



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

TŘÍDÍCÍ LOPATY PRO ZEMNÍ STROJE

SCREENER BUCKETS FOR THE EARTHMOVING MACHINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Monika Pečová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Studentka:	Monika Pečová
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.
Akademický rok:	2018/19

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:

Třídící lopaty pro zemní stroje

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešeršní rozbor shrnující dosavadní poznatky v oblasti konstrukce třídících lopat a technologie třídění sypaných materiálů při použití třídících lopat. Třídící lopata je přídavné vyměnitelné zařízení zemního stroje. Ideový návrh vlastní koncepce třídící lopaty ve formě 3D modelu.

Cíle bakalářské práce:

Rešeršní rozbor typů třídících lopat a technologií ve třídění sypaných materiálů.

Kategorizace třídících lopat pro zemní stroje.

Přehled vyráběných třídících lopat s parametry a jejich porovnání.

Koncepční návrh třídící lopaty jako 3D model.

Popis konstrukce třídící lopaty a volby použitého materiálu konstrukce.

Seznam doporučené literatury:

VANĚK, Antonín. Moderní strojní technika a technologie zemních prací. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003. Česká matice technická (Academia). ISBN 8020010459.

JEŘÁBEK, Karel. Stroje pro zemní práce: Silniční stroje. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. ISBN 8070783893.

MICHALÍČEK, Milan. Dynamika stavebních strojov. 2. vyd. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 1996. Edícia skript. ISBN 8022708798.

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

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

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

ABSTRAKT

V této bakalářské práci je vysvětlen pojem třídící lopata a rozdělení dle konstrukce. Nalezneme zde porovnání jednotlivých konstrukcí s jejich parametry. Práce zahrnuje také vlastní 3D návrh třídící lopaty. Zařízení je určeno jako výměnné příslušenství k rypadlům a nakladačům.

KLÍČOVÁ SLOVA

Třídící lopata, drtící lopata, přídatné zařízení, třídění materiálů, manipulace s materiálem, úprava materiálu, zpracování materiálu, frakce, síta.

ABSTRACT

The aim of the bachelor's thesis is to explain the concept of screener bucket and division according to construction. The thesis compares individual structures with their parameters and includes its own 3D design of the sorting bucket. The device is designed as a replaceable accessory for excavators and loaders.

KEYWORDS

Screener bucket, crushing shovel, attachment, material sorting, material handling, material treatment, material processing, fractions, sieves.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PEČOVÁ, Monika. *Třídící lopaty pro zemní stroje*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/113130>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Jaroslav Kašpárek.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracovala jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jaroslava Kašpárka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 21. května 2019

.....

Monika Pečová

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Jaroslavu Kašpárkovi Ph.D. za odborné vedení, pomoc a rady při zpracování této práce. Dále bych ráda poděkovala své rodině za podporu při studiu na vysoké škole.

OBSAH

Úvod	10
1 Třídění, sortování, zpracování hmoty	11
Úprava před zpracováním.....	11
2 Úpravářenská technika	13
2.1 Drcení.....	13
2.2 Třídění.....	13
3 Frakce tříděného materiálu	17
4 Třídící lopaty	20
4.1 Rozdělení dle konstrukce.....	21
4.2 Členění podle druhu pohybu.....	21
5 Lopata třídící s drtíci prvky	25
6 Přehled vyráběných třídících lopat.....	26
6.1 Roštové třídící lopaty.....	26
6.2 Bubnové třídící lopaty	28
6.3 Třídící lopata s drtíci segmenty	30
7 Možnost použití.....	32
8 Vlastní návrh třídící lopaty	35
8.1 Vize modelu.....	35
8.2 Materiál.....	35
8.3 Prvotní návrh.....	36
8.4 Konstrukční řešení	37
8.5 Návrh - 3D model třídící lamelové lopaty	39
Závěr.....	41

ÚVOD

Stavebnictví je obor rozsáhlý a komplikovaný. Stavební stroje jako rypadlo, traktor, nakladač, nákladní vozidlo či dozer jsou běžné pracovní jednotky.

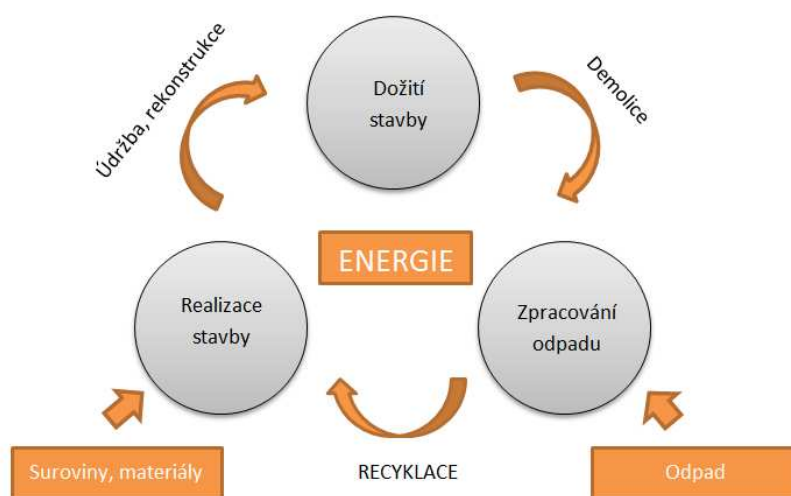
Staví se stále a nutnost specializovat nástroj je nevyhnutelné. Využívají se proto rozdílné nástroje. Nejžádanější jsou však stroje multifunkční. V našem případě se budeme zabývat nakladači a rypadly a jejich přídatným zařízením, především třídícími lopatami.

Mnoho lidí chápe pojem lopata jako nástroj s násadou, jež se využívá na zahradě. Mnohonásobným předimenzováním a následným poupravením konstrukce vzniká právě přídatné zařízení na stavební stroje. Lopata, tedy pracovní zařízení na konci ramene stroje je upevněna přímo, nebo pomocí tzv. rychloupínače, který funguje univerzálně pro více pracovních nástrojů, je ekonomičtější a dnes jej má snad každý stroj. Existuje mnoho lopat např. podkopová, svahovací, nakládací, atd. Každá se liší využitím a konstrukcí. Třídící lopata, je další typ doplňkového zařízení. Používá se k třídění, míchání, provzdušňování a kypření různých materiálů. Její důležitou vlastností je možnost rozdělit materiál a šetřit tím tak životní prostředí.

Cílem bakalářské práce je specifikovat vlastnosti a rozdělení třídících lopat především v oblasti stavitelství a demolice. Součástí práce je konstrukce vlastního 3D modelu. Zařízení je koncipované jako výměnné, to nabízí variabilitu ve výběru vhodného „nosiče“, tedy stroje, který bude nástroj využívat.

1 TŘÍDĚNÍ, SORTOVÁNÍ, ZPRACOVÁNÍ HMOTY

Mezi velké problémy dnešní společnosti patří především velké množství vyprodukovaných stavebních a demoličních odpadů, přičemž většina z nich stále končí na skládkách a to i přes jeho značný potenciál pro znovuvyužití. Řešení otázky recyklace se zabývá každá země s rozvojem stavitelství. Vzhledem k tomu, že se jedná o hlavní materiálový tok v oblasti odpadového hospodářství a státy se snaží minimalizovat skládky, je problematice recyklace věnována značná pozornost. Chybou však je, že materiály nejsou dostatečně zpětně zhodnocovány a proto jsou na místo jejich využití skladovány. Může to být způsobeno absencí předpisů, nevědomostí lidí, nebo nedostatečnou technikou na jejich zpracování, ať už kapacitou, či množstvím.[1]



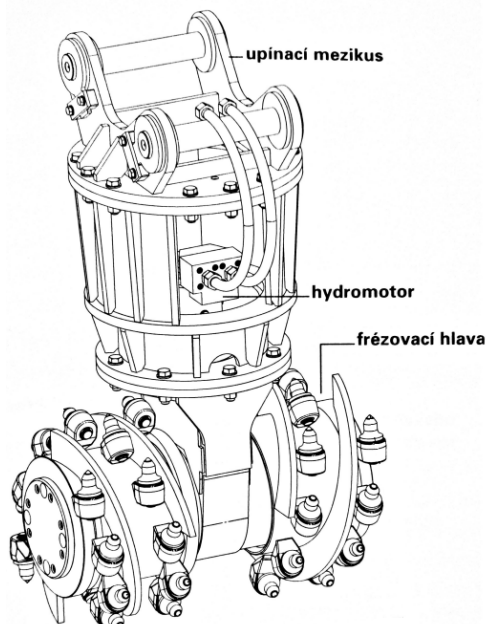
Obr. 1 Uzavřený koloběh surovin a materiálů. [1]

ÚPRAVA PŘED ZPRACOVÁNÍM

Nedílnou součástí každé demolice je rozdělení materiálu na menší – lépe zpracovatelné části. K tomu se ve značné míře využívají:

- **Hydraulické nůžky.** Rozhodující jsou požadavky zákazníka a předpoklad užívání, podle toho se vytyčí konstrukční parametry a výkon. Vyrábí se typy: univerzální, mechanické/hydraulické šrotovací, mechanické/hydraulické drtící. Nůžky jsou ideální volbou pro demolice a to právě pro svou možnost polohování a nižší hladině ořesů oproti ostatním nástrojům.
- **Hydraulická kladiva.** Jedná se o rozpojování materiálu ostrým břitem nebo špicí nástroje, který působí na materiál velkou energií úderu, což vyžaduje větší hmotnost nosných zařízení s masivními výložníky a lepší kinematiku ramene kvůli přístupu.
- **Rozrývače.** Stroje určené pro rozpojování tvrdých a pevných hornin a materiálů. Technologický postup je zcela závislý na druhu horniny, mechanických vlastnostech, což je především počet zubů rozrývače, směr a hloubka práce a vlastní konstrukce.[3]
- **Demoliční koule.** Využívá se vlastní váhy koule, která je rozpohybována gravitační silou, nebo pomocí bagru. Efektivní, ale příliš pomalý postup.
- **Výbušniny.**

- **Gilotina.** Mohlo by se zdát, že tenhle nástroj nepatří do téhle kategorie, ale opak je pravdou. Čepel rázově rozrušuje betonové a asfaltové povrchy, toho se většinou využívá na letištích a dálnicích.
- **Frézy.** Multifunkční využití. Upotřebí se všude tam, kde ostatní metody selžou. Jedná se o zařízení s frézovací hlavou. Tento nástroj vyniká přesností, malými vibracemi a nízkou hladinou hluku. [2]



Obr. 2 Fréza pro hydraulická rypadla. [2]

Popsané nástroje disponují obrovskou silou. Většina musí být aplikována na těžké nosiče a také je nutno dbát na zvýšenou pozornost a bezpečnost práce. Po hrubém rozdělení materiálu je třeba jej odvézt na skládky a třídit.

