také doba výsypu, která ovlivňuje celkovou efektivitu recyklačního střediska.

Jednotlivá kritéria byla sestavena na základě konzultace se zástupcem společnosti A. Z důvodů návratnosti investice v co nejužším termínu, je nejvyšší váha přiřazena pořizovací ceně.

Alternativa	Cena [Kč]	Maximální únosnost [kg]	Výkon motoru [kW]	Provozní hmotnost [kg]	Doba t <sub>n</sub> [m]	Součet
<b>Váha kritéria</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	
John Deere 644K Hybrid	1x3	2x2	1x3	3x2	2x1	18
Komatsu WA430-6	4x3	4x2	3x3	2x2	1x1	34
<b>Volvo L120H</b>	3x3	3x2	4x3	4x2	3x1	<b>38</b>
Caterpillar 950M	2x3	1x2	2x3	1x2	4x1	20

Tabulka 7 - Multikriteriální analýza a výběr nového nakladače

Dle výsledků multikriteriální analýzy (viz tab. č. 5), byl vybrán nový kolový nakladač Volvo L 120 H. Řada H je speciálně určena pro manipulaci s odpady a práci v dolech, vyniká zejména nízkou spotřebou při vysokém výkonu a velkou výsypnou výškou, díky možnosti připojení lopaty, o objemu 4,5 m<sup>3</sup>, přímo určené pro zpracování odpadů.

Značnou výhodou zařazení Volvo L 120 H (viz obr. č. 22) do provozu je fakt, že se jedná o stejnou značku jako současný nakladač s téměř identickými rozměry. Řada H je nejnovější řadou kolových nakladačů od společnosti Volvo a vyháží z předchozích modelů, obsluha si tudíž rychleji zvykne na manipulaci a efektivita značně stoupne.



Obrázek 22 - Kolový nakladač Volvo L 120 H

Zdroj: (Volvo, 2019)



### 5.3. Vlastní návrh inovované technologické linky

V této podkapitole bude srovnána stávající technologická linka s linkou inovovanou o vybraný stroj. Předpokladem pro tento návrh je nahrazení stávajícího kolového nakladače novým, zvoleným dle multikriteriální analýzy v předchozí kapitole. Dojde k porovnání základních výkonnostních a technických ukazatelů a zhodnocení celkové elektivnosti linky stávající a inovované.

#### 5.3.1. Výkonnost inovované technologické linky

Množství materiálu, které je za určitou dobu schopen přepravit a manipulovat s ním má přímou souvislost s výkonností následujících prvků a technologické linky jako celku. Dle předchozích výpočtů provedených v kapitole 5.2.4.1. byla stanovena výkonnost stávajícího kolového nakladače Volvo L 110 F, dle vztahu [3]. Jeho výkonnost není dostačující pro plné využití efektivity recyklační linky. Proto došlo k inovaci právě po výkonnostní stránce nového nakladače, Výkonnost inovovaného nového nakladače ( $Q_{Ci}$ ), Volvo L 120 H, bude stanovena dle stejného vzorce [3] a následně porovnána se stávajícím prvkem v technologické lince.

$$Q_{Ci} = 183,87 \text{ m}^3/\text{h}$$

Porovnání výkonnosti  $Q_C$  současného nakladače, s nakladačem inovovaným  $Q_{Ci}$ :

$$Q_C < Q_{Ci} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad [5]$$

$$122,89 < 183,87 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Z výsledku porovnání hodinových výkonností je zřejmé, že nově zvolený nakladač Volvo L 120 H dokáže manipulovat se zřetelně větším objemem odpadu, až o  $60,98 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , neboli s 49,6 % vyšší výkonností. V tomto ohledu je tedy inovované technologické linky výkonnější než stávající a je tak možné naplnit maximální výkonnostní předpoklady technologické linky.

#### 5.3.2. Ekonomické zhodnocení návrhu

Na základě výběru nového kolového nakladače pomocí multikriteriální analýzy, budou porovnány základní parametry nového stroje se strojem původním, pracujícím v současné technologické lince. Na základě porovnání jednotlivých parametrů bude rozhodnuto, zda je investice do nového kolového nakladače skutečně výhodná pro celou technologickou linku. Dalším bodem bude výpočet primárních ekonomických ukazatelů pro zhodnocení

výhodnosti investice jako takové. Pro úspěšnou volbu vybraného stroje by se měla investice vrátit v době jejího odepisování.

### 5.3.2.1. Celková výkonnost

Výkonnost nakladače hraje nemalou roli v celkové efektivitě technologické linky, nakladač zde zastává primární funkci pro manipulaci s materiálem, zajišťuje dopravu odpadu k a od drtiče či třídiče.

Ve společnosti A vzniká průměrně za den, dle naměřených a získaných hodnot, takovéto množství materiálu, se kterým je třeba manipulovat:

- Přijatý odpad určený k uložení – 107,7 m<sup>3</sup>
- Odpad vyprodukovaný drtičem – 456,15 m<sup>3</sup>
- Recyklát vyprodukovaný třídičem – 571,77 m<sup>3</sup>

Celkem se v recyklačním centru vznikne za jednu pracovní směnu o délce 8 hodin až 1135,62 m<sup>3</sup> materiálu, který musí nakladač obsloužit v pracovní době. Hodinová výkonnost současného nakladače, vypočtena dle vztahu [3], je 122,89 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>. Předpokládali se, že tento nakladač plně využije svou pracovní dobu, která bude po odučení přestávek a časových ztrát stanovena na 7 hodin, je jeho denní výkonnost 860.23 m<sup>3</sup>. Z těchto údajů je zřejmé, že současný nakladač není schopen plně využít výkonnosti technologické linky recyklačního centra, a to s nedostatkem 275,39 m<sup>3</sup> odpadu za den. Vznikají ušlé zisky, kdy se celá linka musí podříditi maximální výkonnosti nakladače a sníží se tak celková výkonnost technologické linky.

