



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**MOBILNÍ ZAŘÍZENÍ PRO TŘÍDĚNÍ KAMENIVA A
RECYKLÁTŮ ZE STAVEBNÍCH ODPADŮ**

MOBILE MACHINERIES USED FOR SORTING OF AGREGATES AND RECYCLED MATERIALS FROM
BUILDING WASTE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bedřich Babušík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Bedřich Babušík**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.**
Akademický rok: 2020/21

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

Mobilní zařízení pro třídění kameniva a recyklátů ze stavebních odpadů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rozbor konstrukčního uspořádání mobilních třídíčů kameniva a recyklátů ze stavebních a demoličních odpadů s výkonem od 10 do 80 t/hod.

Cíle bakalářské práce:

Kritická rešerše stávajících technických řešení s ohledem na druhy třídíčů, podvozků, rámu a pohonů. Návrh vlastního koncepčního uspořádání kontejnerové třídící linky pro výkon do 20 t/hod.

Seznam doporučené literatury:

VANĚK, Antonín. Moderní strojní technika a technologie zemních prací. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, 526 s. ISBN 80-200-1045-9.

ČEP, Hynek a Renáta ŠPÍRKOVÁ. Technologie úpravy kameniva. Brno: Těžební unie, 1997, 143 s.

POLICKÝ, Zdeněk. Úpravárenské stroje. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1987, 220 s.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce pojednává o recyklaci stavebního odpadu a popisuje samotný proces. Recyklace je za několik posledních dekad stále rostoucím trendem, proto je důležité jí věnovat náležitou pozornost. Dále se zaměřuje na rešerši stávajících technických řešení a představení zástupců mechanického třídění.

Práce je završena vlastním koncepčním návrhem třídícího stroje o výkonnosti do 20 t/h, včetně modelu sestavy a popisu základních komponent.

KLÍČOVÁ SLOVA

recyklace stavebního odpadu, mobilní třídící jednotka, recyklační linka, třídič, recyklované kamenivo

ABSTRACT

This bachelor thesis introduces the topic of construction waste recycling and describes the process itself. Recycling has been a growing trend over the last few decades, so it is important to pay attention to it. It focuses on a research of existing technical solutions and introduces selected mechanical screeners.

The thesis is completed by own conceptual design of screening machine with a capacity up to 20 t/h, including the assembly model and a description of the basic components.

KEYWORDS

recycling of construction waste, mobile screening unit, recycling line, screener, recycled aggregates

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BABUŠÍK, Bedřich. *Mobilní zařízení pro třídění kameniva a recyklátů ze stavebních odpadů* [online]. Brno, 2021 [cit. 2020-09-10]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/129434>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 60 s. Vedoucí práce Miroslav Škopán.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Miroslava Škopána, CSc. a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 10. září 2020

.....

Bedřich Babušík

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Ing. Miroslavu Škopánovi, CSc. za odborné rady, věcné připomínky, přátelský přístup a zejména za snahu mě dovést k lepším osobním výsledkům.

OBSAH

Úvod.....	10
1 Recyklace stavebního odpadu	11
1.1 Seznam norem pro konkrétní použití kameniva	11
1.2 Požadavky na recyklované kamenivo	12
1.3 Druhy Recyklátů.....	12
1.3.1 Betonový recyklát	12
1.3.2 Asfaltový recyklát	12
1.3.3 Cihelný recyklát	12
1.3.4 Recyklát z hornin	13
1.3.5 Recyklát z kameniva kolejového lože.....	13
1.4 Faktory ovlivňující kvalitu tříděného materiálu	13
2 Proces recyklace	14
2.1 Předtřídění	14
2.2 Drcení	15
2.3 Třídění	15
3 Rozdělení mechanických třídíčů.....	17
3.1 Popis mechanických třídíčů z hlediska funkce.....	17
3.1.1 Roštové třídíče	17
3.1.2 Válcové třídíče	19
3.1.3 Vibrační třídíče	20
3.2 Obecná kritéria pro návrh a konstrukci třídícího stroje.....	21
4 Typy strojů.....	22
4.1 Výrobce McCloskey INTERNATIONAL	24
4.1.1 KOMPAQ	24
4.1.2 MINI SIZER	26
4.1.3 123 SIZER.....	28
4.2 Výrobce EVOQUIP A TEREX BRAND.....	30
4.2.1 HARRIER 220	30
4.3 Výrobce CZ SCREEN.....	32
4.3.1 MS BIG	32
4.3.2 MDS MIDI.....	34
4.4 Výrobce MB The Crushing Evolution	36
4.4.1 MB-HDS214	36
4.4.2 MB-S10 S4.....	38
4.5 Výrobce TEREX FINLAY	40
4.5.1 663 SUPERTRAK	40
4.6 Výrobce RESTA.....	42
4.6.1 TK7	42
5 Mobilita třídíčů	44
5.1 Mobilní linky a Semi-mobilní linky	44
5.2 Stacionární linky.....	44

6	Podvozky.....	45
6.1	Podvozky kolové.....	45
6.2	Podvozky pásové	45
7	Koncepční návrh mobilního třídiče	46
7.1	Volba třídiče dle funkce.....	46
7.2	Vibrační třídiče na trhu	46
7.3	Vlastní návrh vibračního třídiče.....	48
7.3.1	Model vibračního třídiče	48
7.3.2	Návrh kovové konstrukce	49
7.3.3	Rám pro síto a elektromotor	50
7.3.4	Třídící síto	51
7.3.5	Uložení Rámu pro síto a elektromotor	53
7.3.6	Volba vibračního elektromotoru.....	54
7.3.7	Mobilita	56
	Závěr	57
	Použité informační zdroje.....	58

ÚVOD

V dnešní době je výstavba nových budov a realizace dalších stavebních projektů stále častějším jevem. Společnost je stále modernější a populace se rozrůstá. I díky tomu je vyšší poptávka po výstavbě nových budov k účelům pracovním, bydlícím, skladovacím, výrobním či jiným. S výstavbou nových budov a zařízení souvisí demolice budov starých, již nevyhovujících, nebo dokonce zdraví nebezpečných. Demolice starých objektů má za následek vyšší produkci stavebního odpadu, a to dalo vzniknout novému trendu recyklace odpadu a odpadového hospodářství jako takového.

Pokud je stavební odpad odvezený na skládku a není žádným způsobem znovu využit, jde o plýtvání primárními surovinami a také se jedná nákladnou záležitost. Vzhledem k tomu se stále více řeší otázka třídění stavebního odpadu a jeho opětovného využití, tudíž je třídění stavebního odpadu a jeho recyklace tématem budoucnosti. Již dnes funguje řada společností, které se touto problematikou zabývají a uvádí na trh paletu strojů zajišťujících drcení a třídění odpadu. Vytříděný odpad, za předpokladu že je to v souladu s normami a zákonem, lze opětovně použít, tudíž je koncové skládkové množství odpadu menší.

Cílem mé práce je rešerše stávajících technických řešení mobilních třídíčů stavebního odpadu a jejich využití, přičemž se primárně zabývám mechanickými mobilními třídíči.

1 RECYKLACE STAVEBNÍHO ODPADU

Primárními důvody zpracování stavebního odpadu jsou efektivní odvoz stavební suti z míst demolice staveb do míst řízených skládek a opětovné využití kameniva nebo i celých stavebních dílců. Proces recyklace je smysluplný, jelikož umožňuje snížit spotřebu základních primárních surovin a také celkové skládkové množství odpadu.

Efektivní využití recyklovaného odpadu pomáhá realizovat stavební projekty z již existujících materiálů, tudíž za nižší cenu a s menším negativním dopadem na životní prostředí. Díky snížení potřeby výroby základních surovin je obecně ušetřeno velké množství lidské práce a finančních zdrojů.

Celý proces recyklace stavebního odpadu je závislý na mnoha faktorech a je nezbytné dodržovat zákonem a normami předem stanovené postupy. [1]

1.1 SEZNAM NOREM PRO KONKRÉTNÍ POUŽITÍ KAMENIVA

- ČSN EN 13043 *Kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch*
- ČSN EN 12620+A1 *Kamenivo do betonu*
- ČSN EN 13139 *Kamenivo pro malty*
- ČSN EN 13242+A1 *Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace*
- ČSN EN 13055 *Pórovité kamenivo*
- ČSN EN 13450 *Kamenivo pro kolejové lože*
- ČSN EN 13383-1 *Kámen pro vodní stavby*
- ČSN 72 1519 *Ušlechtilé drtě pro teraca a povrchové úpravy*
- ČSN 72 2072-6 *Popílek pro stavební účely – Část 6: Popílek pro výrobu umělého kameniva spékáním*
- ČSN 72 2072-8 *Popílek pro stavební účely – Část 8: Popílek pro výrobu umělého kameniva za studena a urychleně vytvrzovaného*
- ČSN 73 6127-4 *Stavba vozovek – Prolévané vrstvy – Část 4: Kamenivo zpevněné popílkovou suspenzí*
- ČSN EN 14227-1 *Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace – Část 1: Směsi z kameniva stmelené cementem*
- ČSN EN 14227-2 *Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace – Část 2: Směsi z kameniva stmelené struskou*
- ČSN EN 14227-3 *Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace – Část 3: Směsi z kameniva stmelené popílkem*
- ČSN EN 14227-4 *Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace – Část 4: Popílkové směsi stmelené hydraulickými pojivy*
- ČSN EN 14227-5 *Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace – Část 5: Směsi z kameniva stmelené hydraulickými silničními pojivy*
- ČSN EN 14227-15 *Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace – Část 15: Zeminy stabilizované hydraulickými pojivy [2]*

Pro jasný přehled požadavků na kvalitu recyklovaných materiálů dodávaných výrobcem v ČR a EU jsou vydávány právní předpisy. [1][2]

1.2 POŽADAVKY NA RECYKLOVANÉ KAMENIVO

Hlavním ukazatelem kvality recyklovaného kameniva je jeho složení. Toto složení je primárně ovlivněno technologií a odborností demontáže. Vzhledem k tomu, že kamenivo z demolic staveb často obsahuje mnoho příměsí jiných látek, posuzuje se výsledná kvalita recyklovaného kameniva na základě procentuálního zastoupení jednotlivých látek, resp. jeho složení. Čím větší je zastoupení cizorodých látek, tím horší obecné vlastnosti kamenivo má. [1]

Jestliže je nutné zajistit určitou míru kvality přírodního kameniva, je logické, že je také potřeba dodržet určitá kritéria při výrobě kameniva recyklovaného. Existují zákony, které přesně vymezují kvalitu jednotlivých recyklovaných materiálů. Oproti kamenivu přírodnímu se dá říct, že na kamenivo recyklované jsou kladeny nižší nároky. Nezanedbatelným faktorem je například nasákavost kameniva, která je u recyklovaného kameniva zpravidla mnohem vyšší. [1]

Tab. 1 Souhrn vybraných požadavků na vlastnosti recyklovaného kameniva v jednotlivých státech [1]

<i>Vlastnosti</i>	<i>Belgie</i>	<i>Německo</i>	<i>Nizozemí</i>	<i>Portugalsko</i>	<i>Česká republika</i>
<i>Složení [% hmotnosti]</i>	$\geq 95 \%$ <i>drceného betonu</i>	$\geq 90 \%$ <i>drceného betonu</i>	$\geq 95 \%$ <i>drceného betonu</i>	$\geq 90 \%$ <i>drceného betonu</i>	$\geq 90 \%$ <i>drceného betonu</i>
<i>Objemová hmotnost [kg/m³]</i>	≥ 2200	≥ 2000	–	≥ 2200	≥ 2000
<i>Nasákavost [%]</i>	$\leq 10 \pm 2$	≤ 10	–	≤ 7	≤ 10
<i>Obsah jemných částic [%]</i>	1,5	–	1,0	4,0	–

1.3 DRUHY RECYKLÁTŮ

Zde jsou vyjmenovány a stručně popsány základní druhy recyklátů.