2 ÚPRAVÁRENSKÁ TECHNIKA

Dalším krokem je zmenšení částic materiálu a zvětšit tak jeho měrný povrch. Volba technologie zmenšování je závislá na uvedených znacích:

- Fyzikální vlastnosti (tvrdost, křehkost)
- Využití vzniklého materiálu
- Požadované vlastnosti

V závislosti na uvedených znacích vybíráme vhodný proces zredukování velikosti. [4]

2.1 DRCENÍ

Jedná se o mechanické rozpojování. Drcení tedy lze charakterizovat jako přeměnu látky do požadované zrnitosti. Drtiče dělíme:

- Dle konstrukce rotoru na vertikální a horizontální.
- Dle možnosti přemístění na stacionární a mobilní.
- Dle působení drtící síly na drtiče statické, působící tlakem, a to s pohybem přímočarým nebo křivkovým a drtiče dynamické, působící rázem, odrazem, nebo kombinovaně.
- Dle druhu:
 - **Čelistový drtič.** Základem tohoto zařízení jsou dvě proti sobě postavené čelisti, řadí se tedy mezi statické drtiče, u nichž je síla konána přímočarým pohybem. Využívají se při hrubém drcení tvrdých, nelepivých materiálů. Lepivé materiály (př. asfaltové kry v letním období) se nedoporučují, neboť by stroj mohly vyřadit z provozu (ucpání). Z hlediska konstrukce a pohybu pracovních komponentů rozlišujeme dva typy: jednovzpěrné a dvouvzpěrné čelistové drtiče. [5][6]
 - **Kuželový drtič.** Drtič se skládá z ocelového pláště a pohyblivého drtícího kužele s hladkým či rýhovaným povrchem. Nepřetržitým kroužícím pohybem tak vznikají síly, jež rozmělnují materiál, přičemž nejučinněji tomu tak je v nejužší šterbině. Podle pohybu a tvaru kužele rozlišujeme dva základní typy: ostroúhlý a tupoúhlý.
 - **Válcový drtič.** Tento typ patří do kategorie tlakových statických drtičů. Drcení probíhá pomocí jednoho či dvou válců, které mohou být hladké nebo rýhované, profilované, či ozubené.
 - **Kladivový drtič.** Materiál je vystaven nárazu bicích těles – kladiv, které jsou uloženy výkyvně nebo otočně vodorovně nad povrchem válcové skříně, kde setrvává drcená hmota. Drcení je podpořeno pohybem částic odstředivou silou a jejich vzájemným narážením. Probíhá, dokud zrna nepropadnou roštem na sběrnou nádobu.
 - **Odrázový drtič.** Využívanou metodou není přímý úder jako u kladivového stroje, ale nepřímý. Drcená hmota se setkává s úderovou plochou rotoru, na kterém jsou upevněné odrazové lišty. Lišty při otáčení vrhají látku na nárazové desky, přičemž se tento proces opakuje a požadovaný výstupní materiál prochází přes síto na případný dopravníkový pás.

2.2 TŘÍDĚNÍ

Pokud se materiál nedrtí, jedná se o třídění. Jde o proces rozdělení látky podle určité zrnitostní třídy (frakce).

2.2.1 MECHANICKÉ TŘÍDĚNÍ

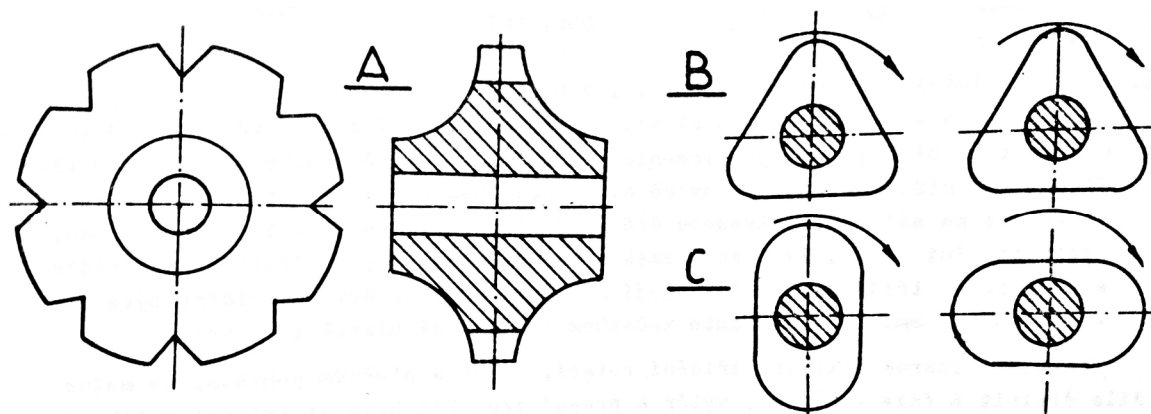
Základním prvkem mechanických třídících zařízení jsou třídící plochy. Ty bývají koncipovány pomocí roštnic (pro přípravné a předběžné třídění před drcením, tedy pro hrubý až velmi hrubý materiál) a síť (pro primární až závěrečné třídění, určené pro střední až velmi jemné třídění až prosévání).

Roštnice

Tyčové roštnice jsou koncipovány různě, podle druhu tříděného materiálu. Nejjednodušším profilem jsou čtvercové a kruhové tyče. Nejvýhodnější jsou lichoběžníkového tvaru rozšiřující se směrem ke dnu stroje, jelikož usnadňují pohyb hmoty.

Kotoučové roštnice využívají kruhové nebo profilované prvky sestaveny na hřídeli, tak, že tvoří jednotnou plochu a jejich uložení a průměry udávají rozměry výstupní šterbiny, kterou prochází již separované zrna, přičemž postup materiálu je dán otáčivým pohybem roštnic.

Na obr. 3 jsou zobrazeny vybrané typy třídících kotoučů. Pod písmenem A je znázorněn kruhový kotouč s obvodovými zuby, které usnadňují pohyb materiálu. U písmen B je vyobrazen trojúhelníkový a u C elipsovité profil.



Obr. 3 Tvary třídících kotoučů (A - kruhový, B - trojúhelníkový, C - elipsovité).[5]

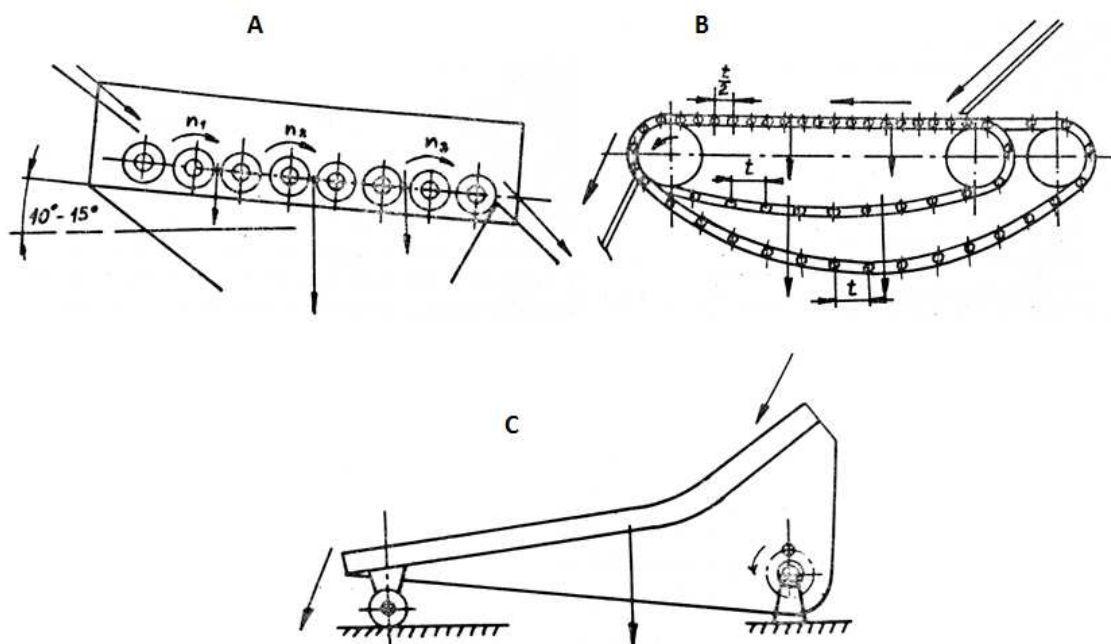
Síta:

Můžeme rozdělit na plechové a drátěné, přičemž podle druhu výrobního procesu se dále člení. Plechové síta vznikají prostřihováním, vrtáním či děrováním ocelových plátů. Otvory mohou být různorodé (kruhové, čtvercové, šestihranné atd.), navíc mohou být různě uspořádané (rovnoběžně nebo šachovitě). Drátěná síta jsou vyráběna dle požadavků zákazníka pletením, svařováním, z lisovaných drátů, případně tkaná či speciální (harfové, šterbinové). Přičemž drátěná síta nemá tak hladký povrch jako síta plechová a dochází u nich proto k většímu tření, tudíž opotřebení.

Podle způsobu pohybu můžeme rozlišit několik typů třídičů:

Roštové třídiče

Mohou mít pohyblivé nebo nepohyblivé rošty. U pevných roštů se sklonem k horizontální rovině až 45° se materiál přemísťuje samospádem a jemnější zrna propadávají přes mezery profilovaných ocelových tyčí. Druhým typem jsou pohyblivé rošty, přesněji tedy nástroj s pohyblivými elementy, podle nichž se dále rozlišují (válcový, kotoučový, pásový třídič).



Obr. 4 Typy roštových třídíčů (A) s válečkovými roštnicemi, (B) pásový, (C) vibrační.[5]

Třídění rotací

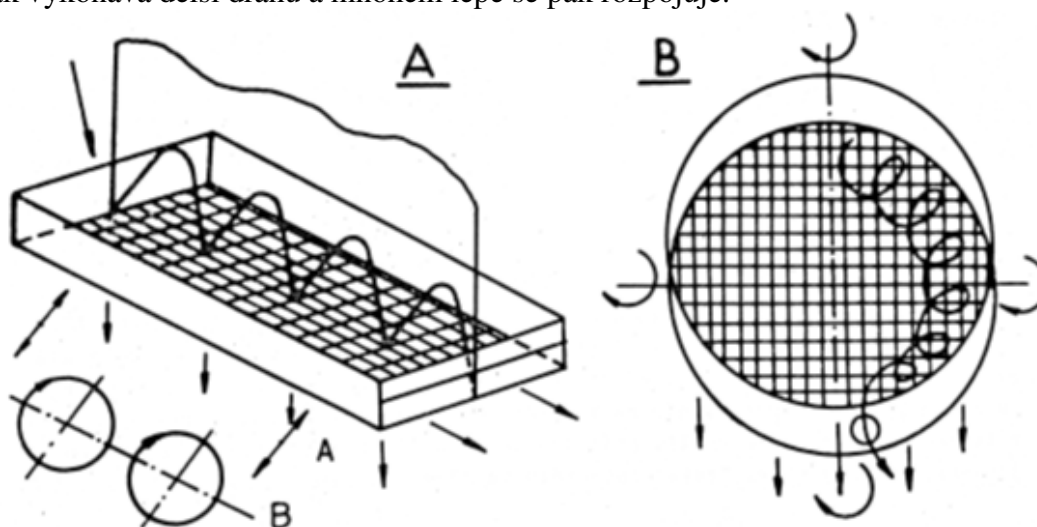
Návrh spočívá v sestavení mírně nakloněného bubnu s horizontální osou rotace, jehož stěny jsou síťované. Rotační pohyb bubnu má za následek převalování třídící hmoty uvnitř a propadávání zrn sítím.

Třídění vrhem

Materiál se na sítu pohybuje díky harmonickému kmitání kolmému na rovinu síta. Hmota je tedy natřásána a díky tíhové síle je tak umožněn propad požadované frakce oky síta.

Plošný pohyb

Síťová plocha se pohybuje harmonickými kmity v rovině plochy síta (opisuje tak cykloidy) a látka tak vykonává delší dráhu a mnohem lépe se pak rozpojuje.



Obr. 5 Třídění vrhem (A) a plošným pohybem (B).[5]

2.2.2 PNEUMATICKÉ A HYDRAULICKÉ TŘÍDIČE:

Skupina bez síťových zařízení, v nichž probíhá třídění na základě tíhových sil, v závislosti na měrné hmotnosti prostředí. Nosným médiem částic je v těchto případech vzduch, případně plyny. Třídění a odlučování se děje díky prudkému poklesu a změny směru unášecí rychlosti. Vstupní rychlosti se pohybují od 15 do 25 m/s.

Tyto třídiče jsou však jako mobilní verze nepoužitelné a jsou zmíněny pro kompletnost rozdělení.

- Šachtové vzduchové třídiče. Jsou určeny na oddělování jemných podílů od hrubé hmoty, která se následně vrací zpět do mlecího okruhu. Vyskytují se dva typy. A to buď lopatkové, nebo rotační větrné třídiče.
- Vírové třídiče. Nazývané také cyklonové odlučovače. Využívají změnu rychlosti a směr hmoty, odstředivou sílu a tíhovou sílu. Většinou zařazeny do okruhu sušičů, sušících mlýnů, atd.