Nově navržený nakladač, má dle předchozích výpočtů výkonnost 183,87 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>, předpokládají-li stejné podmínky práce, činí jeho denní výkonnost 1287,09 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>. Tato hodnota je zcela dostačující pro pokrytí výkonnosti ostatních prvků technologické linky a efektivita recyklačního centra tak bude plně využita.

Při stanovení dopadu celkové výkonnosti nakladače na zisk recyklačního centra se vychází z průměrné marže recyklačního centra na 1 m<sup>3</sup> odpadu, která je dle dat poskytnutých podnikem přibližně 25,1 Kč / m<sup>3</sup> před zdaněním (modelový předpoklad, kdy zisk rozděluje mezi veškerý prodaný recyklát). Při ročním přírůstku objemu výroby o 69 130 m<sup>3</sup>, lze předpokládat nárůst zisku o **1 735 000 Kč za rok**.

### 5.3.2.2. Spotřeba pohonných hmot

Spotřeba paliva kolového nakladače má přímý dopad na ekonomickou náročnost jeho provozu a také na znečišťování životního prostředí. Cílem podniku je dosáhnout co nejnižší spotřeby paliva při optimálním výkonu potřebném pro provoz.

Dle naměřených hodnot ve společnosti A výpočtu dle vztahu [1], byla u současného nakladače stanovena spotřeba motorové nafty  $12,86 \text{ l.h}^{-1}$  při zdvihovém objemu motoru 7,1 l. Navrhovaný nakladač Volvo L120H disponuje obdobným zdvihovým objemem 7,3 l, a však díky nižší provozní hmotnosti, novějšímu typu motoru a technologii eco – pedal, je možné předpokládat spotřeba dosahující až o 20 % nižších hodnot.

Technologie eco-pedal s volitelným blokováním, eliminuje ztráty točivého momentu, tím že vytváří přímý pohon mezi motorem a převodovkou pracující v souladu s nápravami. Blokovací funkci je možné upravit dle právě prováděné práce a zkrátit tak dobu pracovního cyklu a snížit spotřebu paliva (Volvo, 2019).

Díky těmto faktorům, lze předpokládat že spotřeba nakladače se bude pohybovat v přibližných hodnotách  $10,29 \text{ l.h}^{-1}$ , při předpokládané nižší spotřebě o 20 % z hodnoty naměřené u stávajícího nakladače. Reálná spotřeba navrženého nakladače může dosahovat i hodnot menších, neboť stávající prvek už je zastaralý a opotřebovaný.

Se stávajícími argumenty lze stanovit úsporu nákladů na spotřebě kolového nakladače. Kč bez Společnost A odebírá naftu od lokálního dodavatele za cenu 22,7 Kč bez DPH. Při rozdílu výše uvedených spotřeb, lze stanovit ušetřené náklady ve výši 58,34 Kč na hodinu provozu kolového nakladače, díky vyšší hodinové výkonnosti odvede svou práci dříve a ušetří tak další náklady na pohonné hmoty. Za 251 pracovních dnů v roce lze ušetřit náklady ve výši **150 801 Kč**.

Ukazatele	Stávající nakladač Volvo L110F	Nový nakladač Volvo L120H	Rozdíl
Objem výroby	215 918 m <sup>3</sup>	285 084 m <sup>3</sup>	+ 69 130 m <sup>3</sup>
Náklady na obsluhu	420 000 Kč	420 000 Kč	0 Kč
Náklady na PHM	512 919 Kč	362 118 Kč	- 150 801 Kč
Zisk	4 944 000 Kč	6 679 000 Kč	+ 1 735 000 Kč
Daň ze zisku	939 000 Kč	1 278 000 Kč	+ 339 000 Kč
Zisk po zdanění	4 005 000 Kč	5 401 000 Kč	+ 1 396 000 Kč

Tabulka 8 - Ekonomické srovnání stávající a navrhované linky

### 5.3.2.3. Odpisy

Kolový nakladač je zařazen do druhé odpisové skupiny dle zákona č. 586/1992 Sb. O daních z příjmů. Doba odepisování kolového nakladače je stanovena na 5 let, dle odpisové skupiny 2, položka (2-66) „Motorová vozidla pro zvláštní účely, pokud nejsou uvedena v jiné položce této přílohy“. Pořizovací cena stroje je 4 320 000 Kč bez DPH, tedy 5 227 200 Kč s DPH.

Odepisování bude počítáno lineárně (rovnoměrně) na celé životnostní období, aby došlo k jejich rovnoměrnému rozložení do nákladů. Předpokladem pro výpočet je, pořízení stroje začátkem roku 2021. Výpočet bude prováděn dle vztahu:

$$O_n = \frac{(Pc.k)}{100} \text{ [Kč]} \quad [7]$$

Kde:

- O – roční odpis
- Pc – pořizovací cena
- k – sazba odpisů (11 v první roce, 22,25 v letech následujících)
- n – počet let odepisování

Rok	Zůstatková cena [Kč]	Roční odpis [Kč]
2021	4 652 208	574 922
2022	3 489 156	1 163 052
2023	2 326 104	1 163 052
2024	1 163 052	1 163 052
2025	0	1 163 052

Tabulka 9 - Očekávaná úspora nákladů při inovaci technologické linky

#### 5.3.2.4. Doba návratnosti investice

Ke zjištění, zda se investice do inovace technologické linky, je třeba nejdříve stanovit dobu návratnosti investice ( $T_s$ ), informující o tom, za jak dlouho se přínosy investice vyrovnají její počáteční ceně. Tato doba by neměla překročit délku životnosti investice, kterou v tomto případě zastává doba odepisování stroje. Výpočet prosté doby návratnosti na základě vztahu:

$$T_s = \frac{IN}{CF} \quad [\text{roky}] \quad [6]$$

Kde:

