



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

**RECYKLAČNÍ STROJE PRO ZPRACOVÁNÍ MALÝCH
MNOŽSTVÍ INERTNÍCH MINERÁLNÍCH
STAVEBNÍCH A DEMOLIČNÍCH ODPADŮ**

RECYCLING MACHINES FOR PROCESSING SMALL AMOUNTS OF INERT MINERAL
CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tobiáš Hroch

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Tobiáš Hroch
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce:	doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.
Akademický rok:	2022/23

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:

Recyklační stroje pro zpracování malých množství inertních minerálních stavebních a demoličních odpadů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Kritická rešerše stávajících technických řešení strojů pro recyklaci inertních minerálních stavebních a demoličních odpadů s výkonností do 60 t/hod. Charakteristika druhů drtičů, třídíčů, podvozků, rámu a pohonů drtičů .

Návrh vlastního koncepčního uspořádání malé drtící linky pro výkon do 15 t/hod.

Cíle bakalářské práce:

Kritická rešerše stávajících technických řešení.

Vlastní zdůvodněný koncepční návrh dle zadaných parametrů.

Funkční výpočet zařízení, návrh jednotlivých komponent.

Pevnostní kontrola rámu drtiče.

Celková sestava zařízení.

Seznam doporučené literatury:

SHIGLEY Joseph E., Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2010. Preklady vysokoškolských ucebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

CEP, Hynek a Renáta ŠPÍRKOVÁ. Technologie úpravy kameniva. Brno: Težební unie, 1997, 143 s.

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

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 19. 10. 2022

L. S.

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

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je kritická rešerše stávajících technických řešení strojů pro zpracování SDO a vlastní koncepční návrh malé drtící linky. Rešerše obsahuje jak obecný rozbor, tak popis konkrétních strojů. Koncepční návrh zpracovává konstrukci malé mobilní drtící linky včetně vlastního zdůvodnění, pevnostní kontroly a celkové sestavy zařízení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Drtič, mobilní drtič, stavební odpad, demoliční odpad, rám,

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is critical research of existing technical solutions of machines for the processing of construction and demolition waste and the conceptual design of a small crushing machine. The review includes both a general analysis and a description of specific machines. The conceptual part elaborates the design of a small mobile crushing machine including the actual justification, strength check and overall equipment assembly.

KEYWORDS

Crusher, mobile crusher, construction waste, demolition waste, frame

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HROCH, Tobiáš. *Recyklační stroje pro zpracování malých množství inertních minerálních stavebních a demoličních odpadů*. Brno, 2023. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí bakalářské práce Miroslav Škopán. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/149224>



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 25. května 2023

.....

Tobiáš Hroch

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Ing. Miroslavu Škopánovi, CSc. za jeho věcné odborné rady, ochotu a čas strávený u konzultací této práce. Dále bych chtěl poděkoval panu Ing. Pavlu Kalovi za čas, cenné rady, zkušenosti a vysvětlení, které mi poskytoval v průběhu vypracování celé práce.

OBSAH

Úvod	11
1 Recyklace stavebních a demoličních odpadů	12
1.1 Historie recyklace	12
1.2 Recyklace a její pravidla	12
1.2.1 Důvody recyklace	12
1.2.2 Normy a zákony upravující zpracování stavební a demoliční suti	13
1.3 Proces recyklace	14
1.3.1 Předtřídění	14
1.3.2 Drcení	14
1.3.3 Třídění	14
1.4 Druhy recyklátů	15
1.4.1 Betonový recyklát.....	15
1.4.2 Cihelný recyklát.....	15
1.4.3 Asfaltový recyklát.....	15
2 Drtiče.....	16
2.1 Drtiče čelist'ové.....	16
2.2 Drtiče kuželové	17
2.3 Drtiče odrazové.....	18
2.4 Drtiče kladivové.....	19
2.5 Drtiče válcové	19
3 Třidiče.....	20
3.1 Třídící plochy mechanických třídíčů	20
3.2 Plošné třidiče.....	20
3.2.1 Třídění vrhem	21
3.2.2 Třídění plošným pohybem.....	21
3.3 Rotační třidiče.....	21
4 Podavače a dopravníky	22
4.1 Vibrační podavače	22
4.2 Článkový podavač.....	22
4.3 Pásové dopravníky	22
5 Recyklační stroje.....	23
5.1 Kritéria pro návrh a konstrukci recyklačního stroje	23
5.2 Drtiče	23
5.2.1 Stacionární drtiče.....	23
5.2.2 Semimobilní drtiče	24
5.2.3 Mobilní drtiče	24
5.3 Třidiče.....	25
5.3.1 Stacionární třidiče.....	25
5.3.2 Semimobilní třidiče	25
5.3.3 Mobilní třidiče.....	25

6	Návrh drticí linky	26
7	Kritická rešerše stávajících technických řešení	27
7.1	Komplet K-JC 503.....	29
7.2	Komplet K-JC 604.....	30
7.3	EVOQUIP Bison 35	31
7.4	EVOQUIP Bison 120	32
7.5	Red Rhino RR5000	33
7.6	SMI Compact 10 TJ	34
7.7	SMI Compact 20 TJ	35
7.8	Guidetti Caesar 1	36
7.9	Guidetti Caesar 2	37
8	Konstrukce drticí linky CH05.....	38
8.1	Rám	39
8.2	Násypka + podavač	40
8.3	Drtič.....	40
8.4	Pás produktu + magnetický separátor	41
8.5	Pásový podvozek.....	42
8.6	Diesel-generátorová pohonná jednotka	43
8.7	Elektro rozvaděč.....	43
8.8	Hydraulika	44
8.9	Palivová nádrž	44
9	Celková sestava konstrukčního návrhu	45
10	Pevnostní kontrola rámu	46
10.1	Statické zatížení rámu	47
10.2	Dynamické zatížení rámu	48
10.3	Torzní zatížení rámu	49
	Závěr	52
	Použité informační zdroje	53
	Seznam použitých zkratk a symbolů	55
	Seznam příloh	56

ÚVOD

S velkým nárustem obyvatel naší planety jde ruku v ruce výstavba veškeré dopravní infrastruktury, technické infrastruktury, komerčních staveb a lidských obydlí. Veškeré tyto stavby produkují nezměrné množství stavebních a demoličních odpadů, které je v trendu dnešní doby nutné zpracovat tak, aby je bylo možné znovu použít.

Jelikož můj táta pracoval při mém středoškolském studiu ve firmě zabývající se výrobou zařízení na zpracování kompostu, měl jsem ke strojům podobným těm na zpracování stavebního a demoličního odpadu blízko. Má závěrečná práce na střední škole pojednávala o stroji na třídění kompostu. Při hledání přivýdělnku u studia na VŠ jsem v roce 2022 začal pracovat v konstrukčním oddělení firmy RESTA s.r.o. v Přerově, která se zabývá výrobou strojů pro recyklaci SDO. Tímto faktem mi byla značně usnadněna volba tématu bakalářské práce.

V teoretické části se věnuji obecnému popisu recyklace stavebního a demoličního odpadu, jako základu pro pochopení návrhu recyklační linky a jejich součástí. Dále je popsán proces recyklace a jeho postup. V další části je kompletní řešení strojů na zpracování SDO včetně rozboru jejich hlavních součástí.

Koncepční návrh stroje je zpracován jako rozbor jednotlivých komponentů a celkový popis postupu konstrukce. Všechny komponenty jsou jednotlivě popsány, stejně jako jejich umístění na rám stroje. Na závěr je popsána pevnostní kontrola rámu stroje, která byla provedena pomocí Metody konečných prvků (dále jen MKP).

1 RECYKLACE STAVEBNÍCH A DEMOLIČNÍCH ODPADŮ

Recyklace je takové nakládání se stavebními a demoličními odpady (dále jen SDO), které nám umožní jeho opětovné využití pro původní nebo jiné účely. Dle nových trendů není nutné odpadové materiály zdobňovat, či měnit jejich strukturu, ale je možné je znovu použít jako celé prvky. Základem recyklace s využitím recyklačních strojů je jednoduchá úprava stavebního opadu pro jeho opětovné využití. Při recyklaci se odpad zpracuje tak, aby změnil své vlastnosti na ty, které potřebujeme pro jeho následné umístění zpět do stavebního procesu. Postup a složitost recyklace opadu se liší v závislosti na vstupních i požadovaných výstupních vlastnostech materiálu. Stavební a demoliční odpad vzniká při každé ze stavebních a demoličních prací. [3]

1.1 HISTORIE RECYKLACE

Recyklace jako taková se pravděpodobně vyvíjela už od pravěku, jelikož nedostatek zdrojů donutil pravěké lidi recyklovat své zdroje tak, aby bylo možné je použít ve více cyklech. Zatím nejstarší důkaz recyklace stavebních odpadů při použití podobného schématu, jaký využíváme dnes, se objevil již ve starověkém Římě. Podkladem pro tato zjištění se stalo město Pompeje, které nám díky způsobu jeho zániku předkládá nesčetné množství informací o životu lidí jejich doby. Při bližším zkoumání bylo potvrzeno, že lidé s odpadem nakládali ve smyslu jeho pozdějšího využití. Stavební a demoliční odpad skladovali na okrajích města a následně jej používali jako podkladové vrstvy podlah nebo jako součást zdiva.[2]

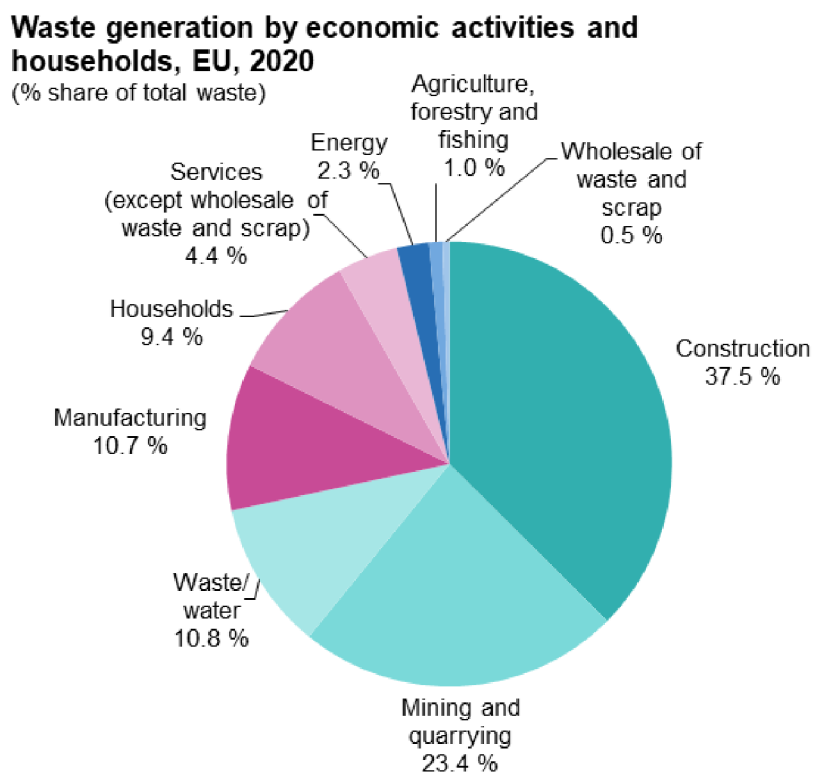
1.2 RECYKLACE A JEJÍ PRAVIDLA

V dnešní konzumní společnosti je množství odpadu velkým problémem. Odpadové hospodářství je neúměrné vzhledem k množství materiálu, který je nutné zpracovat. V zemích s vyspělým odpadovým hospodářstvím není tento problém tak citelný jako v zemích třetího světa a v obzvláště rychle se rozvíjejících zemích, které mají příliv kapitálu z jiných regionů a je pro ně důležitý především ekonomický růst. V dnešní době to jsou především státy jihovýchodní Asie a střední Afriky. V těchto zemích se bohužel odpad nijak řízeně nezpracovává a recyklace nemá jasná pravidla, na rozdíl od většiny evropských států.

1.2.1 DŮVODY RECYKLACE

Množství recyklovaného odpadu v zemích EU se odvíjí od množství nerostných surovin v dané zemi. Země s velkým množstvím lomů, pískoven a dalších zdrojů, nejsou nuceny využívat tolik recyklovaných zdrojů, jako země s malým množstvím přírodních zdrojů. Země, kde byl těžební průmysl dostačující pro rychlost výstavby infrastruktury, bydlení a ostatních staveb, se musí na větší podíl recyklovaného materiálu připravit. V České republice bude dle prognóz těžbařských společností v následujících letech ubývat pískoven, a jelikož zřízení nových těžebních míst je legislativně velice náročné, jen těžko se s novými pískovkami může počítat. V rámci Evropy jsou oblasti s velkou zásobou těchto druhů nerostných surovin, bohužel využití tohoto zdroje naráží na problém vysokých nákladů na dopravu materiálu do místa potřeby. [7][7]

V Evropské unii platí od března 2020 zelená dohoda pro Evropu neboli „Greendeal“, kde jedním z hlavních bodů je nový plán pro tzv. oběhové hospodářství. Plánem je do roku 2030 zdvojnásobit míru oběhového využívání materiálu a snížit tím odběr přírodních zdrojů. V České republice byl v roce 2020 podíl stavebních a demoličních odpadů 42,9 %, což je více než Evropský průměr, který činí 37,5 %. [1]



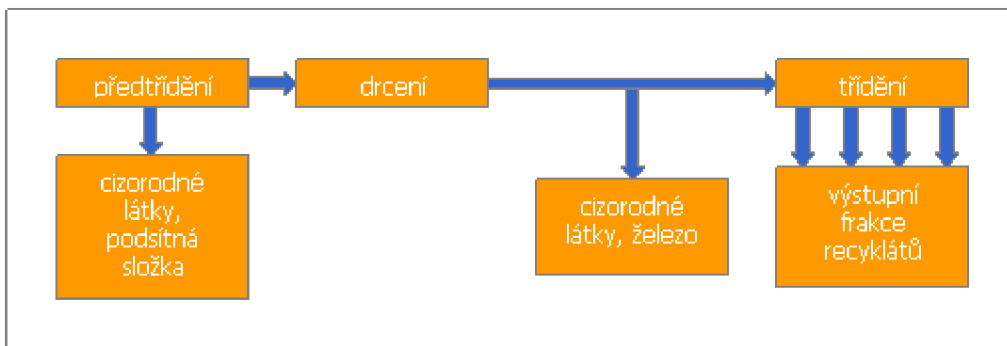
Obrázek 1 - Procentuální rozložení všech vyprodukovaných odpadů v EU [1]

1.2.2 NORMY A ZÁKONY UPRAVUJÍCÍ ZPRACOVÁNÍ STAVEBNÍ A DEMOLIČNÍ SUTI

Nakládání se stavebními a demoličními odpady upravuje několik zákonů, vyhlášek a nařízení vlády. Definici toho, co je SDO, jak předcházet jeho vzniku a jak s ním nakládat, taktéž legislativa upravuje. SDO je takový odpad, který vzniká při stavebních a demoličních činnostech. Legislativa říká, že původci odpadu jsou povinni dodržet takový postup pro nakládání s odpadem, při kterém bude možné maximalizovat míru jeho opětovného použití. [3]

1.3 PROCES RECYKLACE

Recyklace SDO má svá pravidla a postupy, které zásadně ovlivňují jejich kvalitu. Správně zvolený technologický postup, kvalitní demolice, správná volba drtících a třídících strojů, separace cizorodých látek a správné třídění jsou všechno aspekty, které mají velký vliv na konečný výrobek. Na začátku recyklace je důležitá kvalita demoličních prací a třídění vzniklého odpadu přímo v místě vzniku. Pokud již při demolici klademe důraz na správné separování kontaminovaných a nekontaminovaných materiálů, značně tím v následujícím procesu zvýšíme efektivitu recyklace. Dalším pozitivním prvkem je správné oddělení cizorodých materiálů, jako je dřevo, plasty, kovy a další, již při demolici. Tímto krokem můžeme nejen zlepšit efektivitu, ale také předcházet nehodám drtících a třídících zařízení. Vhodné je i roztřídění inertní minerální suť, které opět zlepší efektivitu a poskytne další možnosti, jak s recyklátem nakládat. Inertní minerální suť se dá rozdělit na cihelnou stavební suť, betonovou suť, živice suť a výkopovou zeminu.