3 FRAKCE TŘÍDĚNÉHO MATERIÁLU

Definuje velikost zrn, tedy hrubost kameniva, písku a štěrku. Souhrn různě velkých zrn se zapisuje dvěma čísly (př. kamenivo 8/16 zahrnuje kamínky o velikosti 8 mm až 16 mm). Jedná se o označení kameniva podle velikosti dolního (d) a horního (D) síta - tj. označení d/D. Rozsah stupnice se běžně pohybuje od 0/2 do 0/32 od klasických stavebních prací až po výstavbu komunikací. [9]

Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace je definováno normou ČSN EN 13242+A1 jako zrnitý přírodní, umělý nebo recyklovaný materiál. [17]

Zrnitost charakterizuje skladbu zrn kameniva vyjádřena procenty hmotností propadu zrn specifikovaným počtem sít. Musí vyhovovat následujícím požadavkům. [17]

Tab. 1 Všeobecné požadavky na zrnitost dle ČSN EN 13242+A1. [17]

Kamenivo	Velikost (mm)	Propad zrn v procentech hmotnosti					Kategorie G
		2 D ^a	1,4 D ^{b, c}	D ^d	d ^{c, e}	d/2 ^{b, c}	
Hrubé	$d \geq 1$	100	98 až 100	85 až 99	0 až 15	0 až 5	G _c 85-15
	a $D > 2$	100	98 až 100	80 až 99	0 až 20	0 až 5	G _c 80-20
Drobné	$d = 0$	100	98 až 100	85 až 99	-	-	G _F 85
	a $D \leq 6,3$	100	98 až 100	80 až 99	-	-	G _F 80
Směs kameniva	$d = 0$	-	100	85 až 99	-	-	G _A 85
	a	100	98 až 100	80 až 99	-	-	G _A 80
	$D > 6,3$	100	-	75 až 99	-	-	G _A 75

- ^a Pro frakce kameniva, kde D je větší než 63 mm platí jen požadavky pro nadsítové, které se týkají síta 1,4 D, neboť v řadě sít ISO 565/R20 nejsou síta nad 125 mm.
- ^b Pokud vypočtená síta 1,4 D a d/2 neodpovídají sítům, uvedeným v řadě v ISO 565/R 20, pak se použije síto s nejbližší vyšší nebo nižší velikostí síta.
- ^c Pro speciální použití mohou být specifikovány další požadavky.
- ^d Procenta propadu D mohou být větší než 99 % hmotnosti, avšak v těchto případech výrobce musí dokumentovat a deklarovat typickou zrnitost včetně sít D, d, d/2 a sít v základní řadě plus 1 nebo v základní řadě plus 2, mezi síty d a D. Síta s poměrem menším než 1,4krát nižší síto, se vyloučí.
- ^e Mezní hodnoty procent propadu d mohou být upraveny od 1 do 15 pro G_c 85-15 a od 1 do 20 pro G_c 80-20 pokud je to nutné k zajištění vhodné zrnitosti kameniva.

Tab. 2 Velikost sít pro specifikaci frakcí kameniva. [17]

Základní řada mm	Základní řada plus 1 mm	Základní řada plus 2 mm
0	0	0
1	1	1
2	2	2
4	4	4
-	5,6 (5)	-
-	-	6,3 (6)
8	8	8
-	-	10
-	11,2 (11)	-
-	-	12,5 (12)
-	-	14
16	16	16
-	-	20
-	22,4 (22)	-
31,5 (32)	31,5 (32)	31,5 (32)
-	-	40
-	45	-
-	56	-
63	63	63
-	-	80
-	90	-

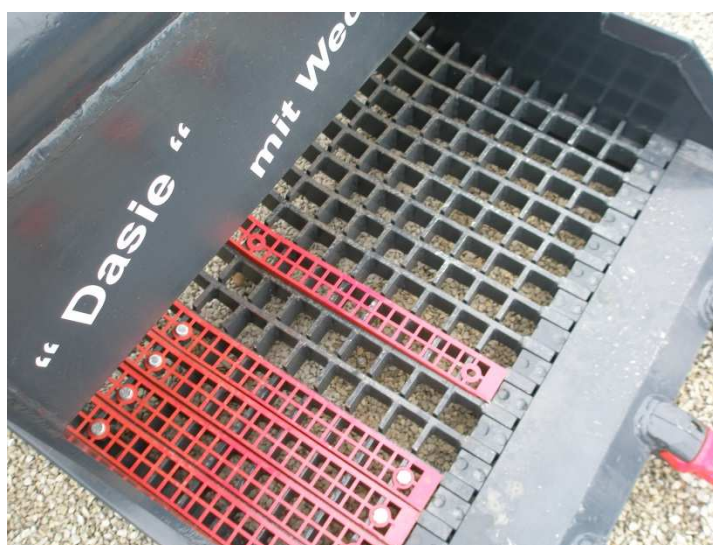
Větší síta než 90 mm se mohou použít pro zvláštní případy.
Zaokrouhlené velikosti uvedené v závorkách se mohou použít jako zjednodušené označení frakce kameniva.

U třídících lopat je přerozdělení materiálu řešeno vyměnitelností vnitřních sít, proto není třeba pořizovat nové přídavné zařízení.



Obr. 6 Ukázka nastavovací lišty (vlevo) a uchycení roštu (vpravo). [vlastní foto]

Rošty doplňují jemnější síta nebo lišty, které jsou pomocí šroubů, úchytek či zarážek připevněny na stávající rošt. První možností jsou nastavovací tyče, které jsou přišroubovány k žebrům lopaty. Velikost oka se tak může snížit až na polovinu. Další možností jsou plechové vkládací vložky, které jsou přizpůsobeny danému zařízení a taktéž přichyceny např. šrouby. Rozměry jsou dle požadavků zákazníka variabilní. Může se jednat o 10 x 10 mm pro hranici písku, nebo 40 x 40 mm a větší (příklad firmy Dappen). [16]



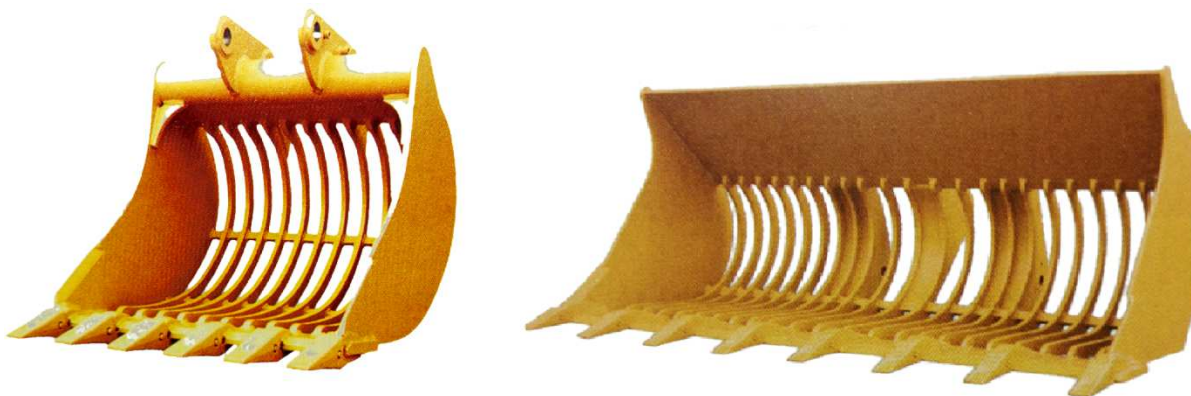
Obr. 7 Vkládací vložky. [vlastní foto]

4 TŘÍDÍCÍ LOPATY

Vývojem třídících linek a přídatných zařízení pro rypadla a nakladače vznikly speciální nástroje. Požadovanou vlastností se stává mobilita. Materiál není dovážen k třídícím, ale pouhá výměna přídatného zařízení umožňuje separaci přímo na místě, čímž se proces urychluje a šetří náklady i životní prostředí.

Předchůdcem dnešních konstrukcí třídících a drtících lopat jsou primitivnější úpravy nakládacích, či hloubkových lopat. Jejich dno bylo navrženo jako komplex tyčí tvořící mříž. Jednoduchost spočívá v tom, že zařízení nevykonává žádný vlastní pohyb jako takový. Lze jím pomocí ramena natřásat, což je však záležitost znalostí strojníka nikoliv lopaty. Problémem je, že stroj není stavěn na takový způsob zacházení. Nepřirozený pohyb se přenáší a snižuje se tak životnost stroje.

Vybraným představitelem může být třeba nakládací žebrovaná lopata z katalogu Phoenix-Zeppelin, označená jako lopata na horniny pro kolové nakladače. Podle druhu nosného stroje se mění upínací zařízení, ale princip zůstává stejný (př. skeletová podkopová lopata). [2]



Obr. 8 Hloubková lopata na horninu (vlevo) a nakládací lopata (vpravo). [2]



Obr. 9 Lžice na kameny. [11]

4.1 ROZDĚLENÍ DLE KONSTRUKCE

Kritériem je konstrukce síta. Podle jeho tvaru rozdělujeme dva typy. Obecně je ale výhodnější rozdělení podle vykonávaného pohybu. Jejich koncept vychází z mechanických třídičů využívajících roštnice a síta.

4.1.1 ROŠTOVÁ LOPATA

Tento typ je stavěn stejně jako mechanické roštové třídiče s tím rozdílem, že materiálu není umožněn pohyb ven z třídičeho prostředí, ale je nutné jej po rozdělení vyklopit. Pohyblivé rošty jsou nahrazeny střídajícími lamelami a u nepohyblivých roštů je využita tíha tříděné hmoty jako u skeletových lopat, případně materiál je buzen k prosetí vibracemi.

4.1.2 BUBNOVÉ PŘÍDAVNÉ ZAŘÍZENÍ

Princip je stejný jako u třídičů, jež třídí za rotace. Otáčení bubnu s horizontální osou rotace, jehož stěny jsou síťované, zajišťuje proces třídění. Podrobnější popis v kapitole 4.2.3.

4.2 ČLENĚNÍ PODLE DRUHU POHYBU

Mezi hlavní pracovní pohyby patří:

- vibrační pohyb
- posun roštových lamel
- rotační třídění

4.2.1 VIBRAČNÍ POHYB

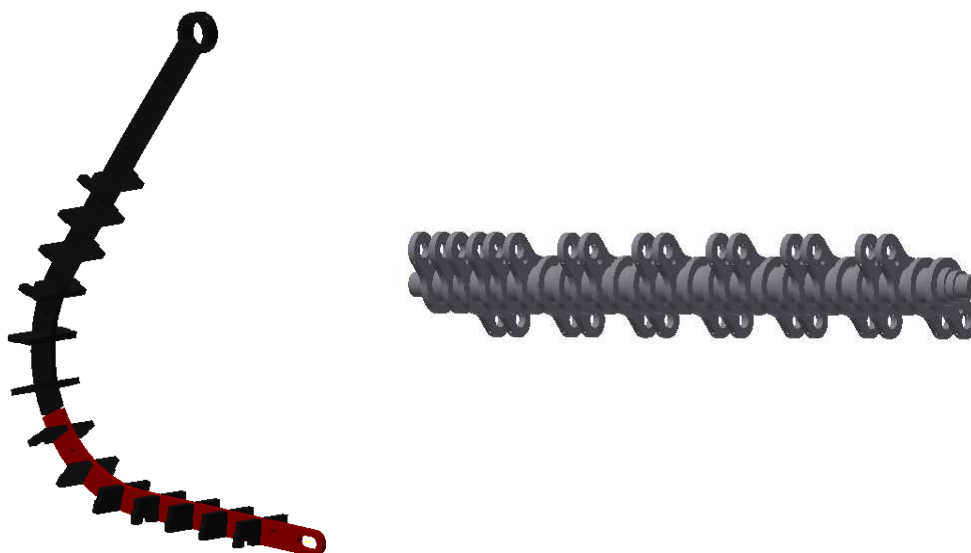
Jedná se o představitele roštových lopat doplněného o hydraulický vibrátor. Zařazuje se do počátků výroby třídičích přídatných zařízení, dnes je již nahrazován jinými a to především kvůli vibracím, které se přenášejí na konstrukci stroje. Nežádoucí účinek vibrace spočívá v nadměrném opotřebení ložisek a uložení, nadměrné hlučnosti a nucené odstávky stroje. Na obr. 10 je ukázána lopata RVB, podle výrobce Zeppelin Cat, vhodná jako nosič pro nakladače od 4,5 do 15 tun.