- $T_s$  – Prostá doba návratnosti investice
- $CF$  – Roční úspora nákladů v důsledku investice (dle tab. č. 3)
- $IN$  – Náklady na investici (pořizovací cena nového nakladače)

Výpočet:

$$T_s = \frac{5227200}{1396000} \quad [\text{roky}]$$

$$T_s = 3,74 \text{ let}$$

Dle výpočtů se investice společnosti A do nového nakladače vrátí za 3 roky 9 měsíců a 4 dny. Doba odepisování byla dle stanovena na 5 let, dle zákona č. 586/1992 Sb., České národní rady o daních z příjmu. Z porovnaných dat vyplývá, že investice se navrátí ještě v době odepisování a investici je tak možné vzít v úvahu.

#### 5.3.2.5. Cash-flow (CF)

Cash-flow neboli čistý peněžní zisk, představují v podniku rozdíl mezi výnosy a náklady peněžních prostředků. Jedná se tedy o sumu peněz, kterou má firma k dispozici pro své

fungování (Fotr, a další, 2010). Peněžní tok vyjadřuje finanční zdraví společnosti, a lze jej vyjádřit v několika částech, provozní cash-flow, investiční cash-flow a finanční cash-flow (Bláha, a další, 2006).

Provozní (operativní) cash-flow

$$CF_{oper} = Zz + \sum O_n \pm Ph \pm Zs \pm CPP - Dp \quad [\text{Kč}] \quad [7]$$

Kde:

- $Zz$  – zisk před zdaněním
- $O_n$  – odpisy z investice
- $Ph$  – změna pohledávek
- $Zs$  – změna zásob
- $CPP$  – změna krátkodobých závazků
- $Dp$  – daň z příjmu

Výpočet:

$$CF_{oper} = 6679000 + 5227120 - 5696000 - 6480000 + 2777000 - 1\,278\,000$$

$$CF_{oper} = 1\,224\,120 \text{ Kč}$$

Investiční cash-flow ( $CF_{inv}$ )

$$CF_{inv} = CF_{oper} - IN \quad [\text{Kč}] \quad [8]$$

Výpočet:

$$CF_{inv} = 1224120 - 5227200$$

$$CF_{inv} = -4\,003\,080 \text{ Kč}$$

Hodnota investičního cash-flow vychází záporně v hodnotě  $-4\,003\,080$  Kč, což znamená že společnost A nemá dostatek vlastních finančních prostředků pro pořízení investice a bude si muset na investici pořídit peníze z cizích zdrojů.

### 5.3.2.6. Rentabilita investice (ROI)

Rentabilita investice uvádí, jaká je návratnost investice, to umožňuje analyzovat její návratnost v dlouhém období. Neboli kolik daná investice vygeneruje na každou investovanou korunu (Fotr, a další, 2010).

Výpočet dle vztahu:

$$ROI = \frac{\text{cash flow}}{\text{investiční náklady}} \times 100 \quad [\%] \quad [9]$$

$$ROI = \frac{1\,224\,120}{5\,227\,200} \times 100 \quad [\%]$$

$$ROI = 23,42 \%$$

Společnost A požaduje minimální rentabilitu investice 15 %, výsledné cash flow je vyšší a investice se společnosti vyplatí.

### 5.3.2.7. Čistá současná hodnota (ČSH)

Čistá současná hodnota vyjadřuje rozdíl diskontovaných peněžních příjmů a kapitálovými výdaji spojenými s investicí. Pokud ČSH vychází v kladných číslech, investici lze přijmout, pokud jsou čísla záporná, investici je třeba odmítnout (Fotr, a další, 2010).

Výpočet dle vztahu:

$$\text{ČSH} = \sum_{t=0} \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad [\text{Kč}] \quad [10]$$

$$\text{ČSH} = \text{současná hodnota budoucích peněžních toků} - \text{počáteční výdaje} \quad [\text{Kč}]$$

Kde:

- $CF_t$  – peněžní toky v jednotlivých letech
- $t$  – doba životnosti projektu
- $n$  – diskontní úroková sazba (5 %)

Výpočet:

$$\text{ČSH} = \left( \frac{1224120}{1,005^1} + \frac{1224120}{1,005^2} + \frac{1224120}{1,005^3} + \frac{1224120}{1,005^4} + \frac{1224120}{1,005^5} \right) - 5\,227\,200$$

$$\text{ČSH} = 685\,246 \text{ Kč}$$

Výsledná ČSH nabývá kladných hodnot a investici tak lze přijmout.

## 6 Výsledky a diskuze

Ze získaných dat a provedených analýz v rámci vybraného recyklačního centra vyplývá několik zásadních problémů. Nejzásadnějším z nich je nevyužití maximální kapacity technologické linky. V rámci zapojení současného kolového nakladače je průměrná maximální roční výkonnost celé technologické linky 215 918 m<sup>3</sup>, avšak potenciální výkonnost linky je 285 041 m<sup>3</sup>. Z toho vyplývá, že je využito pouze 75,8 % potencionální výkonnosti celé technologické linky.

Poddimenzovaný výkon současného kolového nakladače umožňuje denně zpracovat menší objem odpadu, než je maximální objem dalších strojů, a tedy i celé linky. Důsledkem nízkého výkonu nakladače dochází k prostojům v technologickém procesu. Daná skutečnost se poté odráží i v zisku společnosti, který se nyní nachází pod svou potencionální úrovní. Výměnou stávajícího kolového nakladače za nový bude dosaženo maximální možné výrobní kapacity linky. Jelikož nový kolový nakladač disponuje větší výrobní kapacitou, než je kapacita dalších strojů linky, a to o 13,5 %, bude možné této nadbytečné výrobní kapacity využít u dalších procesů recyklačního centra.