1.3.1 BETONOVÝ RECYKLÁT

Jedná se o recyklát, který se vyrábí drcením a následným tříděním betonu na různé frakce. Používá se především jako přísada do betonu a asfaltových směsí. Také lze využít do konstrukčních betonů nižších tříd, kde slouží jako výplň místo přírodního kameniva. [3][4]

1.3.2 ASFALTOVÝ RECYKLÁT

Asfaltový recyklát je primárně získáván recyklováním asfaltových směsí. Výsledný produkt se používá například při výrobě hutněných asfaltových vrstev, dále se přidává do směsí stmelených hydraulickými a asfaltovými pojivy. [3]

1.3.3 CIHELNÝ RECYKLÁT

Tento recyklát vzniká drcením a tříděním cihel, jiných maltových pojiv a dalších částí zdiva, které na stavbě můžeme najít. Lze ho opětovně použít například jako výplň do nového zdiva. [3][4]

1.3.4 RECYKLÁT Z HORNIN

Toto kamenivo je získáváno těžbou v místě budování nové komunikace, při které je nejčastěji odstraňován přírodní povrch a určitá vrstva zeminy. Výsledný výrobek má využití při stavbě a rekonstrukci vozovek, nebo například pro zásyp při výkopových pracích a rovněž se přidává do betonu a hutněných asfaltových vrstev. [3]

1.3.5 RECYKLÁT Z KAMENIVA KOLEJOVÉHO LŮŽE

Kamenivo je získáváno recyklací povrchu při odstraňování kolejového lože nebo rekonstrukci železnice. Používá se pro opětovnou výstavbu a opravy kolejových loží. [3]

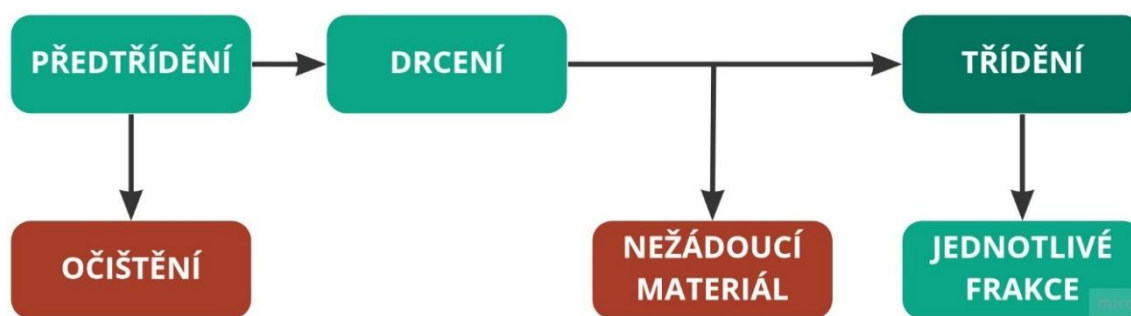
1.4 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU TŘÍDĚNÉHO MATERIÁLU

- Velikost mezer, respektive vzdálenost mezi jednotlivými pevnými částmi síta nebo roštu určují prostupovou plochu
- Velikost úhlu náklonu síta vůči vodorovné ose
- Vlhkost kameniva
- Tvarový charakter zrn, jejich různorodost a velikost
- Obsah lepidlových složek
- Zastoupení nežádoucích netříditelných materiálů, možných nebezpečných součástí a jiných nečistot [1][5][6]

2 PROCES RECYKLACE

Pro opětné a plnohodnotné využití recyklovaných stavebních materiálů je nezbytné zajištění jejich vysoké a trvalé kvality. Pro získání kvalitního stavebního recyklátu je nutno dodržet dnes již obecně známý a dodržovaný technologický postup, a to již od fáze výběru vhodné technologie demolice, následného třídění suti a jejich zdrobňování. [7]

Uspořádání technických strojů je různé na základě konkrétních požadavků recyklace a možností pracoviště. Správné navržení sestavení recyklační linky má pozitivní vliv na výslednou kvalitu recyklovaného materiálu, proto je důležité věnovat tomuto procesu již od počátku plnou odbornou pozornost. Existuje vícero variant, které lze v praxi použít, avšak vždy platí toto obecné schéma postupu práce, za účelem docílení obecně nejlepších koncových výsledků. [7]



Obr. 1 Schéma typického recyklačního procesu [7]

2.1 PŘEDTŘÍDĚNÍ

Obecnou podstatou předtřídění je odstranění nežádoucích nečistot ze směsi suti stavebního odpadu. Za nečistotu se například považuje hlína, která je nabalena spolu se stavebním odpadem ve směsi. Nejen že nečistoty zvyšují celkovou hmotnost tříděného odpadu, tudíž prodlužují celý proces recyklace, ale zároveň degradují vytríděný materiál, což ovlivňuje jeho následnou kvalitu. Dále je potřeba vytrídít kusy a díly stavebního odpadu, které drtiče z rozličných důvodů nejsou schopni zpracovat, příkladem mohou být velké kusy kamene, které by je mohly poškodit. Pro třídění nahrubo se užívají hrubo-tříděče. [7]



Obr. 2 Hrubotříděč McCloskey-R105 [10]

2.2 DRCENÍ

Drcení je proces, ve kterém se kamenivo, či obecně stavební odpad upravuje na potřebnou velikost. Výstupním produktem je nadrcený materiál, jehož velikost a další vlastnosti nemohou zásadně poškodit třídič, který v procesu následuje. Existují různé typy drtičů, které jsou více či méně vhodné na určité typy stavební sutě. Nejčastěji se užívá drtičů čelistových nebo drtičů odrazových. Existují další druhy mechanických drtičů, avšak jejich užití je spíše výjimečné. [7]

Výhodou čelistových drtičů je jejich nižší provozní cena a vyšší životnost. Nízká hlučnost a malá prašnost hrají u strojů tohoto typu velkou roli, proto jsou vhodné do měst, kde jsou tyto faktory bezesporu velice důležité. Recyklovaný materiál má horší tvarové vlastnosti než při použití drtiče odrazového. [7]

Naproti tomu odrazový drtič disponuje schopností otáčení lišt, tudíž je lze lépe materiálově využít. Životnost pracovních komponent je nižší a zpravidla nepřesahuje 15 000 tun zpracovaného materiálu. Výměna i otáčení pracovních lišt je časově potažmo finančně náročná. [7]

Z hlediska zdrobnění mají čelistové drtiče nižší poměr zdrobnění, výstupní materiál obsahuje ale méně jemných částic než drtič odrazový. Tvarové součinitele materiálu u odrazových drtičů jsou výrazně lepší než u produktu z čelistových drtičů. [7]

Správnou volbu technologie a principu, na kterém drtič funguje, ovlivňuje nadrcený materiál a celkový stav směsi. [7]



Obr. 3 Čelistový drtič FINLAY 1170AS [11]

2.3 TŘÍDĚNÍ

Třídění je proces, při kterém dochází k oddělování jednotlivých částic stejné velikosti nebo tvaru od směsi materiálu, která obsahuje různorodé zastoupení velikostí a množství daných částic. Oddělený materiál se tedy dělí typově na skupiny, které jsou charakteristické velikostí zrna. Ustálená označení těchto skupin jsou podíly, třídy, frakce a kategorie. Třídění kameniva se nejčastěji provádí mechanickým způsobem. Tento způsob je zpravidla nejlepší kombinací vstupní technické a finanční náročnosti a zaručené kvality výsledného vytřídění v předem stanoveném čase. [5]

Tříděný stavební odpad má vyšší hodnotu, jelikož umožňuje efektivnější budoucí zpracování. Stavební odpad se zhodnocuje v následujících hlediscích:

- Stavební odpad je roztríděn dle velikostí jednotlivých zrn do skupin, přičemž velikost jednotlivých zrn spadá do předem daného velikostního intervalu pro danou skupinu
- Zajištění efektivního zpracování stavebního odpadu tím, že skupiny materiálu, které jsou již vytríděny na požadovanou velikost zrn, lze odvést do míst cílených skládek, uskladnit do zásobníků, nebo distribuovat přímo ke koncovým zákazníkům. Skupiny, jejichž zrna jsou větších rozměrů, než je požadováno, prochází procesem drcení a následného třídění znovu.
- S cílem zajistit lepší mechanické, technické a chemické vlastnosti pro další zpracování jako jsou mísení, sušení, spalování, pálení apod. [5]

Na dnešním trhu můžeme registrovat širokou variaci strojů a technických řešení, které různými metodami umožňují třídit materiál. Nejčastěji se jedná o technická uzpůsobení na základě mechanického pohybu, kterým je vibrace, nebo rotace. Užívá se také například hydraulického třídění pomocí vodního proudu a třídění na principu vzdušného proudění. [5][8]

Nejčastěji se pro třídění materiálu na jednotlivé frakce používají roštové, bubnové nebo vibrační třídiče, existuje však řada dalších. Účelem tohoto dílčího procesu je třídění nadrceného materiálu na jednotlivé rozměrové kategorie, abychom mohli účelněji tento materiál dále zařadit do stavebního procesu. [8]



Obr. 4 Plošinový třídič McCloskey S130 [12]

V současnosti existuje v oboru recyklací stavebních sutí řada firem, využívajících pouze část výše uvedeného základního řetězce. Jedná se jak o provozování nejrůznějších třídících zařízení bez drtiče, tak také naopak – provozování samotného drtiče (většinou menších rozměrů) bez předtřídění a následného třídění. Vede je k tomu takřka vždy snaha, snížit na minimum provozní náklady. [7]

3 ROZDĚLENÍ MECHANICKÝCH TŘÍDIČŮ

Mechanické třídiče lze rozdělit podle řady kritérií. Jako velmi přehledné, lze uvést toto rozdělení:

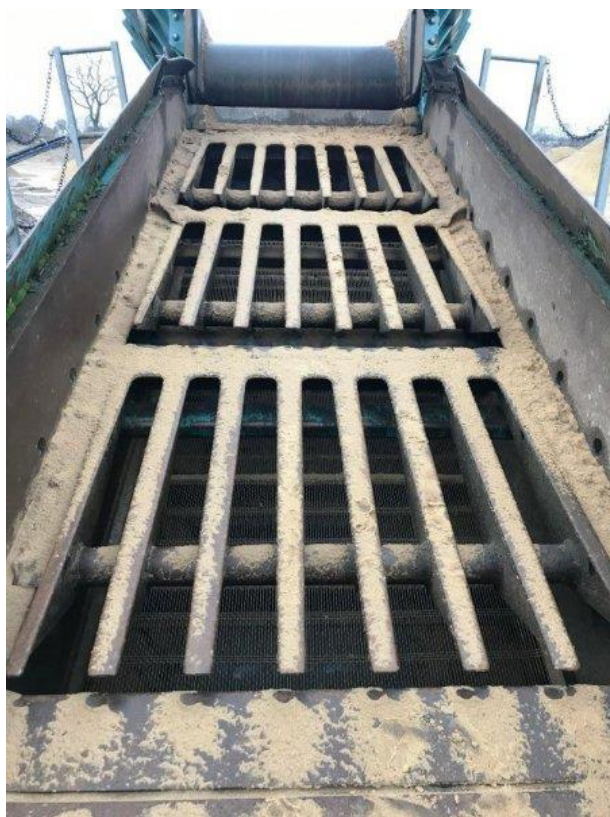
- *Podle velikosti třídného materiálu na:*
 - *roštové třídiče – pro velmi hrubé až hrubé třídění*
 - *síťové třídiče – pro střední, jemné až velmi jemné třídění a prosévání*
- *Podle druhů a konstrukčního uspořádání na:*
 - *roštové třídiče pevné a pohyblivé*
 - *rotační třídiče*
 - *plošné třídiče*
- *Podle pohybu třídící plochy na:*
 - *třídiče nepohyblivé – pevné rošty*
 - *třídiče pohyblivé*
 - *s pohybem elementů třídící plochy*
 - *roštové*
 - *s jednosměrným postupným pohybem třídící plochy*
 - *pásové rošty*
 - *s jednosměrným rotačním pohybem třídící plochy*
 - *rotační*
 - *s vibračním pohybem třídící plochy*
 - *kmitající v rovině plochy*
 - *kmitající v kolmé rovině k ploše*
 - *s prostorovým kmitáním [5]*

