



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: LIMBERGER	Jméno: JAKUB	Osobní číslo: 396695
Zadávací katedra: K122-KATEDRA TECHNOLOGIE STAVEB		
Studijní program: STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ		
Studijní obor: PŘÍPRAVA, REALIZACE A PROVOZ STAVEB		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

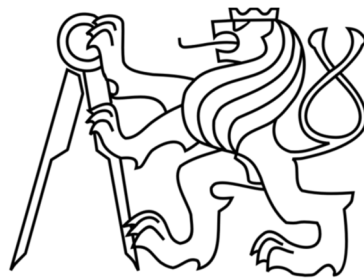
Název bakalářské práce: DRCENÍ STAVEBNÍHO ODPADU	
Název bakalářské práce anglicky: CRUSHING CONSTRUCTION WASTE	
Pokyny pro vypracování: Možnosti a způsoby drcení, technická zařízení pro drcení, využití recyklačního materiálu, ekonomické zhodnocení jednotlivých způsobů drcení	
Seznam doporučené literatury:	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Martin Hlava, PhD.	
Datum zadání bakalářské práce: 1.3.2016	Termín odevzdání bakalářské práce: 20.5.2016
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ  
FAKULTA STAVEBNÍ  
Katedra technologie staveb**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
Drcení stavebního odpadu**

**Jakub Limberger**

**2016**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Hlava, PhD.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze 19. 5. 2016

Jakub Limberger

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu bakalářské práce

Ing. Martinu Hlavovi, PhD. za cenné rady při vedení práce.

## 1. Obsah

Crushing construction waste .....	7
Úvod .....	8
Cíle bakalářské práce .....	8
1. MOŽNOSTI A ZPŮSOBY DRCENÍ .....	9
1.1. Rozdělení podle mobility .....	9
1.1.1. Mobilní drtící zařízení .....	9
1.1.2. Semimobilní .....	11
1.1.3. Stacionární .....	12
1.2. Druhy drtících zařízení .....	12
1.2.1. Čelistový drtič .....	13
1.2.2. Odrazový drtič .....	15
1.2.3. Kuželový drtič .....	16
2. TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ PRO DRCENÍ .....	17
2.1. Mobilní čelistová drtící jednotka Metso Lokotrack LT105 ..	17
2.2. Mobilní kuželový drtič Terex Pegson 1300 Maxtrack .....	20
2.3. Mobilní odrazový drtič Metso Lokotrack LT1213 .....	22
2.4. Přeprava mobilních zařízení .....	24
3. VYUŽITÍ RECYKLAČNÍHO MATERIÁLU .....	25
3.1. Stavební a demoliční odpad .....	25
3.2. Dělení stavebního odpadu .....	26
3.3. Nakládání se stavebním a demoličním odpadem .....	27
3.4. Technologie zpracování stavebních opadů .....	27
3.4.1. Recyklace úplnou technologií .....	28
3.4.2. Recyklace neúplnou technologií .....	28
3.4.3. Předtřídění materiálu .....	29

3.4.4.	Drcení materiálu.....	31
3.4.5.	Třídění materiálu.....	32
3.5.	Technická zařízení pro výrobu recyklátu .....	33
3.6.	Využití druhů recyklátu .....	33
4.	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH ZPŮSOBŮ DRCENÍ	35
5.	Celkové hrubé výrobní náklady.....	35
5.1.	Celková cena za drcení.....	35
5.2.	Celková cena za přepravu mobilní linky.....	37
5.3.	Zpracovaný roční objem materiálu.....	38
5.4.	Porovnání provozních nákladů u vybraných strojů .....	39
	Zdroje a použitá literatura.....	42
	Závěr .....	46

# **Anotace**

## **Drcení stavebního odpadu**

Tato práce je zaměřena na drcení stavebního odpadu. Autor se zabývá základními druhy drtičů, které se využívají v oblasti recyklace. Dále popisuje problematiku recyklace, její základní výrobní technologie a možnosti využití recyklátu. Uvádí zde technická zařízení používaná k recyklaci materiálu, zaměřuje se především na vybrané mobilní drtící jednotky, které blíže specifikuje a ekonomicky porovnává vhodnost jejich nasazení.

### **Klíčová slova:**

Drcení materiálu, druhy drtičů, technická zařízení pro drcení, recyklace stavebních a demoličních odpadů

## **Abstract**

### ***Crushing construction waste***

This work is aimed at crushing of construction waste. The author discusses the basic types of shredders, which are used in recycling. It also describes the problem of recycling, its basic manufacturing technologies and possibilities of using recycled materials. Lists are the technical equipment used for recycling, focuses primarily on selected mobile crushing unit, which specifies economically and compares their suitability for deployment.

#### **Keywords**

Crushing materials , types of crushers , technical equipment for crushing and recycling of construction and demolition waste



## **Úvod**

Rozvojem stavebnictví, dochází k nestálému zvyšování produkce stavebních a demoličních odpadů. Tyto odpady vznikají při realizaci nebo demolici staveb a tvoří významný materiálový tok odpadů. Tento odpad většinou bývá neefektivně využíván, nebo dokonce bezúčelně ukládán na skládky s negativním dopadem na životní prostředí. Vzhledem k celkové snaze minimalizovat dopad stavebnictví na životní prostředí, vniká tlak na recyklaci co největšího množství těchto stavebních odpadů a s co nejvyšší kvalitou jejich použitím. Snaha je nahradit přírodní kamenivo recyklátem na co největší úrovni a šetřit přírodní zdroje nerostných surovin. Aby mohlo dojít k této náhradě, je nutné zpracovat stavební a demoliční odpady kvalitními zařízeními podle nejvhodnějších postupů. Důležitými procesy pro výrobu recyklátu jsou předtřídění, drcení a třídění. Všechny tyto procesy jsou důležité a pro výrobu kvalitního recyklátu nezbytné.

V této bakalářce se však budu zabývat drcením materiálů, které má významný vliv na kvalitu recyklátu. Existují různé druhy drticích zařízení s odlišnými drticími principy, které mají významný vliv na výsledný produkt. Především se však budu věnovat ekonomické náročnosti jednotlivých druhů v závislosti na drceném materiálu, jelikož většinou tento faktor ovlivňuje výběr daného druhu drtiče.

### ***Cíle bakalářské práce***

Cílem BV je stručně přiblížit principy drcení jednotlivých druhů drticích zařízení a naznačit vhodnost jejich použití. Stručně popsat technologii a strojní zařízení používané při recyklaci. Specifikovat vybrané mobilní drticí zařízení, popsat výpočet hrubých výrobních nákladů a zhruba porovnat nákladovost jednotlivých typů vzhledem k tvrdosti, pevnosti a abraze materiálu.

# **1. MOŽNOSTI A ZPŮSOBY DRCENÍ**

Drcení je důležitý proces, při kterém dochází k zdrobňování požadovaného materiálu. Tohoto zdrobňování je docíleno pomocí různých drtících zařízení, která se dělí především podle principu drcení (druhu) a schopnosti přemísťování (mobility). Pro drcení stavebních materiálů, odpadů se využívají tři základní druhy drtičů a to čelistový, kuželový, odrazový. Každý tento druh může být na mobilní, semimobilní nebo stacionární konstrukci. Výběr druhu drtiče je závislý především na vlastnostech drceného materiálu a požadavcích na výsledný produkt. Podle způsobu budoucího použití se volí schopnost mobility.

## **1.1. Rozdělení podle mobility**

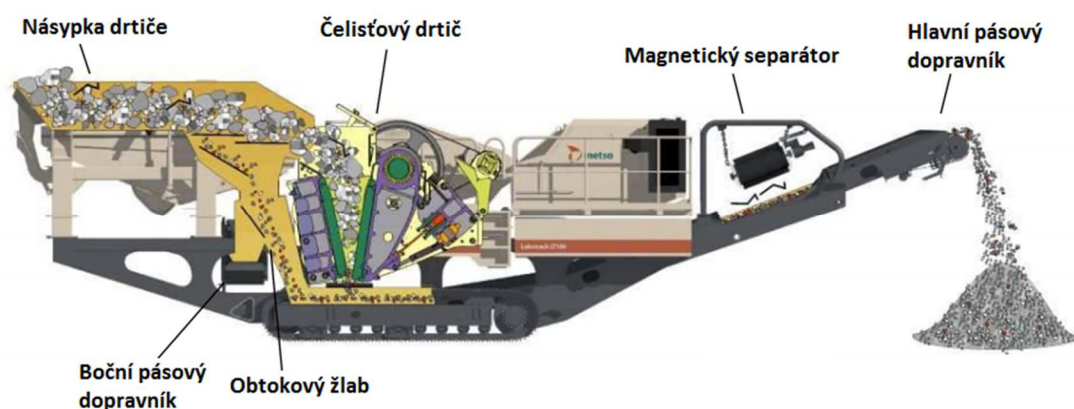
Rozdělení podle mobility se dělí na tři základní druhy hybnosti a to na mobilní, semimobilní a stacionární. Každý typ je určen pro jiný způsob používání a to z hlediska nutnosti přemísťování zařízení.

### **1.1.1. Mobilní drtící zařízení**

#### *Na pásovém podvozku*

Mobilní drtící zařízení s vlastním pohonem, většinou diesellovým motorem. Jednotka je namontována na pásový podvozek a tím je schopna se samostatně přemísťovat na krátkou vzdálenost. Díky této možnosti snadného přesouvání, lze s jednotkou neustále manipulovat tak, aby byla umístěna poblíž haldy a bylo umožněné snadné, rychlé plnění materiálu do násypky drtiče. Tato zařízení mohou být plněna pomocí rypadla, nakladače nebo pásového dopravníku. Nadrcený materiál je dopravován z drtícího stroje hlavním pásovým dopravníkem k dalšímu zpracování přímo do násypky jiného stroje, nebo na haldu, ze které je odvážen pomocí nakladače na skládku. Na větší vzdálenosti z jedné lokality na druhou je nutné mobilní drtič přepravovat na podvalnicích, na které je schopna sama najet. Tato jednotka může být osazena kuželovým, čelistovým a odrazovým drtičem a je jedním z nejvíce používaných typů mobilních drtících zařízení pro drcení hornin nebo recyklaci stavebního odpadu. Většina těchto zařízení je vybavena magnetickým separátorem, pro odstranění železných předmětů z nadrceného materiálu.

