

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace
Studijní obor: Dopravní a manipulační prostředky
Katedra: Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky
Vedoucí katedry: doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Analýza pracovních zařízení, která jsou vhodná při recyklaci
stavebních hmot a odpadů

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.

Autor: Lukáš Hošek

České Budějovice, duben 2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš HOŠEK**
Osobní číslo: **Z09049**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační prostředky**
Název tématu: **Analýza pracovních zařízení, která jsou vhodná při recyklaci stavebních hmot a odpadů.**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíl práce:

Cílem práce je provést analýzu pracovních zařízení, která jsou vhodná při recyklaci stavebních hmot a odpadů v závislosti na charakteru demolovaného objektu a předpokládaného využití recyklátu.

Metodický postup:

1. Analýza vzniku stavebních odpadů.
2. Analýza pracovních adaptérů vhodných pro realizaci demoličních prací.
3. Analýza zemních strojů vhodných k realizaci pracovních operací nutných k provedení demoličních prací.
4. Analýza technologických linek používaných při zpracování odpadních surovin z demolovaných objektů.
5. Sestavení návrhu technologických linek v závislosti na charakteru demolovaného objektu a předpokládaného využití recyklátu.

Rozsah grafických prací: **obrázky, fotografie dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **60 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Celjak, I.: **Strojní zařízení pro realizaci stavebních prací**, ZF České Budějovice, 2009, 133 s.;

Vaněk, A.: **Strojní zařízení pro stavební práce**, Sobotáles, 1999, 301 s.;

Časopis **Komunální technika č.2/2010**, vydavatel Profi Press Praha, ISSN 1802-2391.

Komunální revue č.1/2010, vydavatelství Petr Baštan;

Katalog firmy **Phoenix Zeppelin**, Praha, dostupný u firmy **RENTAL**, Okružní, České Budějovice;

Katalog firmy **PSP Přerov**;

Katalog firmy **Keestrack (www.tridic.com)**;

www.lumos.cz (České Budějovice)

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivo Celjak, CSc.**
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **13. ledna 2011**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2012**


prof. Ing. Miloslav Soch, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH:
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13 ①
370 05 České Budějovice


doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 19. ledna 2011

Anotace

Cílem mé bakalářské práce je rozbor a přehled zařízení vhodných pro recyklaci stavebních hmot a odpadů. Zabývám se také vznikem stavebního odpadu, postupem demoličních prací, tříděním odpadu při demolici a využitím vzniklého recyklátu. V práci jsou uvedeny jednotlivé zemní stroje a jimi používané vhodné adaptéry pro demolici. V práci je uveden přehled drticích jednotek s vybranými technickými parametry včetně teoretických výkonností. Hlavním kritériem pro rozdělení mobilních drticích jednotek je velikost vstupního otvoru. Jsou zde uvedeny výsledky měření pracovních cyklů a dat pro výpočet skutečné výkonnosti drtičů při konkrétní pracovní činnosti při zpracování stavebních sutí. Hodnoty skutečné výkonnosti jsou porovnány s hodnotami teoretickými. Ve všech případech byla skutečná výkonnost nižší než teoretická.

Abstract

The aim of my thesis is to give an overview and analysis of appropriate facilities for recycling construction materials and waste products. I deal with the generation of construction waste resulting from demolition procedures and examine the classification of the demolition waste and its subsequent usage in recycling materials processes. The work further addresses the usage of relevant earth-moving machinery in this sector, including relevant adapters for demolition works. The thesis also contains an overview of crushing units with selected technical parameters including theoretical performance. The main criterion for the distribution of mobile crushing units is the size of the inlet. The results of measuring cycles and data for the calculation of the efficiency of crushers at particular work in the processing of construction debris are also given. The actual performance values are compared with the theoretical ones. In all cases, the actual performance is lower than the theoretical one.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma “Analýza pracovních zařízení, která jsou vhodná při recyklaci stavebních hmot a odpadů“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii a postup při zpracování práce je v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů v platném znění. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 11. dubna 2012

.....

vlastnoruční podpis autora

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Ivu Celjakovi, CSc. za odbornou pomoc a cenné rady při zpracování předkládané bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval panu Michalovi Koryčanovi, vedoucímu půjčovny Phoenix – Zeppelin, spol. s r. o. v Českých Budějovicích za technické specifikace zemních strojů a adaptérů používaných při demolicích. Rovněž děkuji firmám Resta s. r. o. a Lumos s. r. o. za umožnění vstoupit na staveniště, kde probíhala recyklace. Panu Lumírovi Dvořákovi, majiteli firmy Lumos s. r. o. patří poděkování za praktické připomínky týkající se této problematiky.

Obsah

1 Úvod.....	3
2 Vznik stavebních odpadů	4
3 Postup provádění demolice	6
3.1 Vlastní demolice.....	6
3.2 Bourání stropů a schodišť	7
3.3 Bourání výbušninami	7
4. Recyklace stavebních odpadů	8
5 Adaptéry zemních strojů vhodné pro demolici	10
5.1 Hydraulická demoliční kladiva	10
5.1.1 Pracovní princip hydraulických demoličních kladiv.....	10
5.1.2 Konstrukce hydraulického kladiva.....	10
5.1.3 Pracovní nástroje pro hydraulická kladiva	12
5.1.4 Přehled hydraulických kladiv firmy Caterpillar.....	13
5.2 Demoliční nůžky	13
5.2.1 Princip funkce hydraulických demoličních nůžek	13
5.2.2 Univerzální nůžky	14
5.2.3 Hydraulické šrotovací nůžky Caterpillar řada S300	15
5.2.4 Hydraulické drticí nůžky Caterpillar na beton řada VHC.....	16
5.3 Demoliční třídící drapáky	17
6 Zemní stroje vhodné pro demolici	18
6.1 Lopatová rýpadla.....	19
6.1.1 Rýpadla na pásovém podvozku.....	20
6.1.2 Rýpadla na kolovém podvozku	23
6.2 Nakladače	25
6.3 Dozery	29
6.4 Měrné hmotnosti materiálů	31
7 Drtiče.....	32
7.1 Čelist'ové drtiče	33
7.1.1 Dvouzpěrný čelist'ový drtič.....	34
7.1.2 Jednovzpěrný čelist'ový drtič	39
7.2 Kuželové drtiče	40
7.2.1 Kuželový drtič se zavěšeným kuželem – ostroúhlý	40

7.2.2 Kuželový drtič s podepřeným kuželem – tupouhlý.....	42
7.3 Dynamické drtiče	44
7.3.1 Kladivový drtič.....	44
7.3.2 Odrazový drtič.....	45
8 Mobilita drticích jednotek	47
8.1 Semimobilní drticí jednotky.....	47
8.2 Mobilní drticí jednotky	47
9 Metodika měření	48
10 Výsledky měření	49
11 Přehled mobilních drticích jednotek	51
12 Sestavení návrhu technologických linek v závislosti na charakteru demolovaného objektu.....	54
13 Závěr	58
14 Seznam citované literatury	60
15 Seznam obrázků, tabulek, zkratek a termínů	62