Investice do inovace technologické linky byla zhodnocena pomocí základních ekonomických ukazatelů (viz tab. č. 8). Z výsledků vyplývá, že společnost nemá dostatek volných finančních zdrojů k pořízení investice a bude muset inovaci financovat ze zdrojů cizích. Ke zhodnocení investice pojde po 3 letech a 9 měsících provozu nového nakladače.

<b>Ekonomický ukazatel</b>	<b>Hodnota ukazatel</b>
Nárůst čistého zisku	+ 1 396 000 Kč
Doba návratnosti	3,74 let
Provozní cash-flow	1 224 120 Kč
Investiční cash-flow	- 4 003 080 Kč
Rentabilita	23,42 %
ČSH	685 246 Kč

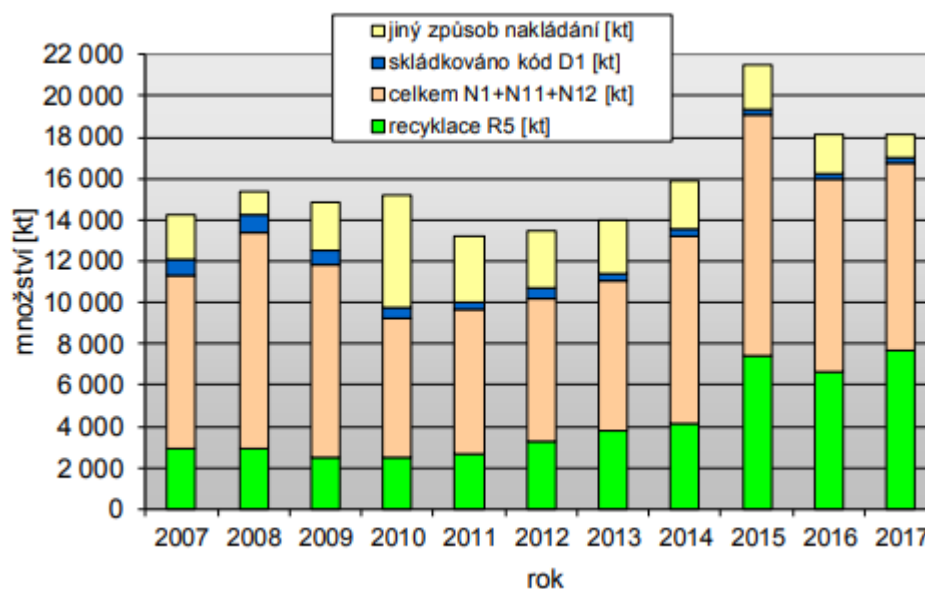
*Tabulka 10 - Souhrn ekonomických ukazatelů investice*

Dalším problémem objektu zkoumání je nedostatečná organizace celého podniku a technologické linky jako takové. Není zde stanoven žádný pevný řád postupů při nakládání s odpadem a jeho dalším zpracováním, dochází k nežádoucím prostojům a díky nízké



kontrole a koordinaci jednotlivých prvků i k následnému snížení efektivity technologické linky. Společnost často nemá přesný přehled o množství uloženého odpadu, který je v danou chvíli skutečně uložen na pozemku, ani o reálném množství prodaného recyklátu. Samotná měření prováděna společností A, proto mohou být nepřesná. Z tohoto důvodu je třeba při budoucím řešení této problematiky postupovat systematicky a provádět měření pod neustálým dohledem osoby provádějící výzkum.

Dle plánu MŽP o odpadovém hospodářství ČR pro období 2015–2024 je pro stavební a demoliční odpady stanoven cíl zvýšit do roku 2020 hmotnostní míru přípravy a recyklace SDO nejméně na 70 % z celkové produkce odpadů. Cíl vychází ze směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES o odpadech. Aby tohoto cíle mohlo být dosaženo, je nutné, aby recyklační střediska specializující se právě na tento druh odpadu zvýšila svou výkonnost a recyklovaný odpad se mohl vrátit do oběhu jako znovu využitelná složka. Podle posledních dostupných dat (viz obr. č. 23) dosahovala míra recyklace SDO 50 % z celkové produkce stavebních odpadů. Z grafu je zřejmé, že trend objem produkce stavebních odpadů je rostoucí. Přesto však podíl recyklátů na celkovém množství odpadu zůstává přibližně stejný. Jestliže ve středně dobém časovém horizontu nedojde v náhlém zvýšení podílu recyklátů na celkovém objemu vyprodukovaných odpadů, lze důvodně očekávat, že stanovený cíl nebude v daném termínu naplněn.



Obrázek 23 - Produkce a nakládání s SDO v letech 2007 až 2017

Zdroj: (RECYCLING, 2019)

Je však nutné podotknout, že realita provozu recyklačních center se značně liší od teorií provozu. Ve skutečnosti totiž velké množství recyklovaných SDO zůstává uloženo v provozovnách recyklačních center a je velmi těžké jej uplatnit na současném trhu. V reálném provozu dochází i k občasnému přerušení příjmu nových stavebních odpadů k recyklaci z důvodů prostorových kapacit recyklačních center (RECYCLING, 2019).

## 7 Závěr

Cílem této práce bylo posouzení možnosti inovace technologické linky na zpracování stavebního a demoličního odpadu. K dosažení stanoveného cíle byla inovace situována do reálného provozu technologické linky. Za tímto účelem byla navázána spolupráce s vybraným podnikem. Pomocí měření, sledování a poskytnutých informací ve vybrané společnosti byla provedena analýza současného stavu recyklační linky po technologické a ekonomické stránce.