Vývoj některých nových strojů směřuje k využití hybridních pohonů, díky kterým je možno připojit jednotky k externímu zdroji elektrické energie. Díky tomuto režimu je stroj schopen pracovat tam, kde není možné využívat spalovací motory, to je v tunelech, budovách i pod zemí. Pokud není tato možnost připojení externího zdroje elektrické energie, je tato jednotka vybavena vlastním diesel/elektrickým generátorem.

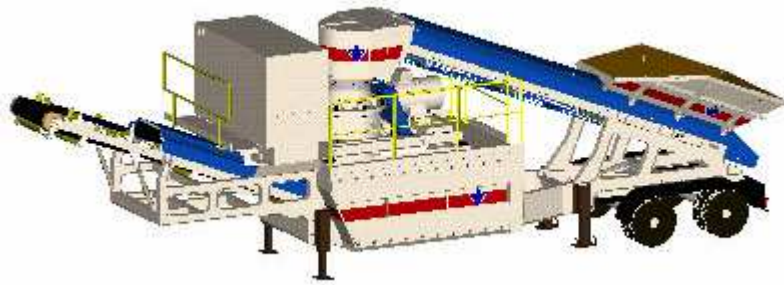


Obr. č. 1 Řez mobilním čelistovým drtičem Metso Lokotrack LT105

Zdroj: Metso [online]

### *Na kolovém podvozku*

Tyto zařízení jsou konstruovány jako návěs a tak se mohou být přepravovány po vlastní ose pomocí tažného vozidla. Tyto zařízení mohou být osazeny kuželovým, čelistovým nebo odrazovým drtičem. Jsou určena pro drcení přírodních hornin nebo pro recyklaci stavebního a demoličního odpadu. Zpravidla jsou vybaveny elektrickými motory a tak pokud je zajištěno připojení externího zdroje elektrické energie, je jejich provoz méně finančně náročný oproti pohonu dieselovým motorem. V případě, že není zajištěno připojení externího zdroje, může být zařízení vybaveno diesel/elektrickým generátorem. Pořizovací cena bývá zpravidla nižší oproti mobilnímu zařízení s pásovým podvozkem.



Obr. č. 2 Mobilní drtící jednotka MCU 9W na kolovém podvozku

Zdroj: DSP Přerov [online]

### 1.1.2. Semimobilní

Drtící jednotka je osazena na kontejnerový rám nebo rámovou konstrukci opatřenou ližinami, které umožňují posun zařízení na krátkou vzdálenost pomocí dalšího stroje. Vzhledem k absenci podvozku a jednoduché konstrukci je jeho pořizovací cena výrazně nižší, než u mobilních jednotek. Přemísťování mezi lokalitami se provádí pomocí nákladního automobilu, v případě větších rozměru se zařízení převáží na podvalníku. Soupravy bývají osazeny kuželovým, čelistovým nebo odrazovým drtičem a jsou určeny pro drcení kameniva nebo recyklaci stavebního odpadu.



Obr. č. 3 Semimobilní drtící jednotka SCU HCC9

Zdroj: DSP Přerov [online]

### **1.1.3. Stacionární**

Důležitým faktorem u stacionárních linek je to, že jsou pevně ukotveny na základech a není možný jejich další přesun. V ČR jsou stacionární linky využívány především tam, kde je drceno velké množství materiálu, na který je kladen vysoký nárok na kvalitu. Souprava stacionární linky bývá mnohem sofistikovanější než souprava mobilních a semimobilních linek. A to vzhledem k možnosti připojení řady drtičů, třídíčů a speciálních zařízení např. na odsávání prachu, které je potřebné k výrobě kvalitního materiálu. Materiál do násypky stacionární linky musí být dovážen z větších vzdáleností a to pomocí nákladních automobilů. Tato značná, nákladová položka je částečně kompenzována nízkými náklady na provoz a údržbu. Všechny zařízení stacionární linky bývají poháněny elektromotory, které jsou méně finančně náročné než dieselové motory. Stacionární linka je oproti mobilním linkám náročnější na obsluhu, protože její strojní zařízení je rozsáhlejší. I tato nákladová položka je částečně kompenzována, jelikož linka je vybavena zásobníky na vyrobený materiál a tak odpadá nutnost vývozního a nakládajícího prostředku.

## **1.2. Druhy drtičích zařízení**

Drtič je stroj sloužící k mechanickému rozpojení větších částí tuhého materiálu na drobnější zrna větší než 1,25mm. Na trhu existuje několik výrobců drtičů, kteří nabízejí základní konstrukční typy v různých velikostech. Od druhu a velikosti drtiče se následně odvíjí maximální hodinová kapacita a míra zdrobnění.

### **1.2.1. Čelistový drtič**

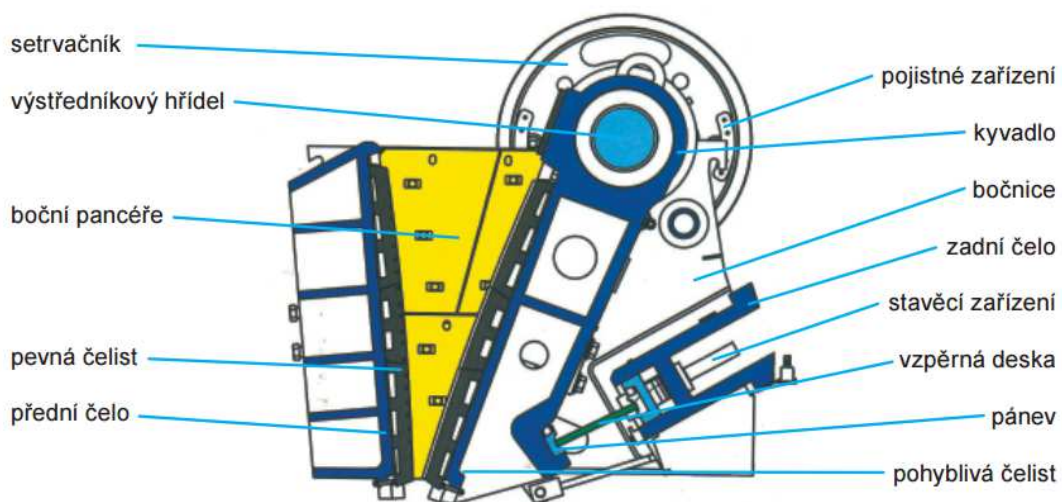
Čelistové drtiče se nejčastěji používají především pro prvotní drcení přírodních vytěžených hornin, stavebních a demoličního odpadů jako betonů, stavebních sutí, železobetonu a asfaltových ker. Zařízení funguje na jednoduchém principu, kde drcený materiál je rozpojován lámáním, tlakem nebo i zároveň smykem, který vzniká mezi dvěma ocelovými profilovanými čelistmi, z nichž je jedna pevná a druhá pohyblivá účinkem otáčení výstředníkové hřídele. Existují různé typy profilů drtících čelistí, aplikovaných podle vlastností drtícího materiálu. Čelistové drtiče se vyrábějí s různou velikostí vstupních otvorů a na nich závislém teoretickém výkonu od několika tun/hodinu až po stovky tun/hodinu. Množství zpracovaného materiálu také ovlivňují vlastnosti drceného materiálu a velikost nastavené štěrbiny. Velikost nastavené štěrbiny je vzdálenost mezi drtícími deskami v nejužším místě drtící komory.

Mezi hlavní výhody čelistových drtičů patří: vysoká spolehlivost, nízké náklady na provoz a údržbu, vysoká hospodárnost, optimální geometrie drtícího prostoru, snadná výměna opotřebených částí, optimální stupeň zdobnění, vysoký výkon, robustní konstrukce, široká možnost nasazení. Nevýhodou čelistového drtiče je horší tvarový index výstupního zrna, než je tomu u drtiče odrazového.

Je nutné podotknout, že u mobilních zařízení drcení železobetonu může být mnohdy problematické z důvodu zaseknutí dlouhé výztuže v drtiči a následným ucpáním drtící komory a možným proražením dopravníkového pásu výztuží. Dalším méně vhodným materiálem jsou živičné kry, u kterých dochází k nalepování hmoty na drtící desky a k zahlcování drtící komory. Tyto nežádoucí efekty lze omezit drcením asfaltových ker při venkovních teplotách menších než cca 5°C.

### Druhy čelistových drtičů:

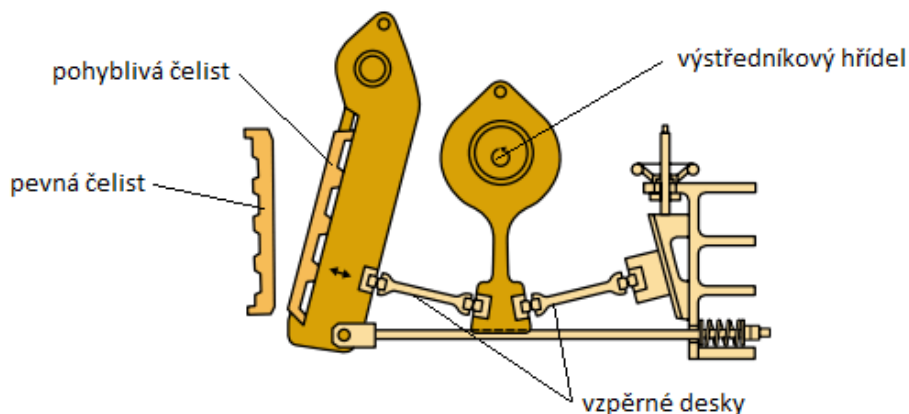
Jednovzpěrný - Drcení je způsobeno kývavým a zároveň posuvným pohybem drtící čelisti. Tak dochází k drobnějšímu drcení, než je tomu u dvou-  
vzpěrného čelistového drtiče. Tento typ čelistového drtiče je často osazován do mobilní drtících linek z důvodu jeho menších rozměru a nižší hmotnosti.



Obr. č. 4 Řez jednovzpěrným čelistovým drtičem

Zdroj: PSP Engineering [online]

Dvou-  
vzpěrný- U tohoto typu drtiče dochází pouze ke kývavému pohybu, díky hornímu pevnému uchycení. Využívá se k drcení velice tvrdým a abrazivním materiálům. Konstrukce tohoto zařízení velice robustní a rozměrná, proto tento druh drtiče je v mobilních zařízeních osazován výjimečně.