Obrázek 2 - Blokové schéma recyklačního procesu [9]

1.3.1 PŘEDTŘÍDĚNÍ

Je technologický proces, který zvyšuje výkonnost drtícího zařízení snížením objemu materiálu, který musí drtící zařízení zpracovat. Předtřídění je již součástí demolice, při které se separuje materiál nevhodný pro drcení, tedy železo, dřevo, plastové materiály a nebezpečný materiál. Předtříděním projde také drcený materiál. Před vstupem do drtícího zařízení stroj oddělí podsítné frakce a pošle je rovnou na pás produktu.

1.3.2 DRCENÍ

Drcení neboli mechanické rozpojování je proces, kdy se velké části materiálu zdobňují na menší, za účelem jeho následného použití. Drcení zajišťuje několik typů zařízení. Správná volba zařízení může značně zvýšit efektivitu stroje a předejít poruchám. [4]

1.3.3 TŘÍDĚNÍ

Třídění je technologický proces, při kterém od sebe oddělujeme jednotlivé frakce materiálu tak, abychom umožnili jeho následné vhodné využití.

1.4 DRUHY RECYKLÁTŮ

Při správně provedené demolici jsme schopni konkrétně separovat jednotlivé materiály a následný recyklát může být z naprosté většiny složen z jednoho materiálu. Ovšem je důležité vyhodnotit, na co recyklát použijeme. V případě použití recyklátu, například jako zásypového materiálu, není nutné provádět sofistikovanou separaci již při demolici, neboť nám na složení recyklátu tolik nezáleží. [4][9]

1.4.1 BETONOVÝ RECYKLÁT

Betonový recyklát je možné použít znovu do betonových směsí, přičemž se sníží jeho kvalita. Obsah betonového recyklátu negativně ovlivňuje konzistenci betonu, pevnost betonu a modul pružnosti betonu. Dále můžeme využít tento recyklát jako podkladové vrstvy vozovek a jiných ploch. [4][9]

1.4.2 CIHELNÝ RECYKLÁT

Cihelný odpad se drtí na tři základní frakce, a to 0-16 mm, 16-32 mm a 36-80 mm, přičemž není problém vytvořit i jiné frakce cihelného recyklátu. Tento typ recyklátu nabízí velkou škálu možností jeho následného využití, například výrobu cihlobetonu. Cihlobeton je možné používat jako zdivo, k výrobě tvárnic, stěnových prvků nebo k výrobě stavebních směsí, které se používají jako plniva malt pro zdění. Stejně jakou betonový recyklát je možné i ten cihelný použít jako podkladové vrstvy nebo další vrstvy např. ve vozovkách. [4][9]

1.4.3 ASFALTOVÝ RECYKLÁT

Asfaltové recykláty jsou bez přidání nového pojiva vhodné pro málo zatížené vozovky. S přidáním různých pojiv a příměsí se škála využití rozšiřuje. [4][9]

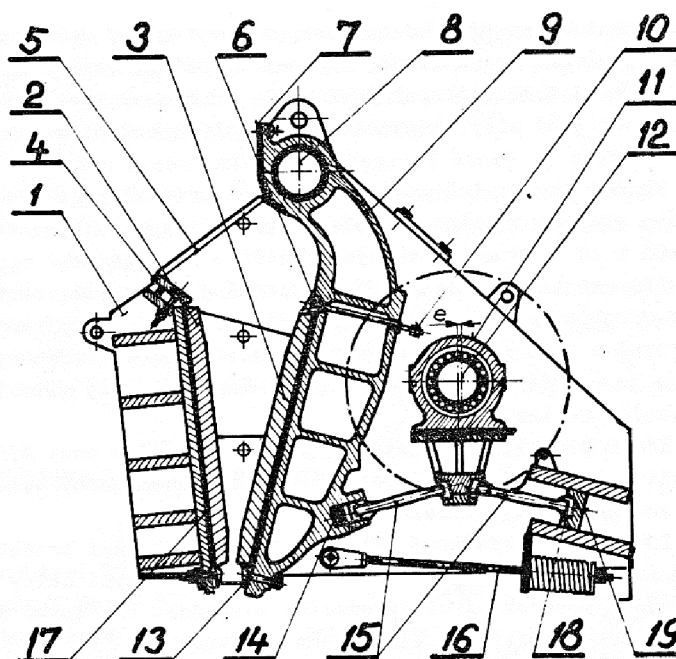
2 DRTIČE

Drtiče jsou zařízení sloužící ke zdrobňování materiálu. Tato zařízení k drcení SDO využívají pro svou práci tlak, tlak se smykem, nebo nárazovou energii. Drtiče se základně dělí na dvě skupiny, a to na drtiče statické a drtiče dynamické. Toto rozdělení vychází z působení drticí síly na zpracovávaný materiál. Drtiče statické působí na materiál tlakem s krouživým, nebo přímočarým pohybem. Drtiče dynamické působí na materiál nárazem a odrazem. Pro výběr vhodného drtiče na základě požadavku na vlastnosti materiálu dělíme zařízení dále dle jejich typu a konstrukčního řešení. Při volbě vhodného typu drtiče se musí vždy počítat s velkou řadou určujících faktorů, kterými jsou: mechanické a fyzikální vlastnosti drceného materiálu, celkové rozměry drcených kusů, vlhkost materiálu, množství nežádoucích příměsí, výkonost drtiče, výstupní frakce a několik dalších dílčích faktorů.[4]

2.1 DRTIČE ČELISTOVÉ

Čelistové drtiče mají univerzální použití a jedním zařízením je možno obsáhnout velkou škálu drceného materiálu, což je u drcení SDO jedna ze žádoucích vlastností tohoto typu zařízení. Drcení materiálu zde vzniká působením drticí síly mezi dvěma tvrdými ocelovými deskami neboli čelistmi. Jedna z čelistí je pevně připevněna k rámu drtiče, přičemž druhá čelist je pohyblivá. Pohyb čelisti zajišťuje excentrická hřídel. Základním ukazatelem výkonosti drtiče je velikost vstupního otvoru a rozměrový rozsah štěrbin. Výkon čelistových drtičů se pohybuje přibližně mezi 5 až 1000 tunami za hodinu. Čelistové drtiče dělíme na dva typy, a to čelistové drtiče jednovzpěrné a dvouvzpěrné. U pohyblivé čelisti jednovzpěrného drtiče vzniká více složek napětí a dochází k většímu otěru desek, větší spotřebě energie, avšak výstupní materiál má lepší tvarovou hodnotu zrn. Pojistná deska bývá zpravidla opatřena bezpečnostním systémem, pro případ vstupu nedrtitelného materiálu do drtiče. Bezpečnostní systém může být řešen triviálně např. střížnými pojistkami, složitějšími hydraulickými systémy na pohyblivé čelisti, nebo například přenosem omezeného maximálního krouticího momentu přes setrvačnick.[4]

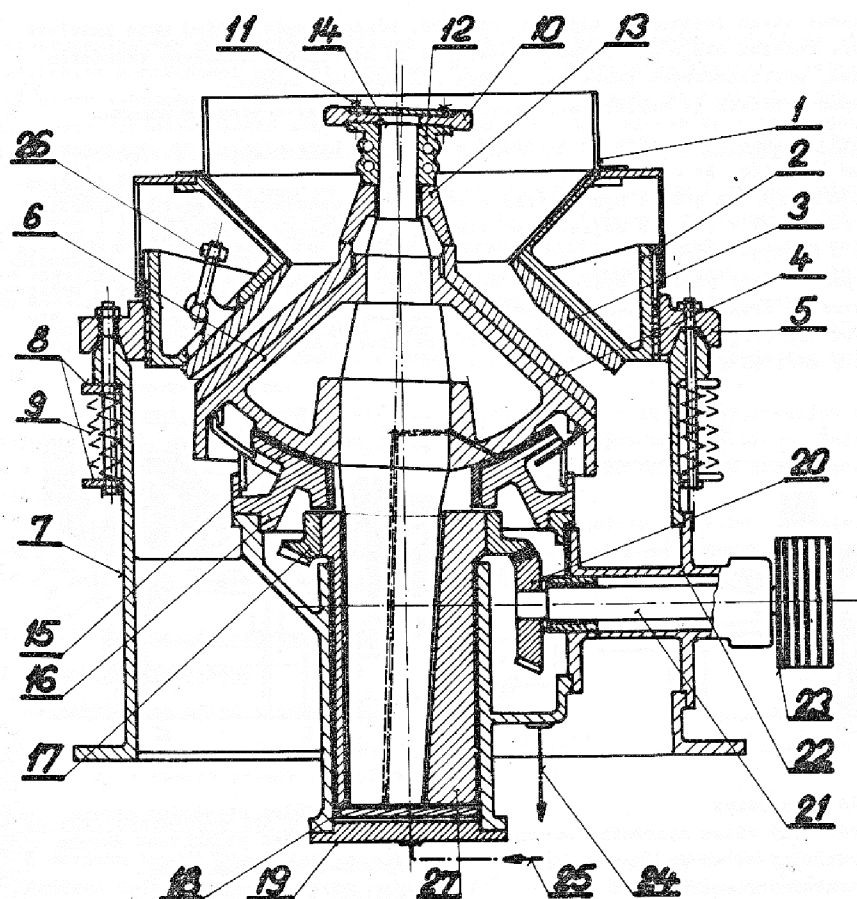
- 1 Rám drtiče
- 2 Pevná čelist
- 3 Pohyblivá čelist
- 4 Držák čelisti
- 5 Boční klíny
- 6 Přidržený klín
- 7 Obložení kyvadla
- 8 Osa kyvadla
- 9 Kyvadlo
- 10 Šroub čelisti
- 11 Ojnice
- 12 Výstředný hřídel
- 13 Přidržené klíny
- 14 Stavěcí podložky
- 15 Vzpěrné desky
- 16 Táhlo pružiny
- 17 Podlití čelisti
- 18 Opěrná vložka
- 19 Střížná pojistka



Obrázek 3 - Schematický řez čelistového drtiče[4]

2.2 DRTIČE KUŽELOVÉ

Kuželové drtiče jsou drtiče statické, u kterých vzniká drticí síla krouživým pohybem kužele uvnitř drticího pláště. Tyto drtiče mohou být použity jak na zdrobňování velkých kusů, tak na drcení materiálu na požadovanou zrnitost. Na rozdíl od drtičů čelistových jsme značně omezení velikostí vstupního materiálu, protože vstupní otvor zde tvoří mezikružní. Kuželové drtiče dělíme na tři základní provedení dle typu uložení drtiče, nebo tvaru vnitřního pohyblivého kužele. Velikost kuželového drtiče je zpravidla určena průměrem vnitřního pohyblivého kužele, který se obvykle pohybuje od 500 do 3000 milimetrů. Výkonnost je kromě velikosti kužele závislá také na velikosti výstupní šterbiny. Pro případ vniknutí nedrtitelného materiálu bývá čep rotoru na spodní straně uložen v hydraulicko-pneumatickém pojišťovacím zařízení, které je schopno posunout rotor v ose a zvětšit tak výstupní šterbinu drtiče.[4][5]



- | | | |
|---------------------------|----------------------|-------------------------|
| 1 Násypka | 10 Rozrušovač klenby | 19 Opěrné víko |
| 2 Nosič pevné části | 11 Víko | 20 Kuželové kolo pohonu |
| 3 Pevná čelist | 12 Dvoudílná svěrka | 21 Hnací hřídel |
| 4 Pohyblivá čelist | 13 Matice | 22 Ložiskové těleso |
| 5 Závitový kruh | 14 Hřídel stroje | 23 Řemenice |
| 6 Nosič pohyblivé čelisti | 15 Kulová pánev | 24 Odpad oleje |
| 7 Fréza stroje | 16 Nosič pánve | 25 Přívod oleje |
| 8 Opěra pružin | 17 Ozubené kolo | 26 Šroub čelisti |
| 9 Pružiny | 18 Plovoucí pánev | 27 Výstředník |

Obrázek 4 - Schematický řez kuželového drtiče[4]

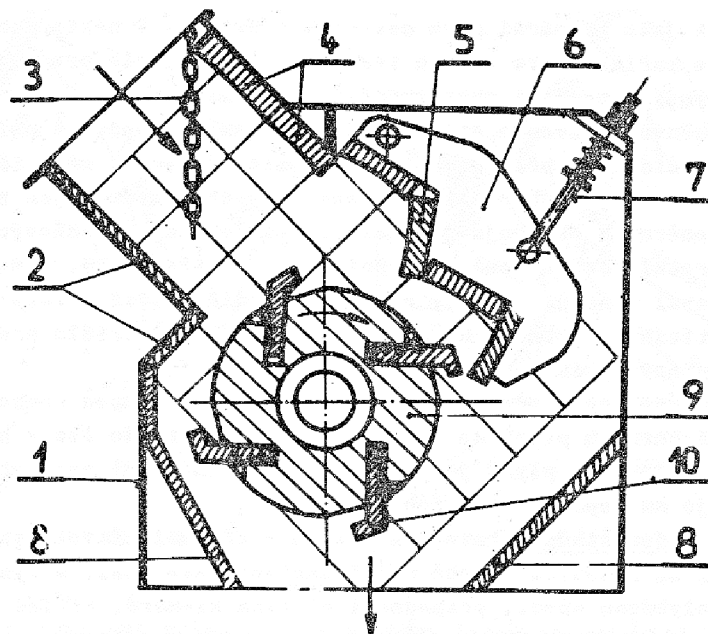
2.3 DRTIČE ODRAZOVÉ

Odrazové drtiče patří mezi drtiče dynamické, konkrétně mezi dynamické drtiče s nepřímým úderem. Reakce od drtící síly vzniká od setrvačných sil hmotností jednotlivých zrn drceného materiálu. U odrazových drtičů je obzvláště důležité, jakou rychlostí a směrem dopadá drcený materiál na odrazové lišty. Tento fakt se zohledňuje při konstrukci násypky, u které je potřeba docílit potřebného sklonu a délky pro správné vedení materiálu. V optimálním případě dopadá materiál kolmo jak na odrazové lišty, tak následně na odrazové desky. Obvodová rychlost rotoru, a tedy odrazových lišt, se pohybuje přibližně od 30 do 70 m.s⁻¹.

V rámci svého zaměstnání jsem se podílel na zpracování dat z měření a vyhodnocování závislosti vlastností drceného materiálu na otáčkách rotoru drtiče. Z měření vyplývá, že pro každý materiál jsou vhodné jiné otáčky pro dosažení požadovaných frakcí materiálu. Jednou z důležitých zjištěných informací bylo také to, že po dosažení určité rychlosti otáčení se přestane zvyšovat podíl nejjemnějších frakcí a drtič přestává drtit středně velké kusy materiálu. Tento fakt je způsoben právě špatným dopadem materiálu na odrazovou lištu a následně i na odrazovou desku. Otáčky jsou tedy natolik vysoké, že materiál nestihne dopadnout na kolmou plochu odrazové lišty, ale je pouze odražen její hranou.