3.1 POPIS MECHANICKÝCH TŘÍDIČŮ Z HLEDISKA FUNKCE

3.1.1 ROŠTOVÉ TŘÍDIČE

Roštové třídiče se zpravidla používají v první fázi recyklačního procesu, tedy před primárním drcením. Účelem tohoto třídění je odstranění nežádoucích cizorodých látek ze směsi stavebního odpadu. Za nežádoucí látky se zejména považují kusy kamene, které přesahují maximální velikosti zpracovatelnou drtičem, kusy předmětů, které mohou jakýmkoli způsobem narušit proces drcení nebo poškodit samotný drtič, kontaminované materiály, hlína apod. Tento typ třídiče je vhodný pro třídění velmi nahrubo tj. pro zpracování zrn jejichž velikost přesahuje 70 mm. [8]

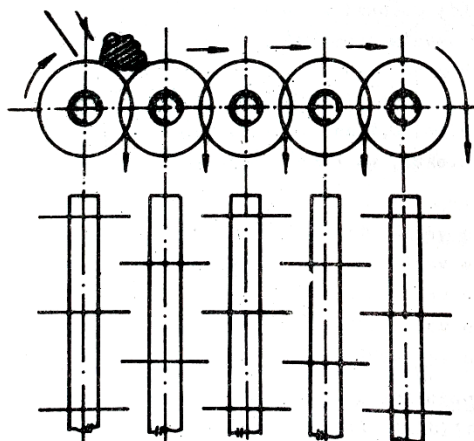
Roštový pevný třídič funguje na principu systematického uspořádání roštových elementů neboli kolejnic, které jsou uloženy v řadách, směrem dolů pod úhlem vůči vodorovné ose. Roštnice mají nejčastěji lichoběžníkový tvar, přičemž se jednotlivé kolejnice směrem dolů zužují. Menší zrna třídného materiálu propadají mezerami, respektive šterbinami, větší zrna a další nežádoucí materiál se odvaluje dál. Pohyb materiálu je samospádový. [5][6]



Obr. 5 Detail roštového hrubotřídiče POWERSCREEN 1400 Warrior [13]

V případě, že je potřeba docílit vyššího výkonu, lze aplikovat třídič roštový pohyblivý. Takový třídič se skládá ze dvou typů kolejnic pohyblivých a pevných. Pohyblivé roštnice zapříčiní lepší pohyb materiálu. [8]

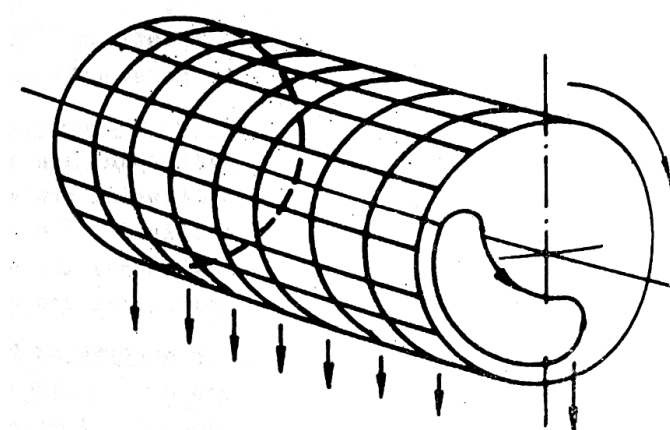
Roštový třídič s hřídelovými otočnými roštnicemi je dalším základním typem roštových třídičů. Pohyb zpravidla litinových roštových elementů je rotační a materiál se postupně unáší vlivem rotace. Velikost zrna, které propadá štěrbinou mezi těmito rotačními elementy, je dána roztečí mezi jednotlivými hřídeli. [5][8]



Obr. 6 Schéma třídiče vybavený pohyblivými rošty [5]

3.1.2 VÁLCOVÉ TŘÍDIČE

Válcové třídiče se užívají pro hrubé až střední třídění. Interval tříděných zrn se pohybuje již od několika milimetrů, přes desítky až lehce přesahující stovku milimetrů. Materiál prostupuje válcem, který rotuje rovnoměrnou rychlostí a je uložen v mírném sklonu vůči vodorovné ose. Rotační válec je složen z různých sít, přičemž každé síto má jinou velikost otvorů. Těmito otvory následně materiál propadá na pásový dopravník, nebo do připravených zásobníků. Materiál, který neprojde otvory síta, prostupuje až na konec válce, kde se shromažďuje další frakce. [8]



Obr. 7 Schéma síta válcového rotačního třídiče [5]

V sérii je zpravidla hned několik sít, většinou se tímto způsobem třídí materiál na dvě a více frakcí. Rotační válec neboli buben je umístěn v ocelové konstrukci. Existují bubnové třídiče, jejichž první síto, které je tvořeno velice jemnými otvory, chrání větší síto, které zabraňuje velkým zrnům materiálu poškozovat síto na zrna jemná. [8]



Obr. 8 Bubnový třídič DS 4020 [14]

3.1.3 VIBRAČNÍ TŘÍDIČE

Základními komponenty vibračního třídiče jsou kovová konstrukce, soustava sít, pružiny a výstředníkový hřídel. Metoda třídění pomocí vibračního třídiče je díky své technologii procesu a konstrukci třídiče přesnější. Tento typ třídiče je vhodný na zpracování materiálu s menšími zrny, nejčastěji se jedná o zrna do 70 mm. Třídění je kvalitnější a přesnější než u rotačních třídičů. [8]

Nejčastěji se používá soustava jednoho až pěti sít. Každé síto je tvořeno různě velkými a tvarovanými otvory. Pozice sít vůči sobě se volí nad sebou, nebo vedle sebe. Pokud se volí varianta sít nad sebou, je vždy síto s většími otvory umístěno výše. Vibrace jsou realizovány za pomoci excentrického hřídele nebo vibrátoru. V procesu třídění materiálu je kmitání nejčastěji v rozmezí 15-25 Hz, při kterém dochází k pohybu síta a tím k amplitudě vibrace 3 až 10 mm. [8]

Sklon vibračních třídičů se pohybuje od 17 do 19° a v této poloze jsou udržovány pomocí pružin. Je vhodné tyto třídiče zavěšovat pomocí ocelových táhel místo pevného uložení, protože vyvolávají velké dynamické síly. [8]



Obr. 9 Třídič McCloskey Kompatto SC 211 [15]

3.2 OBECNÁ KRITÉRIA PRO NÁVRH A KONSTRUKCI TŘÍDICÍHO STROJE

- **Účinnost** – Preciznost a přesnost velikosti zrna jednotlivých tříděných frakcí je primárním parametrem, který musí být dodržen z hlediska kvality výsledného produktu.
- **Výkon** – Co největší množství vytríděného materiálu za jednotku času při zachování požadované účinnosti.
- **Technické parametry** – Co nejmenší rozměry, hmotnost a dynamické účinky navrženého vozidla.
- **Finanční náročnost** – Praktická a jednoduchá montáž s co největším zastoupením normalizovaných dílů, pro zachování nízké ceny.
- **Odolnost** – Obecná odolnost stroje proti prašnosti, zhoršeným celkovým podmínkám, které jsou typické pro stavební prostory. Minimální choulostivost k poškození, či úplnému vyřazení z provozu kvůli zvýšené vlhkosti materiálu. Součásti, které přichází do styku s materiálem (síta, pásy) z nekorodujících materiálů.
- **Jednoduchost** – Co nejmenší množství technicky funkčních pracovních ploch a součástí za účelem zachování stroje co nejjednodušeji opravitelným.
- **Pohodlná pracovní obsluha** – Obsluha stroje musí být primárně bezpečná a v neposlední řadě co nejjednodušší.
- **Montáž a demontáž** – Snadná montáž a demontáž je důležitý faktor u menších, mobilních strojů, které se velmi často přepravují a upravují ke konkrétním požadavkům třídění.
- **Zamezení znehodnocení výsledného produktu** – Z hlediska dosažení maximální účinnosti je potřeba omezit, nejlépe úplně zamezit znehodnocování tříděného materiálu. Nežádoucí jev je drcení tříděného materiálu.
- **Zamezení znehodnocení okolního prostředí** – Zvýšená prašnost, hlučnost, jiné znečištění nebo kontaminování okolí. [6]

4 TYPY STROJŮ

V této kapitole jsou popsáni vybraní výrobci a jejich technická řešení v oblasti třídění stavebního odpadu. Výrobci a strojů existuje celá řada a omezený rozsah práce mi nedovoluje věnovat se všem. K představení typických konstrukčních prvků jsem vybral jak světové, tak i české výrobce. Podstatnými hledisky ve výběru byla výkonost stroje v rozmezí přibližně 10 až 80 t/hod., mobilita v terénu, druhy tříděných materiálů, typy konstrukce, celková odolnost a v neposlední řadě aktuální dostupnost na trhu.

U každého tříděče je stručně popsána jeho funkce a případně zmíněné výhody a nevýhody. Specifikace daných strojů jsou přehledně sepsány v tabulkách. Někteří výrobci uvádějí podrobnější specifikace tříděčů, jiní uvádí veřejně jen pár základních údajů, proto se množství údajů u konkrétních strojů může lišit.