Analýzou současného stavu byl odhalen problém, jenž spočívá v nedostatečném využití maximální výrobní kapacity celé linky. V původním stavu byla linka využívána o 24,2 % méně, než byla její potencionální výkonnost. Tento problém zapříčinily dva faktory: nedostatečná organizace práce v podniku a malá provozní kapacita kolového nakladače. V souvislosti se zmíněnými okolnostmi byla jako inovace technologické linky zvolena varianta pořízení nového kolového nakladače, který je schopen pokrýt objem zpracovávaného odpadu vyžadujícího manipulaci. Pro dosažení plné výkonnosti nakladače, může být zařazen i do dalších procesů, jelikož jeho maximální výkonnost převyšuje o 13,5 % výkonnost dalších strojů tvořících recyklační linku. Výběr nakladače byl proveden pomocí vícekritériální analýzy, a to ze čtyř možností výkonnostně podobných strojů, z nichž byl vybrán ten, který nejvíce vyhovoval předpokladům stanovených vybranou společností.

Inovace linky formou realizace navržené investice přinese společnosti dostatečnou výkonnost pro využití maximálních kapacit dílčích prvků linky a zároveň úsporu nákladů ve formě pohonných hmot a úsporu časového fondu zaměstnance obsluhujícího nakladač. Při zapojení nového kolového nakladače do provozu dojde za první rok fungování k úspoře 150 801 Kč za pohonné hmoty a zvýšení čistého zisku o 1 396 000 Kč z důvodu vyšší výrobní kapacity. Úspěšná exekuce navrhované investice závisí na dostatečném finančním kapitálu společnosti. Jelikož společnost nedisponuje dostatečným množstvím volných peněžních prostředků, bylo doporučeno financování prostřednictvím cizích finančních prostředků. Realizace zamýšlené investice byla naplánována na počátek roku 2021.

Pro dosažení stanovených předpokladů úspor a výkonnosti je třeba předpokládat kontinuální tok materiálu skrz vybraný podnik a průběžnou implementaci vhodné legislativy v oblasti problematiky odpadového hospodářství. Dále je nezbytné, aby pracovníci technologické linky byli řádně zaškoleni, kontrolováni a kontinuálně rozvíjeli svoje povědomí

o problematice. V neposlední řadě musí být v podniku zavedena řádná koordinace výrobních procesů, aby bylo dosaženo maximální efektivity na pracovišti.

Tato práce může posloužit společnosti, od které byla získána vstupní data, jako podklad pro budoucí rozhodování.

## 8 Citovaná literatura

**BÁČOVÁ, Marie.** *Odstraňování staré azbestové zátěže při provádění udržovacích prací, změn dokončených staveb a odstraňování staveb.* Praha: Informační centrum ČKAIT, 2007. Základní knižnice odborných činností ve výstavbě. ISBN 978-80-87093-24-5.

**BLAHA, Zdenek Sid a Irena JINDŘICHOVSKÁ.** *Jak posoudit finanční zdraví firmy.* 3., rozš. vyd. Praha: Management Press, 2006. ISBN 80-7261-145-3.

**Drdla, Tomáš.** Jiné stavební a demoliční odpady. *Katalog odpadů 2020.* [Online] 2020. [Citace: 8. Únor 2020.] <https://www.katalogodpadu.cz/index.php?k1=17&k2=9#top>.

**DUTKO, Pavel.** *Drevené konstrukce.* 2., preprac. vyd. Bratislava: Alfa, 1976.

**FOTR, Jiří a Ivan SOUČEK.** *Investiční rozhodování a řízení projektů: jak připravovat, financovat a hodnotit projekty, řídit jejich riziko a vytvářet portfolio projektů.* Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3293-0.

**Grusman, Petr.** Jak a kdy ohlásit nakládání s odpady. *Odpady.* 2012, 1.

**Henková, Svatava, CSc.** *Stroje a zařízení pro recyklaci stavebních materiálů.* [Powerpoint] Brno : Vysoké učení technické, 2010.

**Horáček, Jaroslav.** *Zpracování nekovového odpadu.* Praha : Česká zemědělská univerzita, 2001. 80-213-0775-7.

**JUNGA, Petr, Tomáš VÍTĚZ a Petr TRÁVNÍČEK.** *Technika pro zpracování odpadů.* Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-207-6.

**KURÁŠ, Mečislav.** *Odpady a jejich zpracování.* Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2014. ISBN 978-80-86832-80-7.

**MÜLLER, Miroslav.** *Zpracování nekovového odpadu.* V Praze: Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, katedra materiálu a strojírenské technologie, 2008. ISBN 978-80-213-1840-3.

**MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ.** *Odpadové hospodářství: MŽP. mzp.* [Online] Ministerstvo životního prostředí, 2016. [Citace: 18. Listopad 2016.] [http://www.mzp.cz/cz/odpadove\\_hospodarstvi](http://www.mzp.cz/cz/odpadove_hospodarstvi).

**NYČ, Miroslav.** *Sádrokarton.* Praha: Grada, 2005. Stavitel. ISBN 80-247-0986-4.

**Procházka, Jan. 2016.** Cihelný recyklát. *Cihlový recyklát*. [Online] PROCHÁZKA s.r.o., 2016. [Citace: 12. Březen 2017.] <http://www.cihlovyrecyklat.cz/>.

**PYTLÍK, Petr.** *Vlastnosti a užití stavebních výrobků*. Brno: VUTIUM, 1998. ISBN 80-214-1123-6.

**POLÁK, František a Pavel GORECKÝ.** Recycling 2016: možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin: sborník přednášek 21. ročníku konference. V Brně: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, 2016. ISBN 9788021453319.