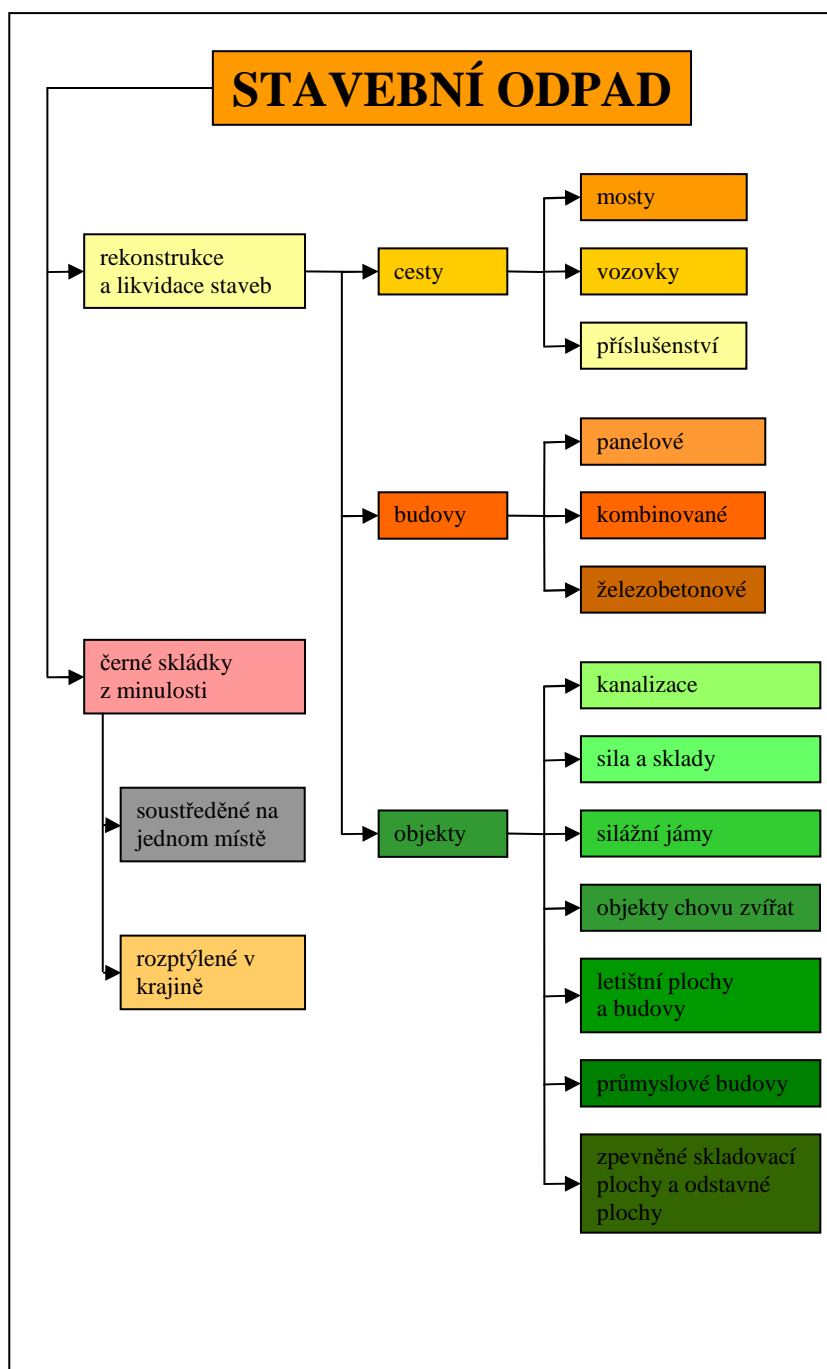
1 Úvod

Stavební a demoliční odpady produkované lidskou činností zaujmají značnou část produkce všech odpadů. Řešení problematiky těchto odpadů spočívá nejenom v minimalizaci jejich vzniku, ale po procesu recyklace také v jejich využívání ve stavebnictví jako plnohodnotný stavební materiál. [1]

Cílem této práce je podat základní informace o pracovních zařízeních, která se používají při recyklaci stavebních a demoličních odpadů. Při demoličních pracích se může použít hydraulické demoliční kladivo, demoliční nůžky nebo demoliční třídící drapák. Všemi těmito adaptéry se zabývám v 5. kapitole této práce. Zemní stroje používané k provádění demoličních prací podrobněji rozepisují v 6. kapitole. Nejdůležitější část této problematiky je v kapitolách 11 a 12, zabývajících se rozdělením mobilních drticích jednotek podle velikosti vstupního otvoru a sestavením návrhu technologických linek v závislosti na charakteru demolovaného objektu.

2 Vznik stavebních odpadů

Stavební a demoliční odpady představují v oblasti nakládání s odpadními surovinami významnou část. Přibližně je to 25 % z celkové produkce odpadů a velká část jich končí na řízených skládkách komunálního odpadu, kde zabírají prostory určené pro jiný odpad, případně je tento odpad uložen do vodní erozní rýhy, do staré pískovny, na zpevnění polních cest nebo na zarovnání terénní nerovnosti. Oblasti potenciálního vzniku stavebního odpadu jsou znázorněny na obrázku 1. [2]



Obrázek 1 – Schéma vzniku stavebního odpadu [2]

Legislativa stanovuje omezení jak zacházet s odpady. Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech ve svém § 4 [Základní pojmy] jednoznačně nedefinuje stavební a demoliční odpad. V souladu s § 5 zákona č. 185/2001 Sb., jsou původce a oprávněná osoba povinni pro účely nakládání s odpadem odpad zařadit podle Katalogu odpadů. Odpad z demolice je podle Katalogu odpadů zařazen pod kód 17 Stavební a demoliční odpady včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst [beton, tašky, cihly, keramika, dřevo, kovy, sklo, plasty, izolační materiály, asphalt, sádrové výrobky, výrobky s obsahem azbestu a další materiály]. Podle přílohy č. 4 k zákonu o odpadech je možné využít způsob odstraňování odpadů ukládáním v úrovni nebo pod úrovní terénu (např. skladování apod.), ale tím se rozumí, že je řízeným způsobem ukládán na skládky. Na toto třídění navazuje příloha č. 5 k zákonu o odpadech, která stanovuje, které látky jsou nebezpečné. Je nutné provést selekci určitých materiálů, které se v objektu nacházejí. Pokud jsou krovy nebo jiné části impregnovány, ošetřeny chlorovanými nebo anorganickými činidly, jsou-li betonové podlahy kontaminovány pohonnými hmotami, ve stropních částech jsou izolační hmoty s nebezpečnými látkami a podobně [uvedeno v Katalogu odpadů]. V demolovaném objektu může být mnoho dalších příměsí, které musí být využity případně odstraněny způsobem, který neohrožuje lidské zdraví a životní prostředí [§ 10 zákona o odpadech]. Takže tyto nebezpečné odpady nesmí být promíchány s ostatními stavebními odpady. Stavební odpady lze opět využít, protože představují důležitý zdroj druhotných surovin, které mohou být použity jako stavební materiály do materiálového oběhu ve stavebnictví. [3]

Při běžných demoličních pracích se ukázalo zcela nezbytné (z hlediska dalšího využití stavební sutě) provádět důsledné třídění již během demolice. Je to dáno zejména tím, že při demolici lze snadněji oddělit od minerální sutě veškeré cizorodé materiály, než je to možné z netříděné sutě, která může vzniknout při nešetrné celkové demolici. [1]

Při třídění během demoličních prací je nutné:

a) od minerálních sutí určených k recyklaci oddělit a roztrždit především tyto materiály:

- kovy,
- organické materiály – zejména použité dřevo,
- další (zejména nebezpečné) odpady – nátěrové hmoty, azbesty, apod .

b) rozřídění minerální suť alespoň na tyto druhy:

- cihelná stavební suť,
- betonová suť,
- stavební odpad z demolice vozovek (bez horniny),
- výkopová zemina. [1]

3 Postup provádění demolice

Před zahájením bouracích prací musí být objekty určené k demolici odpojeny od veškerých inženýrských sítí. Je nutné vymežit prostor demolice a stávající inženýrské sítě musí být vyznačeny a nesmí dojít k jejich poškození.

Vlastní demolici předchází tzv. odstrojení objektů, aby bylo dodrženo rozřídění bouraných materiálů. Z objektů se odstraní veškeré zařizovací předměty, radiátory, rozvody elektrické energie, osvětlovací tělesa apod. Následujícím krokem je vyvěšení dveřních křídel, demontáž oken, vrat a ostatního příslušenství. Potom následuje vlastní demolice objektů prováděná s pomocí těžké mechanizace, jako jsou bourací kladiva a hydraulické nůžky na podvozcích různých typů a značek rýpadel, nakladačů atd.

Bourací práce je vhodné provádět při denním světle. Za tmy a za šera se musí staveniště a příjezdy dostatečně zabezpečit a osvětlit. [4]

Všichni zúčastnění pracovníci musí být při manipulaci s nebezpečnými odpady vybaveni nezbytnými ochrannými pomůckami (respirátor, rukavice, ochranné brýle) a zvláštním zápisem seznámeni s režimovým opatřením, zejména zákazu jídla a pití v prostorách, kde je nebezpečí expozice azbestu. Celé pracoviště s těmito látkami musí být ohraničeno výstražnými cedulemi. [5]

3.1 Vlastní demolice

Po rozebrání a snesení střechy se pokračuje s demontáží krovu a následně komínů. Bourací práce je především nutné provádět tak, aby nebyla ohrožena bezpečnost pracovníků. Z tohoto důvodu se musí pracovat v časové mzdě a také se nesmí najednou strhávat celé stavby, ale vždy se rozebírají po částech. Pouze osamocené stěny a komíny lze strhávat za stálého odborného vedení. Hrozí-li u některé části stavby sesunutí nebo zhroucení, musí být tato část bezpečně zajištěna. S vlastním bouráním se postupuje od shora dolů tak, že se vždy vybourá nejdříve

vnitřek patra a následně obvodové stěny. Vybouraný materiál a suť se nesmí hromadit v patrech nebo shazovat do nehlídaných míst a musí se kropit. Aby okolí netrpělo prachem, spouští se suť do zásobníků nebo vozidla v uzavřených skluzech ukončených mokřým pytlovým rukávem. Pro obvodové stěny vyšší než 6 m se zřizuje podélné lešení s podlahou šířky cca 1,2 m. Při bourání stěn s balkony, arkýři, římsami a jinými výstupky se nesmí odbourat zatěžující zdivo, aby se nezřítily. Práce se provádí postupně tak, aby bylo umožněno případně doseparovat jednotlivé materiály. Vybourané materiály a suť se v průběhu provádění demolice třídí s ohledem na jejich možnou recyklaci nebo jiné využití, či uložení na skládkách příslušných kategorií. Ocelové konstrukce objektů a technologická zařízení se upraví na kovový šrot a odvezou do sběren druhotných surovin. Základové konstrukce se vybourají cca 0,5 m pod stávající úroveň terénu. Po demolici a recyklaci následuje srovnání terénu pro další využití. [6]

3.2 Bourání stropů a schodišť

Menší a tenčí klenby kotvené do ocelových nosníků se samy zřítí po probourání vrcholu. Větší klenby se rozebírají po částech, od vrcholu k patkám, těžší a větší kusy se zajišťují pomocnou konstrukcí či podskružením proti pádu. Spočívají-li klenby na podpoře, např. pilíři nebo střední zdi, musí se rozebírat současně z obou stran, aby se účinkem jednostranného tlaku neporušila stabilita.