Odrazové drtiče mají nejčastěji 4 odrazové lišty, ovšem ve speciálních případech to není podmínkou a jejich počet se může lišit. Pro případ vniknutí nedrtitelného materiálu, bývají odrazové desky připevněny na odpružených nosnících tak, aby se v případě nutnosti mohl zvětšit prostor mezi rotorem a deskami. [4][5]

- 1 Skříň drtiče
- 2 složení skříně
- 3 Řetězová clona
- 4 Pancéř skříně
- 5 Odrazové desky
- 6 Nosník odrazových desek
- 7 Stavěcí a pojistné zařízení
- 8 Výstupní skluzy
- 9 Rotor
- 10 Bicí - úderové lišty



Obrázek 5 - Schematický řez odrazového drtiče[4]

2.4 DRTIČE KLADIVOVÉ

Kladivové drtiče jsou další z variant drtičů dynamických, Tato zařízení drtí materiál pomocí kladiv uložených na rotoru drtiče. Materiál se drtí jak přímo údery kladiv, tak odrazem od vyložení komory. Kladiva jsou uložena kyvně po obvodu rotoru v několika řadách v závislosti na délce rotoru. Kladivové drtiče se obecně využívají spíše pro snáze drtitelné materiály s vlhkostí do 10 %. [4][5]

2.5 DRTIČE VÁLCOVÉ

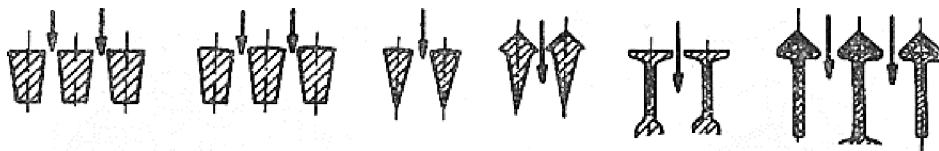
Válcové drtiče se řadí mezi drtiče statické. Používají se pro drcení křehkých materiálů s větší tvrdostí. Materiál se drtí pomocí dvou protisměrně se točících válců, které vzdálenosti mezi svými plochami tvoří výstupní štěrbinu. Tyto drtiče mohou být uspořádány jak horizontálně, tak vertikálně, přičemž v druhé z variant se používá ještě odpružená deska, která tvoří štěrbinu se spodním válcem. Používají se hladké, nebo ozubené válce. Záleží na požadovaném typu drcení a vstupním materiálu. Bezpečnost je povětšinou zajištěna pohyblivým uložením jednoho z válců. [4][5]

3 TŘÍDIČE

Třídíče jsou zařízení, která rozdělují velikostně rozmanité směsi materiálu na jednotlivé frakce, třídy, nebo kategorie podle velikosti zrn. Kvalita třídění je důležitá pro kvalitu recyklátu a jeho následného použití. Jednotlivá zrna se nejčastěji třídí podle své velikosti, již méně podle své hmotnosti, a ve výjimečných případech podle tvaru. Třídění provádíme jak před, tak po drcení. Třídění před drcením zvyšuje výkonnost drtících strojů, protože značná část materiálu se do drtiče vůbec nedostane a vzniká tzv. podsítné. Na drtících strojích proto bývá často třídíč již součástí násypky, nebo podavače. Třídění po drcení nám zajišťuje použití vhodné frakce pro další využití recyklovaného materiálu. [4][5]

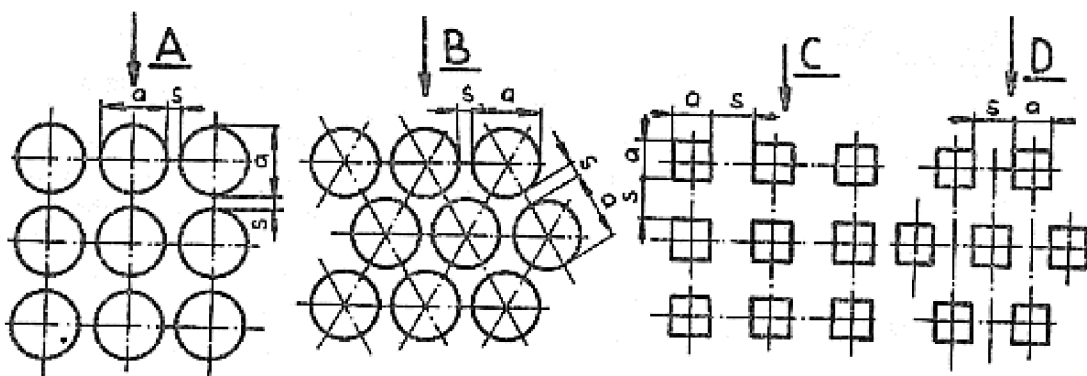
3.1 TŘÍDICÍ PLOCHY MECHANICKÝCH TŘÍDIČŮ

Třídící plochy strojů pro zpracování SDO jsou tvořeny roštnicemi, nebo sítí. Profil roštnic se volí podle preferovaného tříděného materiálu. Lze volit z čtvercových, kulatých, lichoběžníkových nebo jiných profilů, jako jsou například kolejnice. [4]



Obrázek 6 - Schematické řezy jednotlivými variantami třídících ploch[4]

Síta mohou být plechová či drátěná. Plechová síta se vyrábějí z plechů s prostříhovanými nebo vypálenými otvory, které mají velikost potřebnou pro námi požadovanou frakci. Rozmezí velikosti otvorů je přibližně 6–125 mm. Tvar otvoru je kruhový, čtvercový nebo obdélníkový. [4]



Obrázek 7 - Schematické rozložení děr pro plechová síta[4]

3.2 PLOŠNÉ TŘÍDIČE

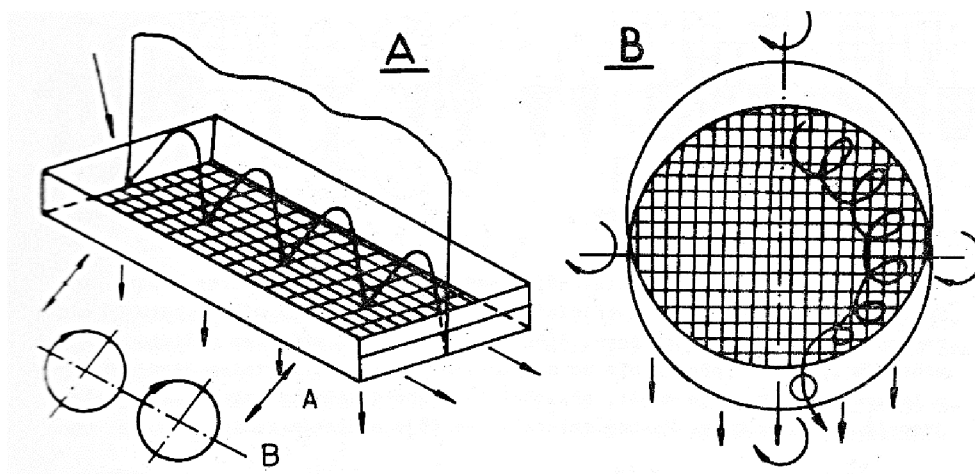
Jsou třídíče, které mají rovinnou třídící plochu. Pohyb materiálu po třídící ploše je zajišťován dodatečnými vibračními zařízeními. Výhodou plošných drtíčů je snadné konstrukční řešení pro spojení více sít nad sebou, a tedy možnost rozdělovat materiál na více frakcí. Způsob třídění na plošných třídících můžeme rozdělit na třídění vrhem a třídění plošným pohybem.[4]

3.2.1 TŘÍDĚNÍ VRHEM

Tento typ třídění je možno použít v celé jeho škále od jemného až po hrubé. U třídění vrhem vykonává třídící plocha harmonický kmitavý pohyb v rovině kolmé na rovinu síta. Tříděný materiál se následným skákavým pohybem posunuje po ploše síta a odděluje od sebe jednotlivé frakce. [4]

3.2.2 TŘÍDĚNÍ PLOŠNÝM POHYBEM

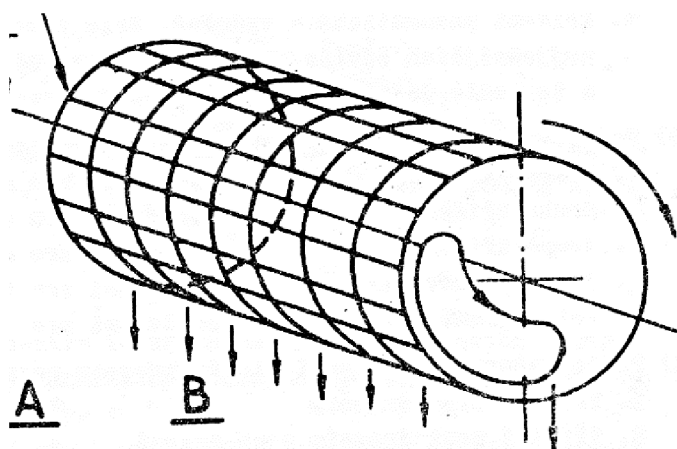
Třídění plošným pohybem je vhodnější pro jemné třídění nebo prosevání. Třídící plocha se harmonicky kmitavě pohybuje rovnoběžně s rovinou plochy síta. Materiál se v cykloidách pohybuje po třídící ploše. Materiál vykoná mnohonásobnou dráhu po třídící ploše, a tím narůstá počet třídících cyklů. [4]



Obrázek 8 - Schematický obrázek plošného třídění[4]

3.3 ROTAČNÍ TŘÍDIČE

Třídění rotací je vhodné spíše pro hrubé třídění. Síťové plocha má tvar válce a rovnoměrně se otáčí kolem své osy. Materiál se v tomto pomalu otáčejícím bubnu převaluje po stěnách a vykonává tak svůj pohyb. Velikost frakce je odvislá od velikosti děr v síťové ploše. [4]



Obrázek 9 - Schematický obrázek rotačního třídění[4]

4 PODAVAČE A DOPRAVNÍKY

Podavače a dopravníky jsou nedílnou součástí recyklačních strojů. Zajišťují materiálový tok dovnitř a ven z recyklačního zařízení. Podavače a dopravníky musí být vhodně uzpůsobeny velikosti drtiče, popřípadě množství tříděného materiálu v třídících. Pro naprostou většinu recyklačních mobilních strojů se využívají vibrační podavače, pro dopravu materiálu do drtiče a následně pásové dopravníky pro výstup materiálu ze stroje.[6]

4.1 VIBRAČNÍ PODAVAČE

Vibrační podavače rovnoměrně dopravují materiál z násypky do drtiče. Vibrace podavače jsou zajišťovány pomocí vibračních elektromotorů. Vibrační elektromotory bývají uloženy tak, aby směr kmitu posouval materiál směrem k násypce a zároveň ho nadhazoval. Součástí vibračních podavačů bývají třídíče. Jedná se tedy o třídění vrhem na sítích nebo roštnicích. Podavač bývá uložen na pryžových silentblocích nebo vinutých pružinách, které umožňují pohyblivé uložení podavače na rámu stroje. Pro lepší posun materiálu do drtiče může být podavač o jednotky stupňů nakloněn směrem k drtiči.[6]

4.2 ČLÁNKOVÝ PODAVAČ

Článekové podavače se používají k rovnoměrnému podávání především již drceného materiálu. Jelikož článekový podavač nenabízí funkci paralelního podávání a třídění, používá se především u třídících strojů. [6]

4.3 PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY

Pásové dopravníky zajišťují dopravu drceného materiálu ze stroje. Dopravník je nejčastěji opatřen pryžovým pásem, který může být vybaven příčnými nebo šikmými zářázkami, pro zamezení skluzu materiálu při velkém sklonu dopravníku. Pás se otáčí kolem dvou válců, přičemž jeden z nich je hnací. Na horním konci bývá dopravník opatřen stěračem, který zamezuje vniknutí vynášeného materiálu do jiných částí dopravníku tak, aby se nezanášely např. podpěrné válečky a vnitřní strana pásu.[6]

5 RECYKLAČNÍ STROJE

S velkým rozvojem recyklace SDO se rozvíjí i trh s recyklačními stroji. Recyklační stroje jsou povětšinou kombinací více recyklačních zařízení spojených sériově za sebou dle potřeby zákazníka, a tedy požadavků na recyklovaný materiál. Stroje bývají robustní, mají tedy velkou hmotnost a velký výkon.

5.1 KRITÉRIA PRO NÁVRH A KONSTRUKCI RECYKLAČNÍHO STROJE

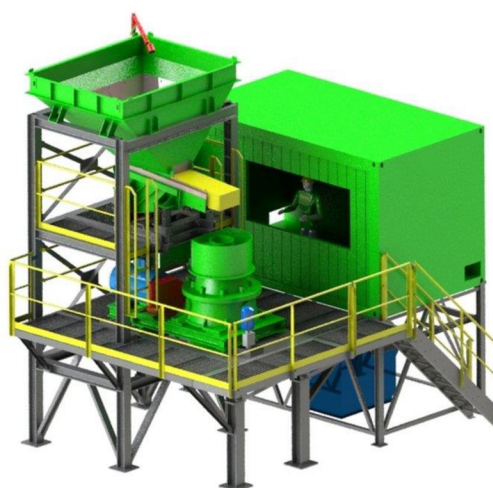
Nedílnou součástí provozu recyklačního stroje je zvolení vhodného typu. V současnosti je na trhu nepřehledné množství konstrukčních řešení různých typů recyklačních strojů od různých výrobců. Každý výrobce se snaží najít kompromis mezi kvalitou stroje a následně nízkou pořizovací cenou. Prvotním kritériem je výkon recyklačního stroje, tedy množství materiálu, který proteče strojem za určitý časový úsek. U těchto strojů se nejčastěji uvádí výkon v tunách za hodinu.

5.2 DRTIČE

Drtiče pro zpracování SDO se vyrábějí v mnoha variantách podle toho, v jakém prostředí se provozují. Výrobci napříč Evropou se snaží uspokojit potřeby zákazníků obsáhlým portfoliem vyráběných drtičů. Drtiče se mohou lišit: typem a velikostí drtícího zařízení, velikostí podavače a násypky, možností předtřídění, množstvím výstupních frakcí a těmito parametry danou samotnou velikostí stroje. Výrobci často stroje přizpůsobují konkrétním požadavkům zákazníků, kteří potřebují upravit některé rozměrové parametry stroje pro své specifické podmínky.

5.2.1 STACIONÁRNÍ DRTIČE

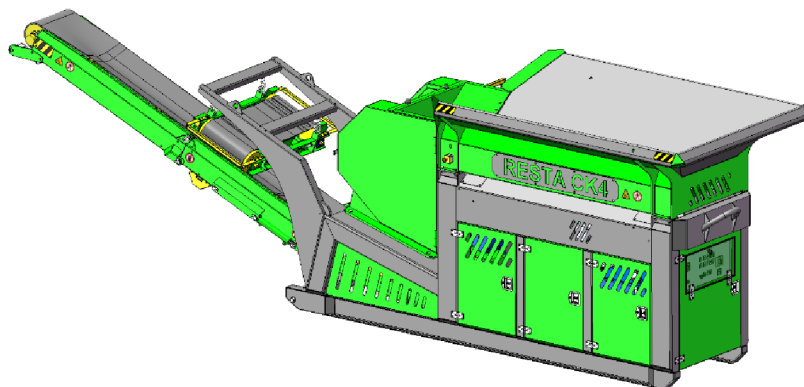
Stacionární drtící linky se montují v recyklačních centrech, protože recyklovaný materiál svážíme ke stroji a není tedy nutné s ním manipulovat. Jako stacionární drtiče často provozujeme kuželové, nebo odrazové, protože jsme schopni selektovat vstupní materiál a zmenšit tím pravděpodobnost vniknutí nedrtitelného materiálu.