**BUKOVSKÝ, Ladislav.** Recycling 2019: možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin: sborník přednášek 24. ročníku konference. V Brně: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, 2019. ISBN 978-80-214-5728.

**VODIČKA, Jan a kolektiv.** Recycling 2016: možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin: sborník přednášek 21. ročníku konference. V Brně: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, 2016. ISBN 9788021453319

**VEVERKOVÁ, Milena.** Recycling 2014: možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin: sborník přednášek 19. ročníku konference. V Brně: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, 2016. ISBN 978-80-214-4866-7.

**ŠKOPÁN, Miroslav.** Recycling 2019: možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin: sborník přednášek 24. ročníku konference. V Brně: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, 2019. ISBN 978-80-214-5602-0.

**Valentová, Tereza. 2016.** Recycling 2016: možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin: sborník přednášek 21. ročníku konference. V Brně: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, 2016. ISBN 978-80-214-5331-9.

**SANDVIK. 2014.** Rocktechnology . *Rocktechnology Sandvik*. [Online] 2014. <https://www.rocktechnology.sandvik/en/products/mobile-crushers-and-screens/mobile-impact-crushers/qi341-mobile-impact-crusher/>.

**Sedláčková, Věra a Sedláček, Pavel. 2004.** *Přípravné procesy*. Ostrava : Technická univerzita VŠB, 2004. 80-248-0582-2.

- Solařová, Hana. 2007.** Recyklace asfaltových vozovek za studena. *Stavební technika*. [Online] Vega s.r.o., 2007. [Citace: 12. Březen 2017.] <https://www.stavebni-technika.cz>.
- Svoboda, Luboš. 2013.** *Stavební hmoty*. Praha : Jaga Group s. r. o., 2013. 978-80-260-4972-2.
- Šťastná, Jarmila. 2013.** Nová továrna na výrobu izolačního pěnového skla. *Odpady-online*. [Online] Profi Press s.r.o., 2013. [Citace: 12. Březen 2017.]
- Šťastná, Jarmila. 2015.** Recyklace skla s převratnou technologickou novinkou. *Odpady*. 2015, 11.
- Valentín, J. a kolektiv, a. 2012.** Alternativní trendy v oblasti recyklace za studena. *Silnice Železnice*. Měsíc, 2012, Sv. II, 4.
- Váňa, Jaroslav. 2016.** Zpracování a využití kovového šrotu. *Odpadový hospodář*. [Online] Produkce Odpadový hospodář, 2016. [Citace: 12. Březen 2017.] <http://odpadovy-hospodar.cz/recyklace>.
- Vojtěch, Doc. Dr. Ing. Dalibor. 2006.** *Kovové materiály*. Praha : VŠCHT, 2006.
- VOLVO. 2012.** Volvo wheel loaders L110F, L120F. *Volvoce*. [Online] Červenec 2012. <http://www.volvoce.com>. Ref. No. 20000901-C.
- Vöros, Ing. František. 2015.** Plastové odpady ve stavebnictví. *Odpadové fórum*. 2015, 3.

## 9 Seznam citovaných norem ČSN, vyhlášek a souvisejících zákonů

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech.

Zákon č. 586/1992 Sb., České národní rady o daních z příjmů.

Zákon č. 25/2008 Sb., o integrovaném registru znečišťování životního prostředí a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí.

Zákon č. 25/2008 Sb., o nakládání s odpady.

Zákon č. 352/2014 Sb., o plánovaném odpadovém hospodářství v ČR pro období 2014-2024.

Vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb., katalog odpadů.

Vyhláška MŽP č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změna vyhlášky č.383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.

Směrnice Evropské rady 217 EEC, 1987, prevence a omezení znečištění životního prostředí.

ČSN EN 14411 – Keramické obkladové prvky.

ČSN EN 520 – Sádrokartonové desky.

ČSN 72 2301 – Klasifikace sádrových pojiv.



## 10 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Produkce odpadů v roce 2017 .....	5
Obrázek 2 - Produkce stavebního kamene, štěrkopísku a recyklátů ze SDO .....	6
Obrázek 3-Preference nakládání s odpady.....	8
Obrázek 4 - Materiálové složení SDO v letech 2012 až 2017 .....	10
Obrázek 5 - Betonový odpad .....	11
Obrázek 6 - Dřevěný demoliční odpad .....	12
Obrázek 7 - Asfaltový odpad z povrchu vozovky .....	13
Obrázek 8 - Kovový odpad z demolice .....	14
Obrázek 9 - Výkopová zeminap .....	15
Obrázek 10 - Likvidace azbestové krytiny .....	16
Obrázek 11 - Demoliční odpad ze sádrokartonu .....	17
Obrázek 12 - Technologická návaznost pro recyklaci SDO.....	18
Obrázek 13 - Schéma mobilního čelist'ové drtiče.....	19
Obrázek 14 - Semi-mobilní drtič na zpracování SDO.....	20
Obrázek 15 - Stacionární souprava na zpracování SDO.....	21
Obrázek 16 - Rozrušování materiálu pomocí vydrcevacích kleští .....	24
Obrázek 17 - Čelist'ový drtič SANDVIK QI 341 .....	28
Obrázek 18 - Schéma drtícího ústrojí v horní poloze .....	29
Obrázek 19 - Vibrační třídič Sandvik QA331 .....	30
Obrázek 20 - Kolový nakladač Volvo L 110 F) .....	32
Obrázek 21 - Schéma kolového nakladače Volvo L 110 F .....	33
Obrázek 22 - Kolový nakladač Volvo L 120 H .....	39
Obrázek 23 - Produkce a nakládání s SDO v letech 2007 až 2017 .....	48