Obr. č. 5 Řez dvouvzpěrným čelistovým drtičem

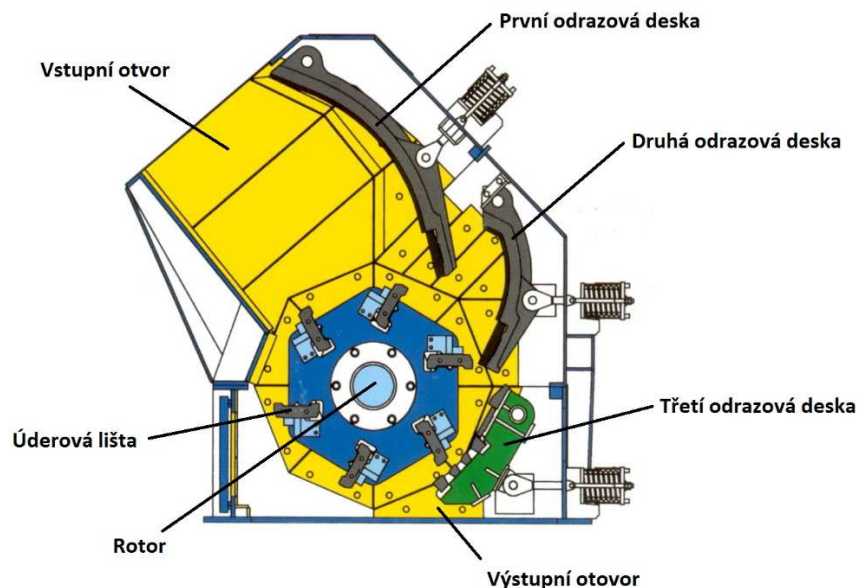
Zdroj: 911matellurgist [online]



## 1.2.2. Odrazový drtič

### Horizontální odrazový drtič

Tento drtič se využívá pro primární dynamické drcení středně tvrdých přírodních hornin a k recyklaci stavebního demoličního odpadu, hlavně železobetonů a živičných ker. K převážnému drcení dochází nárazy rozpořbovaného drceného materiálu na nepohyblivé odrazové desky. Pohyb a částečné rozdrčení tomuto materiálu způsobují rychle se otáčející úderové lišty, které jsou upevněny na rotoru. Celý tento proces probíhá v uzavřené robustní skříni se vstupním a výstupním otvorem. Tato skříň může být hydraulicky otevíratelná k zjednodušení přístupu pro údržbu.



Obr. č. 6 Řez odrazovým drtičem

Zdroj: PSP Engineering [online]

### Vertikální odrazový drtič

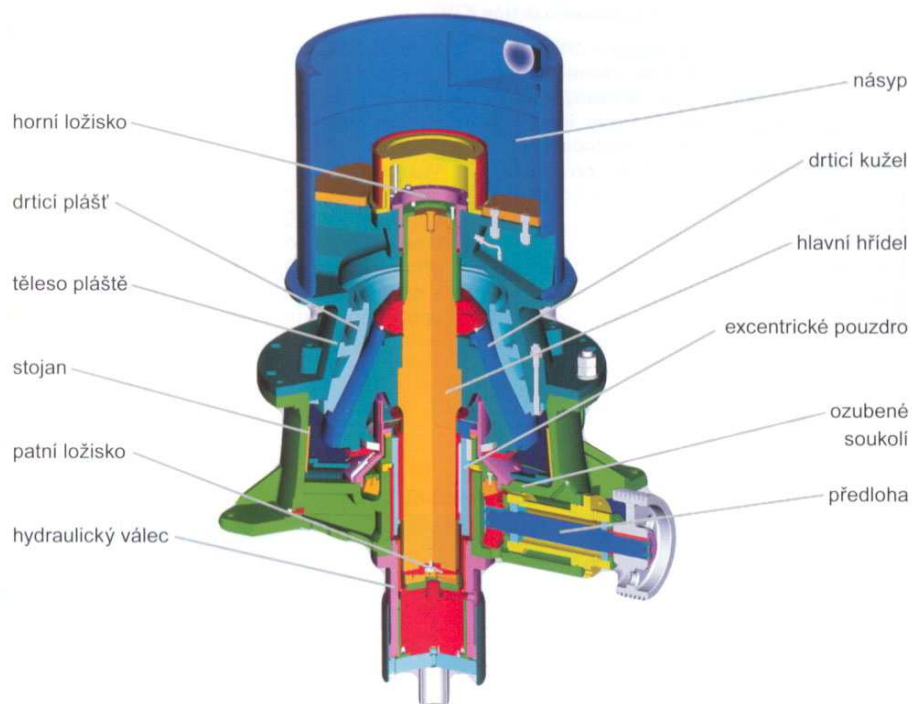
Tato zařízení se používají k finální výrobě kvalitních kamenných drtí, jemných frakcí (0-4mm), které obsahují vysoký podíl kubických zrn. U tohoto typu je princip drcení velmi podobný s rozdílem horizontálního uložení rotoru a způsobu zavádění drceného materiálu. Ten propadá přímo do rotoru, který ho vlivem odstředivé síly vrhá na okolní odrazové stěny a tak dochází k zdrobňování.



### 1.2.3. Kuželový drtič

Tento typ drtiče je využíván pro sekundární či terciální drcení tvrdých, nelepivých materiálu především hornin. K drcení stavebních odpadů je tento typ drtiče využíván pouze výjimečně a to z hlediska rizika možného výskytu nedrtitelných předmětů. Drcený materiál je rozměňován pomocí tlaku a smyku. Tyto síly vnikají mezi nepřetržitě krouživým, kývavým pohybem drtícího kužele a pevného drtícího pláště. Stupeň zdrobnění a tvar výstupního materiálu závisí na vzniklé štěrbině a geometrii prostoru mezi těmito elementy. Moderní kuželové drtiče jsou vybaveny hydraulickým zařízením, které slouží k snadnému nastavení štěrbin. Tyto stroje bývají také vybaveny automatickou ochranou proti přetížení. Tento systém hlídá tlak mezi drtícími nástroji a nastane-li stav, kdy je překročena limitní hodnota, dojde k maximálnímu rozevření štěrbiny a tím následnému propadu ať už nedrtitelného předmětu, nebo materiálu který stoj zahltil.

Výhodou kuželových drtičů jsou nízké náklady na provoz a údržbu, vysoká kvalita konečného produktu z hlediska granulometrie a tvarového indexu.



Obr. č. 7 Řez kuželovým drtičem

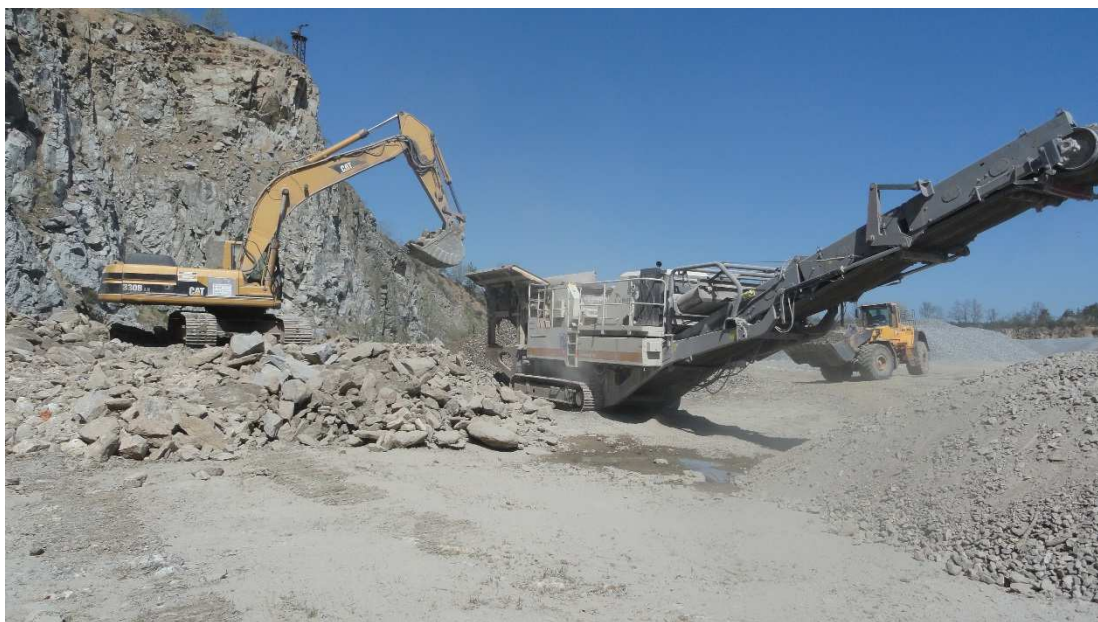
Zdroj: PSP Engineering [online]

## **2. TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ PRO DRCENÍ**

Neustálý technický pokrok nutí výrobce k modernizaci drticích zařízení a ke stále větší výkonosti, spolehlivosti a to za co nejnižších nákladů na provoz a údržbu. V současné době se usiluje o omezení prašnosti, emisních hodnot hluku a výfukových plynů strojů. Na trhu existuje velká řada výrobců, kteří nabízejí různé typy a řady mobilních drticích zařízení. Od drtičů drobné stavební suti až po mnoha tunové mobilní drticí jednotky. Zde budou specifikovány vybrané středně velké/velké mobilní drticí zařízení.

### **2.1. Mobilní čelist'ová drticí jednotka Metso Lokotrack LT105**

Výrobce tohoto drticího zařízení je finská společnost Metso, která má dlouholeté zkušenosti s mobilními drtiči.



*Obr. č. 8 Mobilní čelist'ový drtič Metso Lokotrack LT105 a rypadlo Caterpillar 330B*

*Zdroj: Vlastní zdroje*

Jedná se o universální mobilní čelist'ový drtič robustní konstrukce, který je určen především pro drcení přírodních hornin vyšších pevností až 400MPa. Zároveň však může být nasazen pro recyklaci stavebních odpadů a to pro drcení betonů, cihelných sutí a asfaltových ker. Využíván je především pro primární drcení těchto materiálů.