Prezentovaní výrobci a jejich produkty:

- **McCloskey**
 - KOMPAQ
 - MINI SIZER
 - 123 SIZER
- **EVOQUIP A TEREX BRAND**
 - HARRIER 220
- **CZ SCREEN**
 - MS BIG
 - MDS MIDI
- **MB The Crushing Evolution**
 - MB-HDS214
 - MB-S10 S4
- **TEREX FINLAY**
 - 663 SUPERTRAK
- **RESTA**
 - TK7

McCloskey

McCloskey International je součástí společnosti Mesto Corporation, evropské sídlo ve Spojeném království. Jedná se o světovou průmyslovou společnost zabývající se již více než 30 let výzkumem, testováním a výrobou průmyslových strojů. Nabízí širokou paletu tříděčů různých typů a zaměření. McCloskey International se specializuje jak na stroje s nižší výkonností, tak na stroje s výkonností v řádu stovek tun za hodinu. [32]

EVOQUIP A TEREX BRAND

Výrobce EVOQUIP nabízí celou řadu strojů, které se například specializují na průmyslová odvětví ve stavebnictví, v lomech nebo i zemědělství. V řadě tříděčů se primárně dle nabídky specializuje na mobilní tříděče střední výkonnosti. Konkrétní produkt HARRIER 220 je mobilním tříděčem malých rozměrů, který se díky pásovému podvozku a ovládání může dobře pohybovat po pracovišti. [33]

CZ SCREEN

Jedná se o českou společnost specializující se na vlastní výrobu drtících a třídících strojů. Stroje jsou nižších výkonů přibližně do 100 t/h. Ve své kategorii nabízí širokou paletu variace strojů různých výkonností a konfigurací, díky které lze vybrat stroj na míru dle potřeby. Jeví se vhodnou volbou v případě poptávky malého třídíče. Zvolil jsem po jednom zástupci z kategorie vibračního třídíče a bubnového třídíče. [34]

MB The Crushing Evolution

Společnost MB je předním výrobcem zařízení, strojů a příslušenství pro stavebnictví, demolice a recyklaci. Například produkty z řady třídících lopat lze použít na jakýkoli typ rypadla a jejich konstrukce zajišťuje účinnou práci s materiálem přímo na místě. Tyto produkty jsou menších rozměrů a výkonnosti, avšak jsou velice zajímavým a univerzálním technickým řešením. [35]

TEREX FINLAY

Již více jak 60 let se na trhu pohybuje společnost TEREX FINLAY, která nabízí širokou řadu strojů pro celý proces recyklace stavebního odpadu. [36]

RESTA

Patří mezi první společnosti vyrábějící mobilní třídíče a drtiče založené v České republice a současně mezi největší a nejznámější výrobce mobilních třídíčů a drtičů u nás. [37]

4.1 VÝROBCE McCLOSKEY INTERNATIONAL

4.1.1 KOMPAQ

Popis:

Malý třídič určený pro recyklaci, kompostování, ornici, terénní úpravy a stavební průmysl. Třídič KOMPAQ disponuje velkými dvoupodlažními sítmi na čtyřech ložiscích a dvěma dopravníky, které umožňují celkem třísměrný únik materiálu. [16]

Díky vysoké výsypné výšce a integrované otočné konstrukci poskytuje třídič větší možnosti a variabilitu při směřování a skladování tříděného materiálu. Vysoká mobilita tohoto třídiče umožňuje třídění v místech, kde to dříve z důvodů náročného terénu nebylo možné. [16]

Dle mého názoru tento třídič nabízí a otevírá možnosti třídění odpadu v místech s horší dostupností. Otočná konstrukce zajišťuje sice větší mobilitu a variabilitu skladování, avšak v případě poruchy může působit větší problémy než konstrukce běžná. Pro větší množství komponent a pásových dopravníků je pořizovací cena jistě vyšší.

Specifikace:

Tab. 2 Specifikace vibračního třídiče McCloskey KOPMAQ [16][40]

hmotnost	7,5 t
třídící jednotka	vibrační třídič
počet sít	2
rozměry sít	2,4 m x 1,2 m
množství tříděných frakcí	3
sítová komora	čtyř ložiskové uspořádání
sklon	25° - 30°
dopravníky	Dva integrované sklopné dopravníky s výložní výškou 1,6 m a 3,1 m
pohon	vznětový motor, 36,6 kW
výkon	až 120 t/hod
transportní rozměry	délka 4,0 m, šířka 2,32 m, výška 2,30 m
mobilita	pásový podvozek



Obr. 10 Třidič McCloskey KOMPAQ [16]

4.1.2 MINI SIZER

Popis:

Třidič je vhodný pro menší demolice a terénní úpravy, kde je dobrý přístup po veřejné komunikaci, protože jeho mobilita je zajištěna pomocí návěsové konstrukce a tažného zařízení. Vzhledem k tomu, že třidič nemá vlastní prvky zajišťující pohyb přímo po pracovišti, není vhodný do náročného terénu a také je po dobu pracovní činnosti vázán na jedno místo. Výhodou je jednoduchá konstrukce a jeho univerzální využití. Celkově se jedná o třidič robustní a díky své jednoduché konstrukci lze předpokládat omezení rizika provozních poruch. [17]

Specifikace:

Tab. 3 Specifikace vibračního třidiče McCloskey MINI SIZER [17][41]

hmotnost	3,2 t
třídící jednotka	vibrační třidič
počet sít	2
rozměry sít	1,5 m x 1,5 m
množství tříděných frakcí	2
sítová komora	dvou ložiskové uspořádání
dopravníky	bez dopravníků
pohon	vznětový motor, 7,1 kW
výkon	až 40 t/hod
transportní rozměry	délka 5,43 m, šířka 2,23 m, výška 3,13 m
mobilita	Hydraulická kola a tažné zařízení, konstrukce formou přívěsu



Obr. 11 Třidič McCloskey MINI SIZER [17]

4.1.3 123 SIZER

Popis:

Tento typ třídiče je vhodný pro lomové a těžební prostředí, kde jsou náročnější podmínky a je zapotřebí odolnějšího vybavení. Třídič 123 SIZER je vybaven pevnou šroubovou konstrukcí a vysokopevnostní ocelovou děrovanou deskou, která odolá nárazům i těch nejtěžších materiálů. Pro svou robustní konstrukci ho lze považovat za jeden z odolnějších třídičů na trhu. Nevýhodou může být jeho vysoká hmotnost. [18]

Specifikace:

Tab. 4 Specifikace vibračního třídiče McCloskey 123 SIZER [18][42]

hmotnost	23 t
třídící jednotka	vibrační třídič
počet sít	2
množství tříděných frakcí	2
dopravníky	2,2 m široký výstupní dopravník
pohon	vznětový motor, 74 kW
transportní rozměry	délka 11,95 m, šířka 2,60 m, výška 3,36 m
mobilita	pásový podvozek krytý ze stran



Obr. 12 Třidič McCloskey 123 SIZER [18]

4.2 VÝROBCE EVOQUIP A TEREX BRAND

4.2.1 HARRIER 220

Popis:

Harrier 220 je malý a robustní třídič určený pro recyklaci, kompostování, ornici, terénní úpravy a stavební průmysl. Díky své kompaktní velikosti a mobilitě pásového podvozku je Harrier 220 nejvhodnějším pro malé třídící provozy. [19]

Největší výhody tohoto třídiče spočívají v jeho kompaktnosti a využití v terénu. Jeví se mi jako nejvhodnější volbou pro malé třídící operace v horším terénu a v místech s nutností častého přesunu třídiče. Nevýhodou může být vzhledem k hodně náročné celkové konstrukci pořizovací cena.

Specifikace:

Tab. 5 Specifikace vibračního třídiče EVOQUIP HARRIER 220 [19]

hmotnost	3,3 t
třídící jednotka	vibrační třídič
počet sít	2
rozměry sít	2,2 m x 1 m
množství tříděných frakcí	3
dopravníky	1000 mm široký sběrný pás, 400 mm široký s výstupní výškou 1,87 m 400 mm široký s výstupní výškou 1,1 m
pohon	vznětový motor, 21 kW
transportní rozměry	délka 3,7 m, šířka 1,58 m, výška 2,21 m
mobilita	pásový podvozek



Obr. 13 Třidič EVOQUIP HARRIER 220 [19]

4.3 VÝROBCE CZ SCREEN

4.3.1 MS BIG

Popis:

Jedná se o univerzální malý třídič vhodný pro všechny sypké materiály a při použití za účelem odprašování a odhlinění. Třídič je vyroben pro zpracování stavební suti, drceného kameniva, šterku, písku, uhlí a jiných materiálů. [20]

Specifikace:

Tab. 6 Specifikace vibračního třídiče CZ SCREEN MS BIG [20]

hmotnost	3,3 t
maximální plnicí šíře lopaty	2500 mm
třídící jednotka	vibrační třídič
počet sít	2
rozměry sít	2,2 m x 1 m
množství tříděných frakcí	2
pohon	elektromotor, napětí 400 V, příkon 1,8 kW
výkon	50 až 100 t/hod
transportní rozměry	délka 1,62 m, šířka 2,85 m, výška 2,64 m
mobilita	nepohyblivý



Obr. 14 Třidič CZ SCREEN MS BIG [20]

4.3.2 MDS MIDI

Popis:

Vhodné pro třídění zemin, dřevních štěpků, kompostů, drcených plastů a dalších průmyslových materiálů. Bubnový třídič má výhodu velké třídící plochy. I přesto, že je pro transport umožněno sklopení obou nosných spodních částí, mohou větší rozměry působit potíže. Rozměry mohou být komplikací zejména na pracovišti, obzvláště kvůli vysoko položené nákladové ploše pro vstup materiálu. [21]

Specifikace:

Tab. 7 Specifikace bubnového třídiče CZ SCREEN MDS MIDI [21]

hmotnost	1,2 t
maximální plnicí šíře lopaty	1900 mm
třídící jednotka	bubnový třídič
počet sít	1
rozměry sít	2,2 m x 1 m
množství tříděných frakcí	2
pohon	elektromotor, napětí 400 V, příkon 3,1 kW
výkon	20 až 50 t/hod
transportní rozměry	délka 3,03 m, šířka 2,08 m, výška 2,92 m
mobilita	nepohyblivý



Obr. 15 Třidič CZ SCREEN MS BIG [21]

4.4 VÝROBCE MB THE CRUSHING EVOLUTION

4.4.1 MB-HDS214

Popis:

Vhodné pro různé druhy materiálů a širokou škálu pracovních míst. Jednoduchá, a přitom dobře funkční konstrukce tohoto příslušenství, které je možné připojit k běžnému rypadlu, je velice zajímavým a specifickým technickým řešením v odvětví třídění. Třídící lopata má sice nízkou výkonnost, avšak pro malé stavební práce je velmi vhodným řešením, jelikož nevyžaduje speciální odbornost pracovníků ani náročné technické zázemí. Také ve špatně přístupných místech, kde se zpravidla lze dostat pouze k tomu určenou technikou, je volba třídící lopaty nebo bubnu vhodnou volbou. [22]

Specifikace:

Tab. 8 Specifikace MB The Crushing Evolution MB-HDS214 [22]

rozměry	1380 mm x 1125 mm x H 950 mm
tlak	200 bar
hmotnost	0,82 t
kapacita naplnění	0,5 m ³



Obr. 16 Třidič MB The Crushing Evolution MB-HDS214 [22]



Obr. 17 Třidič MB The Crushing Evolution MB-HDS214 v provozu [22]

4.4.2 MB-S10 S4

Popis:

Třídící „sud“ je obdobným technickým řešením jako třídící lopata MB-HDS214. Tento třídící prvek je vhodný do míst s omezeným přístupem, nebo do malých prostor. Rychlý a jednoduchý proces třídění. Díky rotaci bubnu dochází k pohybu materiálu a ten propadává otvory síta. Materiál, který nepropadne se v jako případě MB-HDS214 následně vysype jako druhá frakce. [23]

Jako nevýhoda obou těchto technických řešení se jeví malá výkonnost nebo nepřesnost třídění způsobená lidským faktorem při manipulaci pomocí rypadla. [23]

Specifikace:

Tab. 9 Specifikace MB The Crushing Evolution MB-S10 S4 [23]

rozměry	1229 mm x 950 mm x H 1010 mm
Tlak	> 130 < 40 bar
hmotnost	0,41 t
kapacita naplnění	0,32 m ³



Obr. 18 Třídíč MB The Crushing Evolution MB-S10 S4 [23]



Obr. 19 Třidič MB The Crushing Evolution MB-S10 S4 v provozu [23]

4.5 VÝROBCE TEREX FINLAY

4.5.1 663 SUPERTRAK

Popis:

Jedná se o mobilní vibrační třídič s výkonem až 120 t/hod. Má vlastní pohonnou jednotku a vytříděný materiál je unášen třemi pásy, které mají velkou výsypnou výšku. Tato výška je velmi praktická, jelikož zvyšuje haldovací kapacitu a třídič tak není nutno často manévrovat. Velká variabilita naklonění třídiče je výhodou. Nevýhodou může být vysoká hmotnost. [24]