## 11 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Parametry otočných pásových rypadel.....	25
Tabulka 2 - Parametry čelistového drtiče Sandvik QI 341 .....	28
Tabulka 3 - Parametry vibračního třídiče Sandvik QA 331 .....	30
Tabulka 4 - Průměrné procentuální rozdělení odpadu 17 07 01 mezi jednotlivé frakce .....	31
Tabulka 5 - Rozměry nakladače Volvo L110F.....	34
Tabulka 6 - Srovnání základních parametrů kolových nakladačů .....	38
Tabulka 7 - Multikriteriální analýza a výběr nového nakladače .....	39
Tabulka 8 - Ekonomické srovnání stávající a navrhované linky .....	43
Tabulka 9 - Očekávaná úspora nákladů při inovaci technologické linky .....	44
Tabulka 10 - Souhrn ekonomických ukazatelů investice .....	47

## 12 Přílohy

**Příloha 1:** Měření výkonnosti a spotřeby při drcení a třídění stavební sutě

Drtič Sandvik QI 341			Třídíč Sandvik QA 331				
Měření (1.týden)	výkonnost [t/den]	spotřeba nafty [l/den]	Rozdělení frakcí [t/den]			celková výkonnost [t/den]	spotřeba nafty [l/den]
			0/8	8/32	32/63		
1 den	605	86	278	222	260	760	80
2 den	575	90	261	227	257	745	78
3 den	610	108	243	217	250	710	74
4 den	585	88	235	193	232	660	64
5 den	580	78	223	186	221	630	61
prům/den	591	90	248	209	244	701	69

Drtič Sandvik QI 341			Třídíč Sandvik QA 331				
Měření (2.týden)	výkonnost [t/den]	spotřeba nafty [l/den]	Rozdělení frakcí [t/den]			celková výkonnost [t/den]	spotřeba nafty [l/den]
			0/8	8/32	32/63		
1 den	615	102	285	247	280	810	90
2 den	580	92	275	225	268	790	65
3 den	595	85	282	256	282	805	87
4 den	575	88	280	247	279	798	75
5 den	610	105	252	223	247	725	70
prům/den	595	94,4	274,8	239,6	271,2	786	77,4

## Příloha 2: Průměrné náklady na spotřebu technologické linky

Spotřeba nafty technologické linky		
<b>Mechanizace</b>	<b>cena nafty</b>	22,7 Kč/l
	<b>čas práce</b>	7 hodin
<b>Nakladač Volvo L 110 f</b>	spotřeba motoru dle výrobce	7,1 l
	spotřeba nafty za směnu (8 hodin)	90 l
	cena paliv za směnu	2043 Kč/den
	<b>opravdová spotřeba za hodinu</b>	<b>12,85714286 l/hod</b>
	<b>hodinová spotřeba paliva v Kč</b>	291,9 Kč/hod
<b>Pásové otočné rypadlo CAT 323</b>	spotřeba motoru dle výrobce	7 l
	spotřeba nafty za směnu	71 l
	cena paliv za směnu	1611,7 Kč/den
	<b>opravdová spotřeba za hodinu</b>	<b>10,14285714 l/hod</b>
	<b>hodinová spotřeba paliva v Kč</b>	230,2 Kč/hod
<b>Pásové otočné rypadlo CAT 318 F</b>	spotřeba motoru dle výrobce	4,4 l
	spotřeba nafty za směnu	53 l
	cena paliv za směnu	1203,1 Kč/den
	<b>opravdová spotřeba za hodinu</b>	<b>7,571428571 l/hod</b>
	<b>hodinová spotřeba paliva v Kč</b>	171,9 Kč/hod