Mobilní drtící jednotka je tvořena z hlediska toku materiálu: násypkou, vibračním podavačem s hrubotříděčem, čelistovým drtičem, pásovým dopravníkem a magnetickým separátorem. Všechny tyto komponenty jsou umístěné na rámové konstrukci, která je osazena na pasovém podvozku. O chod všech těchto zařízení se stará dieselový motor CAT9.3 Tier4 pohánějící hydraulické čerpadlo, které rozvádí tlak do několika hydromotorů. Výhodou hydraulického pohonu je plynulá regulace otáček a možné spuštění chodu drtiče, i pokud je drtící komora zaplněna materiálem. K této situaci dochází, je-li drtič neplánovaně zastaven přetížením od drceného materiálu, nebo vniknutím nedrtitelného předmětu.

Jednotka bývá plněna pomocí rypadla výjimečně pomocí nakladače. Materiál je nakládán do násypky o kapacitě 6m<sup>3</sup>, ze které je zajištěn rovnoměrný a nepřetržitý tok materiálu do čelistového drtiče vibračním podavačem Nordberg TK11-42-2V. Tento podavač je tvořen kaskádovým roštem pro hrubé přetřídění, který slouží k odlehčení toku jemného materiálu do drtiče. Podle nastavení obtokového žlabu je propadlý materiál směřován na hlavní nebo boční pásový dopravník.



*Obr. č. 9 Násypka s podavačem mobilního čelistového drtiče Metso Lokotract LT105*

*Zdroj: Vlastní zdroje*

Drtícím zařízením je jednovzpěrný čelistový drtič Nordberg C105. Nejdůležitějším parametrem drcení je nastavení velikosti štěrbin(y.o.s.s), na které je závislá rychlost drcení a maximální velikost výstupního materiálu.

Každý drtič má omezenou maximální a minimální hodnotou o.s.s, která se liší v závislosti na druhu drceného materiálu. Tyto hodnoty jsou doporučovány výrobcem, jejichž nedodržování může významně ovlivnit životnost drtiče. Materiál, který je dostatečně zdrobněn, propadá na hlavní pásový dopravník a je odváděn přímo do násypky dalšího stroje, nebo na haldu, ze které je následně odvážen pomocí nakladače. Hlavní pásový dopravník je vybaven magnetickým separátorem pro zachytávání náhodných kovových předmětů. Celý tento drtící proces je plně automatizován elektronickým řídicím systémem, který lze i manuálně regulovat pomocí ovládacího panelu, nebo radiového ovládání.



Obr. č. 10 Rádiové ovládání mobilního drtiče Metso Lokotract LT105

Zdroj: Vlastní zdroje

Technické parametry:

Drtič: jednovzpěrný čelitsťový 1060x700 (280 r/min)

- Kapacita násypky: 6m<sup>3</sup>
- Vstupní materiál: 0-600mm
- Výstupní materiál: min. 0-63mm, max. 0-250mm (dle CSS 40-250mm )
- Výkon: až 350t/h
- Motor: 224kW ( 300hp) při 2100 ot/min, servisní interval 250mth
- Pohon: Hydrostatický
- Hmotnost: 36 200 kg
- Nadstandartní vybavení: prodloužený hlavní pásový dopravník



- Provozní rozměry: délka 17,7m, výška 3,9m, šířka 4,80m
- Přepravní rozměry: délka 15,2m, výška 3,40m, šířka 2,80m
- Podvozek: pásový)

## **2.2. Mobilní kuželový drtič Terex Pegson 1300 Maxtrack**

Tento mobilní kuželový drtič je využíván pro sekundární či terciální drcení především tvrdých přírodních hornin. Jednotka je osazena na pásovém podvozku a je tvořena násypkou, pásovým podavačem, magnetickým separátorem, dieslovým motorem, kuželovým drtičem a pásovým dopravníkem.



Obr. č. 11 Mobilní kuželový drtič Terex Pegson 1300 Maxtrack

Zdroj: Vlastní zdroje

Násypka je nejčastěji plněna pomocí pásového dopravníku primárního drtiče. Materiál je následně dopravován pomocí pásového podavače přímo do kuželového drtiče. Nad tímto pásovým dopravníkem je osazen magnetický separátor, který zachytává železné nedrtitelné materiály a zajišťuje tak větší ochranu stroje. Drtič je vybaven hydraulickými písty, které slouží k snadnému zvedání drtícího pláště, čímž je možné pohodlně nastavit velikost drtící štěrbin. O chod zařízení se stará dieslový motor CAT C-12 pohánějící hydraulické čerpadlo, které rozvádí tlak do několika hydro-motorů. Po průchodu materiálu drtičem, dochází k jeho propadu na pásový dopravník a je

odváděn mimo stroj na haldu, nebo do násypky dalšího zařízení. Proces drcení je plně automatizován a řízen řídicí jednotkou, která zajišťuje plynulý a bezpečný provoz stoje.

Technické parametry:

- Drtič: kuželový drtič Automax
- Násypka: 7m<sup>3</sup>
- Vstupní materiál: 0 - 220mm
- Výstupní materiál: min. 0-24mm, max. 0-44mm (dle CSS 24-44mm )
- Výkon: až 400t/h
- Motor: CAT C-13 328kW ( 438hp) při 1800 ot/min
- Pohon: Hydrostatický
- Hmotnost: 45 800 kg
- Provozní rozměry: délka 15,5m, výška 4,7m, šířka 3,85m
- Převravní rozměry: délka 15,35m, výška 3,85m, šířka 3,00m
- Podvozek: pásový

### **2.3. Mobilní odrazový drtič Metso Lokotrack LT1213**

Jedná se o výkonný mobilní odrazový drtič společnosti Metso. Své uplatnění najde jak pro primární, tak pro sekundární drcení. Je určen pro středně tvrdé horniny, nebo pro recyklaci betonů, cihelných sutí a asfaltových ker.



*Obr. č. 12 Řez mobilním odrazovým drtičem Metso Lokotrack LT1213*

*Zdroj: Metso [online]*

Mobilní odrazový drtič je vybaven násypkou, vibračním podavačem s hrubotříděčem, odrazovým drtičem, pasovými dopravníky, magnetickým separátorem a je osazen na pásovém podvozku.

Materiál je plněn do násypky zařízení, odkud je posouván pomocí vibračního tříděče směrem k vstupnímu otvoru drtiče. Při tomto posunu dochází k hrubému třídění materiálu pomocí prstového roštu. Tento vytříděný materiál propadá na obtokový žlab a podle jeho nastavení je následně směřován na hlavní, nebo vedlejší pásový dopravník. Díky tomuto systému hrubotřídění, lze snadno odhlinit drcený materiál a bránit tak zbytečnému zatěžování drtiče. Tento odrazový drtič je vybaven hydraulickým zařízením a v případě poruchy, nebo údržby lze snadno odklopit horní část drtící skříně. Materiál, který projde procesem drcení, propadá na hlavní pásový dopravník a je odváděn ze stroje ven na haldu, nebo do násypky jiného zařízení.



Obr. č. 13 Mobilní odrazový drtič Metso Lokotrack LT1214

Zdroj: Metso [online]

Technické parametry:

- Drtič: odrazový drtič Nordberg NP1213M
- Násypka: 6m<sup>3</sup>
- Vstupní materiál: 0 - 600mm
- Výstupní materiál: min. 0-32mm, max. 0-100mm (nastavení 30-90mm )
- Výkon: až 400t/h
- Motor: CAT C-13 310kW ( 415hp) při 1800 ot/min
- Pohon: Hydrostatický
- Hmotnost: 42 000 kg
- Nadstandardní vybavení: prodloužený hlavní pásový dopravník
- Provozní rozměry: délka 17,7m, výška 4,0m, šířka 4,7m
- Převážné rozměry: délka 15,4m, výška 3,6m, šířka 3,0m
- Podvozek: pásový



## 2.4. Přeprava mobilních zařízení

Než jednotka bude přepravována po veřejných komunikacích, je nutné ji upravit do tzv. přepravního režimu. To spočívá ve sklopení násypky, pásových dopravníků a dalších komponent. Po této úpravě je dosaženo povolených přepravních rozměrů a zařízení může být přepravováno po veřejných komunikacích, podle zákona o pozemních komunikacích. Tyto velké mobilní stroje jsou přepravovány jako nadrozměrné náklady. Proto je nutné zvolit vhodnou trasu přepravy a získat požadované povolení k přepravě.



Obr. č. 14 Mobilní čelistový drtič Metso Lokotrack LT105 připravený pro přepravu

Zdroj: Vlastní zdroje

Převoz je nutné provádět pomocí vhodné přepravní soupravy s dostatečnou nosností, která je tvořena tahačem s podvalníkem. Mobilní zařízení je schopno samo najet na podvalník, kde musí být následně pečlivě zajištěno, tak aby během přepravy nedošlo k nahodilému posunu zařízení.



Obr. č. 15 Mobilní kuželový drtič Terex Pegson 1300 Maxtrack na podvalníku s tahačem

Zdroj: Vlastní zdroje

### **3. VYUŽITÍ RECYKLAČNÍHO MATERIÁLU**

Aby mohl být recyklát plnohodnotně využit, je třeba docílit jeho vysoké a trvalé kvality. Ta se odvíjí od kvality vstupní suroviny, technologického postupu zpracování, použité technologie a celkové logistiky s materiálem. Při použití kvalitní vstupní suroviny a splnění technologického postupu lze z odpadu vytvořit kvalitní druhotnou surovinu, která může sloužit jako náhrada za přírodní kamenivo. Využíváním této druhotné suroviny je možné částečně omezit negativní dopad stavební činnosti na životní prostředí. Zejména snížením těžby přírodního kameniva, ropy a tím následné úspory těchto přírodních nerostných surovin. Dalším přínosem je snížení množství ukládaného odpadu na skládky, které mnohdy zapříčiňuje zábor kvalitní půdy. Novým trendem patrným v zemích EU je postup recyklace takový, u kterého by byla možnost znovuvyužití celých stavebních prvků a dílců, ale tato možnost je problematická a využívá pouze ve výjimečných případech.