Obr. 10 Vibrační lopata RVB. [8]

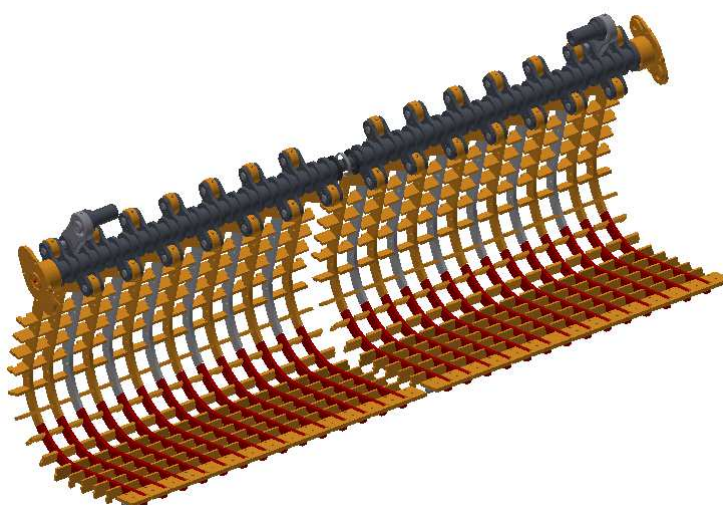
4.2.2 POSUN ROŠTOVÝCH LAMEL

Typ roštových lopat. Využívá hydromotor, který je součástí stroje (rypadlo, nakladače, aj.), následně přenos krouticího momentu přes klikový mechanismus, tím se rozpohybují lamely, jejich možný vzhled je znázorněn na obr. 11 vlevo. Střídavý chod lamel, které jsou připojeny na hřídel pomocí ojnic a čepů, se pohybují nahoru a dolů umožňuje zároveň přesun materiálu, což má za následek prodloužení dráhy tříděné hmoty a tím urychlení procesu.



Obr. 11 Lamela (vlevo), hřídel (vpravo). [vlastní foto]

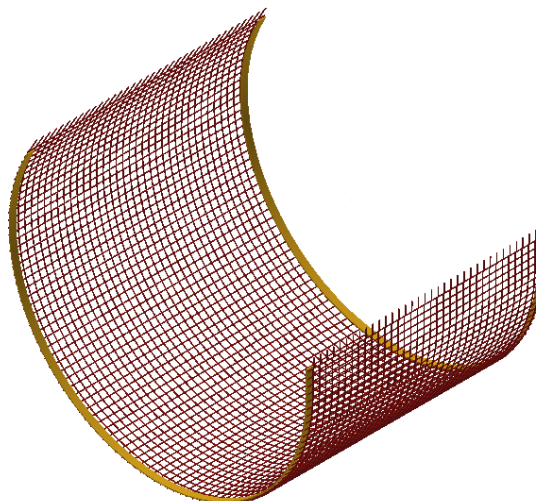
Obr. 12 zobrazuje příkladnou konstrukci prosévacích lišt spojené v rošt. Na hřídeli je také znázorněno uložení pohonů a to z obou stran, pro zefektivnění práce. Ve skutečnosti se jedná o dvě sady lamel s párem hřídelí. Toto konstrukční řešení využívá firma EMPEC s.r.o.



Obr. 12 Sestavení lamel lopaty pro nakladač. [vlastní foto]

4.2.3 TŘÍDĚNÍ ZA ROTACE

Do této kategorie se řadí bubnové zařízení, již fungují na principu míchačky. Kvůli velkému krouticímu momentu a parametrům elektromotoru jsou navrženy planetové převody pro převedení na požadovaný výkon, jelikož pro uvedení otočného bubnu do pohybu jsou potřebné velké síly. Materiál vystoupá nad těžiště soustavy, až se díky rotaci válce dostane do horní úvratě a zpět, tím se protřepává, zvětšuje plochu prosetí, urychluje proces a získává variabilitu využití. Výsledná frakce je určena velikostí ok třídícího bubnu, ten může být výměnný (obr. 13).



Obr. 13 Síto bubnu. [vlastní foto]

A) Ukotvení z jedné strany

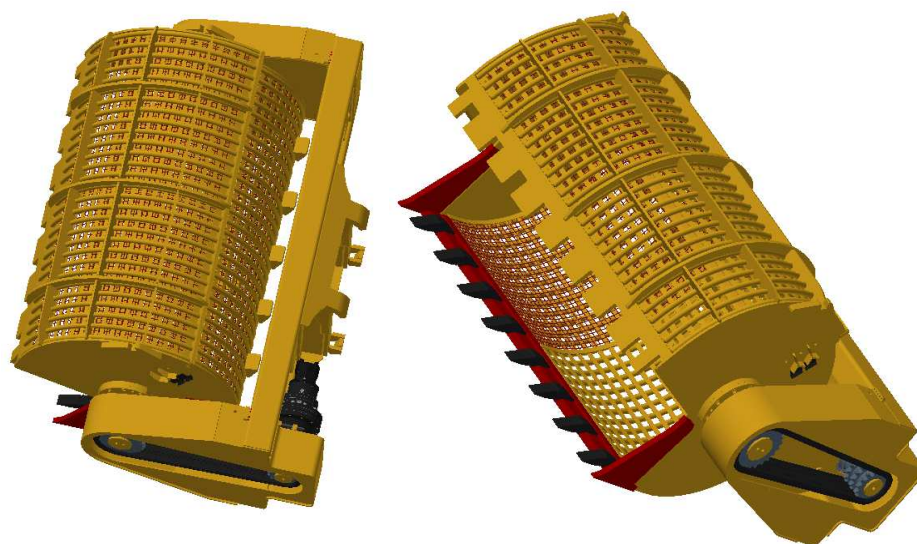
- a. Přídavné zařízení je upevněno upínačem kolineárně k ose rotace bubnu. Materiál je nabírán z čela. Při konstrukci je snaha o snížení namáhání ložisek, při tomto návrhu je jejich životnost nejnižší. Toto složení využívají nakladače (obr. 14 vpravo).
- b. Další možnost - upínací deska je kolmo na osu rotace. Sestavení připomíná uchycení podkopové lopaty. Toto připojení je charakteristické pro rypadla (obr. 14 vlevo)



Obr. 14 Bubnová třídicí lopata přichycená upínací deskou z jedné strany. [10]

B) Ukotvení z obou stran

Přichycení lopaty je zajištěno na obou bočnicích. Konfigurace je tak pevnější a spolehlivější. Hmota určená k prosetí je nakládána kolmo na osu s možností uzavření bubnu, což umožňuje větší naplnění lopaty. Z ekonomického hlediska je tento typ tedy nejvýhodnější.



Obr. 15 Bubnová lopata uchycená z obou stran. [vlastní foto]

Ukázkou je zařízení od firmy EMPEC s.r.o. Tento model umožňuje poukázat na několik konstrukčních řešení. Schopnost uzavření vyžaduje přesnost dosednutí na správné místo. Utěsnění válce je zajištěno pomocí hřebenu u doplňkového bubnu, jehož otevírání je zajištěno brzdou, navíc je maximální rozvinutí pohyblivé části zajištěno dorazy. Elektromotor a řetězový pohon uložený v jednom z ramen ukotvení je v konečném výsledku uzavřen a oddělen tak od vnějšího prostředí, možných

nečistot a prachu. Na obrázku 15 vpravo je pro názornost tělo bubnu s vložkovým sítím a bez něj.

5 LOPATA TŘÍDÍCÍ S DRTÍCÍMI PRVKY

Tento speciální typ lopaty se řadí spíše do kategorie drticích lopat, ale s ohledem na firmy, které využívají pro tento typ zařízení označení třídicí lopata, bude pro úplnost uvedena.

Konstrukce téhle lopaty je založena na principu mechanických třídičů, jež využívají kotoučové roštnice, s kombinací válcového drtiče. Toto zařízení využívá profilované nebo kruhové kotouče (segmenty) sestavené na poháněné hřídeli zabudované ve dně. Několik takto sestavených hřídelí vedle sebe umožňuje zpracování materiálu i o značné vlhkosti. Velikost výsledné frakce závisí na zvolené rozteči pracovního prostředí, v němž jsou umístěny drticí nože. Frakci výstupu lze případně dále ovlivnit použitím přídatných drticích tyčí, případně sít.

Segmenty seskládané na hřídeli mohou mít různé tvary podle záměru využití lopaty a stavu vstupního materiálu, příklad je uveden na obr. 16.



Obr. 16 Příklad segmentů sestavených na hřídeli. Vlevo: kladivové segmenty firmy Neuenhauser Maschinenbau GmbH lopata MudBuster, vpravo: hvězdicovité prvky lopaty Gyru-Star. [13][12]

Tento typ lopat je vhodný:

- Rekultivace zemin.
- Zpracování výkopku na obsypový materiál při pokládce potrubí.
- Stabilizace zeminy pro zahrnutí výkopu.
- Kompostování bio-odpadů, zeleného odpadu, kalů.
- Provzdušňování, drcení kůry, míchání substrátů, neutralizace kontaminovaných zemin.
- Třídění stavební sutě.
- Drcení skla, soli, vápence, křídý, slinku, škváry, uhlí, zmrzlé zeminy. [12]

Z hlediska přítomnosti segmentů není zařízení vhodné na tvrdé materiály, jež se mohou vyskytovat například v lomech. Při snaze rozmělnit příliš tvrdý materiál může dojít k zablokování rotujících prvků, případně k výraznému snížení životnosti přídatného zařízení.

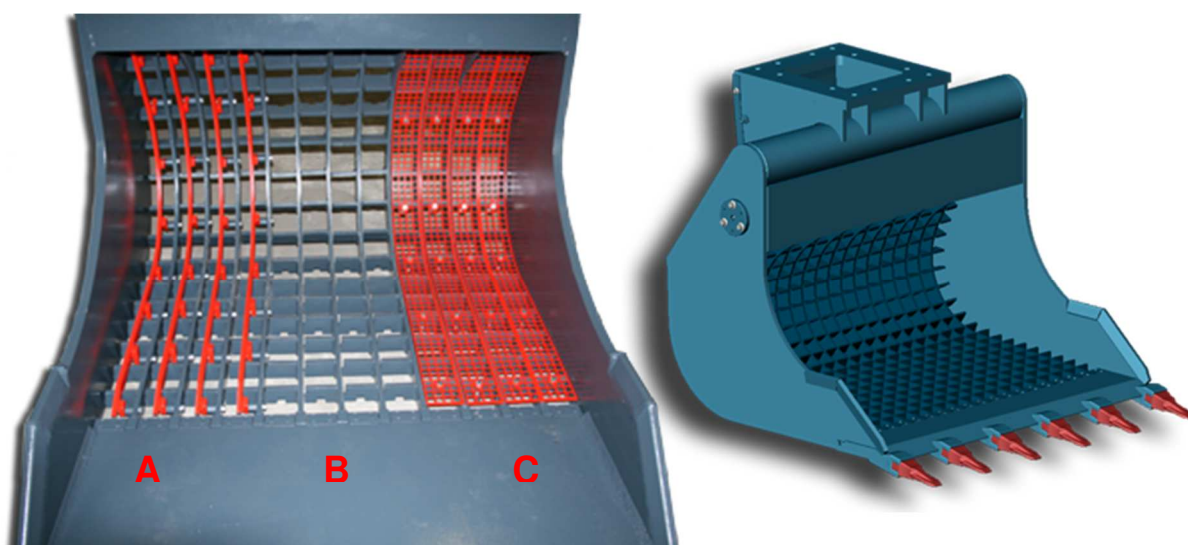
6 PŘEHLED VYRÁBĚNÝCH TŘÍDÍCÍCH LOPAT

Tento typ přídatných zařízení je na trhu relativně novinkou a mnoho firem si pevně střeží své know-how. Čím dál více se objevují „garážové“ výroby a společnosti mnohem častěji upravují stávající přídatná zařízení. Proto je většina podkladů na toto téma dostupné jen na několika internetových stránkách, případně na strojírenských veletrzích, či bazarech.