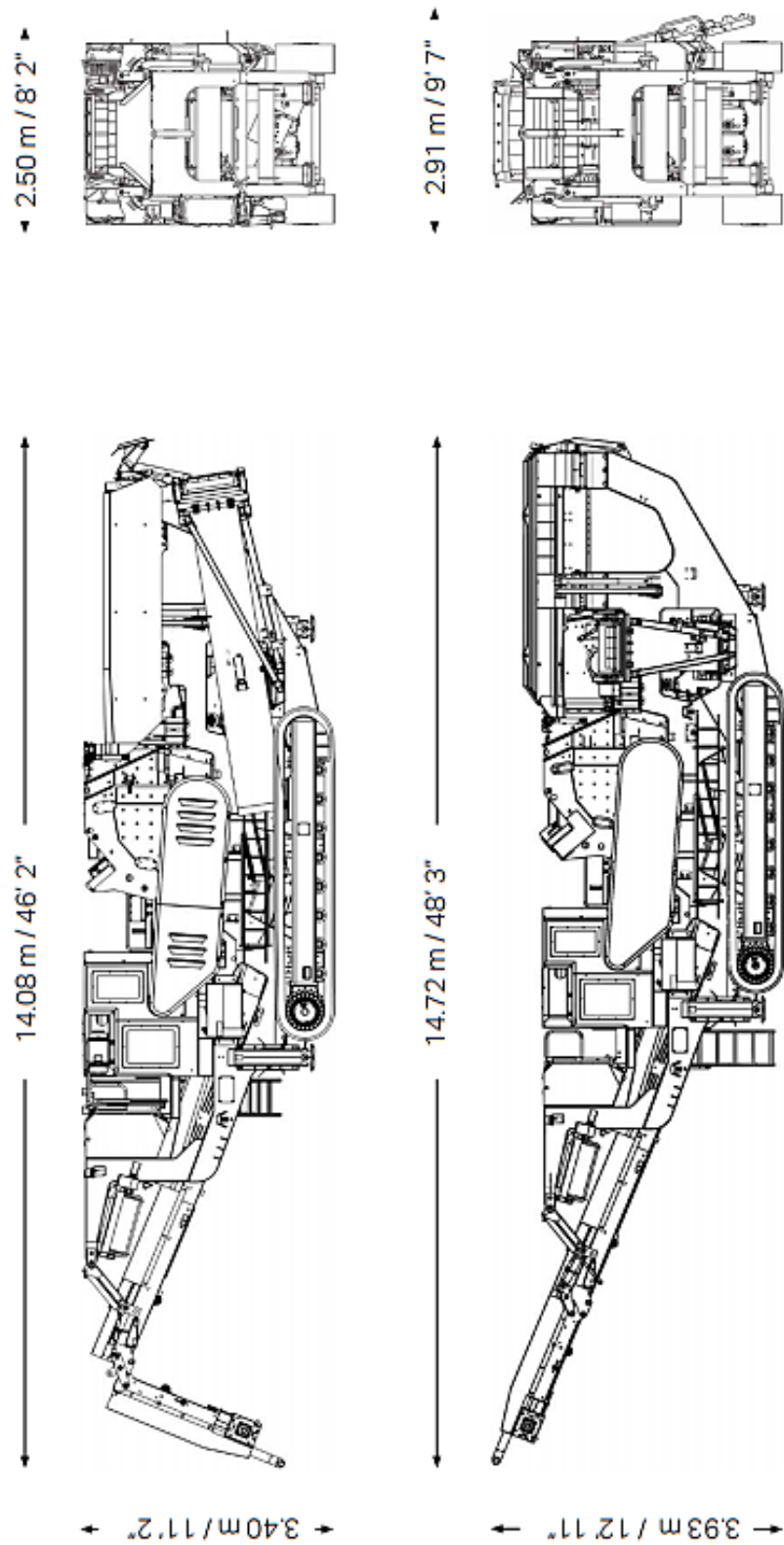
Spotřeba paliva recyklační linky		
<b>Drtič Sandvik QI 341</b>	spotřeba nafty za směnu	90 l
	cena paliv za směnu	2043 Kč/den
	<b>opravdová spotřeba za hodinu</b>	<b>12,85714286 l/hod</b>
	<b>hodinová spotřeba paliva v Kč</b>	291,9 Kč/hod
<b>Třídíč Sandvik QA 331</b>	spotřeba nafty za směnu	71 l
	cena paliv za směnu	1611,7 Kč/den
	<b>opravdová spotřeba za hodinu</b>	<b>10,1 l/hod</b>
	<b>hodinová spotřeba paliva v Kč</b>	230,2 Kč/hod

Celkové spotřeba a náklady za den		
	Celková spotřeba nafty za den	322 l/den
	Cena paliv za den	7309 Kč/den
	Prům. roční náklady na palivo	1 834 659 Kč/rok

**Příloha 3: Ceník společnosti A**

CENÍK UKLÁDKY			
Označení v katalogu odpadů	Druh odpadu		cena ukládky [Kč/t] bez DPH
	<b>Beton</b>		DPH
	prostý <500x500 mm		120
17 01 01	armovaný <500x500 mm		170
	armovaný >500x500 mm		240
	betonové pražce		380
	betonové sloupy		580
17 09 04	<b>Směsné SDO</b>		350
	<b>Směsi či oddělené frakce betonu, cihel a keram. Výrobků</b>		250
17 01 07			
17 01 03	<b>Tašky a keram. Výrobky</b>		300
	<b>Asfaltové kry</b>		290
17 03 02	<b>Asfaltový obrus</b>		50
	štěrk železničního svršku		150
17 05 08			
17 05 04	Zemina a kamení		
	zemina		300
	ornice		150
	kamenivo		200
CENÍK RECYKLÁTŮ			
Materiál	typ	frakce	Cena bez DPH [Kč/t]
	střední	8/32	180
	hrubý	32/63	160
<b>Recyklovaný beton</b>	jemný	0/8	90
	jednomletka	0/63	135
	jednomletka	0/32	145
<b>Recyklovaný asfalt</b>	hrubý	32/63	80
	střední	0/32	120
	střední	8/32	60
	hrubý	32/36	50
<b>Recyklát směsný</b>	jemný	0/8	40
	jednomletka	0/63	40
	jednomletka	0/32	50
<b>Vytříděná zemina</b>	zemina	0/22	35
	zemina	0/8	120

**Příloha 4: Rozměry drtiče stavebního odpadu Sandvik QI 341**



Standard weight 37,200 kg / 82,012 lbs

**Příloha 5: Příjemka odpadu k recyklaci společnosti A**

**ZÁKLADNÍ POPIS ODPADU  
(PRŮVODKA ODPADU K RECYKLACI)**



**PŘÍJEMCE:**

Sum, spol. s r. o.

Adresa příjemce IČ: , DIČ:



**DODAVATEL ODPADU (VLASTNÍK ODPADU):**

(název, sídlo, adresa, IČ)

Čestně prohlašuji, že odpad předávaný do zařízení je odpad kategorie O, není znečištěn žádnými látkami způsobujícími jeho nebezpečnost ve smyslu zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, a vyhl. MŽP č. 294/2005 Sb.

**KATEGORIE ODPADU: O**

**KATALOGOVÉ ČÍSLO ODPADU:**

**NÁZEV DRUHU ODPADU:**

**POPIS VZNIKU ODPADU:**

**FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI ODPADU:**

(konzistence, barva, zápach apod.)



**STAVBA:**

(popis, místo, název, adr. provozovny)



**DOPRAVCE:**

(název, adresa, SPZ)

Čestně prohlašuji, že všechny informace uvedené v základním popisu odpadu jsou pravdivé.



**DATUM  
PODPIS A RAZÍTKO:**