#### **3.1. Stavební a demoliční odpad**

Stavební a demoliční odpad vzniká při realizaci nových staveb, rekonstrukcích a demolicích staveb. Z celkového množství všech produkováných odpadů tvoří stavební a demoliční odpady cca 35%. Tento významný materiálový tok je tvořen převážně výkopovou zeminou s kamenivem, která vzniká při realizaci staveb. Dále je z větší části tvořen odpady, které vznikají především při rekonstrukcích nebo demolicích staveb. Tuto skupinu odpadů převážně tvoří asfaltové kry, cihelné sutě, betony a jejich směsi. Pro zpracování a následné znovuvyužití jsou vhodné pouze inertní minerální materiály neobsahující žádné nebezpečné látky. Pro lepší představu tabulka č.1 množství vyprodukovaných vybraných stavebních a demoličních odpadů v ČR. Nutno podotknout, že v této tabulce nejsou zahrnuty odpady, které jsou zpracovány a následně využity přímo na stavbě.

Stavební a demoliční odpad		rok 2012	rok 2013	rok 2014
Název	Katalogové číslo	[tisíc tun]	[tisíc tun]	[tisíc tun]
Beton	17 01 01	1384,9	1291,0	1421,3
Cihly	17 01 02	734,1	756,3	743,9
Tašky	17 01 03	14,0	11,5	16,3
Směsi neuvedené pod číslem 17 01 06	17 01 07	1250,0	1172,4	1472,8
<b>Beton, cihly, tašky a keramika</b>	<b>17 01</b>	<b>3444,9</b>	<b>3248,5</b>	<b>3687,7</b>
Asfaltové směsi neuved. Pod č. 17 03 01*	17 03 02	526,2	507,5	567,8
<b>Asfaltové směsi, dehet a výrobky ze dehtu</b>	<b>17 03</b>	<b>530,7</b>	<b>510,3</b>	<b>572,8</b>
Zemina a kamení neuvedené pod č. 17 05 03	17 05 04	7832,0	94413,6	10618,5
Štěrky ze železničního svršku neuvedené pod č. 17 05 07	17 05 08	63,5	79,7	112,5
<b>Zemina (včetně vytežené zem. z kontaminovaných míst), kamení a vytěžená hlšina</b>	<b>17 05</b>	<b>8908,3</b>	<b>9965,9</b>	<b>1112,7</b>
Směsné stavební a demoliční odpad neuvedené pod č. 17 09 01, 17 09 02 a 17 09 03	17 09 04	472,8	590,0	440,7
<b>Jiné stavební a demoliční odpady</b>	<b>17 09</b>	<b>496,4</b>	<b>608,5</b>	<b>450,9</b>

Tab. č. 1: Produkce vybraných Stavebních a demoličních odpadů v ČR v letech 2012-2014

Zdroj: databáze ISOH

### 3.2. Dělení stavebního odpadu

Katalog odpadů (Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů). Každý odpad je zařazen pod šestimístné katalogové číslo (prvé dvojčíslí označuje skupinu odpadů, druhé dvojčíslí podskupinu odpadů, třetí dvojčíslí druh odpadu). Stavební a demoliční odpady (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst) spadají do skupiny 17.

Vybrané druhy materiálu vhodné k drcení a třídění a následné recyklaci:

- 17 01 01 – Beton
- 17 01 02 – Cihly
- 17 01 03 – Tašky a keramické výrobky
- 17 01 07 – Směsi nebo oddělené frakce betonu, cihel, tašek a keramických výrobků neuvedené pod číslem 17 01 06\*
- 17 03 02 – Asfaltové směsi neuvedené pod číslem 17 03 01
- 17 05 04 – Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17 05 03
- 17 05 08 – Štěrky ze železničního svršku neuvedený pod číslem 17 05 07
- 17 09 04 – Směsné stavební a demoliční odpady neuvedené pod čísly 17 09 01, 17 09 02 a 17 09 03

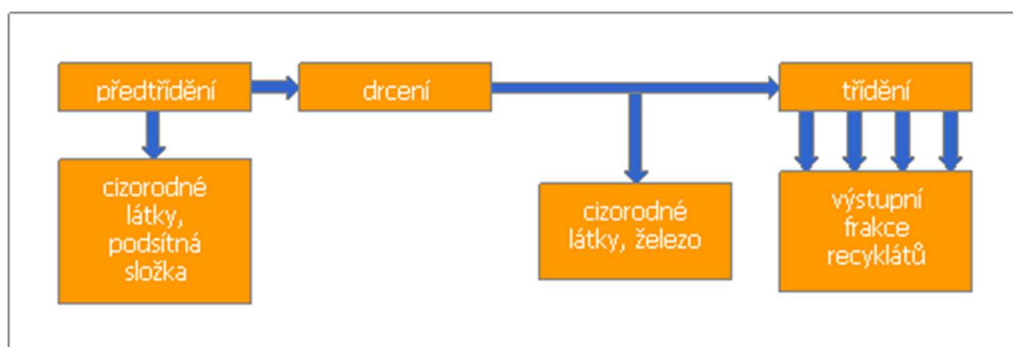
### **3.3. *Nakládání se stavebním a demoličním odpadem***

Jakým způsobem bude naloženo s odpadem určeného k recyklaci, ovlivňuje několik faktorů. A to tím z jaké stavební činnosti odpad vzniká, jeho objem a složení odpadu. Původce odpadu neboli vlastník má několik možností, jak s takovým odpadem naložit. První možností je tento odpad za poplatek předat do recyklačního závodu, kde je materiál následně recyklován. Další možností je tento odpad za poplatek uložit na mezideponii stavebních a demoličních odpadů, kde recyklace probíhá nárazově po naplnění kapacity skládky. Alternativou oběma možnostem je možnost recyklovat stavební odpad přímo v místě jeho vzniku. Při využití této varianty, lze recyklovat použít přímo v místě demolice a podle zákona 185/2001 Sb. o odpadech ve znění násl. předpisů dle §3 odst 1 se nestává odpadem.

### **3.4. *Technologie zpracování stavebních odpadů***

Pro vytvoření kvalitní druhotné suroviny, zpracováním stavebního a demoličního odpadu, je nutné dodržet určitý technologický postup. V dnešní době se v ČR pro výrobu kvalitního recyklátu nejčastěji používají tři základní technologické procesy a to předtřídění, drcení a následné třídění. Pro další zvýšení kvality recyklátu je nutné přidat další proces. Tímto procesem je odstranění jemných prachových částic. Toho může být docíleno pomocí praček na materiál nebo větrných odlučovačů prachu. Tyto operace jsou většinou aplikovány pouze na stacionárních linkách, které jsou k recyklaci v

ČR využívány pouze výjimečně. V některých zemích EU je již tento proces běžný a to převážně z důvodu malé dostupnosti přírodního kameniva a tím nutné výroby kvalitních druhotné suroviny. Po zpracování materiálu těmito třemi, případně čtyřmi procesy je tato technologie označována jako recyklace úplná. Po využití pouze některého z procesu, je tato technologie nazývána jako recyklace neúplná.



Obr. č. 16: Schéma typického recyklačního zařízení

Zdroj: ARSM [online]

### 3.4.1. Recyklace úplnou technologií

V tomto případě je výstupní materiál kvalitně zpracován a lze ho využít na nejvyšší možné úrovni. Tato technologie je označována jako recyklace vzestupného typu (up-cycling). K této technologii je nutná velká řada druhů zařízení a tím následně stoupají náklady jak na provoz, tak na pořízení linky. V současné době je v ČR tato technologie aplikována zřídka a to z důvodu dobré dostupnosti přírodního vytěženého kameniva. Tím pádem není kladen tak velký tlak na výrobu kvalitních recyklátů, které by měly nahradit přírodní kamenivo.

### 3.4.2. Recyklace neúplnou technologií

Při využití této technologie, je drcený materiál nejčastěji zpracován pouze drcením, bez důsledného předtřídění a následného třídění. V tomto případě se ale nejedná o recyklaci v pravém slova smyslu, jelikož recyklát je využíván pouze jako podřadný materiál. Tato technologie je označována jako recyklace sestupného typu (down-cycling). Tento způsob je často využíván

firmami, které chtějí snížit náklady na likvidaci stavebních sutí. Drcení většinou probíhá přímo v místě jeho vzniku, kde je následně i použit.

Další možnou variantou této technologie je nasazení samostatného třídění bez předešlého drcení. Při třídění výkopové zeminy může vzniknout kvalitní materiál, který může být efektivně využit.

### **3.4.3. Předtřídění materiálu**

Úroveň předtřídění a druh materiálu přímo ovlivňují kvalitu vstupního materiálu. Na druhu materiálu závisí fyzikální vlastnosti recyklátu, které určují jeho následnou využitelnost. Mezi nejvíce uplatnitelné materiály jsou řazeny betony, asfaltové kry, výkopová a to zemina zejména s vysokým podílem kameniva. Nejdůležitějším faktorem pro kvalitní vstupní materiál je jeho čistota neboli jeho separace. Ta je ovlivněna především původcem/vlastníkem stavebního a demoličního odpadu. Materiál je nutné předtřídít tak, aby neobsahoval žádné cizorodé příměsi a nebezpečné látky. Z dlouhodobých zkušeností je prokázáno, že nejefektivnějšího předtřídění odpadu je dosaženo, pokud je materiál selektován přímo v místě demolice. Proto je výhodné naplánovat vhodný postup demoličních prací, které umožní co kvalitní roztřídění bouraných materiálů. Stavba určená k demolici by měla být nejprve tzv. odstrojena, aby byl zajištěn co nejmenší počet cizorodých látek ve stavební suti. Poté by měla následovat postupná vlastní demolice, tak aby byla možná snadná separace jednotlivých druhů materiálu.

Ideálně podle následujícího tohoto postupu:

1. Oddělení neznečistěného materiálu a materiálu, který může obsahovat nebezpečné látky.
2. Zde je nutné oddělení cizorodých materiálů od stavební sutí určených k recyklaci. Zde je nutné vyjmout především dřevěné, kovové, plastové materiály a další materiály.
3. V moment, kdy máme pouze inertní minerální suť, je nutné ji rozdělit na jednotlivé druhy a to minimálně na:
  - cihelnou suť
  - betonovou suť
  - živičné kry
  - výkopovou zeminu



Pokud stavební suť není separována vhodným způsobem přímo při demolici. Je výrobce recyklátu nucen odstranit cizorodé materiály z netříděné stavební sutě a následně ji předtřídit na jednotlivé druhy. Tento způsob je více finančně náročný a méně účinný, jelikož dodatečné předtřídění stavební sutě je prováděno ručně. Vzniká zde i větší riziko výskytu nedrtitelného předmětu, který může poškodit zařízení použité k recyklaci a tak zvýšit náklady na výrobu recyklátu.