Přehled je zaměřen především na lopaty roštové, bubnové a lopaty s drtícími segmenty. Mají totiž větší předpoklady ke kvalitnímu třídění.

6.1 ROŠTOVÉ TŘÍDÍCÍ LOPATY

Firma Dappen je příkladem společnosti, která nabízí do svých přídatných zařízení jak vkládací lišty, tak také síta (viz. obr. 17).



Obr. 17 Vlevo: ukázka sestavení síta (A - nastavovací lišta, B - standardní síto, C - vložené síto), vpravo: celková sestava. [16]

Tab. 3 Roštové třídící lopaty firmy DAPPEN. [16]

Pro RYPADLA				Pro NAKLADAČ			
Standartní síta 30, 40, 50 a 60 mm				Standartní síta 30, 40, 50 a 60 mm			
Model	Objem síta (l)	Rozměr (l)	Nosič (t)	Model	Objem síta (l)	Rozměr (l)	Nosič (t)
B 18-400	40	70	≥ 1,5	B 18-1200	120	210	≥ 3,8
B 18-600	60	105	≥ 2,0	B 18-1500	145	260	≥ 5,8
B 18-800	80	140	≥ 3,0	B 18-1800	175	310	≥ 6,5
B 18-1000	100	175	≥ 4,0	B 18-2000	195	345	≥ 7,0
Standartní síta 30, 40, 50, 60 a 80 mm				B 18-2200	215	380	≥ 8,5
Model	Objem síta (l)	Rozměr (l)	Nosič (t)	Standartní síta 30, 40, 50, 60 a 80 mm			
B 24-600	105	160	≥ 4,0	Model	Objem síta (l)	Rozměr (l)	Nosič (t)
B 24-800	140	215	≥ 5,5	B 24-1800	320	480	≥ 6,0

B 24-1000	175	270	≥ 7,0
B 24-1200	210	320	≥ 9,5
B 24-1500	265	400	≥ 12,0
B 28-600	135	230	≥ 8
B 28-800	180	310	≥ 9,5
B 28-1000	225	385	≥ 11,0
B 28-1200	270	460	≥ 14,0
B 28-1500	335	575	≥ 16,0
Standartní síta 30, 40, 50, 60, 80, 100 a 120 mm			
Model	Objem síta (l)	Rozměr (l)	Nosič (t)
B 34-1000	345	540	≥ 14,0
B 34-1200	410	645	≥ 16,0
B 34-1500	515	810	≥ 18,0
B 34-1800	615	970	≥ 20,0
B 44-1000	460	760	≥ 18,0
B 44-1200	550	912	≥ 20,0
B 44-1500	684	1140	≥ 24,0
B 44-1800	820	1370	≥ 26,0
B 24-2000	355	535	≥ 8,0
B 24-2200	390	590	≥ 10,0
B 24-2400	425	640	≥ 11,5
B 28-1800	405	690	≥ 8,0
B 28-2000	450	770	≥ 10,0
B 28-2200	495	845	≥ 11,5
B 28-2400	540	925	≥ 13,0
Standartní síta 30, 40, 50, 60, 80, 100 a 120 mm			
Model	Objem síta (l)	Rozměr (l)	Nosič (t)
B 34-2200	755	1185	≥ 11,5
B 34-2400	820	1295	≥ 13,0
B 34-2600	890	1400	≥ 14,5
B 34-2800	960	1510	≥ 16,0
B 34-3000	1025	1615	≥ 17,5
B 44-2200	1005	1675	≥ 16,0
B 44-2400	1095	1825	≥ 18,0
B 44-2600	1185	1980	≥ 20,0
B 44-2800	1280	2130	≥ 22,0
B 44-3000	1370	2285	≥ 24,0

Na zajímavé řešení pohybu lamel mají lopaty firmy Steelwrist. Prosetí materiálu neprobíhá natřásáním nahoru a dolů, ale spojnice roštu - vodorovné lamely svislým houpavým rytmem přesouvají materiál ze strany na stranu, viz obr. 18.



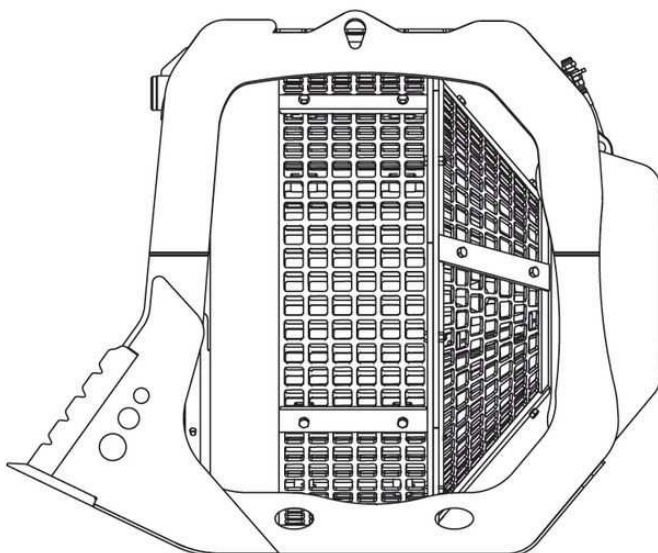
Obr. 18 Konstrukční řešení od Steelwrist.[18]

Tab. 4 Nabídka firmy Steelwrist. [18]

Model	Nosič (t)	Objem (l)	Šířka (mm)	Hmotnost (kg)
SB5 210I	2 - 6	210	830	310
SB8 370I	5 - 12	370	1000	500
SB14 620I	12 - 15	620	1200	900
SB17 730I	13 - 18	730	1400	1000
SB20 1200I	17 - 22	1200	1500	1400
SB25 1200I	22 - 33	1200	1500	1600

6.2 BUBNOVÉ TŘÍDÍCÍ LOPATY

MB The crushing evolution, firma jež zasloučila výrobu drtícím a třídícím zařízením, vlastní patent na drtící lopaty si stojí za názorem, že jejich bubnové třídící lopaty zkrátí dobu třídění až o 60%.



Obr. 19 Řada MB-S pro rypadla. [14]

Tab. 5 Přehled vyráběných bubnových třídících lopat firmy MB S.p.A. [14]

Pro RYPADLA						
MODEL	DOPORUČENÝ STROJ (t)	NOSNOST (m3)	HLOUBKA KOŠE (mm)	PRŮMĚR MŘÍŽKY (mm)	ROZMĚRY (mm)	HMOTNOST (t)
MB-S10 S4	$\geq 4 < 9$	0,41	560	880	1220x950x1010	0,41
MB-S14 S3	$\geq 9 < 20$	1,10	890	1200	1730x1400x1430	1,10
MB-S18 S4	$\geq 20 < 35$	2,40	1220	1600	2260x1840x1870	2
MB-S23	≥ 35	4,30	1490	2020	2840x2320x2350	3,75

Pro NAKLADAČE						
MODEL	DOPORUČENÝ STROJ (t)	NOSNOST (m ³)	HLOUBKA KOŠE (mm)	PRŮMĚR MŘÍŽKY (mm)	ROZMĚRY (mm)	HMOTNOST (t)
MB-LS140	* $\geq 2,6$	0,50	550	750	1380x1420x875	0,45
MB-LS170	$\geq 6,5 \leq 11$	1,10	890	1200	1670x1865x1380	1,35
MB-LS220	$\geq 12 < 25$	2,40	1200	1600	2355x2180x1790	2,8

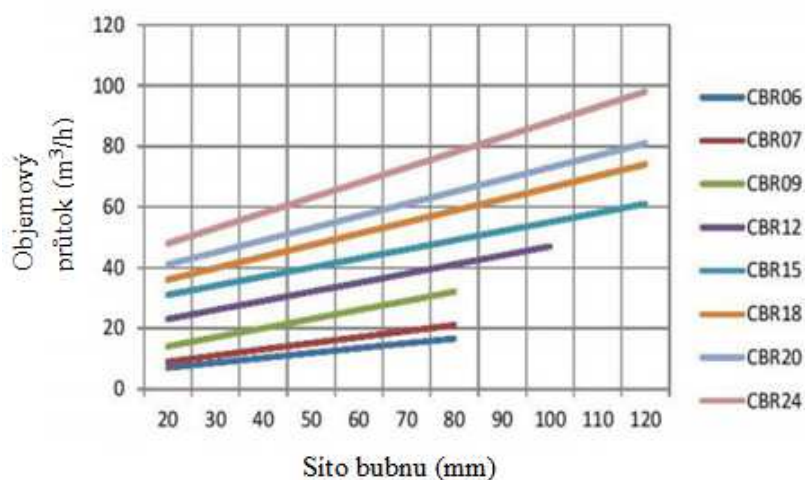
*smykový nakladač

Další společnost, která nabízí tyto pracovní nástroje, je C.M. Srl z Itálie. Jako jedna z mála nabízí zákazníkům porovnání produktivity lopat (obr. 20).

Tab. 6 Nabídka firmy C.M. Srl. [19]

Model	Nosič (t)	Šířka lopaty (mm)	Hmotnost (kg)	Kapacita (m ³)
CBR 06	1 - 3	600	125	0,13
CBR 07	3 - 5	750	270	0,3
CBR 09	5 - 9	900	485	0,5
CBR 12	9 - 14	1200	1100	1,1
CBR 15	14 - 21	1500	1560	2,2
CBR 18	21 - 30	1800	2000	3,3
CBR 20	30 - 36	2000	2600	4,2
CBR 24	> 36	2400	3680	6,0

Možným parametrem k porovnání jednotlivých lopat by mohla být produktivita, ale málokterý výrobce uvádí objemový průtok, tedy prosetí materiálu za čas, neboť je to veličina sporná. Nelze přesně a spravedlivě porovnávat jiné typy lopat, neboť žádná není stejná, prosetí je nejen záležitostí stroje, ale také strojníka, stavu materiálu, aj.

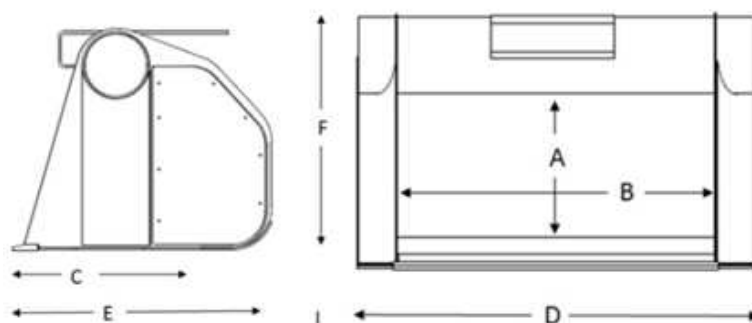


Obr. 20 Produktivita lopat. [19]

6.3 TŘÍDÍCÍ LOPATA S DRTÍCÍMI SEGMENTY

Tab. 7 Lopata s drtíci segmenty Gyru-Star pro rypadla. [12]

Pro RYPADLA					
MODEL	DOPORUČENÝ STROJ (t)	OBJEM (l)	ROZMĚRY PRACOVNÍ PLOCHY (mm) * A x B	ROZMĚRY LOPATY (mm) * C x D x E x F	HMOTNOST (kg)
2-50E	$\geq 1 \leq 2,3$	50	300 x 480	350 x 720 x 590 x 510	155
3-80E	$\geq 3 \leq 5$	172	430 x 800	500 x 1010 x 760 x 640	290
3-100E	$\geq 4 \leq 6$	215	430 x 1000	500 x 1250 x 760 x 640	360
3-120HE	$\geq 5 \leq 7$	258	430 x 1200	500 x 1410 x 760 x 640	405
4-100HE	$\geq 5 \leq 8$	350	615 x 1000	570 x 1550 x 820 x 880	560
4-120HE	$\geq 10 \leq 13$	421	615 x 1200	570 x 1550 x 820 x 880	600
Pro NAKLADAČE					
MODEL	DOPORUČENÝ STROJ (t)	OBJEM (l)	ROZMĚRY PRACOVNÍ PLOCHY (mm) * A x B	ROZMĚRY LOPATY (mm) * C x D x E x F	HMOTNOST (kg)
3-120HE	$\geq 1 \leq 3$	258	430 x 1200	500 x 1410 x 760 x 640	405
4-100HE	$\geq 4 \leq 6$	350	615 x 1000	570 x 1550 x 820 x 880	560
4-120HE	$\geq 7 \leq 9$	421	615 x 1200	570 x 1550 x 820 x 880	600