Obrázek 10 - Stacionární drtič RESTA KS[10]

5.2.2 SEMIMOBILNÍ DRTIČE

Semimobilní drtiče jsou vhodné pro drcení ve větších demoličních komplexech, protože je možné je po určité době přemísťovat, ovšem pro jakoukoliv manipulaci je nutné použití další mechanizace. Semimobilní drtiče se často vyrábějí v provedení vhodném pro přemísťování pomocí vozů s hákovým nosičem kontejnerů. V takovém případě drtič nazýváme kontejnerový.



Obrázek 11 – Semimobilní kontejnerový drtič RESTA CK4

5.2.3 MOBILNÍ DRTIČE

Mobilní třídiče jsou používány pro drcení materiálu přímo v místě jeho vzniku nebo v drticích centrech kde mobilitu samotného stroje využíváme. Naprostá většina mobilních drtičů je opatřena pásovými podvozky pro jejich odolnost, schopnost pohybu po nezpevněných površích, velkou nosnost a malou konstrukční rychlost vhodnou pro takto velké stroje. Pásové podvozky jsou povětšinou poháněny hydraulicky, avšak někteří výrobci nabízí některé své menší podvozky i plně elektrifikované.



Obrázek 12 - Mobilní drtič RESTA CH1[10]

5.3 TŘÍDIČE

Třídíče pro zpracování SDO se vyrábějí v mnoha variantách závislých na prostředí jejich následného provozu. Třídíče lze stejně jako třídíče rozdělit na stacionární, semimobilní a mobilní. Třídíče můžeme osadit více sítnými plochami a oddělit od sebe více frakcí. Síta a roštnice se mohou lišit svými tvary nebo profilem materiálu, ze kterého jsou vyrobeny. Všechny parametry stroje se dají modifikovat podle potřeb zákazníka, který potřebuje co nejefektivnější stroj pro svoje podmínky.

5.3.1 STACIONÁRNÍ TŘÍDIČE

Stacionární třídící linky jsou vhodnou variantou pro třídící a recyklační centra, do kterých se materiál dováží ve velkém množství a třídící linku není nutné přemísťovat.

5.3.2 SEMIMOBILNÍ TŘÍDIČE

Semimobilní třídíče se používají při třídění většího množství materiálu na jednom místě. Standartně to bývají demolice budov nebo podobných objektů, kde je materiál možné použít ihned pro další stavbu. Semimobilní třídíče bývají nejčastěji v kontejnerové úpravě.

5.3.3 MOBILNÍ TŘÍDIČE

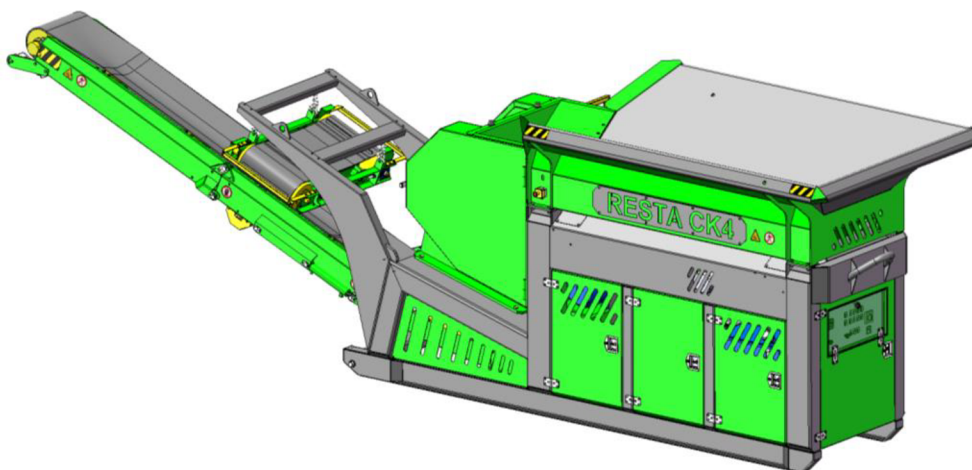
Mobilní třídíče jsou používány pro třídění materiálu přímo v místě jeho vzniku, přičemž se třídění využívá pro lepší možnost využití jednotlivých frakcí materiálu. Třídící stroje využívají stejně jako mobilní drtiče pásové podvozky.

6 NÁVRH DRTÍCÍ LINKY

Při výběru vhodného návrhu drtící linky jsem se snažil navrhnout stroj, který by byl po dokončení schopen obstát na trhu, a jeho vývoj nebyl zcela zbytečný. Po důkladném zvážení možností jsem se rozhodl pro návrh mobilní verze malého čelistového drtiče. Stroj se bude zakládat na komponentech malého čelistového kontejnerového drtiče CK4 z portfolia firmy RESTA. Tento stroj je vhodným základem pro návrh malého mobilního drtiče s výkonem okolo 15 t/h. Jedná se o časem ověřený stroj a jeho koncepce není v rozporu s mobilní úpravou. Použití již vyráběných menších podsestav a dílů podstatně snižuje délku vývoje nového stroje. Další výhodou použití těchto dílů je snížení lidské chybovosti při výrobě prvních strojů nového typu. Při návrhu jsem se tedy snažil zachovat menší či větší podsestavy tak, aby byla následná výroba jednodušší. Z podsestav jsem zachoval násypku, podavač, čelistový drtič, pás produktu a magnetický separátor.

Změny nastaly u rámu stroje, který je zcela jiný a přizpůsobený pro montáž pásového podvozku. Stroj CK4 má rám z I profilu a ohýbaných U profilů, přičemž mnou navrhovaná linka má rám inspirovaný většími stroji z výroby firmy RESTA. Součástí změny rámu bylo i kompletní předělání uspořádání vnitřních komponentů stroje. Jelikož je drtič, pás produktu a podavač poháněn elektricky, bude se jednat o diesel-elektricko-hydraulický stroj s možností plné elektrifikace při drcení. Elektrická energie je vyráběna elektrickým generátorem zapojeným za vznětový motor. Hydraulický obvod je nutný pro zapojení pásového podvozku.

Celý návrh jsem začal několika jednoduchými skicami nového rámu a uspořádáním veškerých komponentů. Následně jsem uvolňoval menší podsestavy ve stroji CK4 a umisťoval na pozice, které by byly v souladu s novým uspořádáním vhodným pro mobilní verzi. Při postupném návrhu a následné konstrukci jsem několikrát svá rozhodnutí musel změnit, protože jsem v průběhu jejich aplikace přišel na jiná úskalí, která kolidovala s jinou částí stroje.



Obrázek 13 - Semimobilní kontejnerový drtič RESTA CK4

7 KRITICKÁ REŠERŠE STÁVAJÍCÍCH TECHNICKÝCH ŘEŠENÍ

Nezbytným krokem při návrhu nového stroje je kritická rešerše strojů s podobnými vlastnostmi a specifikacemi. V dnešní době, kdy je na používání recyklovaného materiálu kladen čím dál větší důraz, je trh s těmito stroji široký a je zde velké množství strojů na zpracování SDO. Pro rešerši jsem tedy hledal malé mobilní čelistové drtiče s parametry dle zadání. Rozsah rešerše všech strojů, které lze zařadit jako stroje pro zpracování SDO, by byla nepřiměřeně dlouhá vzhledem k rozsahu této práce.

Při rešerši těchto strojů jsem našel několik výrobců, kteří stroje navrhují a vyrábí, a snažil se zjistit jejich základní informace o jejich výkonu a konstrukčních možnostech. Tyto parametry jsem porovnal v tabulce níže.

V tabulkách jsem mohl porovnat vlastnosti a rozměry jednotlivých strojů a udělat si přehled o výhodách a nevýhodách mnou navrhovaného stroje CH05.

Tabulka 1 - Výkonnostní parametry mobilních drtičů [12][13][14][15][16][17][18][19]

Výrobce	Název stroje	Vstupní rozměry do drtiče [mm]	Vstupní plocha do drtiče [mm ²]	Motor	Magnetický separátor	Maximální výkon [t/h]
RESTA	CH05	470x330	155100	Caterpillar 55 kW	ANO	30
Komplet	K-JC 604	600x400	240000	41 kW	ANO	50
Komplet	K-JC 503	500x300	150000	18.5 kW	NE	30
EVOQUIP	Bison 120	680x400	272000	Deutz 55kW	ANO	80
EVOQUIP	Bison 35	480x250	120000	Kubota 26.5 kW	NE	30
Red Rhino	RR 5000	500x250	142500	Kubota 18.5 kW	NE	~30
SMI Compact	10 TJ	213x487	105192	Kubota 16 hp	NE	9
SMI Compact	20 TJ	508x254	129032	Kubota 25 hp	NE	22
Guidetti	Caesar 1	450x280	126000	ISUZU 21 kW	NE	30
Guidetti	Ceasar 2	530x400	212000	ISUZU 35 kW	ANO	65

V první tabulce jsou informace, které určují výkon stroje, který je uveden v posledním sloupci. Výkon drtiče je určený objemovým měřením za pásem produktu, nebo hmotnostním měřením, které může být součástí pásu produktu. Výkon stroje je značně ovlivněn několika dalšími vlastnostmi materiálu, nebo i prostředím, ve kterém stroj pracuje. Výkony uváděné výrobcí jsou výkony, které jsou dosaženy při ideálních podmínkách s ideálním materiálem. Zhoršené podmínky mohou být způsobeny například vlhkostí materiálu nebo nízkými teplotami prostředí.

Tabulka dále porovnává vstupní rozměry čelist'ových drtičů. Tento rozměr je pro lepší porovnání následně převeden na celkovou vstupní plochu. Pro doplnění je v tabulce uveden výrobce a výkon motoru a také to, zda má stroj možnost umístění magnetického separátoru, který rozšiřuje možnosti drceného materiálu.

Tabulka 2 - Rozměrové parametry mobilních drtičů[12][13][14][15][16][17][18][19]

Výrobce	Název stroje	Délka stroje transport [mm]	Šířka stroje [mm]	Výška stroje	Hmotnost [kg]	Délka stroje provoz [mm]
RESTA	CH05	4950	2050	2450	8900	7950
Komplet	K-JC 604	6200	2100	2300	8800	6200
Komplet	K-JC 503	3000	1500	2000	3400	4600
EVOQUIP	Bison 120	5580	2280	2740	12000	-
EVOQUIP	Bison 35	4450	1500	2050	3400	4450
Red Rhino	RR 5000	4300	1665	1850	2755	4300
SMI Compact	10 TJ	3000	762	1575	1224	3000
SMI Compact	20 TJ	5638	1676	2057	3062	5638
Guidetti	Caesar 1	4400	1500	2000	3200	4400
Guidetti	Ceasar 2	5640	2000	2530	6500	5640

V druhé tabulce jsou porovnány rozměrové informace o stroji. V obou tabulkách nejsou data vůči sobě nijak blíže porovnávána, protože se nedá jednoduchým seřazením říct, zda je tato hodnota lepší či horší jako hodnota u jiného stroje. Některé z hodnot je možné považovat jak za výhodu, tak zároveň určitou nevýhodu. Větší rozměry stroje můžou být velkou nevýhodou při transportu stroje nebo i pohybu po jeho pracovištích, na druhou stranu může být stroj osazen větší násypkou a provoz stroje může být o to plynulejší.

7.1 KOMPLET K-JC 503

Model K-JC 503 se řadí mezi nejmenší mobilní drtiče, které jsou vhodné pro drcení drobných materiálů, které jsou vhodné k okamžitému zpětnému použití. Při psaní bakalářské práce jsem měl možnost tento drtič vidět na vlastní oči, prohlédnou si jeho konstrukční řešení a celkové uspořádání tohoto stroje.

Drtič Komplet má podobné vstupní parametry jako mnou navrhovaný drtič CH05, a tedy i podobný výkon drtiče. Vstupní otvor má rozměr 500x300 mm a následný výkon přibližně 30 t/h. Oproti CH05 má ovšem jako podavač použit pásový dopravník a nemá tedy možnost předtřídění materiálu. Celkový výkon stroje tedy může být u stroje CH05 mírně větší, jelikož část materiálu vůbec nevstupuje do drtiče.

Pásový dopravník jako pás produktu je poháněn hydraulicky a drtič je řemenovým převodem a spojkou poháněn přímo z diesellového agregátu. Čelisti stroje jsou uloženy na třech šroubech a není možné je otočit. Tento fakt nutí uživatele stroje vyměnit čelisti po opotřebení spodní hrany drtiče, přičemž u symetrického uložení je možné opotřebovat i hranu horní. [12]

Tabulka 3- Parametry drtiče K-JC 503 [12]

Vstupní rozměry do drtiče [mm]	Vstupní plocha do drtiče [mm ²]	Motor	Magnetický separátor	Maximální výkon [t/h]
500x300	150000	18.5 kW	NE	30
Délka stroje transport [mm]	Šířka stroje [mm]	Výška stroje	Hmotnost [kg]	Délka stroje provoz [mm]
3000	1500	2000	3400	4600



Obrázek 14 - Mobilní drtič K-JC 503

7.2 KOMPLET K-JC 604

Stroj K-JC 604 je již větší stroj s maximálním výkonem přibližně 50 t/h. Stroj je osazen čelistovým drtičem se vstupním rozměrem 600x400 mm. Podavač je vibrační, ovšem stále bez možnosti předtřídění. Tento větší typ drtiče je již osazen magnetickým separátorem, který rozšiřuje možnosti drcení k drcení materiálu se zbytky železných prvků. Pás produktu a magnetický separátor jsou poháněny hydraulicky. [13]

Tabulka 4 – Parametry mobilního čelistového drtiče K-JC 604 [13]

Vstupní rozměry do drtiče [mm]	Vstupní plocha do drtiče [mm ²]	Motor	Magnetický separátor	Maximální výkon [t/h]
600x400	240000	41 kW	ANO	50
Délka stroje transport [mm]	Šířka stroje [mm]	Výška stroje	Hmotnost [kg]	Délka stroje provoz [mm]
6200	2100	2300	8800	6200



Obrázek 15 - Mobilní drtič K-JC 604[13]

7.3 EVOQUIP BISON 35

Stroje Evoquip vyráběné v Severním Irsku vypadají na první pohled velice podobně jako stroje Komplet. Velice pravděpodobně bude mezi těmito firmami fungovat nějaký druh spolupráce. Výrobce Evoquip ovšem osazuje své stroje čelistovými drtiči, které mají jiné rozměry než u strojů Komplet. Stroj je postaven na pásovém podvozku s gumovými pásy, které jsou pro tuto hmotnost stroje vhodnější variantou. [14]

Tabulka 5 – Parametry mobilního čelistového drtiče EVOQUIP Bison 35[14]

Vstupní rozměry do drtiče [mm]	Vstupní plocha do drtiče [mm ²]	Motor	Magnetický separátor	Maximální výkon [t/h]
480x250	120000	Kubota 26.5 kW	NE	30
Délka stroje transport [mm]	Šířka stroje [mm]	Výška stroje	Hmotnost [kg]	Délka stroje provoz [mm]
4450	1500	2050	3400	4450



Obrázek 16 – Mobilní drtič EVOQUIP Bison35[14]

7.4 EVOQUIP BISON 120

Bison 120 je o řadu větší, než stroj Bison 35. Tvarově opět podobný stroj, jako od výrobce Komplet, můžeme tedy zase předpokládat, že se jedná o nějaký druh spolupráce mezi firmami Komplet a EVOQUIP. Drtič je osazen ocelovým pásovým podvozkem, který je odolnější vůči opotřebení, oproti podvozku s gumovými pásy. Přestože má stroj sklápěcí pás produktu, výrobce neuvádí hodnotu délky stroje po sklopení pásu. [15]