V situaci, kdy materiál určený k drcení obsahuje velký objem zeminy a drtící zařízení není vybaveno hrubotřídičem, je nutné nasadit externí hrubotřídiče a oddělit tak zeminu od materiálu, který bude dále drcen. Tato operace je důležitá, jelikož obsažená zemina v drceném materiálu snižuje účinnost drcení a tím je celý proces recyklace prodražován.



Obr. č. 17: Mobilní hrubotřídič McCloskey R155-recyklační aplikace

Zdroj: Stavební technika [online]

Před samotným drcením je nutné upravit vstupní materiál tak, aby neobsahoval velké kusy materiálu, které nejsou schopny projít vstupním otvorem drtiče, stávají se tak nedrtitelnými. Proto je nutné tyto kusy rozpit pomocí jiného stroje např. rypadla s hydraulickým kladivem.

#### **3.4.4. Drcení materiálu**

Drcení je velice důležitý proces při výrobě recyklátu, na kterém závisí tvar a míra zdrobnění materiálu. K nejvíce využívaný typ drtiče pro recyklaci patří drtič čelistový převážně jednovzpěrný a drtič horizontální odrazový. Drtič kuželový je k recyklaci využíván pouze ve výjimečných situacích, kdy je zaručena homogenita materiálu. Při výběru drtiče potažmo drtičů, je nutné zhodnotit požadavky na výsledný produkt, druh drceného materiálu a jeho kusovitost.

Z hlediska kvality výstupní suroviny a universálnosti použití, je drcení odrazovým drtičem nejvýhodnější. Lze v něm pohodlně drtit všechny druhy materiálu, které jsou určeny k recyklaci jako jsou železobetony, betony, živičné kry a cihlovou suť. Výstupní materiál má dobré geometrické vlastnosti. Podrcený materiál má dobré tvarové indexy a tvoří ho převážně složka jemné frakce s příměsí větších zrn. Tyto výhody jsou však vykoupeny většími provozními náklady, větší prašností, hlučností a častější údržbou oproti drtiči čelistovému. Provozní náklady jsou vyšší důsledkem nutnosti vyššího výkonu motoru a nízkou životností opotřebitelných nástrojů. Mezi tyto nástroje patří úderové lišty a odrazové desky. I v případě možného otočení úderových lišt, se životnost pohybuje cca kolem 15 000 tun zpracovaného materiálu. Tato hodnota je pouze orientační a v případě drcení tvrdého a abrazivního materiálu, je tato hodnota výrazně nižší. V porovnání s životností opotřebitelným nástrojům čelistových drtičů, může tato hodnota být až 5x nižší a výměna nebo otočení těchto nástrojů je mnohem pracnější a časově náročnější.

Je evidentní, že i čelistový drtič má své jisté výhody a nevýhody, ale obecně se dá říci, že převažují výhody. K největším výhodám patří nižší provozní náklady a nízké zatížení okolí hlukem a prachem. Vzhledem k této vlastnosti je možné toto typ zařízení nasadit i v blízkosti zástavby a drtit tak materiál přímo na místě vzniku. Mezi hlavní nevýhody patří problematické drcení železobetonu, živičných ker a horší geometrické vlastnosti výstupního materiálu, který je tvořen převážně většími zrny s horším tvarovým indexem. Čelistový drtič je v ČR často využíván



Pokud tedy chceme čelistovým drtičem dosáhnout stejné kvality výstupního materiálu, jako u drtiče odrazového, je zapotřebí provést i sekundární drcení a to pomocí kuželového drtiče. Při recyklaci je tento způsob drcení využit výjimečně. Pouze v případech jsou-li vysoké požadavky na tvar výstupního materiálu a je-li nízké riziko výskytu větších nedrtitelných předmětů v materiálu. S následným vytahováním nedrtitelného předmětu je u těchto strojů větší pracnost a hrozí také vyšší riziko poruchy drtícího zařízení. Tohoto dvojího drcení je v ČR využíváno především při demolicích velkých betonových nevyztužených povrchů, jako jsou dálnice a přístávací plochy.

### **3.4.5. Třídění materiálu**

Třídění je operace, při které dochází k rozdělení zrn podle velikosti do určitých skupin. Tento proces je pro výrobu kvalitního recyklátu nezbytný. Je využíván především v konečné fázi výroby recyklátu, tedy po drcení, avšak v některých případech je nasazen i před samotným drcením. Podle charakteru tříděného materiálu, požadovaného množství a požadavků na výstupní materiál se nasazuje druh třídiče. Mezi nejpoužívanější třídiče se řadí vibrační, rotační a hvězdicová síta.

Třídiče s vibračními sítí jsou vhodné pro nelepivé až mírně lepivé materiály. Pokud je tento typ nasazen na lepivé materiály, dochází k zanášení třídících sítí a následně nízké účinnosti. Mezi hlavní výhody tohoto typu třídiče patří jeho velká přesnost a možnost pomocí jednoho zařízení třídít až 4 frakce. Výsledný recyklát je nejčastěji tříděn do základních frakcí: 0-8mm, 8-16mm, 16-32mm, 32-63mm a 63-125mm. V případě potřeby je možné materiál třídít i na jiné požadované frakce

Třídiče s vibračním prstovým roštem jsou používány pro odhlinění materiálu před samotným drcením, tedy ve fázi předtřídění. Lze je použít i u více lepivých materiálů.

Třídiče rotační a hvězdicové jsou využívány v případě, kdy je kladen důraz na velkou hodinovou kapacitu, nebo při třídění vlhkých či lepivých materiálů.

### **3.5. Technická zařízení pro výrobu recyklátu**

Úroveň kvality recyklátu také ovlivňují strojní zařízení, která jsou použity pro jeho zpracování. Mezi tyto zařízení se řadí drtiče, magnetické separátory, třídíče, hrubotřídíče a odlučovače jemných částic. V ČR je více jak 90% recyklovaného materiálu zpracováváno pomocí mobilních drtících a třídících linek. Na trhu existuje široká škála těchto zařízení. Od strojů určených pouze k recyklaci až po stroje universální, které jsou konstruovány i pro výrobu přírodního kameniva. Oba tyto stroje fungují na stejném principu, liší se pouze svou velikostí a robustností.

### **3.6. Využití druhů recyklátu**

#### *Cihelný recyklát*

Recyklát z cihelné sutě je nejčastěji tříděn do frakcí: 0-8mm, 8-32mm, 32-85mm a 0-40mm, přičemž je možné materiál vytřídit i na jiné požadované frakce. Vlastnosti cihelného recyklátu jsou závislé na kvalitě vstupního materiálu, která je ovlivněna především množstvím maltových příměsí. Obecně je snaha, nahradit těžené písky cihelným recyklátem. Zásadní vlastností cihelného recyklátu je, že prokazuje vysokou míru nasákavosti. Cihelný recyklát není vhodné využívat do konstrukčních vrstev, z hlediska jeho nedostatečných fyzikálních a mechanických vlastností. Nicméně i tak je mnoho možností, jak tento recyklát využít. Především pro zásypy a obsypy, do konstrukčních betonů, výrobu cihlobetonů, výrobu stavebních směsí jako plnivo malt a pro nestmelené vrstvy vozovek.

#### *Betonový recyklát*

Betonový recyklát nachází kvalitnější uplatnění oproti recyklátu cihelnému a to díky jeho lepším fyzikálním a mechanickým vlastnostem, ale i tak použitím betonového recyklátu jako plniva do betonu, dochází k zhoršení některých vlastností betonu, oproti betonu s přírodním kamenivem. Vzhledem k tomu, že možnosti použití betonového recyklátu se objevují i v některých normách, dochází tak k snadnějšímu uplatnění recyklátu. Betonový recyklát se používá jako náhrada přírodního kameniva u konstrukčních betonů, na obsypy a zásypy, do pokladních vrstev komunikací, na stavební komunikace,

do asfaltových směsí a pro hydraulicky stmelené i nestmelené směsi. Jelikož značnou část recyklovaného betonu tvoří jemná frakce (0-4mm až 0-8mm), která není vhodná do betonu, vyvíjí se proto snaha nalezení uplatnění této frakce v podobě částečné náhrady surovinné moučky při přípravě cementu.

### *Živičný recyklát*

Asfaltový recyklát nachází své uplatnění skoro ve všech případech recyklace. Je využíván především při recyklaci tzv. za studena, jedná se o novou technologii pro obnovu komunikací. Frézováním starých asfaltových komunikací se získá asfaltový recyklát, který se smísí s cementem, asfaltovým pojivem, popřípadě kamenivem v komoře recykleru a následně je směs pokládána zpět na komunikaci. Jedná se o velmi rychlý a efektivní způsob recyklace přímo v místě vzniku recyklátu.

### *Recyklát hornin*

Tento recyklát vniká především při stavbách komunikací. Jeho využití je závislé na kvalitě primární suroviny. V případě kvalitních hornin je tento recyklát využíván do konstrukčních vrstev. Jedná-li se o nekvalitní horniny, je tento recyklát použit pouze jako zásykový materiál.

## **4. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH ZPŮSOBŮ DRCENÍ**

V tomto ekonomickém zhodnocení se budu zabývat odhadní celkovou cenou za drcení materiálu u vybraných mobilních zařízení. Konkrétně u mobilního čelistového drtiče Metso Lokotrack LT105, mobilní kuželového drtiče Terex Pegson 1300 Maxtrak a mobilním odrazovým drtičem Metso Lokotrack LT1213.

### **5. Celkové hrubé výrobní náklady**

Celkové hrubé výrobní náklady jsou tvořeny dvěma položkami. První položkou je celková cena za drcení, která bývá oceňována na jednu tunu vyrobeného materiálu. Druhou položkou jsou náklady na převoz mobilní linky do dané lokality. Tato položka v některých případech není přepočítávána na jednu vyrobenou tunu materiálu a je uváděna samostatně, pro lepší náhled na celkovou cenu za drcení. Zakázky se často liší fyzikálními, mechanickými vlastnostmi materiálu, použitou výrobní technologií a přepravovanou vzdáleností. Proto hrubé výrobní náklady jsou velice variabilní.