Železobetonové stropy a konstrukce se bourají po částech a postup bourání musí být předem určen, aby se předčasně neporušily nosné prvky.

Hrázděné stěny se bourají tak, že se nejdříve odstraní zdivo a potom postupně dřevěná kostra.

Při bourání schodiště se zadržané stupně odstraňují současně s bouráním zdiva. Jsou-li kamenné a nepoškozené, opatrně se vyjmou a uskladní. Dřevěné schodiště se vybourá tak, že se odstraní celé rameno najednou. [6]

3.3 Bourání výbušninami

Při bourání výbušninami se musí počítat s možností poškození troskami i střepinami, které po výbuchu letí vzduchem, dále s ořesem půdy a tlakem vzduchu. Na tlak vzduchu a ořes půdy má vliv tvar území, zastavění i stav podzemní vody. V úzkých údolích a hustě zastavěných ulicích se tlak vzduchu projeví nebezpečněji

než na volném prostranství. Ve skalnaté zemině a při vysoké hladině podzemní vody se otřesy přenášejí silněji než např. v písčité zemině. Před odstřelem se z bezpečnostních důvodů odpojuje elektrická síť a vždy se prošetří hloubka kanalizačního a vodovodního potrubí, protože oprava jejich poškození bývá nákladná. U blízkých staveb je třeba zdokumentovat stávající trhliny, poškození omítek a jiné poruchy (tzv. pasportizace objektu), aby později nedocházelo k neoprávněným požadavkům náhrady škody.

Bourání zdí výbušninami je vhodné tam, kde se žádá rychlý postup a nezáleží na poškození materiálu nebo by bylo postupné bourání nákladné a nebezpečné (např. u poškozených objektů). Částečně nebo zcela do zdiva zapuštěné nálože znamenají úsporu trhavin. Příložné nálože jsou vhodné, je-li nebezpečí, že se porušená konstrukce zřítí. I když se při odstřelu počítá se vzdáleností pádu, která se rovná cca 2/3 výšky (ve většině případů tato vzdálenost postačuje), je nutno pro uzavření okolí počítat s tím, že např. část římsy doletí dále. [6]

4. Recyklace stavebních odpadů

Recyklace je založena na opětovném využívání stavebních odpadů ze zrušených objektů pro stavbu nových v blízkém okolí, resp. pro účely se stavbou souvisejícími (terénní úpravy, zásypy, podkladní vrstvy, vhodné sypaniny). Stavební odpady jsou prostřednictvím vhodných strojů v místě jejich vzniku zpracovány na recyklát požadovaných vlastností pro jeho další využití. Tím odpadá doprava stavebního odpadu na řízenou skládku a doprava nových surovin pro stavbu. [7]

Vhodné recykláty z hlediska využití:

1. Betony a železobetony lze využít jako kamenivo do betonů.
2. Výkopovou horninu, z níž jsou selektována velká zrna kamenů, lze využít pro zásypy a srovnání terénu.
3. Různé hrubé kamenivo selektované v třídících a drtičích lze využít na podkladové nosné vrstvy (komunikace, parkoviště).

Recykláty méně vhodných vlastností pro specifické účely lze všeobecně využít při zásypech výkopů mimo vozovky a chodníky, budování účelových terénních nerovností (parky, sportoviště, golfové hřiště, protihlukové valy), při stavbě méně

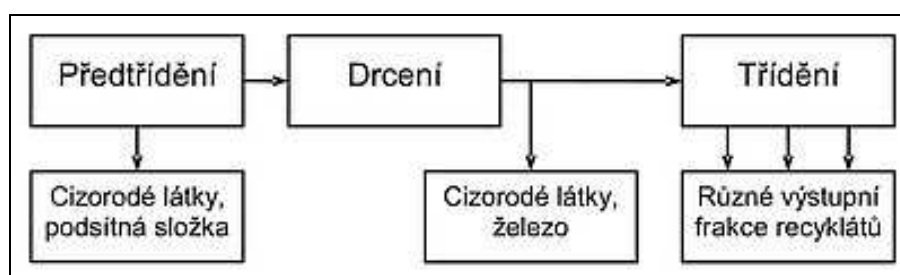
namáhaných parkovacích ploch, skladovacích ploch, údržbě lesních a polních cest při použití vhodné stabilizace.

Ovšem ne všechny recykláty jsou bez problémů využitelné. Například cihelné zdivo s příměsí malty a omítky, keramických dlaždic a obkládaček je hůře využitelné. Vyžaduje dodatečné zpracování (odstranění jemných částic omítek, velmi jemné zdrobnění keramických střepů). Také stavební odpad s obsahem cizorodých příměsí je pro využití méně vhodný. [2]

Výhoda recyklace stavebních materiálů mobilními linkami:

1. Recyklát vzniká na místě, kde vznikl stavební odpad,
2. tržní cena recyklátu je zpravidla nižší než cena kameniva,
3. odpadají náklady na ukládání stavebního odpadu na řízené skládky,
4. nevznikají náklady na odvoz stavebních odpadů,
5. nevznikají náklady na těžbu a dovoz kameniva,
6. je patrný přínos pro životní prostředí (doprava nezatěžuje prostředí zplodinami a hlukem, skládky nejsou plněny materiálem, který lze využít),
7. není zatěžována (ničena) silniční síť provozem nákladních vozidel,
8. snižují se transportní náklady na dopravu materiálu do násypky drtiče, protože drtič se posunuje podél skládky stavebního odpadu,
9. jednou linkou lze zpracovávat stavební odpad na několika skládkách, protože drtič se k nim operativně přemísťuje. [7]

Z hlediska získání kvalitního recyklátu se ustálila všeobecně uznávaná a používaná konfigurace, orientačně naznačená blokovým schématem na obrázku 2.



Obrázek 2 – Schéma typického recyklačního zařízení [1]

Až na výjimečné případy není výroba kvalitních recyklovaných materiálů myslitelná bez tří základních technologických operací uvedených na obrázku 2 – předtřídění – drcení – následného třídění, případně může následovat sekundární drcení a třídění. [1]

5 Adaptéry zemních strojů vhodné pro demolici

Mezi tyto adaptéry patří hydraulická demoliční kladiva, demoliční nůžky a demoliční třídicí drapáky.

5.1 Hydraulická demoliční kladiva

Jsou zavěšena na násadě hydraulického rýpadla a poháněna tlakem oleje. Skládají se z pláště kladiva, uvnitř kterého je pohyblivý píst a plynový akumulátor nárazů a výměnného pracovního nástroje. Nástroj je shodného průměru jako pohyblivý píst. Mezi pístem a nástrojem je zdvihový prostor pro pohyb pístu.