Tabulka 6 - Parametry mobilního drtiče EVOQUIP Bison 120[15]

Vstupní rozměry do drtiče [mm]	Vstupní plocha do drtiče [mm ²]	Motor	Magnetický separátor	Maximální výkon [t/h]
680x400	272000	Deutz 55kW	ANO	80
Délka stroje transport [mm]	Šířka stroje [mm]	Výška stroje	Hmotnost [kg]	Délka stroje provoz [mm]
5580	2280	2740	12000	-



Obrázek 17 - Mobilní drtič EVOQUIP Bison 120[15]

7.5 RED RHINO RR5000

Red Rhino je výrobce drtičů z Velké Británie. Na první pohled má stroj velmi malou násypku, což může snižovat výkon drtiče v případě, že obsluha není schopna zajistit pravidelné plnění násypky v malém množství materiálu. Drtič má stejně jako ostatní možnost hydraulického stavění čelistí, konkrétně v rozsahu 20–100 mm. Výrobce stroje neuvádí výkon stroje. Tuto hodnotu jsem tedy přibližně odhadl dle ostatních strojů podle velikosti čelistového drtiče tak, aby byla tabulka kompletní. [16]

Tabulka 7 - Parametry mobilního čelistového drtiče RedRhino 5000[16]

Vstupní rozměry do drtiče [mm]	Vstupní plocha do drtiče [mm ²]	Motor	Magnetický separátor	Maximální výkon [t/h]
500x250	142500	Kubota 18.5 kW	NE	~30
Délka stroje transport [mm]	Šířka stroje [mm]	Výška stroje	Hmotnost [kg]	Délka stroje provoz [mm]
4300	1665	1850	2755	4300



Obrázek 18 - Mobilní drtič RR5000[16]

7.6 SMI COMPACT 10 TJ

Tento drtič je zástupcem drtičů, které mají nejmenší výkon. V tomto případě se bude pravděpodobně lišit využití takového čelistového drtiče. Vzhledem k malému výkonu je pro stavební a demoliční firmy neefektivní použití takto malého drtiče. Tyto stroje jsou vhodné k pronájmu pro osobní použití, kdy si klient např. při rekonstrukci může demolovaný materiál zpracovat sám přímo na místě stavby. [18]

Tabulka 8 - Parametry mobilního čelistového drtiče SMI Compact 10 TJ[18]

Vstupní rozměry do drtiče [mm]	Vstupní plocha do drtiče [mm ²]	Motor	Magnetický separátor	Maximální výkon [t/h]
213x487	105192	Kubota 16 hp	NE	9
Délka stroje transport [mm]	Šířka stroje [mm]	Výška stroje	Hmotnost [kg]	Délka stroje provoz [mm]
3000	762	1575	1224	3000



Obrázek 19 - Mobilní drtič SMI Compact 10TJ[18]

7.7 SMI COMPACT 20 TJ

Mobilní drtič od amerického výrobce, je kompaktním strojem, který má pás produktu poháněn hydraulicky, stejně jako vibrační podavač. Oproti podobnému stroji RedRhino 5000 má SMI Compact 20 TJ podstatně větší násypku a může tedy dosáhnout větší plynulosti provozu.

Tabulka 9 - Parametry mobilního čelistového drtiče SMI Compact 20 TJ[17]

Vstupní rozměry do drtiče [mm]	Vstupní plocha do drtiče [mm ²]	Motor	Magnetický separátor	Maximální výkon [t/h]
508x254	129032	Kubota 25 hp	NE	22
Délka stroje transport [mm]	Šířka stroje [mm]	Výška stroje	Hmotnost [kg]	Délka stroje provoz [mm]
5638	1676	2057	3062	5638



Obrázek 20 - Mobilní drtič SMI Compact 20TJ[17]

7.8 GUIDETTI CAESAR 1

Italské stroj Caesar 1 je zástupcem malých drtičů s maximálním výkonem kolem 30 t/h. Oproti ostatním drtičům v této kategorii se liší svým typem poháněním jednotlivých komponentů. Pomocí spalovacího motoru je vyráběna elektřina, kterou je následně poháněn jak podavač, tak výstupní pás produktu. Vzhledem k tomu, že stroj disponuje elektrickým systémem, je možné zde použít vibromotory, které budou přimontovány na vibrační podavač. Tímto faktem nastává velká výhoda těchto malých strojů, kterými je možnost předtřídění a tím zvýšení výkonu. [19]

Tabulka 10 - Parametry mobilního čelistového drtiče Guidetti Caesar 1[19]

Vstupní rozměry do drtiče [mm]	Vstupní plocha do drtiče [mm ²]	Motor	Magnetický separátor	Maximální výkon [t/h]
450x280	126000	ISUZU 21 kW	NE	30
Délka stroje transport [mm]	Šířka stroje [mm]	Výška stroje	Hmotnost [kg]	Délka stroje provoz [mm]
4400	1500	2000	3200	4400



Obrázek 21 - Mobilní drtič Guidetti Caesar 1[19]

7.9 GUIDETTI CAESAR 2

Stroj Caesar 2 je větším kolegou stroje Caesar 1. Tento stroj má systém pohonu drtiče, dopravníků a podvozku řešený stejně jako menší stroj od tohoto výrobce. Kromě většího výkonu má tento stroj i možnost montáže magnetického separátoru. [19]

Tabulka 11 - Parametry mobilního čelistového drtiče Guidetti Caesar 2[19]

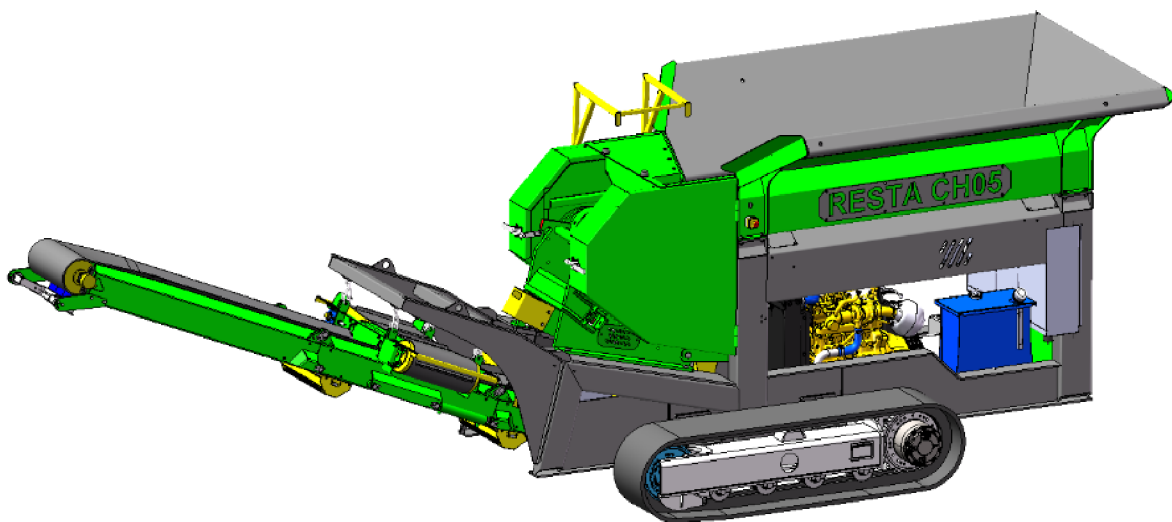
Vstupní rozměry do drtiče [mm]	Vstupní plocha do drtiče [mm ²]	Motor	Magnetický separátor	Maximální výkon [t/h]
530x400	212000	ISUZU 35 kW	ANO	65
Délka stroje transport [mm]	Šířka stroje [mm]	Výška stroje	Hmotnost [kg]	Délka stroje provoz [mm]
5640	2000	2530	6500	5640



Obrázek 22 - Mobilní drtič Guidetti Caesar 2[19]

8 KONSTRUKCE DRTÍCÍ LINKY CH05

Samotná konstrukce stroje začala rozměrovým návrhem stroje, který se odvíjel především od velikosti čelistového drtiče a násypky s podavačem. Následovalo upevnění pásového podvozku, které bylo nutné umístit tak, aby byl střed pásu pod těžištěm stroje. Tato skutečnost se však mohla v dalším průběhu konstruování lišit, proto bylo nutné dělat v modelovacím programu kroky, které šly následně snadno upravovat. Další částí konstrukce bylo umístění spalovacího motoru do zadního prostoru stroje. Motor bylo nutné připevnit tak, aby byla snadná dostupnost pro kontrolu a výměnu některých spotřebních dílů a kapalin. Pás produktu a magnetický separátor jsem umístil v závislosti na poloze drtiče tak, aby fungoval správný odvod materiálu z drtiče. Mezi pásem a čelistmi drtiče musí být dostatečný prostor, ve kterém se může akumulovat materiál z drtiče, než ho pásový dopravník dopraví ven ze stroje.



Obrázek 23 - První prototyp (iterace) stroje

Před konstrukcí mého návrhu rámu jsem použil rám stroje CK4 a modifikoval ho tak, abych získal základní rozměry pro stroj CH05. Tento krok byl důležitou částí návrhu, protože mi pomohl lépe zvolit rozměry u mnou navrhovaného rámu.

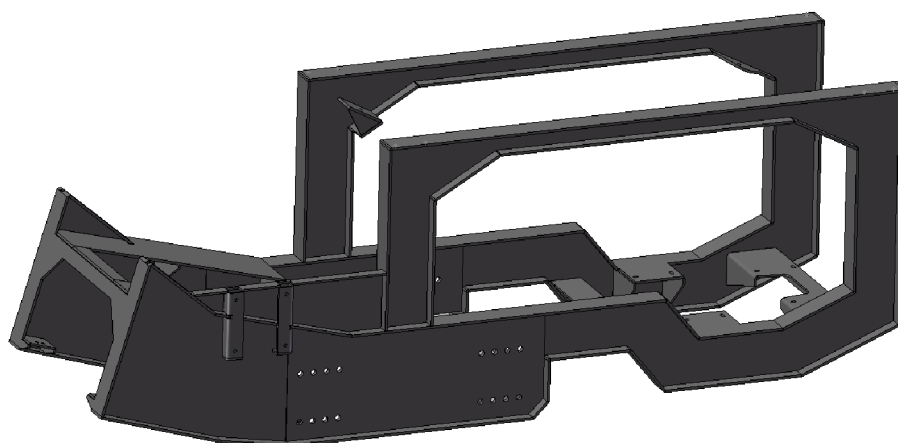
8.1 RÁM

Konstrukce rámu byla provedena ve dvou základních iteracích. Každá z těchto iterací měla velké množství malých úprav, které vznikaly v průběhu navrhování. První varianta rámu se zakládala na předělávání rámu stroje CK4. Tento postup mi pomohl s lepší představou a výsledném návrhu. Tento prototyp přidával na kontejnerový rám výplně bočnic, na které by bylo možné umístit pásový podvozek. Po vložení hydraulického systému pásového podvozku jsem zjistil, že tato koncepce nebude možná a začal jsem tvořit zcela nový rám. Největší problém prvního konceptu bylo vybrání v rámu, které vytváří prostor pro hydromotory pásového podvozku. Tento prostor bylo obtížné vytvořit vzhledem k malé výšce rámu ve spodní části, která byla dříve uzpůsobena jako kontejnerový nosič.

Rám stroje je konstruován jako I profil s proměnlivou výškou. Tento typ konstrukce je zvolen na základě zkušeností z firmy RESTA. Tato varianta je vhodná směrem k eliminaci chybovosti u výroby dílů, protože naprostá většina dílu je vypálena na laseru a je tedy minimalizovaná chyba lidského faktoru.

Rám se skládá ze středové části o zesílené tloušťce, která je nosnou částí pásového podvozku. V přední části se rám rozšiřuje tak, aby se zvýšila pevnost pro usazení drtiče a zároveň vznikla plocha zakrytování pásu produktu. Další funkcí přední části rámu je plocha pro zavěšení magnetického separátoru a jeho rámu. Za středovou částí je umístěn nosná konstrukce diesellového motoru, která je opatřena patkami a příčnicí, na kterých je motor přes silentbloky postaven. Patky a příčnice jsou konstruovány jako ohýbané, nebo svařované díly.

Na horní části rámu je umístěna násypka s podavačem. Násypka je přímo položena na horní hraně profilu. Podavač je šikmo uložen na čtyřech výpalcích, na kterých se podavač uchycen skrze silentbloky. Rovina uložení silentbloky musí být umístěna tak, aby byla kolmá na osu vibromotoru. Tím bude následně dosaženo správného podávání materiálu do čelistového drtiče.



Obrázek 24 - Rám stroje RESTA CH05

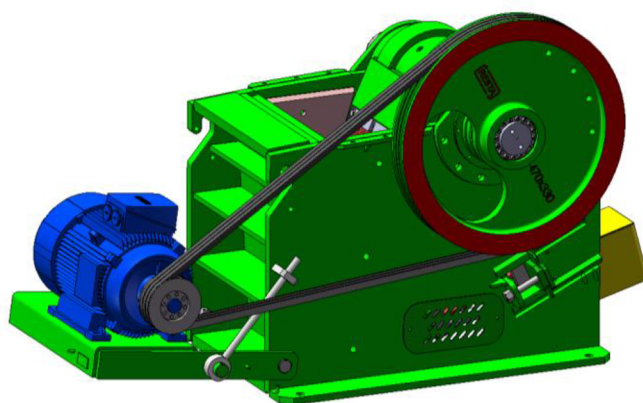
8.2 NÁSYPKA + PODAVAČ

Násypka podavače je konstruována z ohýbaných plechů. Plášť násypky je tvořen z materiálu Hardox, který je oproti standartním plechům otěruvzdorný, což je žádoucí vlastnost u materiálu, který je přímo ve styku se zpracovávaným materiálem. Velkou výhodou této násypky je její délka, která umožňuje plnění stroje materiálem pomocí standartního kolového nebo pásového nakladače. Vzhledem k výšce a ostatním rozměrům stroje je pravděpodobné právě použití těchto typů a velikosti nakladačů. Při menší délce násypky je značně ztížena obsluha stroje, a materiál, který by z lžice většího nakladače padal mimo násypku, může poškodit jiné části stroje.

Stroj je osazen vibračním podavačem, který má oproti pásovým nebo článkovým dopravníkům velkou výhodu v možnosti předtřídění. Tato vlastnost značně pomáhá snižovat opotřebení drtiče a funguje jako opatření proti zahlcení drtiče jemným materiálem, který je nedrtitelný. Velikost třídící plochy je 455x335 mm. Podavač je osazen dvojicí vibromotoru, které zajišťují plynulý pohyb materiálu do drtiče.