Specifikace:

Tab. 10 TEREX FINLAY 663 SUPERTRAK [24]

hmotnost	18,5 t
vstupní násypka	5,8 m ³
třídící jednotka	vibrační třídič
počet sít	2
rozměry sít	horní síto 1,25 x 3,05 m, spodní síto 1,25 m x 2,35 m
množství tříděných frakcí	3
sklon třídiče	18° až 39°
pohon	vznětový čtyřválec DEUTZ F4L 914, 53 kW
výkon	60 až 120 t/hod
obsah palivové nádrže	145 l
obsah hydraulického systému	350 l
dopravníky	Hlavní pás, šíře 800 mm, hladký běhoun Dva boční, hydraulicky sklopné pásy 650 mm, profilované běhouny, plynulá regulace rychlosti, výsypná výška 4125 mm, haldovací kapacita cca 93 m ³ Čelní vynášecí pás podsítného, šíře 1000 mm, hydraulicky sklopný a stavitelný, výsypná výška 3753 mm, haldovací kapacita 80 m ³
provozní rozměry	délka 13,85 m, šířka 14,65 m, výška 5,01 m
transportní rozměry	délka 12,5 m, šířka 2,75 m, výška 3,36 m
mobilita	pásový nebo kolový podvozek



Obr. 20 Třídíč TEREX FINLAY 663 SUPERTRAK [24]

4.6 VÝROBCE RESTA

4.6.1 TK7

Popis:

Třidič je vhodný pro třídění stavebního odpadu, zeminy, uhlí, písku, šterku a přírodního kameniva. Vibrační třidič s vysokou výkonností až 180 t/hod je přimontován ke kontejnerovému podvozku, díky tomu je jeho transport velice jednoduchý. Nevýhodou je, že se nedostane do nepřístupných míst, jelikož jeho další pohyb po pracovišti není nijak zajištěn. Třidič TK7 od výrobce RESTA je vhodný do míst staveb s dobrou dostupností a na pracoviště s méně častou nutností přesunu třidičů. [25]

Specifikace:

Tab. 11 Specifikace RESTA TK7 [25]

hmotnost	7,5 t
třídící jednotka	vibrační třidič
počet sít	2
rozměry sít	1,2 m x 3 m
množství tříděných frakcí	3
dopravníky	tři výstupní pásy
pohon	elektrický, samostatná centrála
vstup	200 mm
výkon	60 až 180 t/hod
mobilita	kontejnerový podvozek



Obr. 21 Třídíč RESTA TK7 [25]

5 MOBILITA TŘÍDIČŮ

Velmi podstatným faktorem při posuzování, zda je třídící stroj praktický, je jeho mobilita. Předtím, než se zvolí správný typ stroje, dle mobility, je potřeba zhodnotit jeho budoucí funkci. Na stavební odpad, u kterého je vysoký požadavek na kvalitu tříděných zrn, se dá říct, že je lepší stacionární linka. V případě, že je požadavkem časté přemísťování místa konání třídění a dostačuje nižší výkon a kvalita výsledných zrn, volí se mobilní linka. Vždy tedy závisí na konkrétní situaci, celkovém množství stavebního odpadu a koncovým požadavkům na kvalitu zrn.

5.1 MOBILNÍ LINKY A SEMI-MOBILNÍ LINKY

Flexibilita, resp. možnost pozicování recyklačních strojů na pracovišti je praktickým benefitem, avšak je vykoupena nižší kvalitou výstupního produktu. Vzhledem k menším rozměrům a nižší maximální hmotnosti, není stroj vybaven nejúčinnějšími a nejdokonalejšími komponenty, které finální kvalitu výstupního materiálu přímo ovlivňují. Lze říct, že se jedná o nejrozšířenější typy drtících a třídících strojů. Pro svou univerzálnost a praktičnost jej volí většina společností. Pro zvýšené náklady spojené s návrhem a realizací podvozku a celkového pohonu jsou tyto stroje finančně dražší v porovnání s výkonem stacionárních linek. [9]

5.2 STACIONÁRNÍ LINKY

Tyto stroje nejsou natolik omezeny svým maximálním rozměrem ani hmotností jako mobilní alternativy. Vzhledem k tomu, že jsou po celou dobu životnosti umístěny stále na jednom místě, mohou být vybaveny podstatně kvalitnějšími komponenty, které zaručují jak daleko vyšší výkon, tak vysokou kvalitu a čistotu výsledných frakcí. Je žádoucí dodržet zejména přesnost požadovaného rozměru a tvaru zrn tříděného materiálu. Umístění těchto strojů bývá většinou mimo městskou zástavbu v takzvaných recyklačních střediscích na k tomu vyhovujících prostorách, tudíž se není třeba obávat například zvukových či prашných limitů na urbanizovaném území, či jiných negativních dopadů spojených s velkým množstvím dováženého a odváženého stavebního materiálu.

Ve fázi přípravy a návrhu stavby se uplatňují především požadavky hygienické (pásmo hygienické ochrany proti hluku a prašnosti). Problémy v urbanizovaném území může působit též dopravní zatížení (frekvence provozu, nároky na únosnost veřejných cest). [9]



Obr. 22 Drtící a třídící linka [26]

6 PODVOZKY

Mobilita technických strojů zpracovávací stavební odpad je většinou zajištěna kolovým nebo pásovým podvozkem.

6.1 PODVOZKY KOLOVÉ

Tento způsob se používal v minulosti, kdy pásové podvozky nebyly natolik rozšířené. Pohyb třídící či jiných stavebních strojů zajišťovala klasická kola s pneumatikami na nápravě, jako je to například u jiné těžké techniky traktoru a podobně. Kolový podvozek zajišťuje možnost přesunu třídící jednotky po běžné veřejné komunikaci, avšak na pracovišti se kvůli často špatnému terénu stává takřka nemobilním.



Obr. 23 Mobilní třídící PRONAR MPB 20.55 [27]

6.2 PODVOZKY PÁSOVÉ

Postupem času se zdokonalila technologie pásových podvozků a tyto těžké stroje na ně postupně ve většině přešly. Vzhledem k tomu, že je pásový podvozek mnohem odolnější vůči terénním nerovnostem a má také lepší vlastnosti, užívá se v méně přístupném terénu. Obecně je tato varianta u mobilních třídících i drticích strojů současnosti převažující.



Obr. 24 Warrior Screen: Warrior 600 [28]

7 KONCEPČNÍ NÁVRH MOBILNÍHO TŘÍDIČE

Cílem tohoto koncepčního návrhu je sestavit mobilní třídič, který bude odpovídat výkonovému zadání do 20 t/h. Maximální výkonost třídění se velice mění v závislosti na typu tříděného materiálu, jeho stavu, vlhkosti a dalších faktorech, budu tedy brát tuto hodnotu jako orientační. Dalším faktorem, který je potřeba splnit při návrhu, je mobilita třídícího stroje.

7.1 VOLBA TŘÍDIČE DLE FUNKCE

Nejvhodnější typ třídiče dle funkce pro takto malou výkonnost je druh vibračního třídiče. Například válcové nebo roštové třídiče jsou vhodnější pro vyšší výkonnostní požadavky, nebo pro úplně jinou část procesu jako je předtřídění. Pro takto malý výkon třídiče se nevyplatí válcový třídič z důvodu velkých koncových rozměrů. Zvolení vibračního třídiče je z návrhového hlediska nejvhodnější. Vzhledem k omezenému rozsahu této práce, není na doporučení vedoucího doplněna o množství výpočtů. Jedná se tedy pouze o koncepční návrh, jak by třídící stroj mohl vypadat a z jakých komponent by mohl být složen.

7.2 VIBRAČNÍ TŘÍDIČE NA TRHU

Aktuálně na trhu figuruje několik společností, které stroje tohoto typu vyrábí a pronajímají. Mezi společnostmi, které se tímto zabývají patří například CZ SCREEN s.r.o. a DB Engineering s.r.o. Třídiče těchto výrobců vyhovují zadání a jsou u nás na trhu lehce k dostání, tudíž je považuji za vhodnou volbu při poptávce obdobného třídiče. Přehled základních specifikací daných strojů, které odpovídají zadání jsou přehledně popsány v Tab. 12.

Tab. 12 Specifikace vyhovujících třídících strojů s výkonností ± 20 t/hod [29][30][31]

Označení stroje	MS MICRO	MS 2000	TRASESCREEN DB-25S
Výrobce	CZ SCREEN	Rosenau-Recycling	DB Engineering
Výkon třídiče	10-20 t/h	až ± 60 t/h	7-25 t/h
Maximální šířka lopaty	1900 mm	1800 mm	1990 mm
Tříděné frakce	2	3	2
Plocha síta	2 m ²	2 m ²	1,82 m ²
Příkon	400 V, 0,5 kW	400 V, 0,55 kW	400 V, 0,55 kW
hmotnost	500 kg	750	480 kg
Šířka	2100 mm	2010 mm	1288 mm
Délka	1300 mm	1210 mm	1288 mm
Výška	1970 mm	1991 mm	1960 mm



Obr. 25 Vibrační třídič MS MICRO [29]



Obr. 26 Vibrační třídič TRADESCREEN DB-25S [30]

7.3 VLASTNÍ NÁVRH VIBRAČNÍHO TŘÍDIČE

7.3.1 MODEL VIBRAČNÍHO TŘÍDIČE

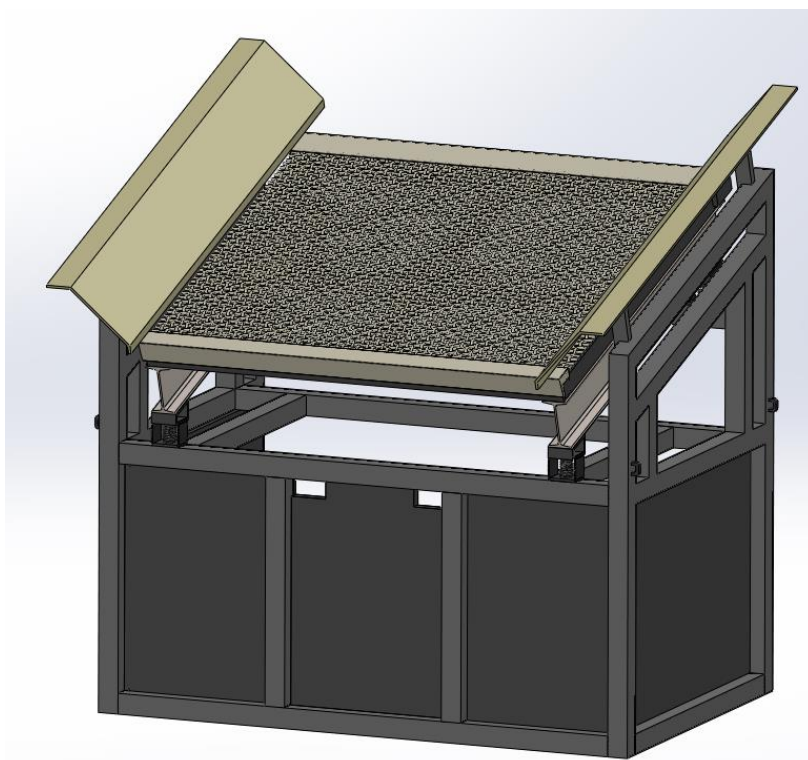
Navržený vibrační třídič je z kovové konstrukce, na které je za pomoci vinutých válcových pružin uložen rám pro síto a elektromotor. K rámu lze přimontovat síto s libovolným vzorem, respektive velikostí mezer, a to za předpokladu, že jako celek nepřesáhne maximální rozměry dané rámem pro síto. Ze spodní strany rámu pro síto lze přimontovat vibrační elektromotor, který díky vibracím a samospádu zajišťuje plynulý pohyb materiálu po nakloněném sítu.