#### **5.1. Celková cena za drcení**

Jak už bylo řečeno, celkovou cenu za drcení se stanovuje na jednu tunu vyrobeného materiálu, která se skládá z ceny za samotné drcení jednotlivých drtičů, ceny za třídění a cena za obslužné stroje. V tomto ekonomickém zhodnocení se budu zabývat především cenou za samotné drcení. Proto cena za obslužné stroje nebude blíže specifikována a s cenou za následné možné třídění nebude vůbec uvažováno. Chceme-li tedy vypočítat cenu za samotné drcení, je nutné určit hrubé provozní náklady a roční fixní náklady drtícího zařízení a následně je podělit celkovým zpracovaným objemem.

#### *Fixní náklady*

Roční fixní náklady se skládají z nákladů na odpisy, pojištění a osádku. Tyto roční náklady jsou konstantní a nejsou ovlivněny fyzikálními, mechanickými vlastnostmi materiálu.

### *Náklady na odpisy*

Odpisy slouží pro rozložení pořizovací ceny zařízení, do nákladu na výrobu po dobu několika období. V tomto ekonomickém zhodnocení budu uvažovat s 8 letým odpisovým obdobím. Jak je zřejmé, výše odpisů je přímo úměrná pořizovací ceně stroje.

### *Náklady na pojištění*

Náklady na pojištění jsou velice individuální a výše pojistného závisí především na typu a velikosti stroje.

### *Náklady na osádku*

Náklady na osádku zahrnují mzdu, provoz služebního automobilu, ubytování a všechny další náklady spojené se zaměstnancem.

### *Provozní náklady*

Provozní náklady se mění v závislosti na požadované výstupní frakci a fyzikálních, mechanických vlastnostech materiálu. Tvořeny jsou náklady na opotřebitelné drtící nástroje, servis a pohonné hmoty.

### *Náklady na servis a pohonné hmoty*

Mobilních stroje jsou vybaveny výkonnými dieselovými motory, které pro svůj bezproblémový chod potřebují pravidelné servisní úkony. Počet a rozsah servisů je úměrný množství odvedené práce motoru. Na tomto množství odvedené práce motoru je samozřejmě závislá i spotřeba pohonných hmot. Platí, že s rostoucím pevností a tvrdostí drceného materiálu je nutné zvyšovat výkon motoru k drcení. Tím roste množství odvedené práce a tak stoupají náklady jak na servis tak pohonné hmoty. Nutno podotknout, že růst nákladů na servis, je oproti nárůstu nákladů na pohonné hmoty zanedbatelný.

### *Náklady na opotřebitelné nástroje*

Každý druh drtícího zařízení funguje na jiném principu drcení, a proto každý druh drtícího zařízení má odlišné hlavní opotřebitelné nástroje. Odolnost těchto nástrojů je především ovlivněna abrazí drceného materiálu. Míra opotřebení nástrojů roste, vzhledem k nárůstu abraze materiálu. Tato míra opotřebení nástrojů je však u každého druhu odlišná, a proto je nutné vhodně navrhnout druh drtícího zařízení podle fyzikálních vlastností materiálu. Hlavními opotřebitelnými drtícími nástroji, u těchto konkrétních druhů drtících zařízení jsou:

- Odrazový drtič: úderové lišty a odrazové desky
- Čelistový drtič: pevná a pohyblivá čelistová deska
- Kuželový drtič: drtící plášť a drtící kužel

Dále je zde nutné započítat i náklady na další opotřebitelné komponenty stroje. Tyto druhotné opotřebitelné nástroje jsou měněny nebo opravovány v delších časových intervalech, ale je nutné s nimi uvažovat. Mezi tyto komponenty patří: násypka, pásové dopravníky a další prvky, které jsou v přímém kontaktu s materiálem.

#### **5.2. Celková cena za přepravu mobilní linky**

Cena za přepravu je významná položka, která značně ovlivňuje celkové náklady na výrobu. Výše ceny za přepravu na km je ovlivněna počtem přepravovaných zařízení a hmotností, rozměry jednotlivých zařízení. Počet přepravovaných zařízení je závislý na výrobní technologii, která je nutná k výrobnímu procesu.

Hmotnost a rozměr určují, zda zařízení musí být přepravováno jako nadrozměrný náklad. Mezi nadrozměrné náklady se řadí stroje, které svými parametry překračují rozměrové nebo hmotnostní limity. V ČR je nadrozměrná přeprava taková, která překračuje délku 16,5m, šířku 2,55m a výšku 4m, nebo pokud celková hmotnost soupravy je vyšší než 40tun (i 48tun závislosti na počtu náprav). Rozměrné a těžké stroje spadající do kategorie nadrozměrných nákladů a jsou převáženy za cca 2x větší cenu. Proto stroje určené k recyklaci

jsou navrhovány tak, aby nepřekračovaly tyto hodnoty a mohly být přepravovány jako běžný náklad.

### ***5.3. Zpracovaný roční objem materiálu***

Objem zpracovaného materiálu zásadně ovlivňuje propoččet ročních fixních nákladů na zpracovanou tunu materiálu. Množství zpracovaného materiálu závisí na fyzikálních, mechanických vlastnostech materiálu, maximální hodinové kapacity zařízení, požadované výstupní frakci, čistotě materiálu a četnosti převozů zařízení. Pro příklad uvedu dvě rozdílné varianty možných zakázek s odlišnými objemy.

#### *Velké homogenní objemy*

Drcení velkého množství homogenních materiálů, se vyskytuje převážně u zakázek typu: kamenolomy nebo specifické recyklace. Mezi specifické recyklace lze řadit drcení výlomu při realizaci dopravní stavby, rekonstrukce letištních betonových ploch nebo betonových dálnic. Tyto zakázky se pohybují v řádech deseti-tisíc tun, a tudíž přesun mobilních linek je mezi lokalitami prováděn v dlouhých intervalech. Vzhledem k málo častým přesunům a vysoké čistotě drceného materiálu, výroba může probíhat téměř nepřetržitě a je možné dodržet přibližný maximální hodinový výkon stroje.

#### *Malé nehomogenní objemy*

Drcení malých nehomogenních materiálu nastává především při recyklacích nekvalitních stavebních sutí. Tyto zakázky se většinou pohybují do deseti tisíc tun, a proto je nutná častá přeprava zařízení mezi lokalitami. Obsluha stroje musí neustále kontrolovat prostor násypky a regulovat rychlost podávání, jelikož tento materiál může obsahovat nedrtitelné předměty, které je nutné z materiálu odebrat. V případě vniknutí nedrtitelného předmětu do prostoru drtiče, dochází k zastavení chodu a v některých případech i k poruše stroje. Tímto neplynulým, komplikovaným drcením není možné dodržet maximální hodinový výkon stroje.

#### 5.4. Porovnání provozních nákladů u vybraných strojů

V tomto porovnání se budu zabývat růstem provozních nákladů na drcení, v závislosti na fyzikálních a mechanických vlastnostech materiálu u vybraných mobilních drtících jednotek a to při následující technologii. Primární mobilní čelistový drtič Metso Lokotrack LT105 s následným sekundárním mobilním kuželovým drtičem Terex Pegson 1300 Maxtrack a primární mobilní odrazový drtič Metso Lokotrack LT1213. Budu uvažovat pouze s náklady na opotřebitelné drtící nástroje a pohonné hmoty, jelikož nárůst nákladu na servis je oproti výše uvedeným nákladům zanedbatelný.

Základním předpokladem pro toto porovnání je, že výstupním materiálem u obou linek bude frakce 0-32mm v uzavřeném okruhu tzn. veškerý materiál, větší jak 32 mm se vrací zpět do drtiče. Pro přehledné porovnání jsem si vytvořil fiktivní indexovou řadu od 1 do 10, znázorňující kvalitu fyzikálních, mechanických vlastností materiálu. Nutno podotknout, že důležitými fyzikálními, mechanickými vlastnostmi materiálu z hlediska drcení, jsou pevnost, tvrdost a abraze. Zjednodušeně se dá říci, že se zvyšující se abrazí materiálu, rostou především náklady na opotřebitelné nástroje a naopak se zvyšující se pevností, tvrdostí materiálu rostou především náklady na pohonné hmoty. Proto budu předpokládat, že se zvyšujícím se indexovým číslem, dochází k lineárnímu zvyšování tvrdosti, pevnosti a abraze materiálu. Pro bližší představu jsem některým indexovým číslům přiřadil určitý typ materiálu, tak aby byl zachován předpoklad lineárního zvyšování vlastností materiálu. Daným indexovým číslům jsem přiřadil zhruba tyto druhy materiálů: 1 – cihly, 3 – beton, 7 – droba, 10 – rula.

Index	Čelistový		Kuželový	
	Opotřeb. nástroje	PHM	Opotřeb. nástroje	PHM
1	2,00 Kč	5,00 Kč	5,00 Kč	8,00 Kč
2	2,22 Kč	5,33 Kč	5,33 Kč	8,33 Kč
3	2,44 Kč	5,67 Kč	5,67 Kč	8,67 Kč
4	2,67 Kč	6,00 Kč	6,00 Kč	9,00 Kč
5	2,89 Kč	6,33 Kč	6,33 Kč	9,33 Kč
6	3,11 Kč	6,67 Kč	6,67 Kč	9,67 Kč
7	3,33 Kč	7,00 Kč	7,00 Kč	10,00 Kč
8	3,56 Kč	7,33 Kč	7,33 Kč	10,33 Kč
9	3,78 Kč	7,67 Kč	7,67 Kč	10,67 Kč
10	4,00 Kč	8,00 Kč	8,00 Kč	11,00 Kč