5.1.1 Pracovní princip hydraulických demoličních kladiv

Nosič musí být vybaven přídatným hydraulickým systémem pro kladivo. Olej z tohoto okruhu proudí do kladiva, kde svým tlakem působí na dusíkovou náplň v kladivu a stlačuje ji. Tlak dusíku stoupá, a jakmile dosáhne požadované hodnoty, olej je odveden pryč z kladiva a rozpínající se dusík udeří prostřednictvím oleje do pístu, který svůj pohyb předá do nástroje (dláto, špička, tupý oškrt). Celý tento cyklus se stihne v jedné sekundě několikrát zopakovat. Pro zvolení kladiva ke konkrétnímu nosiči stačí vědět v podstatě dvě věci – hmotnost nosiče a průtok oleje v přídatném hydraulickém okruhu. Obě požadované hodnoty jsou uvedeny v technických parametrech všech kladiv. Velice obecně se dá říci, že hmotnost nosiče by měla být zhruba desetkrát větší než hmotnost kladiva. [8]

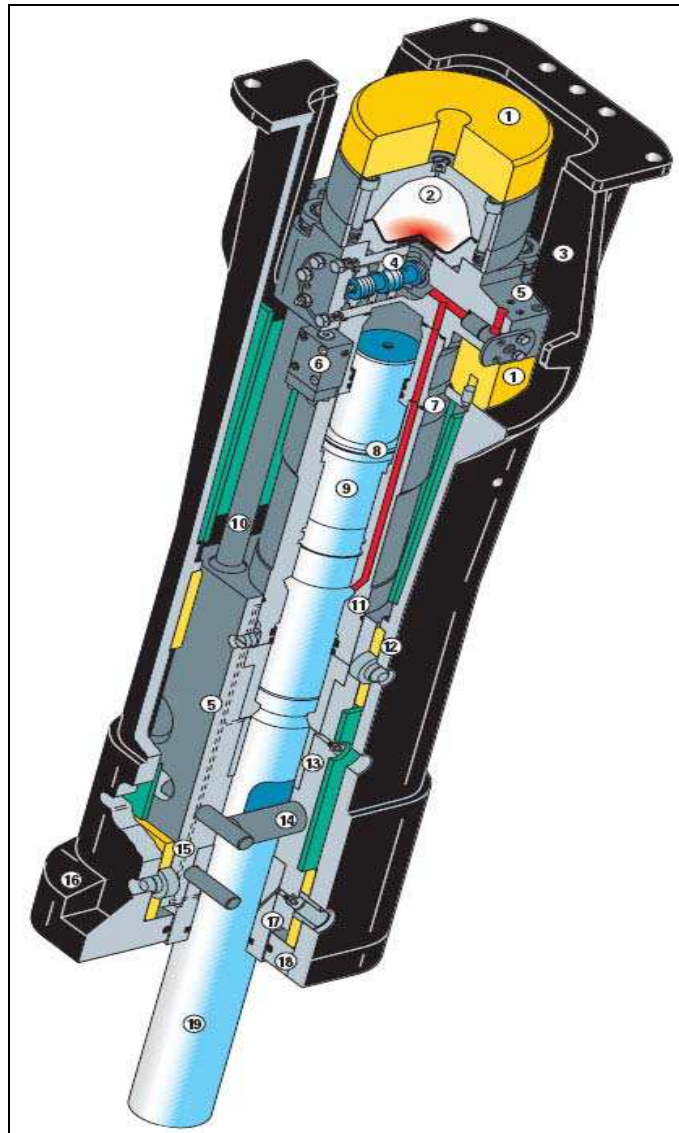
5.1.2 Konstrukce hydraulického kladiva

Na řezu kladiva Caterpillar (obrázek 3) jsou znázorněny tyto části:

- 1 Tlumič prvky** – chrání kladivo a nosič před rázovým namáháním a zpětným přenosem sil.
- 2 Tlakový akumulátor** – samonosný membránový akumulátor konstruovaný pro dlouhou provozní životnost.
- 3 Skříň** – symetrická štíhlá uzavřená konstrukce – žádné součásti nejsou vystaveny působení vnějších sil.
- 4 Hydraulické ventily** – regulační tlakový ventil udržuje maximální hydraulický tlak a zajišťuje plný výkon při každém úderu. Zpětný ventil

zadržuje zpětné hydraulické pulsy a zabraňuje jejich přenosu do hydraulické soustavy nosiče.





- 5 Přípojka automatického mazání a mazací kanál** – zajišťuje správné mazání oškrtu, horního i spodního vodícího pouzdra.
- 6 Automatické vypnutí (ASO)** – zabraňuje úderům naprázdno a tak díky snížení vnitřního napětí a vytváření tepla prodlužuje životnost kladiva (k dispozici pouze u modelů H140D s a H160D s).
- 7 Držák těsnících kroužků** – obsahuje speciální těsnící kroužky s vysokou účinností, které zajišťují provoz bez úniků oleje.
- 8 Hydraulická brzda** – tlumí údery na prázdno a zabraňuje kontaktu kov na kov mezi úderovým pístem a válcem.
- 9 Píst** – dlouhý píst přenáší dlouhé rázové vlny do rozrušované horniny. Průměry úderového pístu a oškrtu jsou vzájemně přizpůsobeny, aby docházelo k maximálnímu přenosu energie.
- 10 Svorníky** – tepelně předepjaté svorníky zajišťují maximální svěrný účinek a vyžadují jen minimální údržbu.
- 11 Válec** – nízké namáhání zpětnými rázy.
- 12 (15)Ochranné desky** – plastové oškrvzdorné desky umístěné mezi kladivem a vnější skříní snižují hlučnost a udržují úderový mechanismus v ose kladiva.
- 13 Horní vodící pouzdro oškrtu** – vytváří přesné vedení nástroje a optimální kontakt mezi úderovým pístem a oškrtem.
- 14 Pojistné čepy** – umožňují rychlou a snadnou údržbu oškrtu.
- 16 Skalní ostruha** – speciální skalní ostruha s vysokou odolností proti otěru umožňuje snadné polohování rozbíjených balvanů.
- 17 Spodní vodící pouzdro oškrtu** – snadno vyměnitelné v rámci běžné údržby. Kruhové mazací drážky zadržují mazací tuk a snižují tření mezi oškrtem a pouzdrem.
- 18 Protiprachové těsnění** – protiprachové těsnění zabraňuje pronikání cizího materiálu dovnitř skříně kladiva. Tím se snižuje opotřebení spodního pouzdra a oškrtu.
- 19 Oškrť** – Speciálně tepelně zpracované oškrtky jsou přizpůsobené hmotnosti a průměru pístu, aby mohly přenášet plnou energii úderu. [9]



Obrázek 3 – Řez kladivem Caterpillar [9]

5.1.3 Pracovní nástroje pro hydraulická kladiva

Tabulka 1 – Rozdělení oškrťů hydraulických kladiv

Označení	C	HR	SR	M	P	B
Druhy oškrťů						
Název	Dláto	Dláto na tvrdou horninu	Dláto na měkkou horninu	Špička	Pyramidová špička	Tupý oškrť

Zdroj [9]

5.1.4 Přehled hydraulických kladiv firmy Caterpillar

Tabulka 2 – Hydraulická kladiva CAT H70 s–H180 s

Typ	Provozní hmotnost	Počet úderů za min	Objemový průtok oleje	Maximální provozní tlak	Průměr nástroje	Hmotnostní kategorie rýpadel
	kg		$\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$	bar	mm	t
H70 s	430	600–1850	50–150	140	70	5–8
H90C s	600	500–1450	60–150	135	840	7–12
H100 s	830	430–1300	60–120	145	95	8–14
H115 s	1 000	370–800	70–130	140	106	12–20
H120C s	1 300	350–620	100–170	140	115	17–26
H130 s	1 700	320–600	120–200	140	130	19–32
H140D s	2 350	350–600	160–230	160	140	24–40
H160D s	3 150	300–480	220–300	160	158	32–55
H180 s	3 800	370–520	220–300	160	170	40–75
s = hlukově izolováno						

Zdroj [10]

5.2 Demoliční nůžky

Nůžky jsou určeny k bourání v nosných částech budov, aby došlo k postupnému oddělování betonu a také jsou určeny k destrukci zdiva stěn, stropů a stříhání železa. K dispozici jsou rozmanité vyměnitelné čelisti s několika variantami zubů, které jsou nasazovány v závislosti na konstrukci demolovaného objektu.