Postranní plechové zábrany usměrňují vsypávaný materiál a zabraňují vypadávání materiálu do stran. Tyto plechové zábrany jsou přimontovány v horní části ke kovové konstrukci. Ve spodní části je konstrukce oplechovaná a odděluje tak vnitřní prostor s jednou frakcí, od vnějšího prostoru s frakcí druhou. Z čela jsou otvory pro vidlice a po stranách celkem čtyři oka pro manipulaci pomocí ocelových lan.

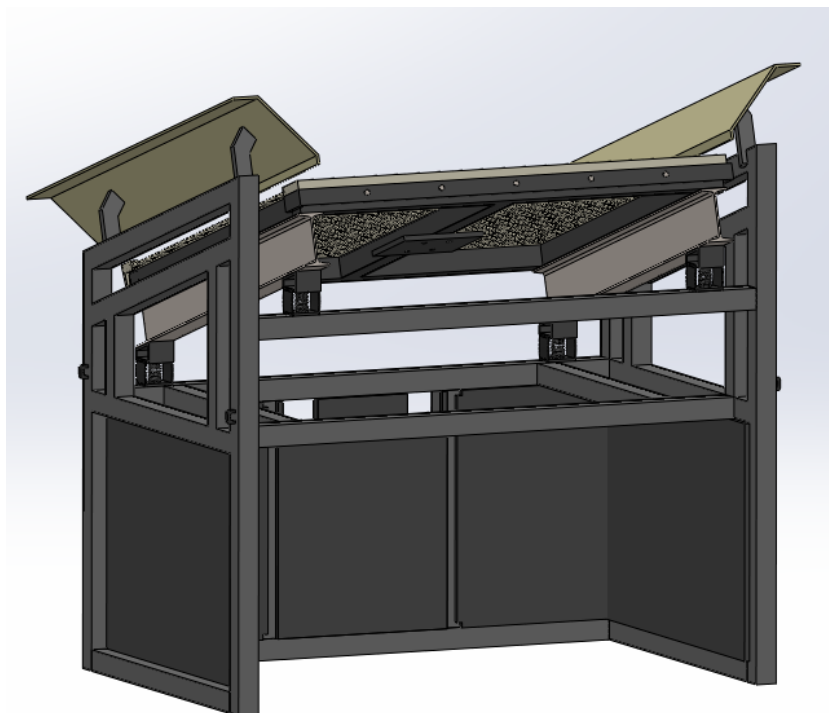
Celkové maximální navrhované rozměry jsou:

- šířka 2280 mm,
- délka 2600 mm,
- výška 2310 mm.

Z boku lze na kovovou konstrukci připevnit ovládací panel, který lze s vibračním motorem spojit kabeláží. Pravděpodobně nejbezpečnější směr, ze kterého je nejvhodnější se ke stroji za chodu přibližovat, je z boku, tudíž volím ovládací panel na jedné ze stran.



Obr. 27 Model navrženého vibračního třídiče – pohled zepředu



Obr. 28 Model navrženého vibračního třídiče – pohled zezadu

7.3.2 NÁVRH KOVOVÉ KONSTRUKCE

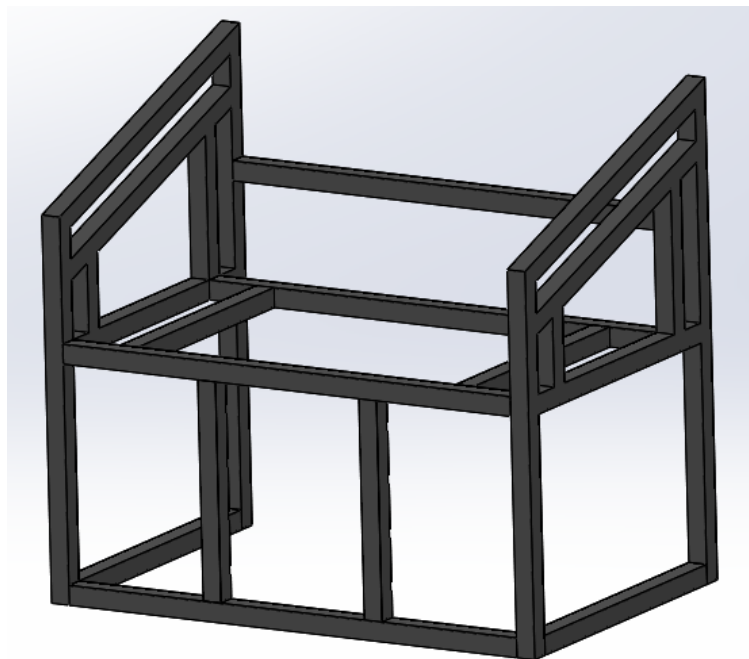
Konstrukce je základem pro montáž všech dalších důležitých komponent zajišťující třídění a tvoří kostru celého vibračního třídícího stroje. Ke kovové konstrukci lze i díky volbě dobře svařitelné oceli následně další konstrukční prvky přivařit, nebo pokud je to v daném případě vhodnější přimontovat šroubovými spoji. Vzhledem k tomu, že se jedná o malý třídící stroj, není ke konstrukci přimontován kolový ani pásový podvozek. Mobilitu vibračního třídiče zajišťují postranní úchyty a otvory pro vidlice viz kap. 7.3.7

Kovová konstrukce musí být stabilní, pevná, dobře vyvážená a držet bezpečně vše pohromadě. Kovová konstrukce je navržena z Jäklů z uzavřených ocelových profilů z konstrukční oceli. Vzhledem k dobré dostupnosti tohoto materiálu je konstrukční ocel vhodnou volbou. Konstrukční ocel tohoto typu splňuje hned několik základních požadavků, mezi něž patří například možnost dobré svařitelnosti, jednoduchá manipulace s materiálem, fyzikální vlastnosti a cena.

Pro tento konkrétní návrh je zvolena konstrukční ocel S235JRH / E235 čtvercová rozměrech 80x80x4 [mm] nebo obdélníková o rozměrech 80x60x4 [mm]. Pro zvolení ideálních rozměrů je potřeba výpočet hmotnosti všech komponentů a maximálního možného množství tříděného materiálu, které může v nejvytíženějším okamžiku na konstrukci působit. Na základě součtu všech hmotností zvolit adekvátní rozměry profilu konstrukční oceli, aby byla nosnost a stabilita celé konstrukce dostačující. Nákup materiálu možný u KÖNIGFRANKSTAHL, s.r.o.

Navrhované maximální rozměry konstrukce:

- šířka 2160 mm,
- délka 1400 mm,
- výška 2000 mm.

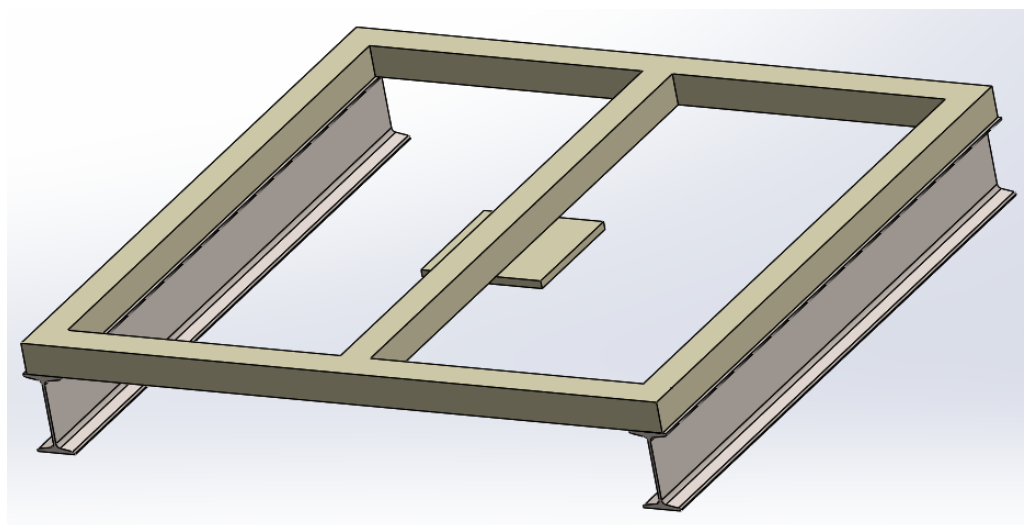


Obr. 29 Návrh základní kovové konstrukce vibračního třídiče

7.3.3 RÁM PRO SÍTO A ELEKTROMOTOR

Rám pro síto a elektromotor je navržen z ocelových I profilů a kovového rámu z konstrukční oceli. Rozměry kovového rámu pro síto jsou 1700 mm x 1600 mm. Kovový rám a I profily jsou k sobě přivařeny. Ke konstrukci lze připevnit prakticky jakékoli síto, které nepřekročí maximální rozměry rámu. Ze spodní části rámu je platforma a prostor k přimontování vibračního elektromotoru.

Celý rám pro síto a elektromotor je za pomoci konzolí usazen na pružinách a připevněn ke kovové konstrukci vibračního stroje. Po výpočtu a určení správných rozměrů je možno zakoupit pružiny například od společnosti Alcomex Spring Works, s.r.o.



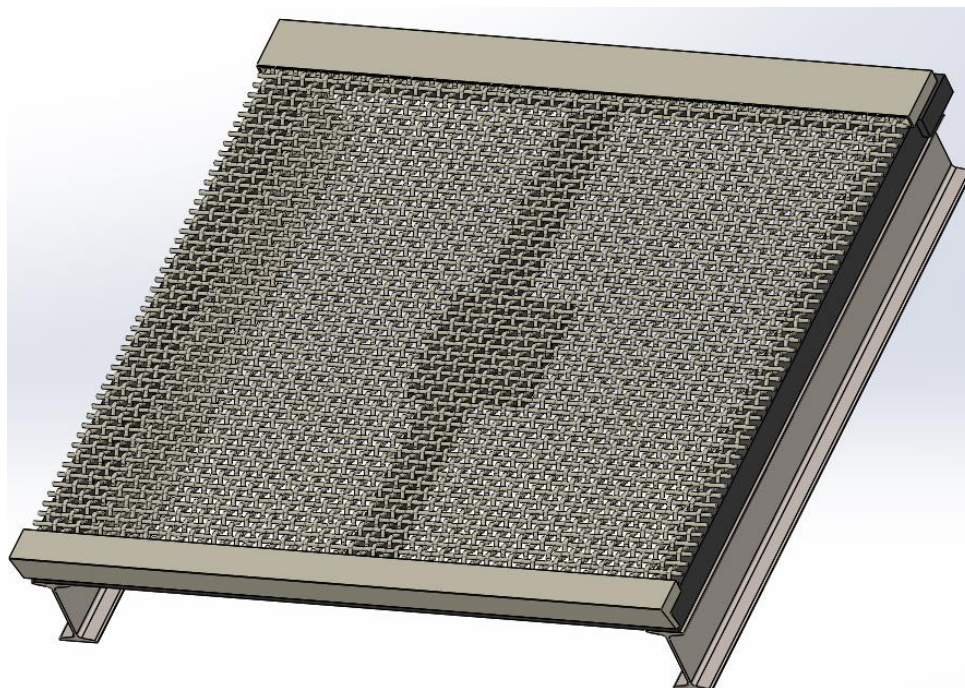
Obr. 30 Rám pro třídící síto a elektromotor