Obr. 21 Parametrizace lopaty Gyru-Star. [12]

Společnost ALLU vyrábí rozsáhlou škálu lopat s drtíci prvky a to hned 4 řady:

- DL - lopaty určené na terénní úpravy a zemědělství
- D - používané na zemní práce
- M / G - specifické pro procesní průmysl a důlní procesy

Tab. 8 Třídící lopata s drtícími segmenty firmy ALLU. [15]

SÉRIE	MODEL	RYPADLO (T)	NAKLADAČ (T)	OBJEM (M ³)	HMOTNOST (KG)
DL	DL 2-09	4 - 12	2 - 8	0,2 - 0,3	430
	DL 2-12	7 - 12	3 - 8	0,4 - 0,5	540
	DL 2-17	9 - 12	4 - 8	0,6 - 0,7	695
D	DN 2-09	10 - 28	4 - 14	0,4 - 0,5	940
	DN 2-12	12 - 28	6 - 14	0,5 - 0,6	1130
	DN 2-17	15 - 28	7 - 14	0,7 - 0,8	1400
	DN 3-09	12 - 28	6 - 14	0,7 - 0,8	1220
	DN 3-12	16 - 28	7 - 14	0,9 - 1,0	1410
	DN 3-17	20 - 28	7 - 14	1,3 - 1,5	1760
	DS 3-12	16 - 35	8 - 22	1,3 - 1,5	1610
	DS 3-17	20 - 35	8 - 22	1,3 - 1,5	2000
	DS 3-23	24 - 35	12 - 22	1,8 - 2,1	2520
	DS 4-12	20 - 35	10 - 22	1,4 - 1,6	1930
	DS 4-17	24 - 35	12 - 22	2,1 - 2,4	2360
	DS 4-23	30 - 35	14 - 22	2,8 - 3,2	3020
	DH 3-12	18 - 45	8 - 30	0,9 - 1	1950
	DH 3-17	22 - 45	10 - 30	1,4 - 1,6	2400
	DH 3-23	26 - 45	14 - 30	1,9 - 2,1	2960
	DH 4-12	22 - 45	10 - 30	1,4 - 1,6	2280
	DH 4-17	27 - 45	14 - 30	2,1 - 2,4	2780
	DH 4-23	32 - 45	16 - 30	2,8 - 3,2	3490
DH 4-27	36 - 45	18 - 30	3,5 - 4,1	4080	
M	M 3-20	50 - 70		3,8	7000
	M 3-25	70 - 120		4,7	9000
	M 3-27		30 - 50	4,5	7500
	M 3-32		50 - 70	6,5	10500
	M 4-25	120 - 160		6,2	12000
	M 4-32		60 - 90	8,5	13500

7 MOŽNOST POUŽITÍ

Nejvýhodnější porovnávacím kritériem je vhodnost. Tyto lopaty se užívají pro zefektivnění práce a především k šetření času a životního prostředí. Nejvhodnější zařízení často bývá takové, které je nejkompatibilnější a umožňuje variabilitu třídění, tedy možnost třídít různé materiály v různých podmínkách a rozlišných rozměrů.

Třídící lopaty nacházejí mnohá uplatnění a nabízí nespočet možností třídění, ale ne všechny jsou vhodné na tytéž zpracovatelské práce. U třídících lopat není příliš žádoucí rozpojovat lepidlo, které zalepují pracovní nástroje a snižují výkon, nebo příliš tvrdé materiály (břidlice, slepence, aglomeráty, křemence, granulity, aj.). Méně tvrdé materiály ale také mohou být problémové, proto se doporučuje vybírat lopaty odolnější, nebo specializované na jednotlivé požadované úkony, případně využít možností drtících lopat.

Jako důležitý faktor se také naskytá otázka potřeby jemného, nebo hrubého materiálu. Podle toho se odvíjí jeden z parametrů selekce.

V neposlední řadě se při třídění musí brát zřetel na rozměrové parametry hmoty, případně přítomné nežádoucí předměty jako například armatury, či betonářské výztuže aj., které by mohli uvíznout v pracovním prostoru.

Pro porovnání bylo vybráno několik možných uskutečnitelných činností pro běžné představitele uvedených pracovních zařízení. Z hlediska komparace je uvedena také mobilní třídící - drtící linka. Ta se však liší nejen konstrukcí, ale především samostatností. Tento stroj není schopen pracovat bez dalšího zařízení, jako je například nakladač, jenž musí do násypky dodávat tříděnou hmotu. Vyžaduje proto vyšší náklady na provoz.

Tab. 9 Tabulka použití jednotlivých typů třídičů.

TYP LOPATY:		Skeletová - žebrovaná lopata	Vibrační lopata	Roštová - lamelová lopata	Bubnová lopata	Lopata s drtíci segmenty	Mobilní drtící - třídičí
P O U Ž Í T Í	Těžební práce ¹	X			X	X	X
	Výkopové zeminy - suché	X	X	X	X	X	X
	Výkopové zeminy - promáčené				X	X	
	Písky a jemné štěrky	X	X	X	X		X
	Rekonstrukce vodních ploch ²					X	
	Kompost, hnůj				X	X	
	Betonová a cihelná sut'	X		X	X	X	X
	Dlažby a krytiny ³		X	X	X		X
	Živičné sutě ⁴		X	X	X	X	X
	Smíšený suchý demoliční odpad ⁵			X			X
	Zemědělské plodiny ⁶	X	X	X			X
	Průmyslová produkce ⁷			X	X		X
Drcení *					X	X	
Prosévání**	X	X	X	X	X	X	

*Nucené protlačování materiálu, které na výstupu prochází sítím.

**Materiál je volně protřepáván, není nijak štěpen.

¹ Práce se suchým, ale tvrdým materiálem, např.: v kamenolomech.

² Těžení dna či břehů vodních toků.

³ Materiál využívaný při rekonstrukcích např.: chodníků, kdy je kladen důraz na čistotu a stejnorodost stavebního materiálu (př.: žulové kostky).

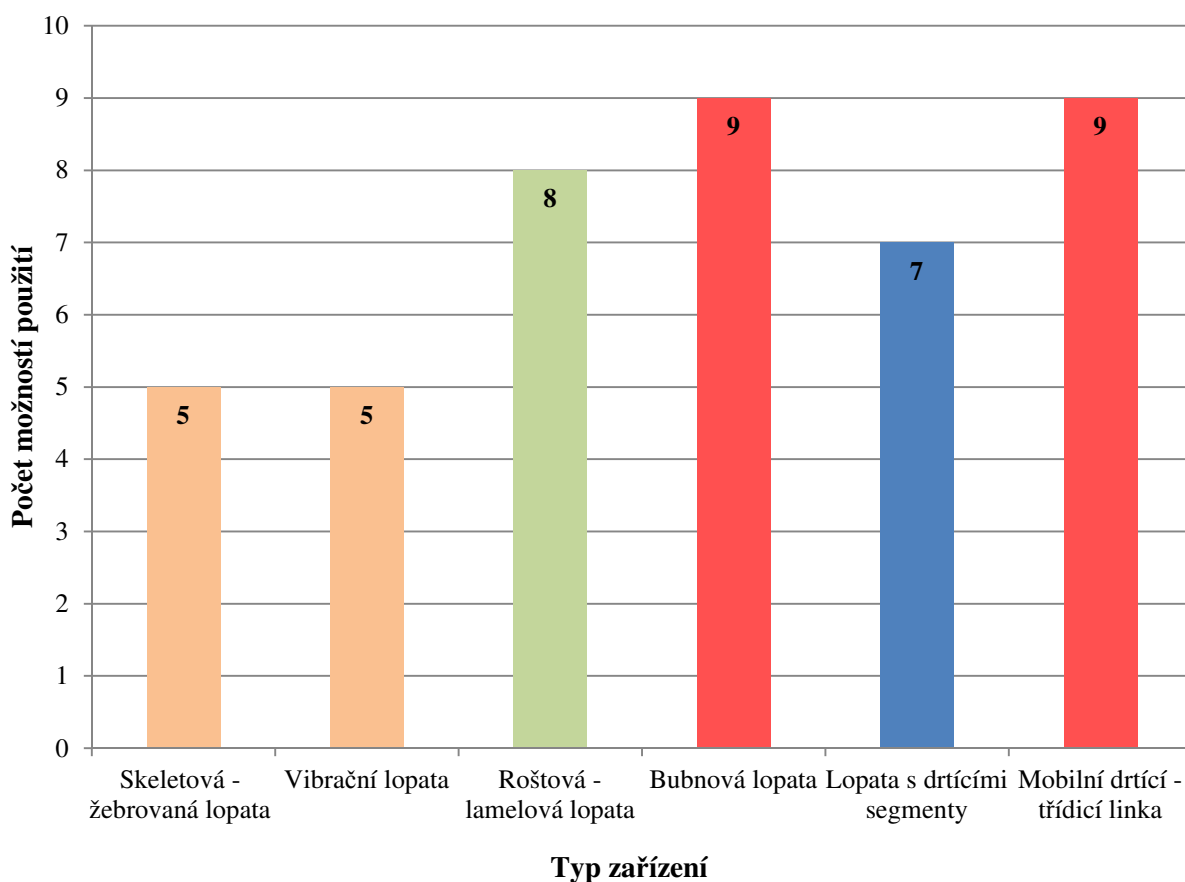
⁴ Silniční recyklát.

⁵ Sutě mohou obsahovat ocelové a jiné stavební prvky, které by při třídění mohli ohrozit bezpečnost stavby, či zmařit práci stroje.

⁶ Možnost prosévat obilí, krmné směsi a jiné. Tyto stroje nejsou vhodné na běžné třídění zemědělských produktů, jako jsou např. brambory, které by se procesem mohly znehodnotit.

⁷ Například struska, koks, uhlí.

Tabulka je zhotovena tak, aby poukázala na využití v jednotlivých sekcích a doplněna pro přehlednost grafem vhodnosti.



Obr. 22 Vyhodnocení porovnaných třídičů.

Výsledky grafu jasně vypovídají o možnosti nahradit těžkou a prostorově výraznou mobilní linku, která je navíc nesamostatná, jednodušším výměnným zařízením stejně kompatibilním. Výhodou bubnové třídicí lopaty je její relativní skladnost oproti třídicí lince. Je potřeba také vyzdvihnout vlastnost, jež činí tuto lopatu variabilnějším zařízením. Je to především schopnost ucpávat se materiálem co možná nejméně. Opakem je žebrovaná lopata, jež se zanáší jakoukoliv mokrou hmotou a vyžaduje zdlouhavé čištění.

8 VLASTNÍ NÁVRH TŘÍDICÍ LOPATY

8.1 VIZE MODELU

Budoucí stav modelu se snaží vyrovnat nepatrný rozdíl v použití lamelové a bubnové třídící lopaty. Konstrukce by měla být navržena tak, aby byla odolná, ale zároveň lehká, aby nezatěžovala pracovní stroj.

Zvýšení výkonnosti vede k sestrojení lopaty pro velkoobjemový náklad materiálu, urychlit třídění delší prodlevou nabírání materiálu. Jelikož je relativně nemožné získat porovnání výkonu jednotlivých třídící nebo drtících lopat, kdy je měřeno prosetí materiálu za stanovený čas, je snaha zajistit vyšší životnost, multifunkčnost, aj., aby byl výrobek konkurenceschopný.

Multifunkčnost lze zajistit síty (viz. kapitola 3) a proto je otázkou odolnost.