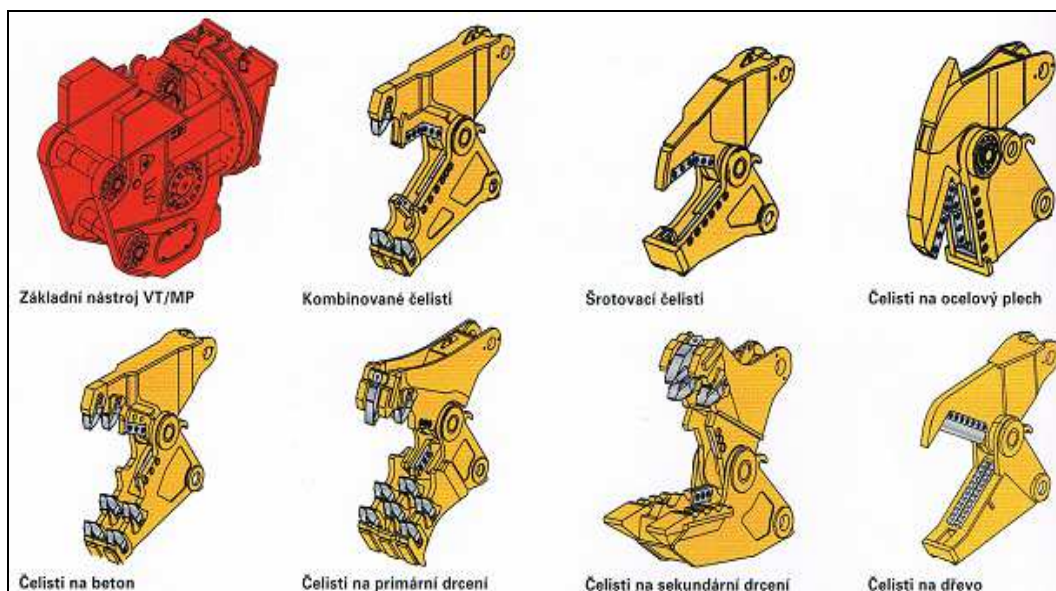
5.2.1 Princip funkce hydraulických demoličních nůžek

Vlastní konstrukce nůžek je velmi jednoduchá. Otáčení nůžek je zabezpečeno hydromotorem, který jimi otáčí přes ozubený věnec. Při sevření stříhaného materiálu čelistmi se často stává, že čelisti se nezačínají zakusovat do materiálu kolmo. Aby se zamezilo zbytečně vysokému namáhání nůžek i samotného nosiče, bývají nůžky vybaveny ventilem, který dovolí pootočení nůžek do směru kolmého ke stříhanému materiálu. Otvírání a zavírání čelistí nůžek zabezpečují jeden nebo dva lineární

hydromotory, které přes páku čelisti svírají nebo otvírají. Jeden lineární hydromotor je v konstrukci nůžek, kde je jedna čelist pevná a druhá pohyblivá a dva lineární hydromotory jsou v konstrukci nůžek, kde jsou obě čelisti pohyblivé. Řešení se dvěma lineárními hydromotory a dvěma pohyblivými čelistmi má velkou výhodu v tom, že když stříhaný materiál není přesně uprostřed svírajících se čelistí, může se jedna čelist sevřít více a druhá méně. Konstrukční řešení s jedním lineárním hydromotorem a jednou pohyblivou čelistí toto nedovoluje a výsledkem je velké namáhání jak samotných nůžek, tak i výložníku nosiče.

5.2.2 Univerzální nůžky

Na principu výměnných čelistí (obrázek 4) je možné s jediným základním nástrojem provádět všechny demoliční a drtící práce, které se vyskytují. Může se tím i významně rozšířit pracovní flexibilita i při malých investičních nákladech. Díky nejmodernější technice počítačového navrhování (CAD) jsou kompaktní univerzální nůžky MP mimořádně lehké, ale přesto robustnější a výkonnější, než kdykoliv předtím. S nůžkami, připojenými na demoliční výložník rýpadla, se docílí pozoruhodného dosahu. Neomezená rotace, jakož i silně dimenzovaný ozubený převod a hydraulický válec lopaty, tvoří ideální kombinaci pro přesné provádění všech potřebných pracovních pohybů nůžek při zajištění velké síly. [11]



Obrázek 4 – Základní nástroj a výměnné čelisti univerzálních nůžek [11]

Výhody použití:

- menší investiční náklady (pouze jeden základní nástroj),

- volba typu čelistí speciálně podle potřeby,
- plynulý průběh demoličních a drtících zakázek (pro každý případ použití správný nástroj),
- nízká vlastní hmotnost, umožňující použití menšího stroje (levnější provoz),
- zpracování stavebního odpadu přímo na místě vzniku. [11]

5.2.3 Hydraulické šrotovací nůžky Caterpillar řada S300

Zdokonalené šrotovací nůžky konstrukční řady S300 (obrázek 5) se doporučují jako výkonné hydraulické nástroje k připojení na rýpadlo, kterými lze bez námahy dělit ocelové profily, železniční vagóny, motorová vozidla a železný šrot všeho druhu. Při relativně nízké vlastní hmotnosti, která dovoluje použití na menších základních strojích, vyvíjejí tyto nůžky mimořádně velkou zavírací sílu. [11]

Technické údaje šrotovacích nůžek Caterpillar jsou uvedeny v tabulce 3.



Obrázek 5 – Šrotovací nůžky konstrukční řady S300 [11]

Tabulka 3 – Technické údaje – Šrotovací nůžky S300

Caterpillar		S305	S320	S325	S340	S365	S390
Pohotovostní hmotnost	kg	580	2 150	3 000	4 250	6 500	9 700
Max. zavírací síla	kN	1 660	3 720	5 780	7 150	9 650	12 350
Rozevření čelistí	mm	240	390	490	580	740	860
Hloubka čelistí	mm	290	440	570	680	830	1 020
Celková délka	mm	1 900	2 590	3 000	3 440	4 230	4 930

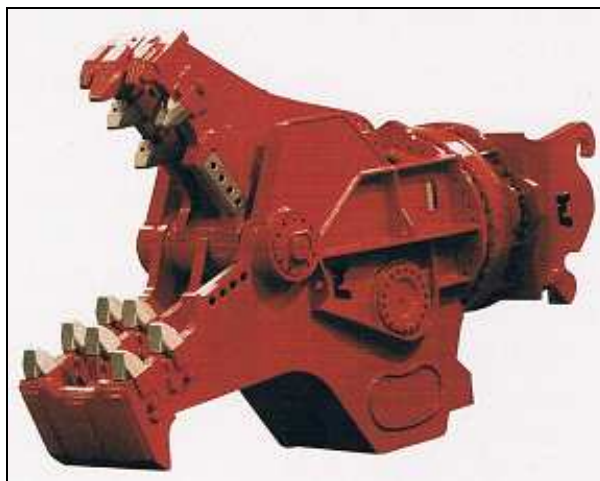
Max. výška	mm	680	1 140	1 340	1 480	1 770	2 090
Max. provozní tlak							
Otevírání/zavírání	bar	250	350	350	350	350	350
Otáčení	bar	100	140	140	140	140	140
Optim. objem. průtok oleje							
Otevírání/zavírání	l.min ⁻¹	60	150	200	300	400	800
Otáčení	l.min ⁻¹	20	40	40	40	80	80
Doba cyklu							
Otevírání	s	3,5	4	5	5	6	4,0
Zavírání	s	2,5	3	3	3	3	3,5
Hmotnostní třída rýpadla							
S nástavcem	t	5–7,5	15–25	20–35	30–45	40–65	65–90
S výložníkem	t	3–6	10–15	15–25	20–35	30–45	40–65

Zdroj [11]

5.2.4 Hydraulické drticí nůžky Caterpillar na beton řada VHC

Tato konstrukční řada (obrázek 6) umožňuje převzít při demoličních pracích současně více funkcí. V jediném pracovním cyklu dovolují vytržení částí z pevných betonových konstrukcí, rozdrčení betonu a rozstříhání výztužné oceli. Protože se prašnost a hlučnost touto metodou značně snižují, je použití těchto nástrojů zcela bezproblémové i v obytných oblastech, citlivých na hluk. [11]

Technické údaje drticích nůžek Caterpillar uvádí tabulka 4.



Obrázek 6 – Hydraulické drticí nůžky na beton konstrukční řady VHC [11]

Tabulka 4 – Technické údaje – hydraulické drtící nůžky na beton VHC

Caterpillar		VHC 30	VHC 40	VHC 50	VHC 60
Pohotovostní hmotnost	kg	1950	2700	3800	6250
Celková výška	mm	2090	2250	2500	3200
Max. rozevření čelistí	mm	750	850	1000	1200
Délka řezných nožů	mm	260	260	350	350
Maximální zavírací síla	kN	1810	2990	3770	4310
Max. provozní tlak					
Otevírání/zavírání	bar	350	350	350	350
Otáčení	bar	140	140	140	140
Optim. objem. průtok oleje					
Otevírání/zavírání	l.min ⁻¹	150	200	300	400
Otáčení	l.min ⁻¹	40	40	40	40
Doba cyklu					
Otevírání	s	3	4	4	5
Zavírání	s	2	2	2	3
Hmotnostní třída rýpadla	t	15–25	20–35	30–45	40–65

Zdroj [11]

5.3 Demoliční třídící drapáky

Díky hydraulicky poháněnému nekonečně otáčecímu mechanismu jsou demoliční třídící drapáky (obrázek 7) vhodné pro použití jako mnohostranné a nákladově výhodné řešení cílených demolic, třídění, překládky, hutnění, hrabání, čištění a prosévání. Při důsledném použití dokáží drapáky výrazně zlepšit vytížení stávajícího strojového parku. Jsou schopny starý materiál přímo na místě vzniku čistě oddělovat a následně dopravovat odděleně do jednotlivých recyklačních zařízení. [11]

V tabulce 5 jsou uvedeny technické údaje demoličních třídících drapáků Caterpillar.