7.3.4 Třídící síto

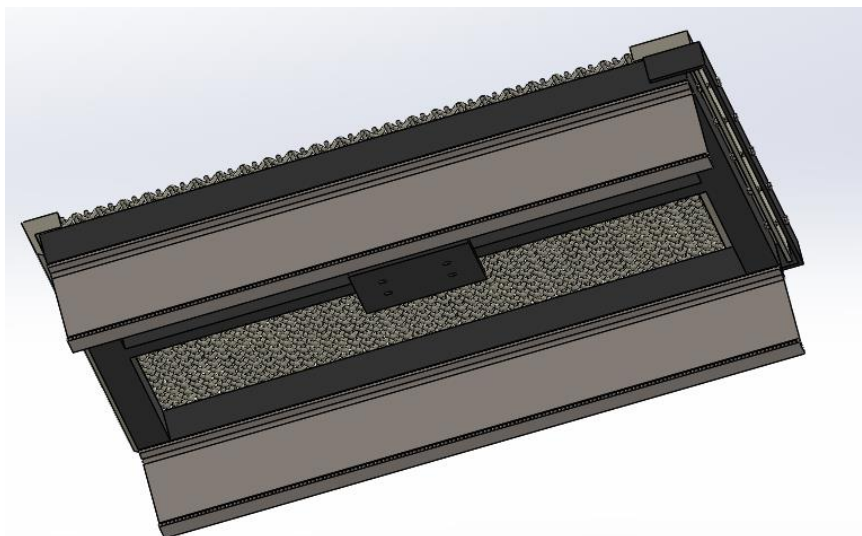
Průmyslové třídící síto vyrobeno na míru v rozměrech 1700 mm x 1600 mm od společnosti EURO SITEX, s.r.o. vhodné pro třídění různých druhů sypkých materiálů. Síto je opatřeno tvarovými prvky na dvou protilehlých stranách viz ilustrační Obr. 31. Na jedné straně síto uloženo a zachyceno o hranu Rámu pro síto, na straně druhé zachyceno a zajištěno pomocí šroubů k Rámu pro síto viz Obr. 33, Obr. 34 a Obr. 35. Celý Rám pro třídící síto a elektromotor včetně namontovaného síta je znázorněn na Obr 32 a Obr. 33. Třídící síto je napnuto přitažením celkem pěti šrouby.



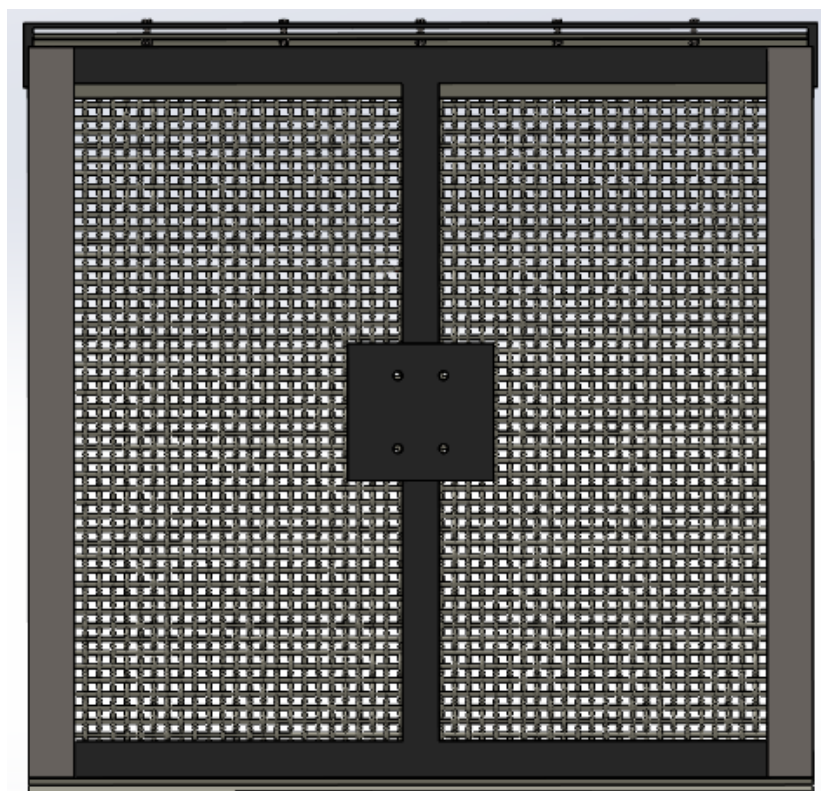
Obr. 31 Znáznornění tvarového prvku – Síto Vibra Screener [38]



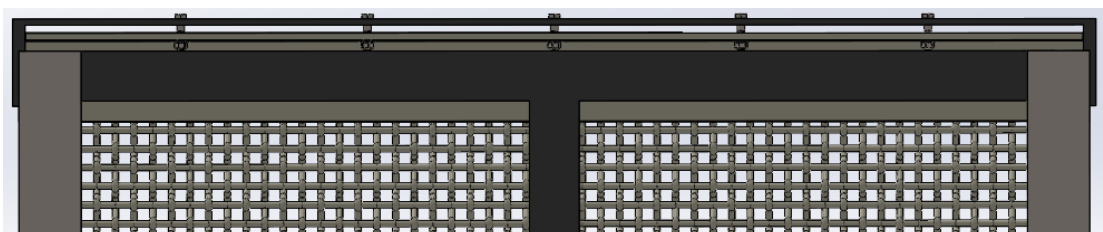
Obr. 32 Rám pro třídící síto a elektromotor včetně síta



Obr. 33 Rám pro třídící síto a elektromotor včetně síta 2



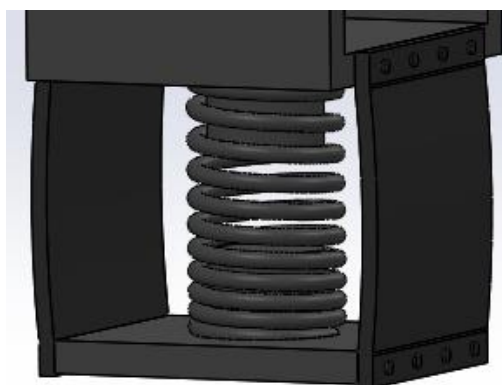
Obr. 34 Rám pro třídící síto a elektromotor včetně síta – zdola



Obr. 35 Rám pro třídící síto a elektromotor včetně síta – detail šroubů

7.3.5 ULOŽENÍ RÁMU PRO SÍTU A ELEKTROMOTOR

Rám pro síto a elektromotor s třídícím sítem je na kovové konstrukci uložen ve sklonu 18° vůči vodorovné rovině. Rám je usazen na vinutých válcových pružinách, které umožňují pohyb síta při chodu vibračního motoru. Pro zajištění pružinového uložení jsem zvolil pryžové postranní manžety, které brání případnému nežádoucímu odpojení. Toto uložení je znázorněno velmi ilustračně, koncová podoba rozměrů a velikostí pružiny, podstavce, resp. konzole v kterém je uložena i výsledná podoba manžet, se může velmi měnit na základě výpočtů, které je potřeba provést.



Obr. 36 Ilustrační znázornění pružinového uložení – detail



Obr. 37 Znázornění pružinového uložení Rámu ke Konstrukci

7.3.6 VOLBA VIBRAČNÍHO ELEKTROMOTORU

Rozměry navrhovaného třídiče jsou malé a požadované množství zpracovaného materiálu za hodinu taktéž. S malými rozměry a jednoduchou konstrukcí je hmotnost třídiče relativně malá, tudíž není zapotřebí extrémně silného vibračního elektromotoru.

Pro účely navrhovaného stroje volím vibrační elektromotor BM650/3 od společnosti VYBO Electric a.s., která se na elektromotory specializuje. Tento elektromotor má výkon 0,5 kW, což by mělo být s ohledem na výše zmíněné dostačující.

Vzhledem k omezenému maximálnímu rozsahu bakalářské práce zde není uvedena rozsáhlá analýza vybraného elektromotoru s třídičem. Tento motor je tedy považován za výchozí typ při výběru. Jeho bližší specifikace a modifikace lze přizpůsobit na základě výpočtů souvisejících s třídičem.

Vibrační elektromotor BM 650/3 se jmenovitými otáčkami 2800 ot.min⁻¹:

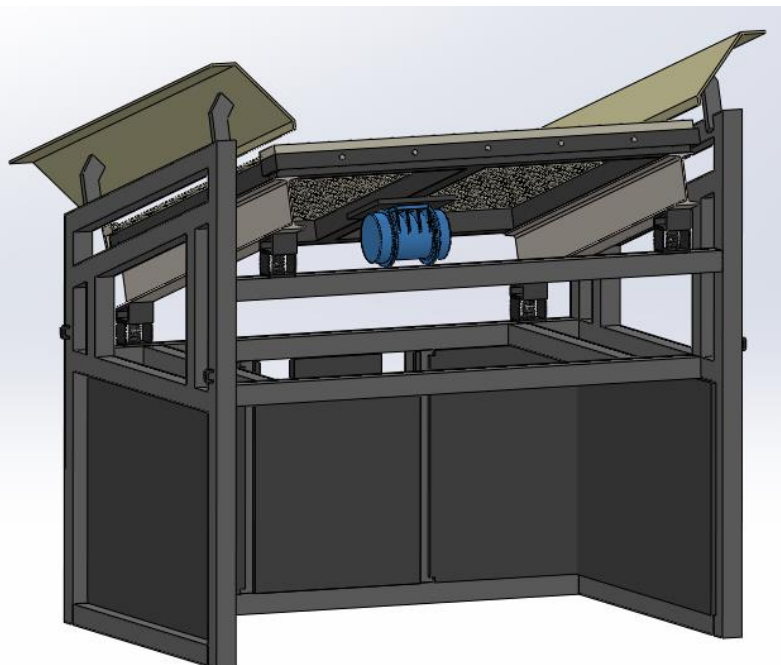
Tab. 13 Mechanická a Elektrická data elektromotoru BM 650/3

Mechanická data		
parametr	při 50 Hz	při 60 Hz
statický moment	66,4 kgmm	47,4 kgmm
odstředivá síla při 1500 rpm	668 kg, 6,55 kN	-
odstředivá síla při 1800 rpm	-	687 kg, 6,74 kN
hmotnost	21 kg	20,4 kg
Elektrická data		
parametr	při 50 Hz	při 60 Hz
vstupní výkon	500 W	600 W
jmenovitý proud při 400 V	0,98 A	-
jmenovitý proud při 460 V	-	0,85 A
Is/In poměr	4,45	4,6



Obr. 38 Vibrační elektromotor Typ BM 650/3 [39]

Vibrační elektromotor je přimontován pomocí šroubů ke spodní části Rámu pro síto a elektromotor na konzolové ploše k tomu určené. Velikost rozteče děr pro šrouby a průměry šroubů se mohou lišit v závislosti na konečném vybraném elektromotoru. V případě tohoto konkrétního elektromotoru se jedná o šrouby M14x1,5. Motor přišroubován ze spodní části na vyznačené ploše viz Obr. 39.