Tab. č. 2 Tabulka provozních nákladů LT105 a 1300Maxtrack

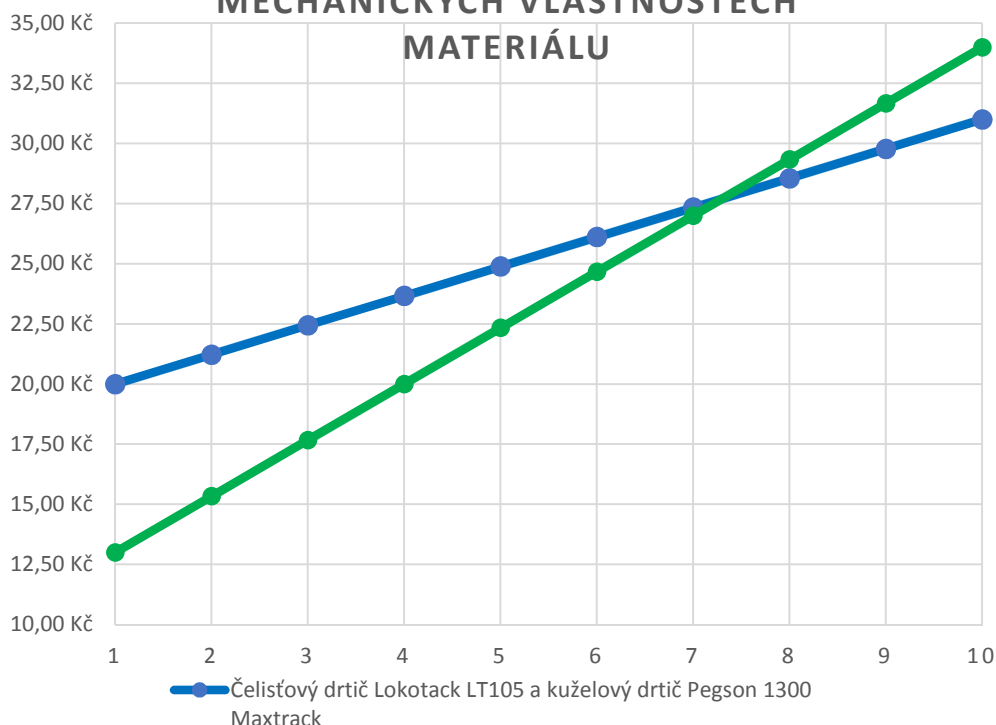


Index	Odrasový		Čelistový + Kuželový	
	Opotřeb. nástroje	PHM	Opotřeb. nástroje	PHM
1	5,00 Kč	8,00 Kč	7,00 Kč	13,00 Kč
2	6,67 Kč	8,67 Kč	7,56 Kč	13,67 Kč
3	8,33 Kč	9,33 Kč	8,11 Kč	14,33 Kč
4	10,00 Kč	10,00 Kč	8,67 Kč	15,00 Kč
5	11,67 Kč	10,67 Kč	9,22 Kč	15,67 Kč
6	13,33 Kč	11,33 Kč	9,78 Kč	16,33 Kč
7	15,00 Kč	12,00 Kč	10,33 Kč	17,00 Kč
8	16,67 Kč	12,67 Kč	10,89 Kč	17,67 Kč
9	18,33 Kč	13,33 Kč	11,44 Kč	18,33 Kč
10	20,00 Kč	14,00 Kč	12,00 Kč	19,00 Kč

Tab. č. 3 Tabulka provozních nákladů LT1213 a LT105+1300M

Získané odhadní provozní náklady jednotlivých zařízení jsou pouze orientační a vyplývají z dlouholetých zkušeností s drcením materiálu společnosti Kamenolomy ČR.

### GRAF RŮSTU PROVOZNÍCH NÁKLADŮ V ZÁVISLOTI NA FYZIKÁLNÍCH A MECHANICKÝCH VLASTNOSTECH MATERIÁLU



Jak je zřejmé z grafu, nákladovost na opotřebitelné nástroje a pohonné hmoty u jednotlivých technologií drcení, vzrůstá odlišnou tendencí. U použité technologie s čelistovým a kuželovým drtičem je nárůst nákladů pozvolnější,

je to především menším vlivem tvrdosti, pevnosti a abraze na ceny opotřebitelných nástrojů. Za to cena provozních nákladů u této technologie je u počátečního čísla indexového významně vyšší, než u technologie odrazovým drtičem. Tento významný rozdíl je způsoben především počtem zařízení, především dieselových motorů u jednotlivých technologií. K vyrovnání cen dochází kolem indexového bodu sedm (droba) a to především vlivem nákladů na opotřebitelné nástroje. Zde je cena opotřebitelných nástrojů u odrazového drtiče už 3x větší než u indexového bodu jedna (cihly). Zatímco u druhé technologie tato cena vzrostla pouze 0,5x oproti hodnotě u indexového bodu jedna (cihly).

Z následujícího porovnání tedy vyplývá, že materiál, který spadá do hodnoty sedm na stupnici mnou vytvořené fiktivní indexové řady, je z hlediska provozních nákladů mnohem výhodnější drtit pomocí mobilního odrazového drtiče Metso Lokotrack LT1213. Mezi tyto materiály patří stavební a demoliční odpady a některé přírodní středně tvrdé horniny. Materiál tvrdší, pevnější a abrazivnější je výhodnější drtit pomocí technologie mobilního čelistového drtiče Metso Lokotrack LT105 a mobilního kuželového drtiče Terex Pegson 1300 Maxtrack. Je nutné podotknout, že tento výsledek je pouze orientační, jelikož různorodost fyzikálních, mechanických vlastností drcených materiálů je velká.

## **Zdroje a použitá literatura**

### Použité elektronické dokumenty

Miroslav Škopán. Možnosti zvyšování jakosti recyklátů ze stavebních a demoličních odpadů. *Stavební technika*. [online]. 25. 7. 2008 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://stavebni-technika.cz/clanky/moznosti-zvysovani-jakosti-recyklatu-ze-stavebnich-a-demolicnich-odpadu>

Miroslav Škopán. Systémy recyklace stavebních a demoličních odpadů . *Stavební technika*. [online]. 18. 3. 2012 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://stavebni-technika.cz/clanky/systemy-recyklace-stavebnich-a-demolicnich-odpadu>

Miroslav Škopán. Vývojové trendy v technologiích pro recyklaci stavebních a demoličních odpadů. *Stavební technika*. [online]. 5. 11. 2007 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://stavebni-technika.cz/clanky/trendy-v-technologijich-pro-recyklaci-odpadu>

Podstata recyklace stavebních odpadů. *ARSM*. [online]. [cit. 2016 05 22]. Dostupné z: <http://www.arasm.cz/podstata.php>

Základní druhy recyklátů a možnosti jejich využití. *ARSM*. [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.arasm.cz/recyklaty.php>

### Použitá tištěná literatura

Milan Holbein a kol., Úpravnictví, 1. vyd.

Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1983

### Ostatní zdroje

PSP Engineering a.s, Katalog

Systémy pro drcení a třídění nerostných surovin a pro recyklaci

## Seznam zkratek

Kč- Korun českých

m – metr

kg – kilogramů

m<sup>3</sup> - metrů krychlových

hp- koňských sil

kW- kiloWat

t/h- tun za hodinu

min- minimální

max- maximální

mm- milimetr

ot/min- otáček za minutu

Obr. č. 1 Řez mobilním čelistovým drtičem Metso Lokotrack LT105.	10
Obr. č. 2 Mobilní drtící jednotka MCU 9W na kolovém podvozku.....	11
Obr. č. 3 Semibobilní drtící jednotka SCU HCC9 .....	11
Obr. č. 4 Řez jednovzpěrným čelistovým drtičem .....	14
Obr. č. 5 Řez dvouvzpěrným čelistovým drtičem .....	14
Obr. č. 6 Řez odrazovým drtičem .....	15
Obr. č. 7 Řez kuželovým drtičem.....	16
Obr. č. 8 Mobilní čelistový drtič Metso Lokotrack LT105 a rypadlo Caterpillar 330B.....	17
Obr. č. 9 Násypka s podavačem mobilního čelistového drtiče Metso Lokotrack LT105.....	18
Obr. č. 10 Rádiové ovládání mobilního drtiče Metso Lokotrack LT105 .....	19
Obr. č. 11 Mobilní kuželový drtič Terex Pegson 1300 Maxtrack.....	20
Obr. č. 12 Řez mobilním odrazovým drtičem Metso Lokotrack LT1213 .....	22
Obr. č. 13 Mobilní odrazový drtič Metso Lokotrack LT1214.....	23
Obr. č. 14 Mobilní čelistový drtič Metso Lokotrack LT105 připravený pro přepravu .....	24
Obr. č. 15 Mobilní kuželový drtič Terex Pegson 1300 Maxtrack na podvalníku s tahačem .....	24
Obr. č. 16:Schéma typického recyklačního zařízení.....	28
Obr. č. 17: Mobilní hrubotřídič McCloskey R155-recyklační aplikace.	30

Tab. č. 1: Produkce vybraných Stavebních a demoličních odpadů v ČR v letech 2012-2014.....	26
Tab. č. 2 Tabulka provozních nákladů LT105 a 1300Maxtrack .....	39
Tab. č. 3 Tabulka provozních nákladů LT1213 a LT105+1300M .....	40

## **Závěr**

V BP jsem se zabýval drcením stavebního odpadu. Nejprve jsem popsal principy jednotlivých druhů drtičů a následně rozdělil drtící zařízení podle mobility.

Dalším bodem, kterým jsem se v bakalářské práci zabýval, byl vznik stavebního odpadu a jeho rozdělení podle katalogu odpadů a způsoby a možnosti s jeho nakládáním. Dále byly naznačeny využívané technologie pro výrobu recyklátu a jeho možné využití.

Uvedl jsem vybrané mobilní drtící zařízení, u kterých jsem stručně popsal jejich chod a specifikoval technické parametry strojů.

V závěrečné části jsem popsal stručný propočet celkových hrubých nákladů na výrobu u vybraných drtících zařízení. Vypracoval jsem hrubé porovnání nákladů u dvou drtících technologií a to primární mobilní čelistový drtič Metso Lokotrack LT105 s následným sekundárním mobilním kuželovým drtičem Terex Pegson 1300 Maxtrack oproti primárnímu mobilnímu odrazovému drtiči Metso Lokotrack LT1213, vzhledem k tvrdosti, pevnosti a abrazi drceného materiálu. Zjistil jsem, že drcení materiálu jako je stavební odpad na frakci 0-32mm je ekonomicky výhodnější pomocí odrazového mobilního drtiče Metso Lokotrack LT1213, a to s přibližně 60% úsporou nákladů oproti druhé drtící technologii. Porovnání je jen hrubé a u konkrétních mobilních zařízení, dá se však předpokládat, že tento poměr bude přibližně platit i u jiných zařízení stejného typu a velikosti.