Obrázek 7 – Demoliční třídící drapák Caterpillar G320 [11]

Tabulka 5 – Technické údaje – demoliční třídící drapák G300

Caterpillar		G 315	G 320	G 330
Provozní hmotnost	kg	1840	2060	2680
Rozevření čelistí	mm	2265	2265	2270
Objem čelistí	l	800	900	1000
Max. zavírací síla	kN	60	60	60
Max. provozní tlak				
Otevírání/zavírání	bar	350	350	350
Otáčení	bar	40	40	40
Optimální objemový průtok oleje				
Otevírání/zavírání	l.min ⁻¹	100	100	100
Otáčení	l.min ⁻¹	40	40	40
Hmotnostní třída rýpadla				
Demoliční práce	t	3,5–7,5	20–35	30–45

Zdroj [11]

6 Zemní stroje vhodné pro demolici

Z povahy prováděných demoličních prací vyplývá, že v mnoha případech může být na jednu práci nasazeno několik rozmanitých strojů. Stroje se budou kombinovat a doplňovat z jiných skupin strojních zařízení, protože nasazení rozmanitých strojních zařízení bude nutné vzhledem ke zvláštnostem technologických postupů prací. Na druhé straně je k dispozici několik strojů univerzálních, které díky

schopnosti nést několik různých pracovních adaptérů, mohou provádět i komplexní práce při demoličních pracích. Například univerzální zemní stroje a nakladače. Přednost budou mít rýpadla vhodných velikostních kategorií ve vazbě na pracovní adaptér.

6.1 Lopatová rýpadla

Lopatová rýpadla jsou stroje s vlastním pohonem. Pracují cyklickým způsobem pomocí jednoho pracovního zařízení, aniž by bylo nutno během pracovního cyklu se strojem pojíždět. Pracovní zařízení se otáčí prostřednictvím otočné nástavby v úhlu 360°. Typ rýpadla je charakterizován koncepcí, konstrukcí, parametry motoru (velikostní třídou) a rozměry stroje, resp. pracovních zařízení.

Základními parametry pro zatřídění hydraulických lopatových rýpadel jsou – jmenovitá provozní hmotnost (t) a výkon hnacího motoru (kW), přičemž první parametr je více určující.

Hlavní části a celky rýpadel:

- 1. Podvozek** je spodní část rýpadla umožňující jeho přemísťování. Při pracovním cyklu rýpadla zůstává zpravidla v klidu.
- 2. Otočný svršek** je otočná část horní konstrukce rýpadla, připojená k podvozku otočně kolem svislé osy. Spočívá na ní hnací soustrojí rýpadla, kabina řidiče a má připojovací prvky pro uchycení pracovního zařízení. Otočný svršek je vybaven vlastním axiálním pístovým hydromotorem.
- 3. Energetický zdroj** je vznětový motor. Motor je převážně uložen v zadní polovině otočné části rýpadla. Od motoru je kroučící moment předáván převodovému a rozvodovému mechanismu.
- 4. Převodový a rozvodový mechanismus** je umístěn v otočné části nad točnou. Přenáší kroučící moment od motoru na pracovní mechanismus, podvozek rýpadla a otáčení horní otočné části. Změna smyslu otáčení, zatáčení rýpadla i vypínání a zapínání ostatních mechanismů se provádí spojkami, které jsou ovládány přímo z ovládacího místa řidiče.
- 5. Pracovní zařízení** je pracovní nástroj včetně jeho nosných a funkčních částí (výložník, násada, lopata, přímočaré hydromotory, spojovací prvky), které po namontování na otočný svršek slouží k vykonávání pracovních úkonů rýpadla. Výložník se sklápí pomocí jednoho nebo dvou hydraulických přímočarých

motorů výložníku. Výložníky lze rozdělit na hydraulicky stavitelné (dělené) a na jednodílné (monobloky).

6. **Pracovní nástroj** je nástroj namontovaný na konci pracovního zařízení, kterým se bezprostředně vykonávají pracovní úkony rýpadla.
7. **Výložník** je nosná část pracovního zařízení s příslušným hydraulickým zařízením. Je připojen zpravidla kloubově k otočnému svršku (jednodílný, vícedílný, teleskopický).
8. **Násada** je spojovací článek mezi výložníkem a pracovním nástrojem. Násada je kloubově upevněna na výložníku a je ovládána válcem násady.

Rozdělení rýpadel podle podvozku:

1. **Rýpadlo s podvozkem pro málo únosný podklad** (LC – long crawler) je rýpadlo, jehož podvozek je přizpůsoben pro provoz na málo únosném terénu, zpravidla při středním měrném tlaku rýpadla na podklad menším než 30 kPa.
2. **Rýpadlo s podvozkem pro středně únosný podklad** (ST – standart), střední měrný tlak v rozsahu 30 –120 kPa.
3. **Rýpadlo s podvozkem pro vysoce únosný podklad** (HD – heavy duty), střední měrný tlak je větší než 120 kPa. [12]

6.1.1 Rýpadla na pásovém podvozk

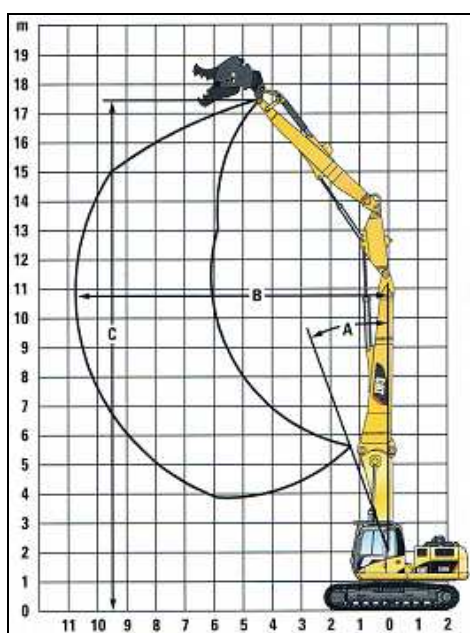
Hmotnost rýpadla se rozkládá na velkou plochu podvozku. Tím se docílí nízkého měrného tlaku pásů na půdu i při velké hmotnosti stroje, jeho vyšší stability a průchodnosti v nesjízdném terénu. [13]

V tabulce 6 jsou uvedena demoliční rýpadla Caterpillar pro práci ve velkých výškách. Na obrázku 8 jsou zakresleny pozice, které udávají pracovní rozsah a v tabulce 6 jsou podrobně specifikovány.

Tabulka 6 – Demoliční rýpadla pro práci ve velkých výškách (Caterpillar konfigurace UHD)

Typ	Hmotnost	Max. přípustný úhel odklonu od svislice A	Max. vodorovný dosah závěsného čepu B	Max. výška závěsného čepu C	Max. hmotnost nástroje (otáčení o 360°)	Výkon
	t		mm	mm	kg	kW
325D UHD (18 m)	37,5	20°	10 700	17 500	3 000	140
330DUHD (21m)	47,9	25°	13 900	21 300	2 700	200
345C UHD (26 m)	66,7	25°	16 400	26 100	3 000	239
345C UHD (28 m)	67,0	25°	18 200	27 900	2 500	239
365C UHD (33 m)	85,7	25°	21 500	33 100	2 000	302
385C UHD (40 m)	98,7	15°	25 200	39 500	2 100	390

Zdroj [14]



Obrázek 8 – Pracovní rozsah rýpadel [14]

Charakteristické části u demoličních rýpadel Caterpillar:

- 1. Hydraulicky nastavitelná kabina** se dá zaklopit dozadu, čímž se ještě zlepší výhled směrem nahoru a umožní to obsluze zaujmout příhodnější polohu těla. Hydraulicky dozadu zaklápěná kabina je nedílnou součástí horního rámu a proto nezvyšuje přepravní výšku stroje. Díky včlenění kabiny do horního rámu jako jeho součásti nejsou žádné součásti mechanismu zaklápění vystaveny demoličnímu prostředí. Aby se omezily vibrace a hluchost, je skořepinová konstrukce kabiny usazena v rámu s použitím silentbloků.
- 2. Všestranná využitelnost – Retrofit** spočívá v tom, že na patní část výložníku lze zavěsit krátkou nastavní část. Aby se mimořádně široká využitelnost stroje rozšířila na maximum, nastavní část výložníku může být instalována ve dvou polohách. Přímá poloha je ideální pro práce nad úrovní terénu, jako jsou demolice v malých výškách nebo třídění materiálu. Lomená poloha se používá pro práce spojené s rýpáním nebo nakládáním materiálu na vozidla.
- 3. Podvozek** lze vybrat z několika volitelných podvozků a lze tak vybrat nejvhodnější provedení pro dané použití.
 - a) Dlouhý podvozek (podvozek L)** zajišťuje stabilní a masivní pracovní základnu pro demolici.
 - b) Dlouhý úzký podvozek (podvozek LN)** zmenšuje přepravní šířku, přičemž zachovává vynikající základní vlastnosti a výkonnost stroje.
 - c) Podvozek s hydraulicky měnitelným rozchodem (podvozek HVG)** zvyšuje stabilitu zvětšením rozchodu pásů v pracovní poloze, a také snížením těžiště stroje. Bezšroubové spojení umožňuje změnit přepravní šířku na pracovní nebo opačně za dobu kratší než jedna minuta.
 - d) Vysoký a široký podvozek pro těžký provoz (podvozek HDHW)** v porovnání s dlouhým podvozkem zajišťuje vysoký a široký podvozek pro těžký provoz (podvozek HDHW) zvýšenou příčnou stabilitu a také větší světlost podvozku. Silnější desky rámu podvozku plus větší výška příčných průřezů společně přispívají k zajištění vynikající tuhosti spojení a odolnosti při demoličních aplikacích. [14]