8.3 DRTIČ

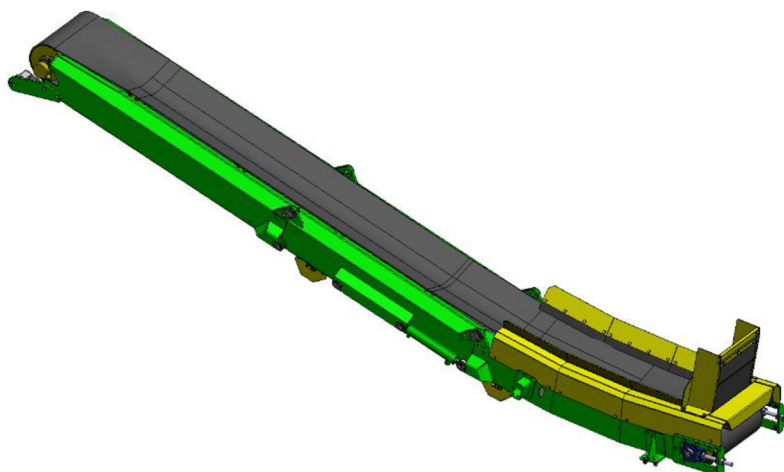
Stroj je osazen drtičem RESTA 470x330. Drtič se skládá z masivního svarku lože a kyvadla, pojistné vzpěrné desky, stavěcího zařízení, vratného mechanismu a setrvačnicku. Jedná se o jednovzpěrný mechanicky jištěný čelistový drtič, který je poháněn elektromotorem a řemenovým převodem s klínovými řemeny. Kyvadlo drtiče uvádí do pohybu výstředníkový hřídel, na jehož koncích jsou upevněny setrvačníky, přičemž jeden z nich je použit jako řemenice. Drtič je přes řemenici poháněn elektromotorem o výkonu 20kW. Pohybový mechanismus je pohromadě udržován vratnými pružinami. Drtič je určen pro drcení středně tvrdých stavebních sutí a přírodních materiálů do 150 MPa. Štěrbina drtiče je nastavitelná v rozmezí 10-45 mm. Drtič je proti přetížení chráněn vzpěrnou deskou, která se po vniknutí nedrtitelného materiálu mezi čelisti zlomí. Zdvih drtiče je 17 mm. Výsledná štěrbina se mění v závislosti na opotřebení čelistí, které je rychlejší na spodní straně desek. Čelisti drtiče jsou uloženy na čtyřech šroubech tak, aby bylo možné jejich otočení, které nám životnost čelistí zdvojnásobí. Maximální vstupní kusovost do drtiče 470x330 je 350x200x200 mm. V opačném případě je potřeba odtrdit zrna menší, než je minimální nastavená štěrbina drtiče. V takovém případě by ve výstupní štěrbíně nastalo dusání a briketování materiálu, které je nežádoucí. Předtříděním předcházíme zvýšenému opotřebení, přetěžování nebo poruše drtiče.



Obrázek 25 - Čelistový drtič DCJ 470x330

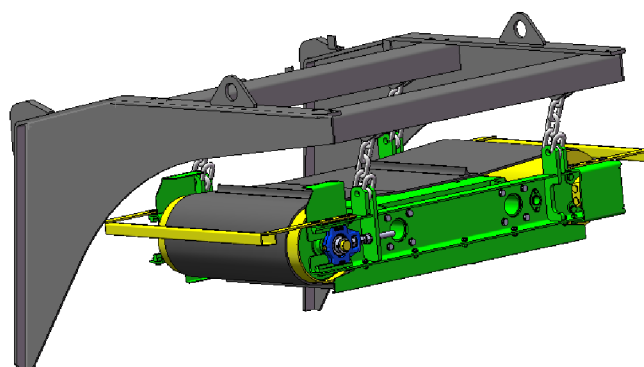
8.4 PÁS PRODUKTU + MAGNETICKÝ SEPARÁTOR

Pás produktu je kromě jeho upevnění na rám stroje stejný jako na stroji CK4. Jelikož je pás praxí vyzkoušen a drtičí 470x330 je jeho výkon dostačující, nebylo potřeba do něj zasahovat a bylo vhodné jej použít. Při změně rámu bylo tedy nutné pouze změnit upevnění pásu na rám. Ve spodní části je pás připevněn dvojicí patek, které jsou přišroubovány na rám stroje. Horní uchycení jsem navrhl jako ohýbaný U profil, který je prostrčen skrze obě bočnice pásu, a po sešroubení s rámem funguje jako příčník rámu a zvyšuje jeho tuhost v přední oblasti stroje.



Obrázek 26 - Pás produktu stroje CH05

Magnetický separátor nebylo nutné měnit vůbec, proto byla použita jednotka totožná s magnetickým separátorem na stroji CK4. Bylo ovšem nutné předělat celé uchycení magnetického separátoru, protože se výrazně změnila jeho pozice vůči rámu stroje. Pro zachování pozice vůči pásu produktu, a to především správné výšce nad pásem, bylo nutné změnit rozměry nosné konstrukce. Nosnou konstrukci jsem tedy snížil a upravil pro vhodné upevnění na rám mobilního drtiče.



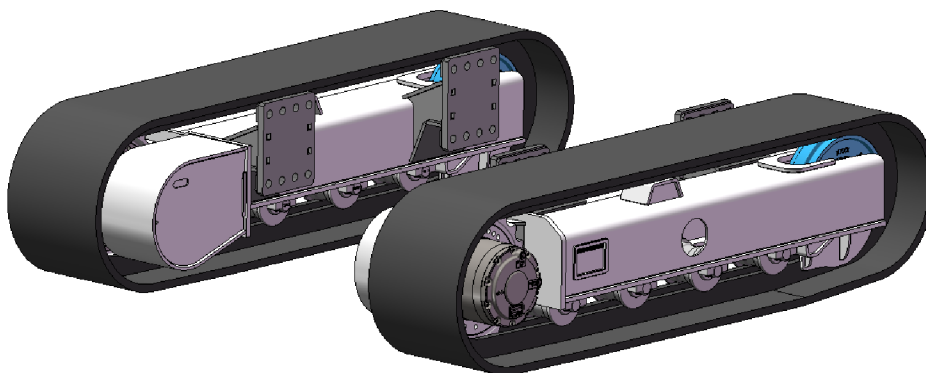
Obrázek 27 - Magnetický separátor s jeho rámem

8.5 PÁSOVÝ PODVOZEK

Při poptávání pásového podvozku jsem oslovil tři firmy z Itálie, Holandska a Anglie, které vyrábí tyto podvozky. V nabídce jsem pro hmotnost mého stroje dostal několik typů podvozků. Typ pásu bylo možné zvolit buď gumový, nebo ocelový. Po konzultaci s holandským výrobcem mi však bylo doporučeno použít pásy ocelové, protože v této váhové kategorii a statickém provozu stroje není gumové pásy vhodné používat. Zajímavou možností byla i nabídka plně elektrifikovaného podvozku, který by seděl do koncepce mého návrhu stroje, ale bohužel cenová nabídka této varianty značně překračovala rozpočet pásového podvozku. Po porovnání všech nabídek jsem zvolil pásový podvozek s ocelovými pásy od stávajícího dodavatele.

Upevnění pásů na rám stroje je provedeno pomocí čtyř patek, které jsou navařeny na rám každé housenice a následně každá z patek přišroubována osmi šrouby přes rám celého stroje. Při konstrukci a umístění patek bylo důležité správně zvolit jejich umístění tak, aby patky nezasahovaly do prostoru umístění hydromotorů, do kterých je nutné přivést hydraulické hadice. Patky jsem zároveň umístil tak, aby nezasahovaly do oslabeného místa rámu, kterým je koncové vybrání pro napínací kolo.

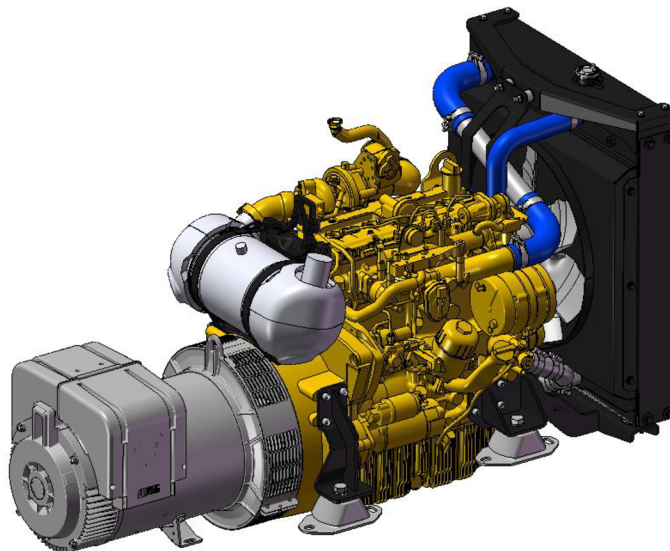
V návaznosti na volbě délky pásového podvozku bylo nutné správně navrhnout celkovou délku rámu tak, aby měl stroj vhodné nájezdové úhly. Při vykládce a nakládce stroje nebo i při překonávání některých překážek je tato vlastnost důležitá pro usnadnění práce a manipulaci se strojem. Bylo by samozřejmě možné použít pásy delší, ovšem cílem je použít pásy co nejlevnější, tedy pásy kratší.



Obrázek 28 - Pásový podvozek stroje CH05

8.6 DIESEL-GENERÁTOROVÁ POHONNÁ JEDNOTKA

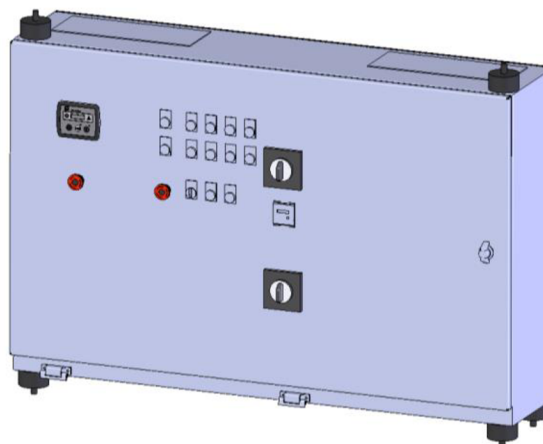
Stroj pohání vznětový spalovací motor Caterpillar o výkonu 55 kW, který splňuje poslední normu Stage 5. Motor je usazen na 4 silentblocích, přes které je motor spojen s rámem stroje. Zástavba motoru byla obtížná vzhledem k jeho velikosti. Motor běží na otáčkách vhodných pro výrobu elektrické energie pro pohon drtiče a ostatních součástí.



Obrázek 29 - Pohonná jednotka stroje CH05

8.7 ELEKTRO ROZVADĚČ

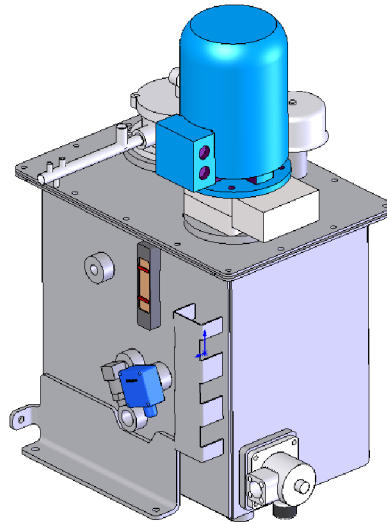
Řízení stroje je zajištěno elektro rozvaděčem, který propojuje veškerá elektro zařízení na stroji. V rozvaděči je spojují nejen ovládací prvky jednotlivých komponent, ale i čidla, která zamezují kolizi částí stroje ve výjimečných poruchových stavech.



Obrázek 30 – Elektro rozvaděč stroje CH05

8.8 HYDRAULIKA

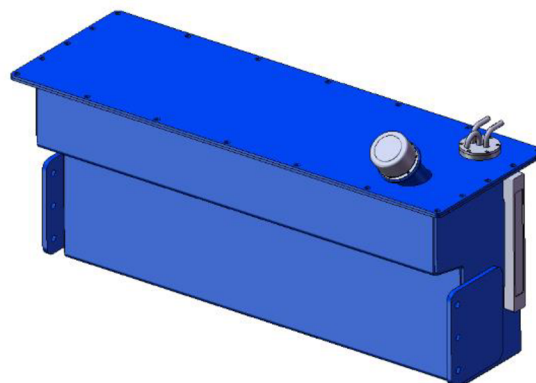
Stroj je koncipován jako diesel-elektrický, přesto je pro mobilní verzi užití hydraulického systému nutné. Pásový podvozek bylo možné použít i elektrický, bohužel jeho cena značně převyšuje cenu podvozku hydraulického, a proto jsem jeho použití vyloučil.



Obrázek 31 – Hydraulická nádrž stroje CH05

8.9 PALIVOVÁ NÁDRŽ

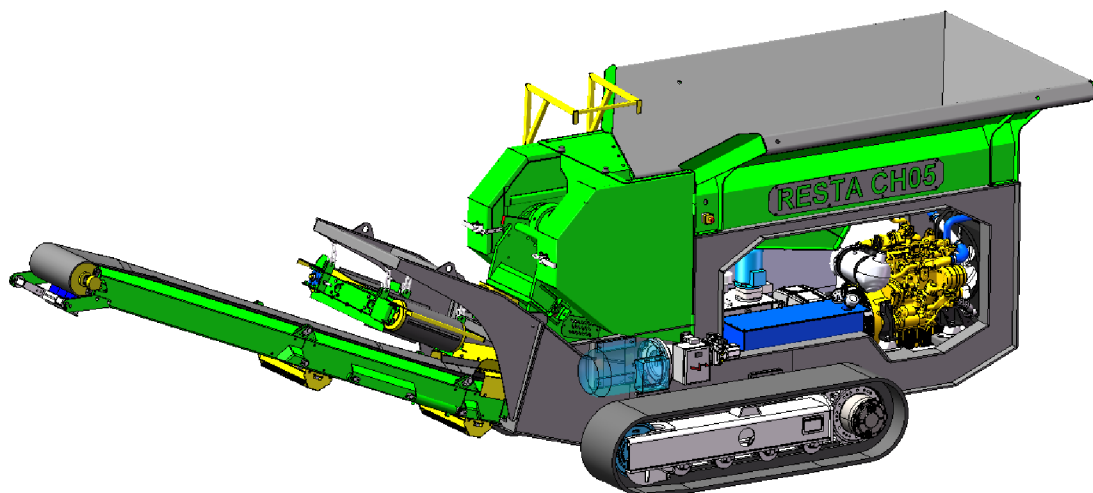
Palivová nádrž je část stroje, která je vhodná pro vyplnění nevyužitého prostoru z důvodu vlastní výroby, a tedy možnosti zvolení libovolného tvaru a velikosti nádrže. Nádrž jsem navrhoval tak, aby vhodně zaplnila prostor u levé bočnice rámu, mezi elektro generátorem a elektromotorem drtiče. Zároveň jsem nádrž umisťoval tak, aby bylo umožněno budoucí obsluze snadné doplňování PHM. Víčko nádrže se tedy nachází ve vhodné výšce a dostatečně blízko od vnější hrany stroje.



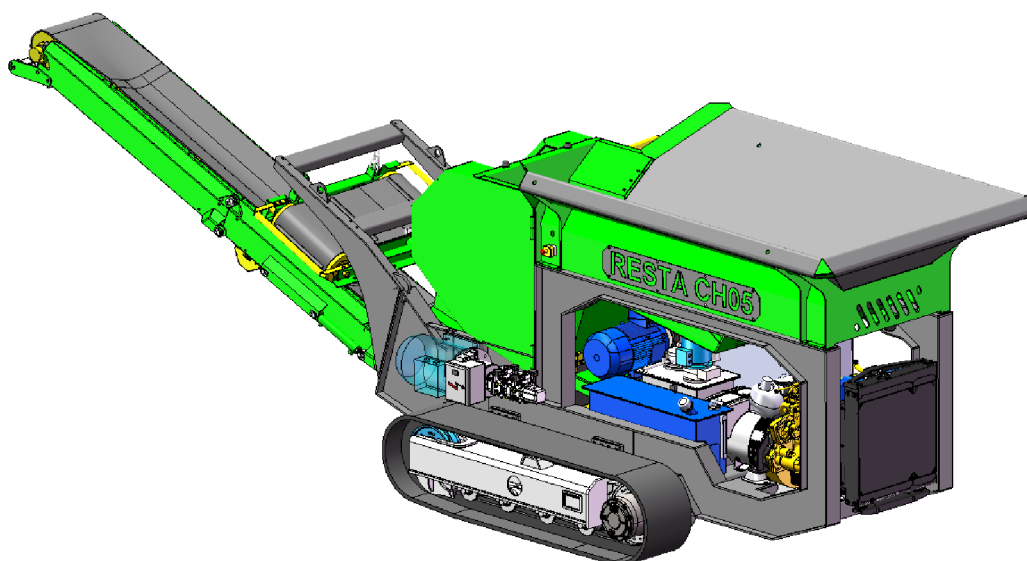
Obrázek 32 - Palivová nádrž stroje CH05

9 CELKOVÁ SESTAVA KONSTRUKČNÍHO NÁVRHU

Všechny mnou navrhované díly, nebo díly použité z databáze firmy RESTA, které jsem upravoval pro potřeby mého stroje jsem zkompletoval do celkové sestavy. Tento koncepční návrh je prototypem pro možnost dokončení konstrukce jednotlivých komponentů a celého stroje.