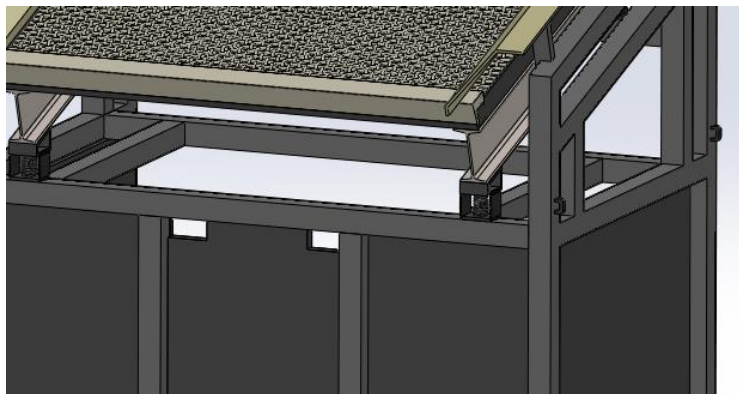


Obr. 39 Znáznornění místa uchycení elektromotoru BM 650/3 na konstrukci třídiče

7.3.7 MOBILITA

Třídíč je koncipován na pevném rámu a manipulace s ním je možná pomocí jeřábu či rypadla vybaveného jeřábovým hákem nebo vidlicovým příslušenstvím. Přeprava mezi pracovišti se předpokládá v kontejneru.

Doplnění stroje o podvozek, ať již pásový nebo kolový, se u třídíčů těchto malých velikostí zpravidla neprovádí.



Obr. 40 Detail na postranní oka a otvory pro vidlice na kostře třídíče

ZÁVĚR

V mé bakalářské práci bylo cílem přehledné představení stávajících řešení mechanického třídění stavebního odpadu a přiblížení recyklačního procesu. Situace na trhu, co se typů drtičů a třídičů týče, se dynamicky mění, a to vlivem nejen vývoje nových a efektivnějších strojů, ale také zákonnými změnami, které jsou konkrétně popsány v příslušných normách. Na recykláty a jejich kvalitu, popřípadě nezávadnost a neškodlivost, dohlíží taktéž normy, vyhlášky a zákony.

Z ekologického a recyklačního hlediska je užití těchto strojů v budoucnu nutností. Vzhledem k tomu, že staveb a obecně stavebních projektů přibývá, je zapotřebí dosáhnout co nejlepší recyklace starých, respektive již použitých materiálů, za účelem snížení spotřeby primárních surovin.

Existuje řada společností, které vyrábí různé typy strojů, jejichž vybraní zástupci jsou přehledně vypsáni v kapitole 4. Dnešní trh nabízí širokou paletu třídících zařízení. Počínaje od třídících lopat, třídičů malých a středních výkonů, až po stacionární třídící linky s velkým třídícím výkonem.

Pro návrhovou část mé práce, bylo potřeba navrhnout vhodný třídící stroj, jehož výkon je do 20 t/h a bude nějakým způsobem mobilní. Vzhledem k omezenému rozsahu této práce, není na doporučení vedoucího doplněna o množství výpočtů. Jedná se tedy o koncepční návrh, jak by třídící stroj mohl vypadat a z jakých komponentů by byl složen.

Pro vlastní koncepční návrh jsem vycházel a byl inspirován konstrukčními prvky na trhu již existujícími a zároveň se vlastním přístupem snažil dodržet jednoduchost a základní koncepci návrhu. Výstupem je vytvoření vlastního modelu třídícího vibračního stroje a volba jednotlivých komponent. V kapitole 7.3 jsou primární komponenty vyobrazeny a stručně popsány.

Provedl jsem průzkum třídičů, které výrobci uvádí na trh a které odpovídají vstupním požadavkům. Těmto kritériím vyhovuje dnes již řada strojů. Zástupci vibračních třídičů, které jsou pro splnění takového zadání vhodné, jsou popsány v *Tab. 12*.

Za předpokladu, že vznikne poptávka po třídícím stroji do 20 t/h, jeví se mi jako nejvhodnější řešení zapůjčení, případně zakoupení některého ze strojů v *Tab.12*. V případě, že je třídícího stroje této výkonnosti zapotřebí pravidelně, je vhodné zvážit finanční návratnost při konstrukci vlastního stroje. Výhodou výroby vlastního stroje bude zpravidla volba vlastních rozměrů, výkonnosti motoru či velikost třídícího síta a celkově přizpůsobení všech komponent.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] PAVLŮ, Tereza, 2013. Zkoušení a vlastnosti recyklovaného kameniva pro použití do betonu. *TZB-info* [online]. Praha: Katedra konstrukcí pozemních staveb, Fakulta stavební ČVUT [cit. 2020-08-25]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/10265-zkouseni-a-vlastnosti-recyklovaneho-kameniva-pro-pouziti-do-betonu>
- [2] PŘÍRUČKY PRO MSP: PŘEDPISY A NORMY PRO Výrobky pro Kamenivo. *Sgpstandard* [online]. 2019 [cit. 2020-08-25]. Dostupné z: http://www.sgpstandard.cz/editor/files/unmz/uvod/prirucky/kamenivo.htm?skipRedirect=1#_Toc495742692
- [3] ŠKOPÁN, Miroslav, 2010. Recykláty ze stavebních a demoličních odpadů jako alternativa k přírodnímu kamenivu. *ASB* [online]. [cit. 2020-08-25]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/recyklaty-ze-stavebnich-ademolicnich-odpadu-jako-alternativa-kprirodnimu-kamenivu>
- [4] *Základní druhy recyklátů a možnosti jejich využití* [online], b. r.. Brno: Asociace pro rozvoj recyklace stavebních materiálů v České republice [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <http://www.arsm.cz/recyklaty.php>.
- [5] POLICKÝ, Zdeněk, 1987. *Úpravářenské stroje*. Brno: Ediční středisko VUT v Brně.
- [6] POLUS, Emil, 1970. *Úpravářenské stroje I: drtiče a mechanické třídiče pro průmysl kamene, výrobu maltovin a lehčených stavebních hmot*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury. Učební texty vysokých škol.
- [7] ŠKOPÁN, Miroslav. Vývojové trendy v technologiích pro recyklaci stavebních a demoličních odpadů. *Stavební technika* [online]. Brno, 2007 [cit. 2020-08-25]. Dostupné z: <https://www.stavebni-technika.cz/clanky/trendy-v-technologiich-pro-recyklaci-odpadu>
- [8] HENKOVÁ, Svatava. Stroje a zařízení pro přípravu materiálů k výrobě betonové směsi. *Tstsw* [online]. Brno: Ústav technologie, mechanizace a řízení staveb [cit. 2020-08-25]. Dostupné z: http://tstsw.cz/stavebni_stroj/predmet-bw03/prednaska-4?fbclid=IwAR0zCAw66F4XfcgYA03qL6fXUDt0shqEGeqBJQNotYfbjjHboZ3XDVysFYs#%C4%8Delis%C5%A5ov%C3%A9-drti%C4%8De
- [9] Charakteristika stavby a technologie. *Is.mendelu* [online]. eknihovna mendelu [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=2210
- [10] R105 Screener. *McCloskey International* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <https://mccloskeyinternational.com/product/r105-screener/>
- [11] TEREX FINLAY. *Finlay* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <http://www.finlay.cz/drtice/celistove/id-52/>
- [12] S130 Screener. *McCloskey International* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <https://mccloskeyinternational.com/product/s130-screener/>

- [13] POWERSCREEN 1400 Warrior. *Bagermajster* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: https://www.bagermajster.sk/bazar/ponuky/stroj_pre_upravu_nerostnych_surovin/power_screen_1400_warrior
- [14] Třidič suti DS 4020 - DST 4020. *Pepos* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <https://www.pepos.eu/produkt/tridic-suti-ds-4020-dst-4020/>
- [15] Třidič suti Kompatto SC 211. *Pepos* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <https://www.pepos.eu/produkt/tridic-suti-kompatto-sc-211/>
- [16] Kompaq Screener. *McCloskey International* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <https://mccloskeyinternational.com/product/kompaq-screener/>
- [17] Mini Sizer Screener. *McCloskey International* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <https://mccloskeyinternational.com/product/mini-sizer-screener/>
- [18] 123 Sizer Screener. *McCloskey International* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <https://mccloskeyinternational.com/product/123-sizer-screener/>
- [19] *TEREX EVOQUIP HARRIER 220 - MOBILE DOUBLE DECK RECLAIMER SCREEN* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <https://www.triconequipment.com.au/products/terex-evoquip-harrier-220-mobile-double-deck-scalping-screen>
- [20] MS BIG. *Czscreen* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <https://www.czscreen.cz/ms-big>
- [21] MDS MIDI. *Czscreen* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <https://www.czscreen.cz/mds-midi>
- [22] MB-HDS214. *MB The Crushing evolution* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <https://www.mbcruisher.com/en/cz/products/shafts-screener/mb-hds214>
- [23] MB-S10 S4. *MB The Crushing evolution* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <https://www.mbcruisher.com/en/cz/products/screening-buckets/mb-s10>
- [24] 663 SUPERTRAK. *TEREX FINLAY* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <http://www.finlay.cz/tridice/tridiceRadySest/id-10/>
- [25] RESTA TK7. *Resta* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <https://www.resta.cz/resta-tk7>
- [26] Modular crushing and screening plants. *Metso* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <https://www.metso.com/products/crushing-plants/modular-crushing-plants/>
- [27] Mobilní třidič PRONAR MOB 20.55. *Profistroje* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: https://www.profistroje.cz/mobilni-tridic-pronar-mpb-20-55_4963.html
- [28] Warrior Screen: Warrior 600. *Powerscreen* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <https://www.powerscreen.com/screens/warrior-screen/warrior-600/>

- [29] MS MICRO. *CZSCREEN* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <https://www.czscreen.cz/ms-micro>
- [30] Traserscreen DB-25S. *Dbengineering* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <http://www.dbengineering.cz/Traserscreen-DB-25S>
- [31] MS 2000. *Recycling rosenau* [online]. [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <https://www.recycling-rosenau.de/multi-screen-2000/>
- [32] Company Info. *McCloskey International* [online]. [cit. 2020-09-03]. Dostupné z: <https://mccloskeyinternational.com/company-info/>
- [33] OVERVIEW. *EVOQUIP* [online]. [cit. 2020-09-03]. Dostupné z: <https://www.terex.com/evoquip/en/>
- [34] *CZ SCREEN* [online]. [cit. 2020-09-04]. Dostupné z: <https://www.czscreen.cz/>
- [35] Products. *MB The Crushing evolution* [online]. [cit. 2020-09-04]. Dostupné z: <https://www.mbcrusher.com/en/ro/products/>
- [36] *TEREX FINLAY* [online]. [cit. 2020-09-04]. Dostupné z: <http://www.finlay.cz/?PHPSESSID=cb4476ced311d0f27b0d5b8d1f2aa46e>
- [37] *RESTA* [online]. [cit. 2020-09-04]. Dostupné z: <https://www.resta.cz/o-nas>
- [38] High Quality Replacement Round & Circular Sifter Screens. *Vibra Screener* [online]. [cit. 2020-09-08]. Dostupné z: <https://vibrascreener.com/replacement-screens/>
- [39] Vibrační elektromotor 0,5kW BM650/3. *VYBO Electric, a.s.* [online]. [cit. 2020-09-04]. Dostupné z: <https://www.elektro-motor.cz/obchod/vibracni-elektromotor-05kw-bm650-3/>
- [40] Mobilní dvou-sítný třídič Kompaq. *INGES* [online]. [cit. 2020-09-07]. Dostupné z: <https://www.ingespraha.cz/mccloskey/c2-tridice-mccloskey/a9-mobilni-dvou-sitny-tridic-kompaq>
- [41] MINI SIZER - MINI SCREENER. *BISON IRON* [online]. [cit. 2020-09-07]. Dostupné z: <https://bisoniron.com/equipments/mini-screener-mini-sizer/>
- [42] 123 SIZER SCREENER. *BISON IRON* [online]. [cit. 2020-09-07]. Dostupné z: <https://bisoniron.com/equipments/123sizer/#1499453246015-58fff7a3-0d04>