Pásová rýpadla se používají pro samotnou demolici objektu. Díky všestranné využitelnosti je možné vyměnit nastavní část výložníku a rýpadlo použít k třídění materiálu nebo k zásobování recyklační linky. Při tomto použití je potřeba dodržovat

výběr pracovního nástroje podle výrobce, který stanovuje specifikaci lopat, klíč pro volbu vhodných pracovních nástrojů a nosnosti výložníků.

6.1.2 Rýpadla na kolovém podvozku

Mají dvounápravové pneumatikové podvozky masivní konstrukce, odolné proti zkřutu. Přední náprava je kyvná a řiditelná a před ní je uchycena dozerová radlice. Zadní náprava je tuhá, připojená k rámu, podobně jako opěry. Pohon pojezdu je hydrostatický, buď centrálním hydromotorem, nebo hydromotory umístěnými v nábojích kol. Pneumatiky jsou standardní přetlakové, nízkotlakové bezdušové nebo širokoprofilové.

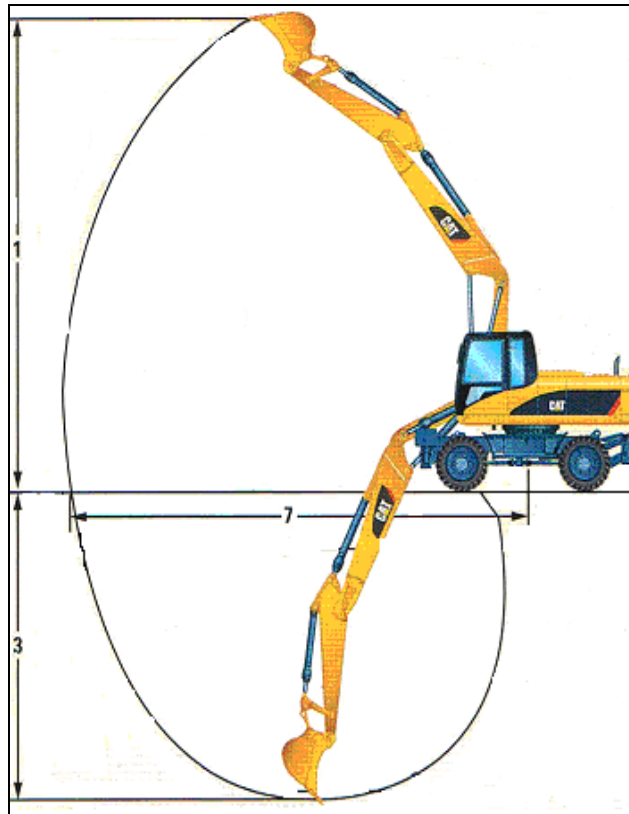
Otočný svršek tvoří: kabinu strojníka se všemi řídicími, ovládacími a kontrolními prvky, dále energetickou část s motorem a hydraulikou a pracovní zařízení. [13]

V tabulce 7 jsou uvedena kolová rýpadla Caterpillar. Na obrázku 9 jsou zakresleny pozice, které udávají pracovní dosahy a v tabulce 7 jsou podrobně specifikovány.

Tabulka 7 – Specifikace kolových rýpadel Caterpillar

Typ		M313D	M315D	M316D	M318D	M322D
Provozní hmotnost	kg	16 200	18 300	19 800	20 100	22 000
Objem lopaty	m ³	0,18–0,92	0,38–1,26	0,38–1,26	0,38–1,26	0,44–1,57
Výškový dosah 1	m	10,06	10,38	10,4	10,21	10,93
Hloubkový dosah 3	m	5,75	6,09	6,07	6,36	6,68
Max. dosah 7	m	9,03	9,38	9,3	9,60	10,32
Výkon	kW	95	101	118	124	123

Zdroj [15]



Obrázek 9 – Pracovní dosahy rýpadel [15]

K těmto rýpadlům je možné zvolit různý výložník a násadu. U každého typu se liší rozměry, ale rozdělení je pro každý typ stejný.

Výložníky:

1. **Hydraulicky nastavitelný (VA) výložník** umožňuje lepší výhled na pravou stranu a vyváženost stroje při pojezdu po komunikacích. V omezeném prostoru nebo při zvedání těžkých břemen umožňuje výložník VA nejlepší přizpůsobení podmínkám.
2. **Jednodílný výložník** je nejvhodnější pro všechna standardní použití stroje jako je rýpání a nakládání materiálu na vozidla. Jedinečná přímá část v zakřivení boční desky omezuje působení napětí a přispívá k prodloužení životnosti výložníků.
3. **Výložník nastavitelný mimo osu stroje.** Velká vzdálenost nastavení mimo podélnou osu stroje (doleva/doprava) umožňuje rýpat podél stěn, kolem překážek, příčně svahovat během pojíždění, a rýpat pod položené potrubí bez jeho poškození.

Pro přizpůsobení prováděným pracím je možné zvolit jednu ze čtyř násad různé délky.

Násady:

- 1. Krátká násada** se používá pro velké vylamovací síly a při zvedání břemen.
- 2. Střední násada** se používá pro velké nabírací síly a zvýšenou nosnost.
- 3. Dlouhá násada** je vhodná pro velký vodorovný i hloubkový dosah.
- 4. Průmyslová násada** se používá s volně otáčivými drapáky při manipulacích s materiálem a při pracích v průmyslu. [15]

Kolová rýpadla lze použít k méně náročným demolicím nebo k třídění materiálu. Často se umísťuje za recyklační linku k odebrání recyklátu a vytváření deponie. Při volbě pracovního nástroje se musí dodržovat pokyny výrobce stejným způsobem jako u pásových rýpadel.

6.2 Nakladače

Nakladač je samojízdný stroj pásový nebo kolový s integrovanou vpředu namontovanou nosnou konstrukcí lopaty a pákovou soustavou, který nabírá, těží nebo rýpe materiál prostřednictvím pohybu stroje dopředu a který zdvíhá, přepravuje a vysypá materiál. Moderní nakladače, zejména s motorem o výkonu nad 100 kW, se řadí mezi stroje pro zemní práce, protože mohou horninu nejen nakládat, ale i těžít a přepravovat.

Pracovní zařízení je soubor komponentů, který je namontován na základním stroji a slouží k vykonávání určených základních činností.

Výložník tvoří základní prvek pracovního zařízení. Nese jeho ostatní části. Konstrukce musí být ohybově i torzně tuhá. Skládá se ze dvou ramen, příčně spojených v dolní části příčnickem. Ramena i příčnick jsou nejčastěji svařena z plechů a vytváří tak skříňové profily, zejména u těžkých nakladačů. Jinou variantou je konstrukce výložníku z plných silnostěnných plechů.

Lopata umožňuje naložení materiálu a jeho udržení během transportu. V průběhu zvedání lopaty do vysypací polohy musí být automaticky zajištěno setrvání lopaty v poloze, aby nedocházelo k vysypání materiálu. Je o 100 až 200 mm širší než strojový spodek, aby mohl stroj pojíždět v pruhu odebrané horniny. Lopata je svařena z plechu základní tloušťky 6–8 mm. V exponovaných místech je zesílena a vyztužena. Lopata je složena z hlavních částí – řezná hrana, zub lopaty, boční

řezná hrana lopaty, rohová řezná hrana lopaty, táhlo lopaty, čep otočného uložení závěsu lopaty .

Zuby jsou z materiálu o pevnosti 1 500–1 700 MPa, jejich povrchová tvrdost je 46–52 HRC.

Konstrukce strojového podvozku nakladačů:

Rám podvozku je u menších nakladačů **pevný**, u větších **kloubový**.