Obrázek 33 - Celková sestava stroje CH05 1



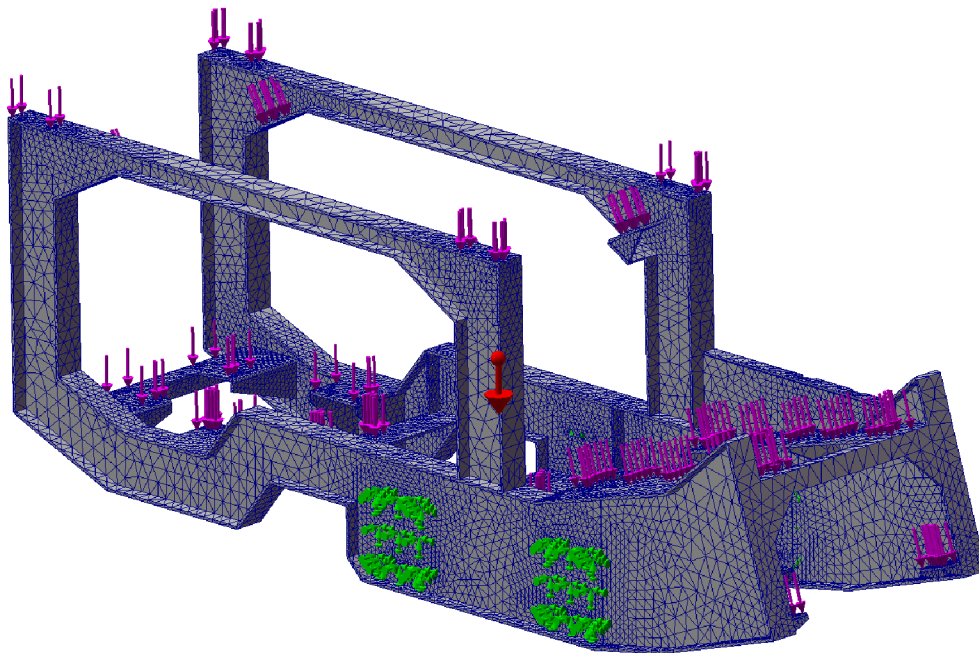
Obrázek 34 - Celková sestava stroje CH05 2

10 PEVNOSTNÍ KONTROLA RÁMU

Pro pevnostní kontrolu rámu jsem použil MKP, kterou jsem provedl v softwaru SolidWorks Simulation. Celkově jsem provedl tři kontroly, přičemž každá z nich se snaží simulovat jinou situaci, která při používání stroje může vzniknout. Všechny pevnostní kontroly jsou základním výpočtem, který odkryje riziková místa stroje. Pozice zatížení jsem zvolil tak, aby simulovalo uložení všech částí, které jsou s rámem pevně smontovány a mají zásadní vliv na celkové zatížení rámu. Těmito částmi jsou násypka, podavač, drtič, pás produktu a spalovací motor s generátorem.

V první části bylo nutné správně zasíťovat celý model. Tento krok je značně komplikovaný a je třeba odstranit všechny nedostatky modelu, které by zasíťování znemožnily. Po zasíťování jsem začal umisťovat jednotlivé zatížení, které vznikají uložním jednotlivých komponentů. Pro jejich umístění bylo nutné na plochách materiálu vytvořit jednotlivé plochy, na kterých vzniká styk s jinou komponentou tak, aby se zatížení špatně nerozložilo na celou plochu.

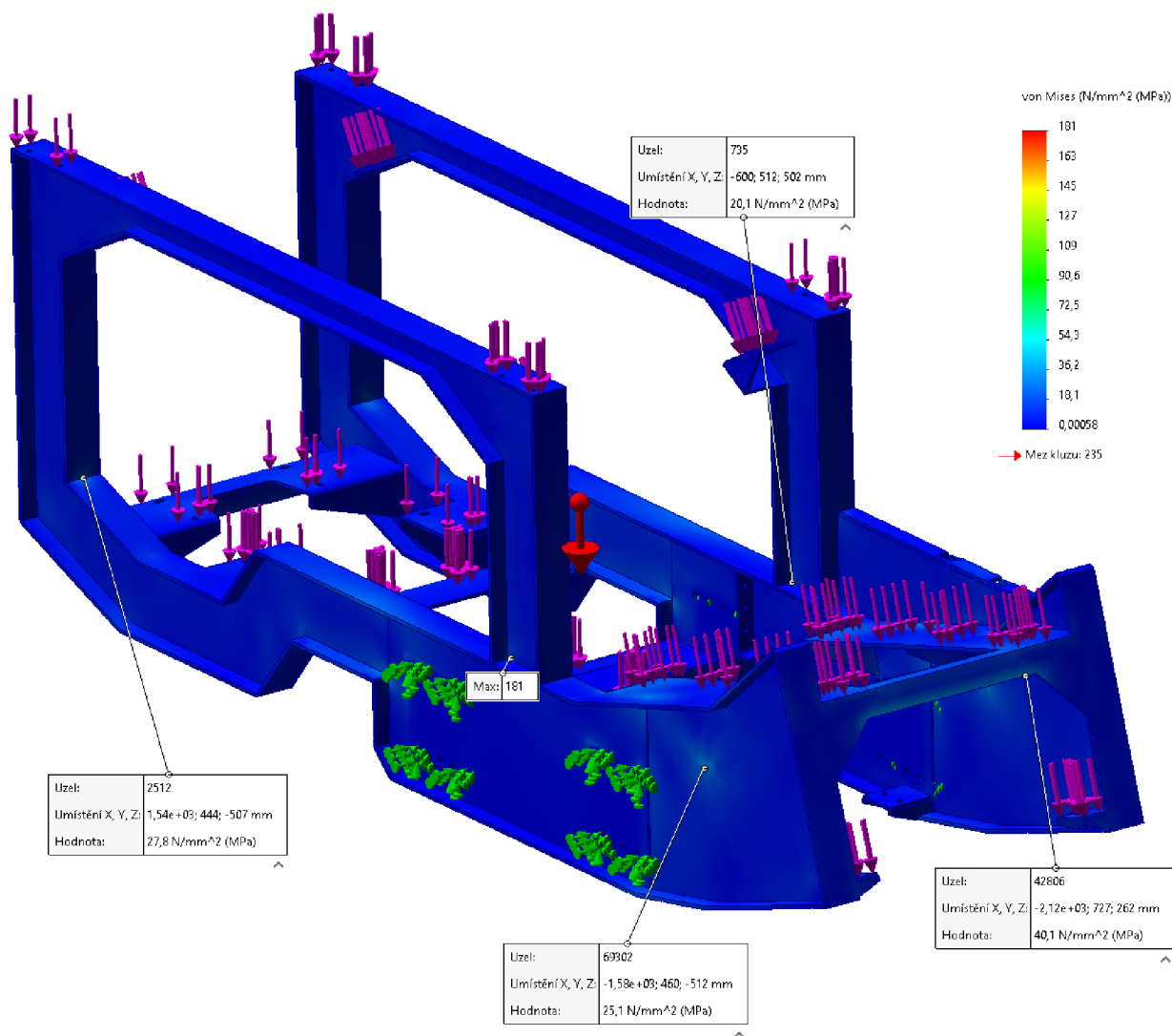
Po zasíťování rámu a vložení zatížení jsem umístil plochy uchycení, které simulují upevnění pásového podvozku, na kterém rám stojí. Pro zjednodušení výpočtu jsem tyto plochy definoval jako pevné, přestože ve skutečnosti zde bude vznikat posunutí.



Obrázek 35 – Zasíťovaný model se zatížením od komponent

10.1 STATICKÉ ZATÍŽENÍ RÁMU

První zatížení bylo definováno jako statické a rám jsem zatížil reálnými silami, které vznikají od hmotnosti jednotlivých komponentů. Dle očekávání v tomto kroku nevzniklo žádné velké napětí, ale již se vykreslila místa, která by mohla být riziková.



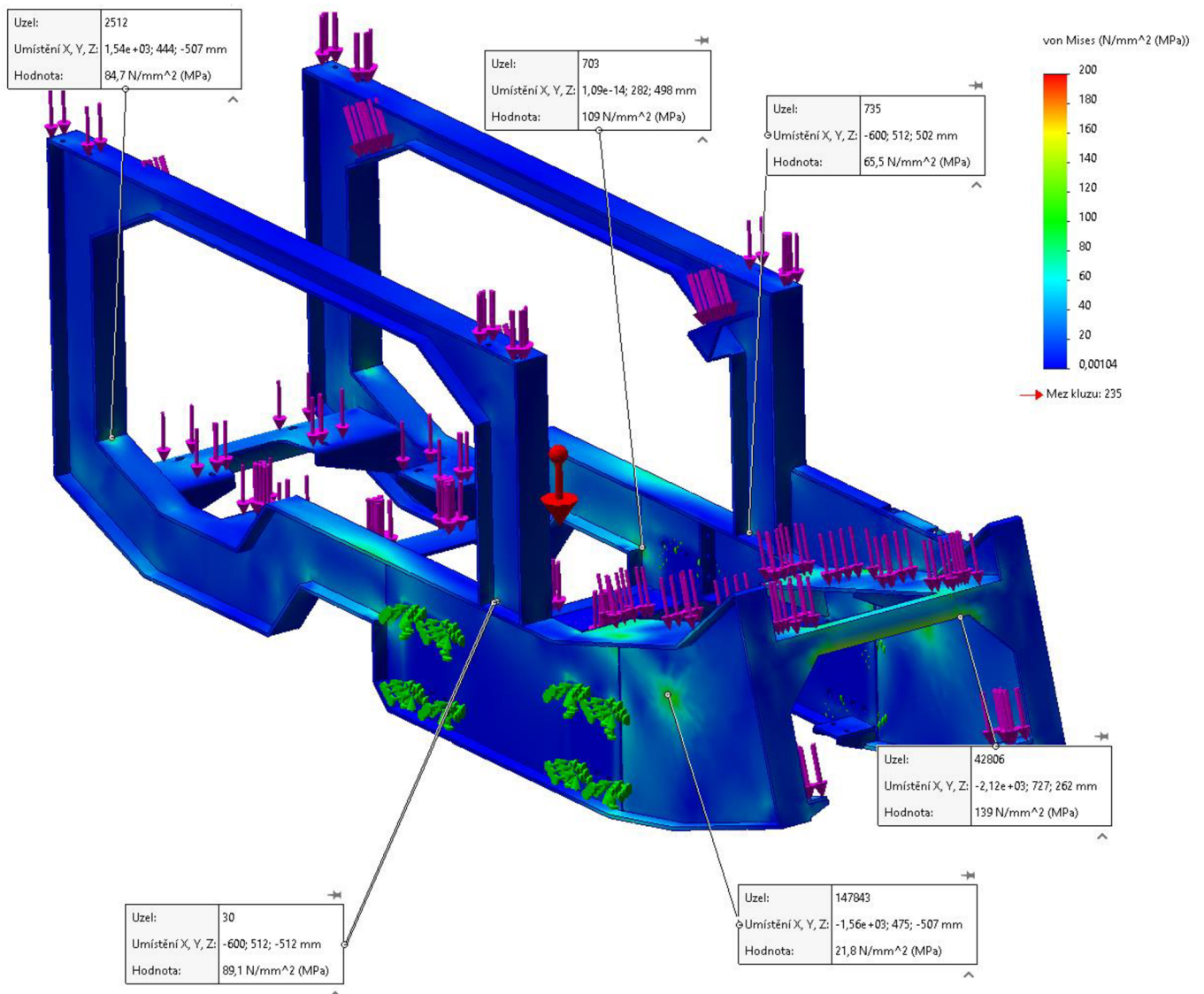
Obrázek 36 - Model rámu se statickým zatížením

Pod předním sloupem rámu, v jeho spodní části vzniklo napětí 181 MPa. Tato hodnota je nejspíše chybou modelu, protože takovéto napětí vzniklo pouze ve velmi malé oblasti a nešířilo se stejně jako napětí na jiných místech. Proto jsem toto zatížení nebral dále v potaz a řídil se napětím, které vzniká na místě symetrickém pod druhým sloupem. Při statickém zatížení vzniká na rámu zatížení, které není nijak kritické či nebezpečné. Největší hodnoty vznikají v přední části, kde působí zatížení od čelistového drtiče.

10.2 DYNAMICKÉ ZATÍŽENÍ RÁMU

Druhé zatížení bylo nazváno jako dynamické. Pro zjednodušení se stále jedná o zatížení statické, u kterého jsem zatížení vynásobil koeficientem 3,5, který simuluje síly, které by vznikali při dynamickém zatížení stroje.

Dynamickým zatížením je myšlený stav, při kterém je stroj v chodu. Toto zatížení simuluje násypku plnou materiálu, podavač zatížený materiálem, síly, které vznikají od pohybu drtiče, zatížení pásu produktem zpracovaným materiálem a také všechny vibrace a pohyby ostatních komponentů.