8.2 MATERIÁL

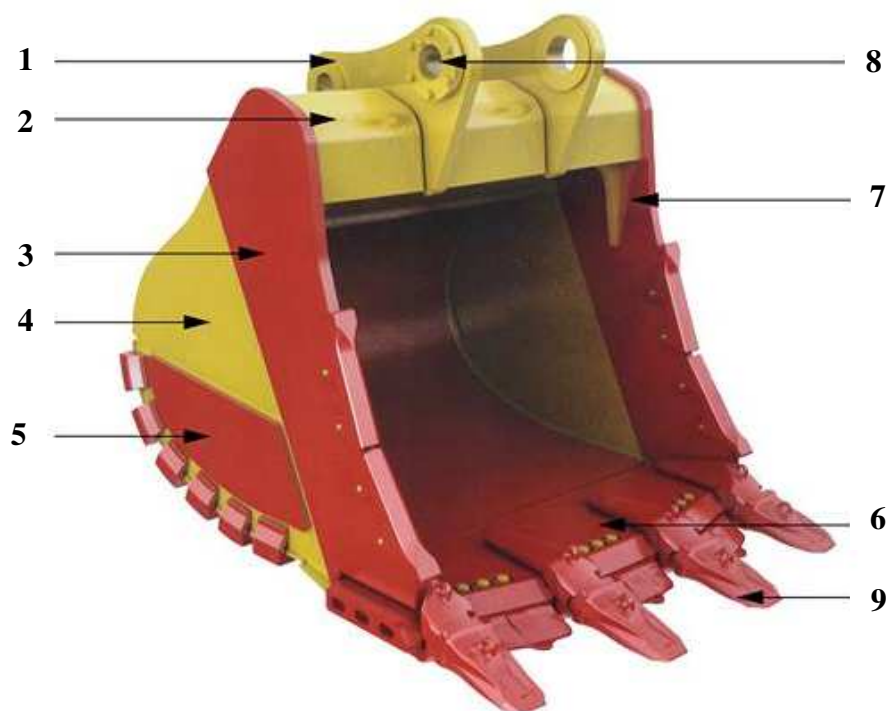
Stejně jako lopata výšková, hloubková, nakládací a další přídatná zařízení na zemní stroje se jedná o svařenec. Materiál bude zvolen 11 523.3, jakožto běžná pevnější konstrukční ocel vhodná pro svařování. Části lopaty jako jsou břity a boční břity budou z vysoce otěruvzdorného materiálu HARDOX, jelikož jsou tyto partie vystaveny největšímu opotřebením a zároveň tento materiál umožňuje snadné svařování s jinými konstrukčními oceli. [20]

Vhodnou volbou pro namáhané části je HARDOX 400 a to vzhledem k jeho technologickým vlastnostem. Existují samozřejmě i pevnější typy materiálu, ale volba je s ohledem na pevnost. Není účelné zvolit příliš tvrdý materiál, pokud její houževnatost způsobí vznik defektů a díky čemuž by mohlo dojít k odstávce provozu. [23]

Tab. 10 Porovnání materiálu typu HARDOX. [23]

Tvrdość* HBW	Vrubová houževnatost** KV, -40°C	Mez kluzu** Re	Mez pevnosti** Rm	Tloušťka plechu (mm)
Hardox HiTuf***	310–370	95 J	950 MPa	40-120
Hardox 400	370–430	45 J	1000 MPa	3,2-130
Hardox 450	425–475	40 J	1200 MPa	3,2-80
Hardox 500****	470-530	30 J	1300 MPa	4,0-80
Hardox 550	525–575	30 J	1400 MPa	10-50
Hardox 600	570–640	20 J	1650 MPa	8,0-50

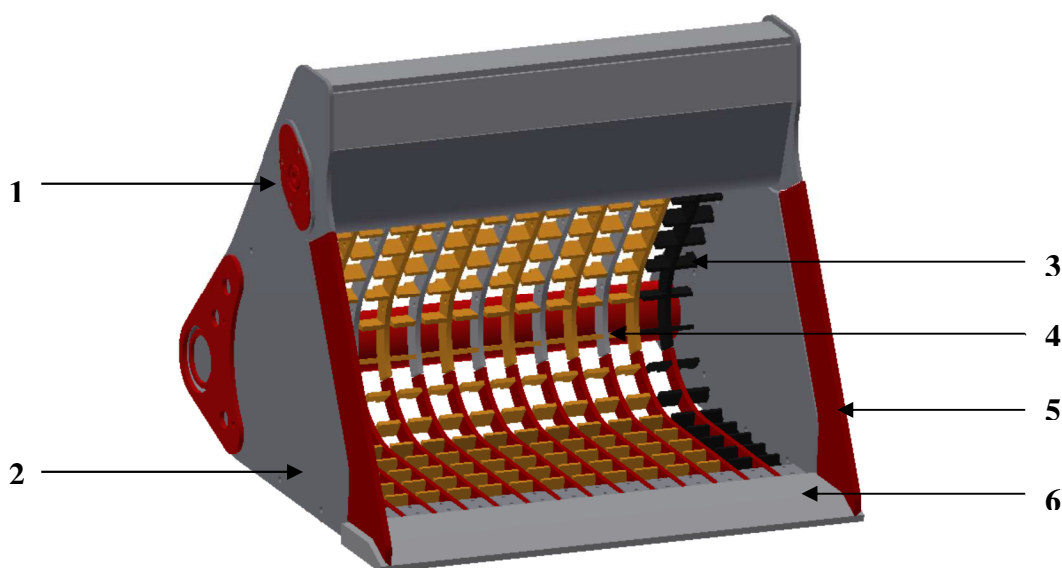
*Garantované hodnoty. **Typické hodnoty pro tloušťku plechu 20 mm (vyjma oceli Hardox HiTuf). ***Typické hodnoty pro tloušťku plechu 40–70 mm. ****Garantované hodnoty tvrdosti pro tloušťku plechu 4–32 mm. Pro tloušťku 32,1–80 mm je garantováno 450–540 HBW.



Obr. 23 Lopata určená pro trvanlivost a výkon CAT (1-závěsná deska, 2-ramenní konstrukce, 3-boční řezná hrana s výměnnými břity, 4-boční stěna, 5-boční deska proti opotřebení, 6-základní břit, 7-výztuha, 8-vymezovač axiální vůle, 9-systém zubů).[8]

8.3 PRVOTNÍ NÁVRH

Počáteční návrh (viz obr. 24) se zaměřoval na správné a především funkční sestavení lamel, tak aby tvořili hrubé oka a následně bylo umožněno zjemnit otvory doplňkovým sítem, jenž by bylo upevněno rozebíratelnými spoji - šrouby. Pro zvětšení škály prosetí bylo vhodné zvolit zároveň i stavěcí lamely, taktéž přichyceny šrouby. Tyto spoje by však neměli překážet ani jinak vyčínat ze dna lopaty, měli by být snadno smontovatelné a tedy přístupné s možností zajistit je na několika místech, aby síto dokonale přilnulo k základní konstrukci a aby lamely tvořili jednotnou plochu (možná sestava na obr. 6 a 7).

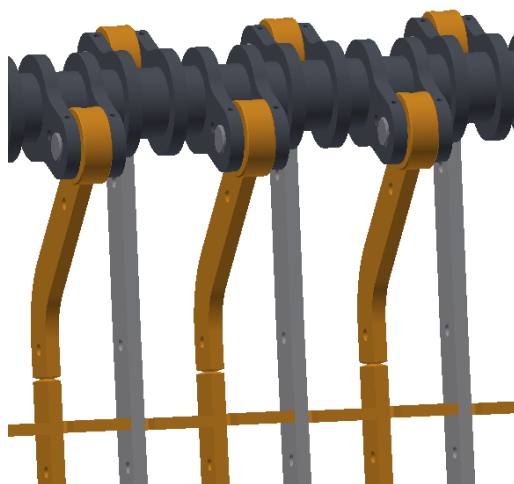


Obr. 24 Původní návrh (1-uložení hřídele, 2-boční stěna, 3-obostranná lamela, 4-jednostranné lamely, 5-boční břit, 6-přední břit). [vlastní foto]

8.4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Celá rámová konstrukce odpovídá klasickým lopatám na rypadlo, či nakladač. Možný nosič je dán typem upínacího zařízení. Hlavní řešenou částí je dno lopaty a pohyb, jenž vykonává.

Nejdůležitějším bodem je zajistit chod lamel nahoru a dolů, což zajistí kliková hřídel s hydromotorem, ten je ideální z hlediska plynulé regulace parametrů (tlak, průtok, otáčky, rychlost), možnosti vyvinutí velkých sil a momentů a tlumení rázů. Hřídel vybavená několika ojnicemi (páry, jež zajišťují upnutí lamel pomocí čepů) je sestavena tak, aby umožnila střídavý chod lamel, jež jsou spojeny s ojnicemi ojnicními čepy, jak je znázorněno na obrázku 25.

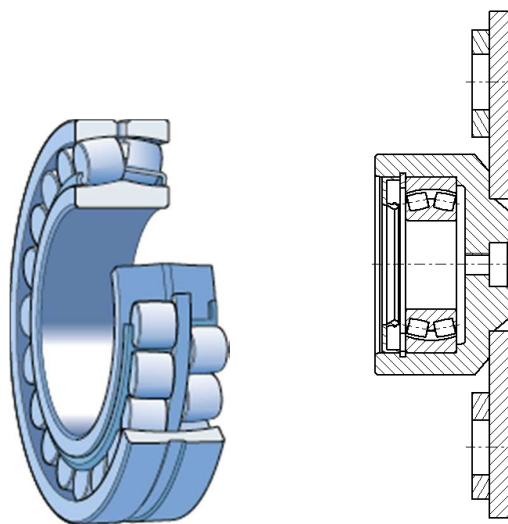


Obr. 25 Kliková hřídel spojená s lamelami. [vlastní foto]

Roštnice jsou dvojího typu, na obrázku 24 jsou barevně odlišeny, přičemž červeno-černá (označena č. 3) je speciální, neboť je oboustranná a to proto, aby vyplnila prostor mezi bočnicí a nedocházelo tak k nežádoucímu úniku protřepávaného materiálu. Ostatní lamely jsou jednostranné. Všechny však mají otvory na šrouby, jimiž se upevňuje síto.

Spodní část roštnic je uložena s vůlí na čepech, které zapadají mezi dvě lišty. Lišty jsou vzájemně spojeny šrouby, pro případnou demontáž, či výměnu a spodní z nich je přivařena k bočnicím a břitu.

Pro snížení tření a zajištění rotačního pohybu hřídele je nutno zvolit vhodné uložení. Ložiska zajištěná pojistným kroužkem a guferem jsou umístěna v přírubových domečích na obou koncích. V tomto případě je zvoleno ložisko soudečkové a to kvůli odolávání vyššímu zrychlení než ložiska běžná (např. kuličková), schopnosti vyrovnávat nesouosost, snižovat tření a dlouhé trvanlivosti. [21]



Obr. 26 Soudečkové ložisko SKF (vlevo), sestavení přírubového domečku (vpravo). [21]

Správnou funkci, hladký chod a především dlouhou životnost zajišťuje mazací systém. Předpokladem pro snížení tření mezi jednotlivými navzájem se pohybujícími plochami je zabezpečit průběh kapalinného tření. Podmínkou pro vytvoření dostatečného „olejového filmu“ je:

- dostatečný přívod tlakového mazacího oleje mezi třecí plochy součástí,
- určitá minimální rychlost vzájemného pohybu třecích ploch,
- vhodná úroveň soudržnosti a odporu molekul mazacího oleje proti vzájemnému pohybu (tj. viskozita oleje),
- správná ložisková vůle a vhodné povrchy třecích ploch pro dobré lpění olejového filmu. [22]

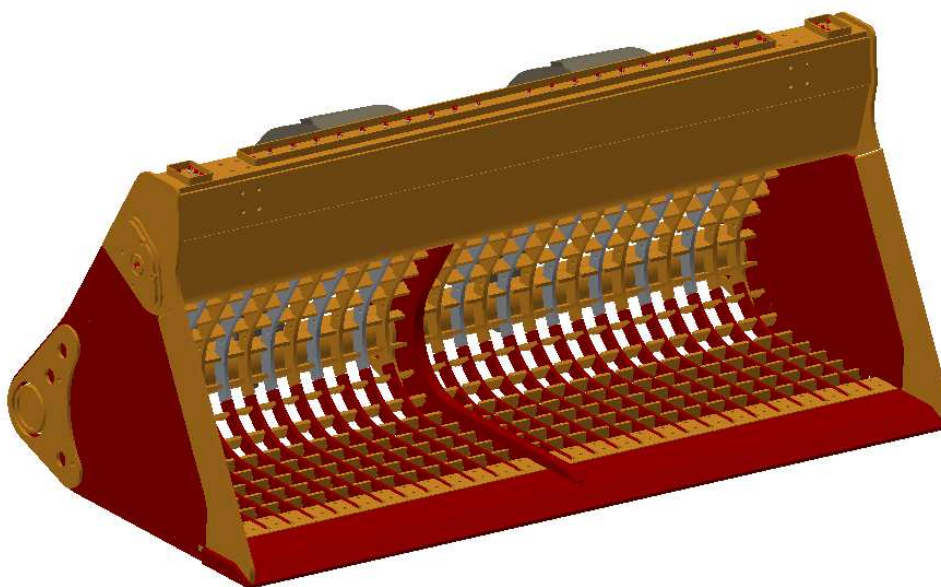


Obr. 27 Tření kapalinné. [22]

Pomocí mazacích hlavic se dostane mazadlo do správných míst, kde dbá o styčné plochy. Mazací hlavy byly navrženy tak, aby byly dostatečně přístupné a umožnili individuální přístup k jednotlivým částem stroje. Pro udržení čistoty mazacího systému byly přidány také krytky hlavic.

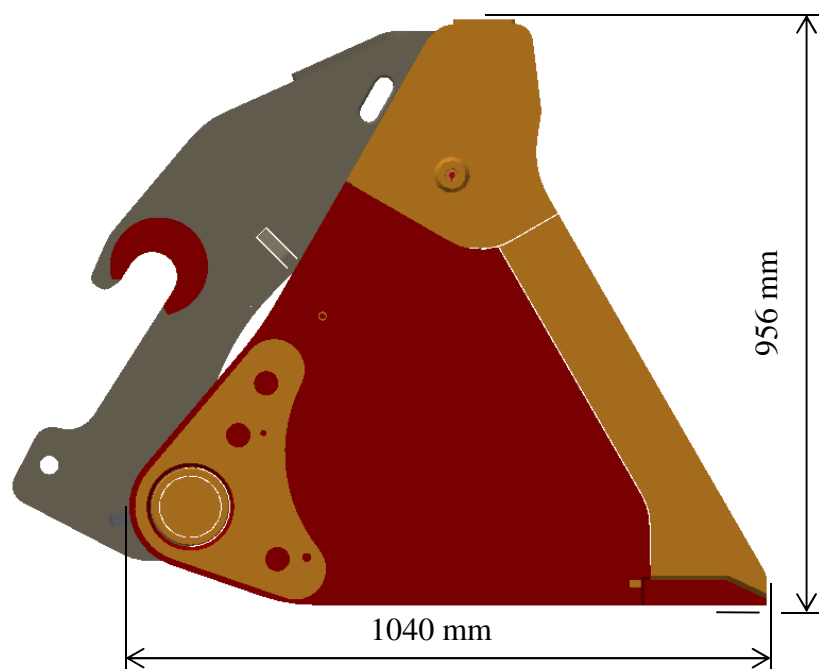
8.5 NÁVRH - 3D MODEL TŘÍDICÍ LAMELOVÉ LOPATY

V konečném návrhu byla vymodelována lopata určená pro nakladač disponující velkým objemem a důmyslným mazacím systémem propracované mechaniky pohybujících se prvků.

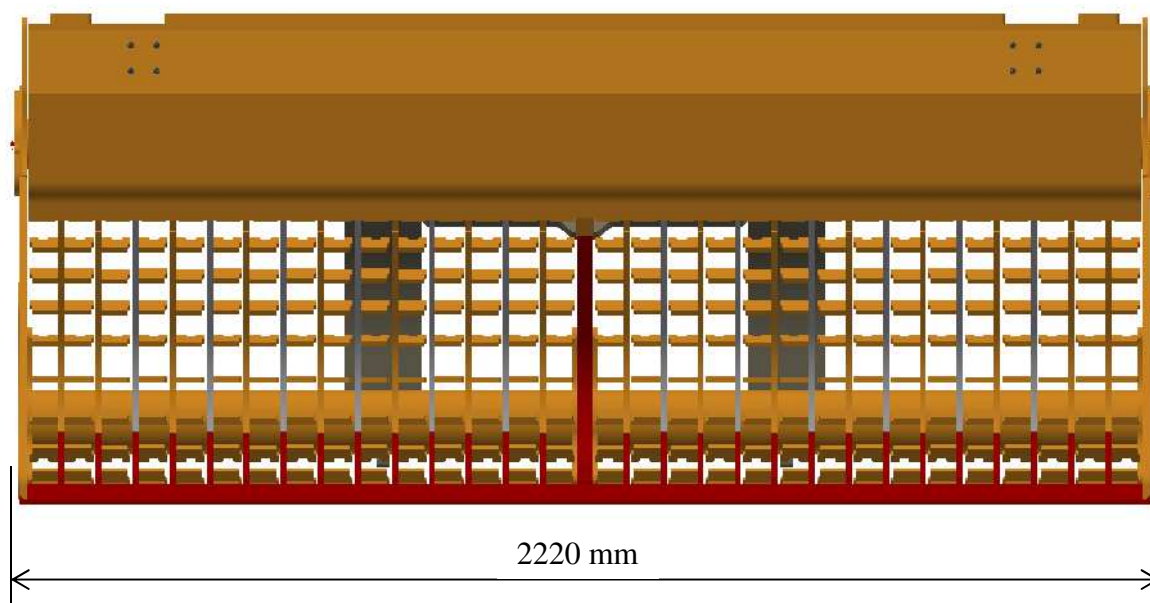


Obr. 28 Třídící lopata - 3D návrh.

K modelu je také připojeno upínací zařízení, které není součástí bakalářské práce, ale je uvedeno pro možnou finální podobu.



Obr. 29 Model 3D - bokorys.



Obr. 30 Model 3D - nárys.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce je zkategorizovat odvětví třídících lopat a porovnat je mezi sebou. V druhé části je představen vlastní 3D návrh na lamelovou třídící lopatu určenou pro nakladač.

Třídící linky a způsoby separování a zpracování materiálu umožnily pochopit lopaty třídící, které jsme rozdělily dle jejich konstrukce na lamelové a bubnové třídiče, a poté je detailněji popsali z hlediska pohybu na vibrační, zařízení s posunem roštových lamel a druhy využívající třídění za rotace.

Porovnáním použitelnosti jednotlivých typů jsme zjistili, že mobilní drtící - třídící a bubnová lopata jsou nejvariabilnější zařízení, přesto však mají i ony hranici svých možností, jako jsou příliš tvrdé, nerozpojitelné a lepivé části hmoty, rovněž omezující svojí velikostí.

Otázkou pro další zlepšování proto bude volba materiálů, které budou vybírány tak, aby vydržely vůči otěru, byly pevnější, lehčí a přesto stále dobře svařitelné se snahou udržet výrobky cenově přístupné. Maximalizovat výkon a posunout hranice životnosti stroje. To bude řešeno pro budoucnost třídění materiálů ve stavebnictví a strojírenství, tak aby bylo možné snadněji a rychleji „znovuoživit“ stavební a demoliční hmotu.

3D model byl navrhnout s ohledem na vstupní materiál (volen břit z ořezavzdorného materiálu, pro zvýšení životnosti). Variabilitu výsledné proseté frakce jsme zvýšili pomocí vyjímatelných sít a roštů, tření uvnitř pohybového aparátu stroje jsme snížili důmyslnou mazací soustavou a nastínili jsme realizaci střídání lamel. Příštím projektem by mohl být koncept hydromotoru, který by poháněl tento nástroj k práci.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] VYTLAČILOVÁ, Vladimíra. *Recyklace ve stavební výrobě*. V Praze: České vysoké učení technické, 2012. ISBN 978-80-01-05184-9.
- [2] Katalog Phoenix-Zeppelin
- [3] FRIES, Jiří. *Zemní stroje: učební text: studijní materiály pro studijní obor Zemní, těžební a stavební stroje* Fakulty strojní. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-248-2567-0.
- [4] JUNGA, Petr, Tomáš VÍTĚZ a Petr TRÁVNÍČEK. *Technika pro zpracování odpadů*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-209-0.
- [5] POLICKÝ, Zdeněk. *Úpravárenské stroje*. Brno: Vysoké učení technické, 1987.
- [6] GONDEK, Horst a Arnošt ŠEVČÍK. *Těžební a zpracovatelské stroje III*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1692-0.
- [7] ADÁMEK, Jiří, Jan KOUKAL a Bohumil NOVOTNÝ. *Stavební materiály*. Brno: CERM, 1997. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-0631-3.
- [8] Katalog Zeppelin Baumaschinen 2016
- [9] Realma – pískovna dolany s.r.o. *Www.piskovnadolany.cz* [online]. Opatovice nad Labem: realma – pískovna dolany, 2015 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.piskovnadolany.cz/pouzivane-druhy-pisku-kameniva-na-stavbach>
- [10] CZ SCREEN s.r.o. *Czscreen3sweb.webmium* [online]. Žebrák (Česká republika): CZ SCREEN, 2014 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://czscreen3sweb.webmium.com/tridici-lopaty>
- [11] Avant. *Nakladače Avant* [online]. Avant: ANT studio, 2016 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <https://www.nakladaceavant.cz/naradi>
- [12] BEST stavební stroje s.r.o. *Stavební stroje BEST* [online]. Jindřichův Hradec: BEST stavební stroje, 2013 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.bestjh.cz/tridici-a-michaci-lopaty>
- [13] Neuenhauser - moderní technika pro třídění a promíchávání. *Stavební technika* [online]. 2006 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <https://www.stavebni-technika.cz/clanky/neuenhauser-moderni-technika-pro-trideni-a-promichavani>
- [14] SCREENING BUCKETS. *MB The crushing evolution* [online]. MB S.p.A. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.mbcruisher.com/en/cz/products/screening-buckets>
- [15] Transformer. *ALLU Transformer* [online]. Finsko: ALLU, c2018 [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: <http://www.allu.net/en/Products/Transformer>

- [16] Siebschaufeln. *Dappen* [online]. Korschbroich (Německo): DAPPEN Werkzeug & Maschinenbau, c2018 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <http://dappen-maschinenbau.de/index.php/produkte/siebschaufeln?showall=1&limitstart=>
- [17] ČSN EN 13242+A1. Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2008.
- [18] SCREENING BUCKETS. *Steelwrist: Earthmoving efficiency* [online]. Sollentuna, Švédsko [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://steelwrist.com/int/products/screening-buckets/>
- [19] CBR SERIES. *CM: Power leads the way* [online]. Carrè, Itálie [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.cmcruשמachines.com/products/cbr-screening-bucket/?lang=en>
- [20] Oceli HARDOX, WELDOX a jejich svařování. *SVARINFO.cz: Magazín praktického svařování* [online]. SVARINFO, 2008 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2008061801>
- [21] Soudečková ložiska. *SKF* [online]. Göteborg, Švédsko: Vedení skupiny SKF [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/roller-bearings/spherical-roller-bearings/index.html>
- [22] PEKÁREK, Stanislav. *Technologie oprav 1: Učebnice pro 2. a 3. ročník oboru Opravář zemědělských strojů*. Střední škola technická a zemědělská, NOVÝ JIČÍN: Code Creator, 2016. ISBN 978-80-88058-23-6.
- [23] Hardox – otěruvzdorný plech. *Stavební technika* [online]. Mika, 2009 [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://www.stavebni-technika.cz/clanky/hardox-oteruvzdorny-plech>