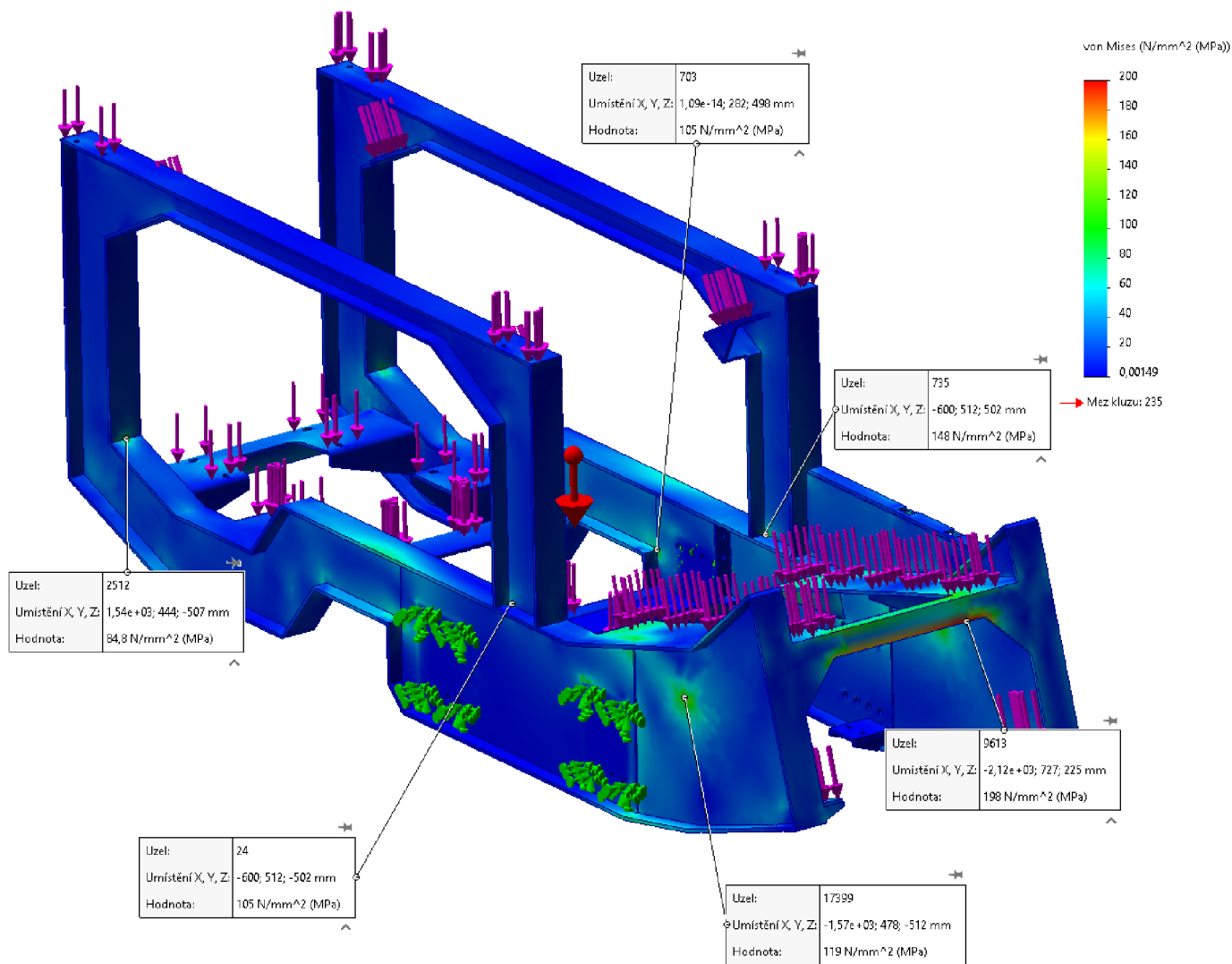


Obrázek 37 - Model rámu s dynamickým zatížením

Po dynamickém zatížení již na některých částech stroje vznikají napětí, u kterých je nutné se na ně zaměřit a zjistit, jak by se daly tyto hodnoty snížit. Největší napětí vzniklo na příčniku v přední části rámu. Toto místo je zatíženo čelistovým drtičem. Hodnota zde vzniklého napětí je 140 MPa. Z poznatků firmy RESTA mi bylo doporučeno při tomto typu simulace držet napětí na rámech stroje kolem hodnoty 100 MPa. Proto je toto místo nutné označit jako místo rizikové a při dalším vývoji stroje je nutné se na něj zaměřit a zesílit jej.

10.3 TORZNÍ ZATÍŽENÍ RÁMU

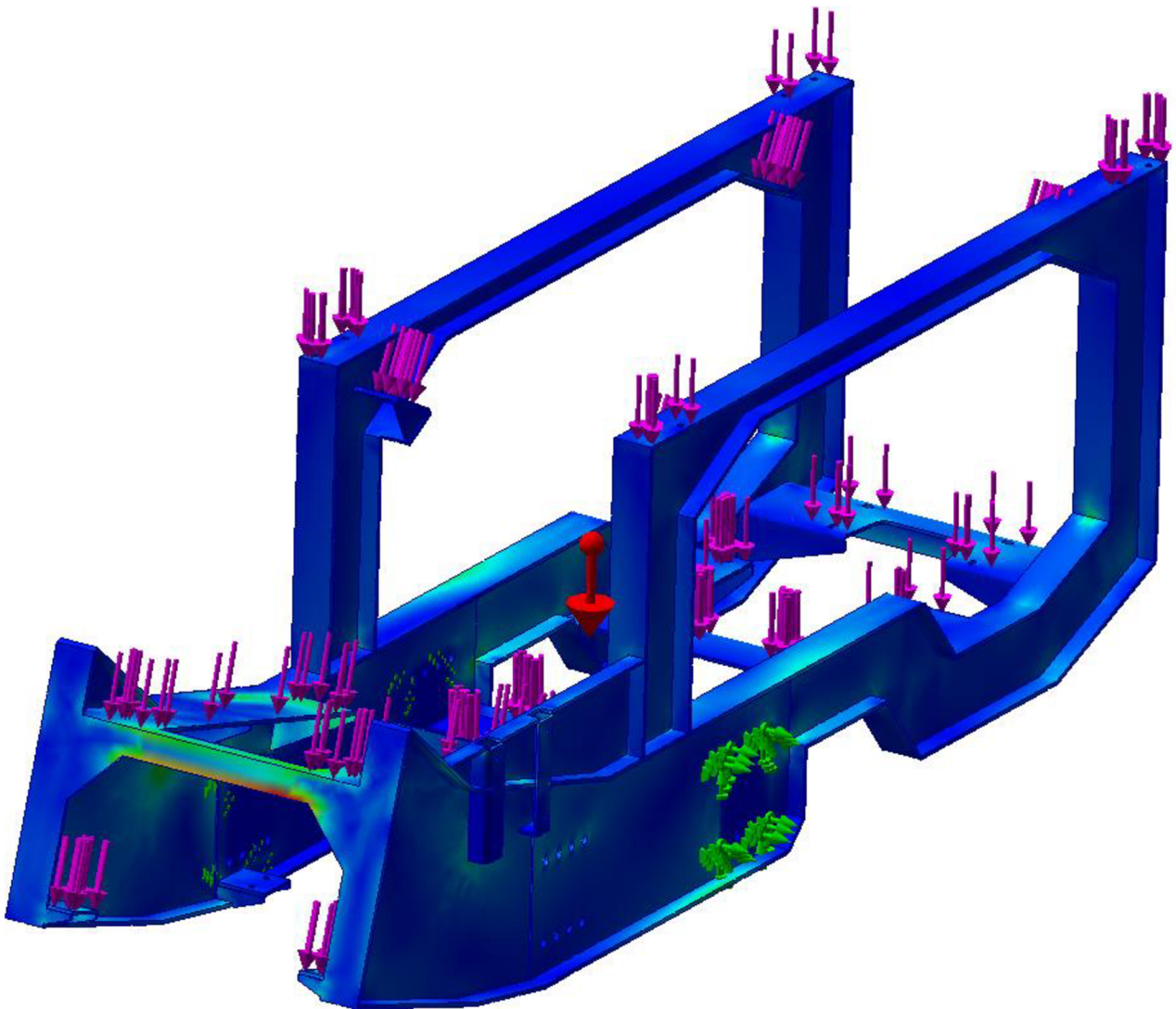
Třetí zatížení je upraveno tak, aby simulovalo torzní zatížení rámu. Toto zatížení vzniká při jízdě stroje, nebo při práci stroje na nerovném terénu. Pro potřeby simulace jsem tedy odstranil jedno upevnění patky pásového podvozku.



Obrázek 38 - Torzně zatížený rám

Vzniklé zatížení zde nebude oproti předchozím symetrické. Při všech zatíženích je nutné počítat s faktem, že některá místa se podstatně zpevní a změní své vlastnosti na základě smontování s dalšími komponentami.

Software SW Simulation uvažuje, že na plochách, na kterých je uložený drtič vzniknou velké deformace. Smysl těchto deformací je ve skutečnosti nemožný, protože obě spodní plochy drtiče jsou díky jeho rámu stále rovnoběžné a ani po zatížení nemůže vzniknout jejich různoběžnost. Drtič tedy zatěžuje rám, ale zároveň funguje jako další nosník, který rám zpevňuje. To znamená, že plochy, se kterými je čelistový drtič spojen šroubovým spojem nebudou po zatížení různoběžné.



Obrázek 39 - Model rámu s torzním zatížením

Odebráním upevnění pod přední patkou pásového podvozku se nijak zásadně nezměnilo napětí v zadní části rámu. V přední části rámu, a to především na straně odebrání uchycení, se napětí zvýšilo zásadně. Zvýšení napětí se nejvíce projevilo na místě, které bylo kritické již při dynamickém zatížení.

Z poznatků získaných provedením těchto základních kontrol můžeme konstatovat, že dalším postupem by bylo zpřesnění okrajových podmínek u zatížení drtičem, doplnění nosníků, které vzniknout upevněním např. pásu produktu a následným provedením dalšího výpočtu. Tento výpočet by tedy zahrnoval zpřesňující informace, které by byly relevantnější vůči reálnému stavu zatížení stroje při jeho chodu.

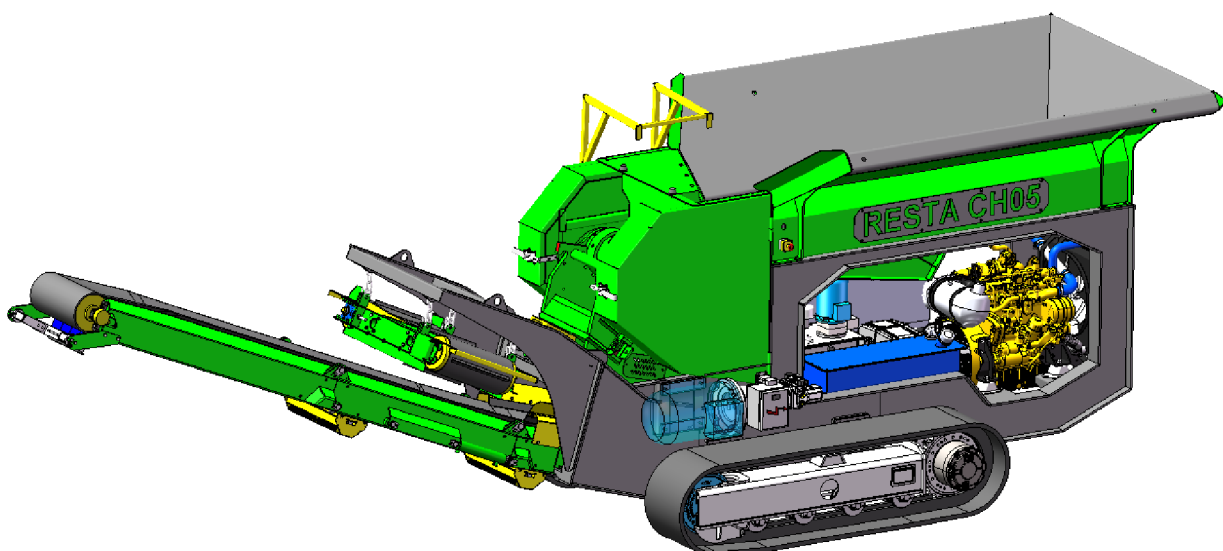
ZÁVĚR

Cílem práce byla rešerše stávajících konstrukčních řešení strojů na zpracování SDO a vlastní koncepční návrh drtící linky. Dle mého názoru byly obě tyto části splněny a zpracovány. V průběhu teoretické části práce, tedy popisu problematiky zpracování SDO a mechanizace s tím spojené, jsem zpracoval informace, které popisují všechny důležité části tohoto procesu. V další části jsem podrobně rozebral jednotlivé typy hlavních součástí těchto strojů, tedy drtičů a třídičů. Popsal jsem jednotlivé typy drtících jednotek, na jakém principu fungují a stejně tak typy třídičů. Další část rozdělení strojů dle jejich mobility.

Praktická návrhová část se v polovině práce prolíná s částí teoretickou, protože bylo nutné zvolit typ stroje který budu navrhovat a zároveň tedy kategorii strojů, kterou podrobím rešerši. Koncepční návrh pojednává o malém mobilním čelistovém drtiči, proto se rešerše zabývala právě těmito stroji. Při rešerši těchto strojů jsem získal několik nových poznatků, na které jsem mohl dbát při koncepčním návrhu stroje.

Samotný návrh stroje je konstrukčně řešen tak, aby bylo možné ve vývoji pokračovat a mohl se vyrobit první prototyp. Výstupem této práce je v teoretické části zpracovaná kritická rešerše stávajících technických řešení. Z praktické části je to především model, který je na obrázcích níže, dále výkres sestavy a v neposlední řadě zprávy pevnostních kontrol. Tyto zprávy jsou důležitou součástí pro další práci na projektu.

Během psaní této práce jsem získal mnoho cenných poznatků a zkušeností, které mi budou jistě nápomocny při dalším studiu a praxi.



Obrázek 40 - Celková sestava stroje CH05

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Eurostat Statistics Explained [online]. 2023, 13.01.2023 [cit. 2023-02-20]. ISSN 2443-8219. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics#Total_waste_generation
- [2] Římané třídili odpad. Používali jej třeba jako stavební materiál, dokazují to nálezy z Pompejí [online]. In. 4. května 2020, s. 1 [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/veda-technologie/historie/pompeje-rimane-recyklace-trideni-odpadu_2005040734_pj
- [3] Stavební a demoliční odpady [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/stavebni_demolicni_odpady
- [4] POLICKÝ, Zdeněk. Úpravárenské stroje. Brno: Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1987.
- [5] VANĚK, Antonín. Strojní zařízení pro stavební práce: Učeb.text pro stř.odb.učiliště stavebního zaměř. Praha: Sobotáles, 1994. ISBN 80-901-6841-8
- [6] Podavače [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <http://www.pspeng.com/cz/podavace/>
- [7] AKTUALIZACE POLITIKY DRUHOTNÝCH SUROVIN ČESKÉ REPUBLIKY PRO OBDOBÍ 2019 - 2022 [online]. 12/2018 [cit. 2023-05-21]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/prumysl/politika-druhotnych-surovin-cr/2019/1/IV_Politika-druhotnych-surovin-CR.pdf
- [8] STAŇKOVÁ, Lucie. Blíží se písečné krize. Kámen a písek bude chybět na dokončení Dukovan, stavbu železnic i dálnic [online]. 5.10.2022 [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/byznys/reality-a-stavebnictvi/blizi-se-pisecne-krize-kamen-a-pisek-bude-chybet-na-dokonceni-dukovan-stavbu-zeleznic-i-dalnic-1393625>
- [9] ARSM: Asociace pro rozvoj recyklace stavebních materiálů v České republice [online]. [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <http://arsm.cz>
- [10] RESTA Drtiče [online]. [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.resta.cz/drtice>
- [11] RESTA Třidiče [online]. [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.resta.cz/tridice>
- [12] K-JC 503 [online]. 2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.komplet-rubble-recycling.com/k-jc-503/>
- [13] K-JC 604 [online]. 2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.komplet-rubble-recycling.com/k-jc-604/>

- [14] Bison 35 [online]. 2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.terex.com/evoquip/en/product/bison/bison-35>
- [15] Bison 120 [online]. 2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.terex.com/evoquip/en/product/bison/bison-120>
- [16] RR 5000 [online]. 2023 [cit. 2023-05-20]. Dostupné z: <https://redrhinocrushers.co.uk/products/rr-5000-series/>
- [17] 20TJ TRACKED JAW CRUSHER [online]. 2023 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.smicompact.com/equipment/20tj/>
- [18] 10TJ TRACKED JAW CRUSHER [online]. 2023 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.smicompact.com/equipment/10tj/>
- [19] Caesar Series [online]. 2023 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.guidettisrl.com/en/products/serie-caesar/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

EU	Evropská unie
MKP	Metoda konečných prvků
PHM	Pohonné hmoty
SDO	Stavební a demoliční odpad
SW	SolidWorks

SEZNAM PŘÍLOH

P1 – Výkres návrhové sestavy stroje

P2 – Výstupní zpráva pevnostní kontroly SW Simulation pro statické zatížení

P3 – Výstupní zpráva pevnostní kontroly SW Simulation pro dynamické zatížení

P4 – Výstupní zpráva pevnostní kontroly SW Simulation pro torzní zatížení