Koncové planetové převody jsou umístěny ve střední části nápravy u diferenciálu, aby mohla být olejová náplň společná a také proto, aby hřídel pohonu byla kratší, což se projeví jejím menším průhybem při vyšších otáčkách. Touto konstrukcí jsou vytvořeny předpoklady pro **umístění brzd do náboje kola**.

Diferenciál je samosvorný, aby bylo automaticky sníženo prokluzování kol a zlepšen záběrový moment v nepříznivých terénních podmínkách.

Řízení u nakladačů s pevným rámem je pomocí **natáčení kol přední nápravy**. U menších nakladačů jsou **řiditelné obě nápravy**. Nejmenší nakladače jsou řízeny **prokluzem kol**. Pásové nakladače jsou řízeny prokluzem pásů nebo diferenciálním řízením.

Velké nakladače s kloubovým rámem (kloubové řízení) jsou směrově ovládány pomocí **hydraulického servořízení**. Každý z dvojice přímočarých hydromotorů je uchycen jedním koncem (válcem) na zadní části kloubového rámu a druhou částí (pístnicí) na přední části. Pomocí tlakového oleje hydraulické soustavy servořízení jsou střídavě zasouvány a vysouvány.

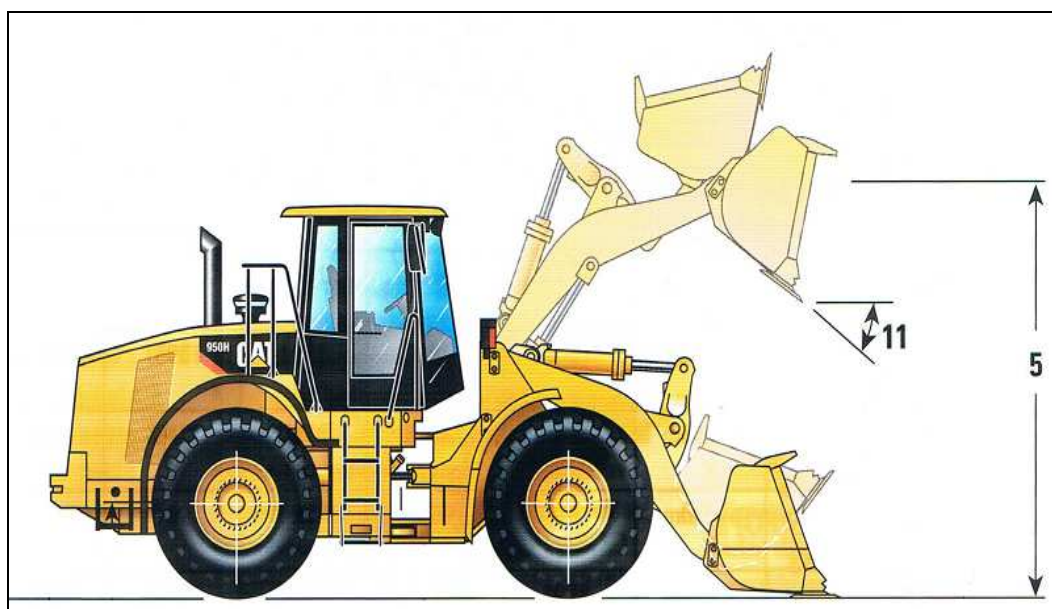
Poháněcí soustava je ve většině případů **hydromechanická s planetovou převodovkou**, která umožňuje řazení rychlostí pod zatížením. Při řazení jednotlivých rychlostních stupňů, včetně reverzních, se pomocí tlaku hydraulického oleje spojují **lamely**, které rotují s **centrálním kolem a disky**, které rotují s **kolem korunovým**, s kruhovou skříní převodovky. Spojení lamel a disků znamená zařazení daného planetového převodu, resp. rychlostního stupně. [12]

V tabulce 8 jsou uvedeny kolové nakladače Caterpillar. Na obrázku 10 jsou zakresleny pozice udávající rozměry, které jsou v tabulce 8 podrobně specifikovány.

Tabulka 8 – Specifikace kolových nakladačů od firmy Caterpillar

Typ		938H	950H	962H	966H	972H
Provozní hmotnost	kg	15 100– 15 600	18 400– 19 500	19 500– 20 630	23 800– 27 300	25 800– 27 500
Objem lopaty	m ³	2,3 - 3,0	2,7 - 4,0	2,9 - 4,3	3,5 - 4,8	3,8 - 5,5
Výška k závěsnému čepu lopaty	m	3,843	3,991	4,181	4,225	4,445
Výsypný úhel při max. zvednutí lopaty		50°	45°	45°	45°	52°
Výkon	kW	147	162	172	213	232

Zdroj [16]

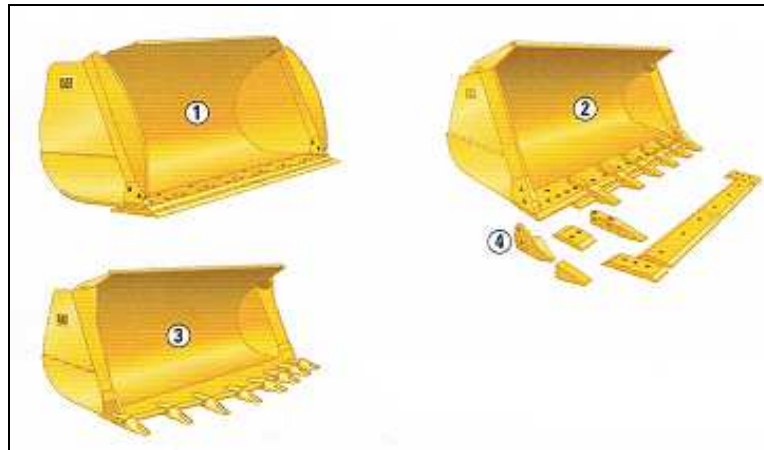


Obrázek 10 – Pracovní rozsah nakladačů [16]

Druhy lopat (obrázek 11):

- 1. Univerzální lopaty (1).** Tato kompletní řada lopat s plochým dnem je určena k manipulacím se sypkými materiály. Při vybavení různými záběrovými částmi umožňují tyto lopaty snadnější nabírání ze skládek materiálu, mají lepší součinitel plnění a zkracují časy nakládacích cyklů. Dodávají se v širokém rozsahu objemů. Všechny lopaty jsou pro zvýšení trvanlivosti vybaveny spodními a bočními otěrovými deskami. Univerzální lopaty se používají se standardní konfigurací zdvihových ramen.
- 2. Lopaty pro všeobecné zemní práce (2).** Tyto lopaty jsou vyrobeny tak, aby vydržely i ty nejtvrďší podmínky a hodí se zejména pro nakládání z násypů nebo pro skrývky materiálu. Mají osvědčenou skořepinovou konstrukci, která odolává kroucení a borcení. Závěsy lopaty tvoří součást konstrukce, která je protažena pod skořepinu lopaty až k řeznému břitu a tvoří výztuhu, která odolává rázovému namáhání. Pevnou součástí všech lopat jsou desky, které zabraňují přepadávání materiálu dozadu na pákový mechanismus lopaty. Výměnné zadní otěrové desky chrání spodní část lopaty. Boční desky lopaty jsou ve své spodní části vyztuženy přídatnými otěrovými deskami. Lopaty mají systém ochrany rohů a mohou být vybaveny volitelnými šroubovanými záběrovými částmi.
- 3. Skalní lopaty (3).** Skalní lopaty Caterpillar jsou vyrobeny podle náročných standardů. Šířkový tvar břitů usnadňuje pronikání do materiálu a předurčuje tyto lopaty k pracím, při nichž dochází ke značným rázům. Nabídka volitelných záběrových částí zahrnuje šroubovaný řezný břit a přivařené adaptéry, na které se nasazují špičky řady 'Caterpillar K Series', se šroubovanými segmenty buďto standardními nebo pro těžký provoz.

Systém ochrany rohů (4). Dovoluje maximální flexibilitu mezi systémy zubů a břitů, poskytuje mimořádnou ochranu a zaručuje vysokou výkonnost při každé aplikaci. Systém je součástí výbavy lopat pro všeobecné zemní práce a některých lopat řady Universal. [16]



Obrázek 11 – Druhy lopat nakladačů [16]

Nakladače se při recyklaci stavebních odpadů využívají k zásobování recyklační linky nebo k odebírání recyklátu a vytváření deponie popř. nakládání na odvozní zařízení.

6.3 Dozery

Dozer (traktor s dozerovým pracovním zařízením – radlicí) je samojízdňý pásový nebo kolový stroj používaný na vynakládání tlačné nebo tažné síly prostřednictvím namontovaného dozerového pracovního zařízení. Tento stroj může nést i další pracovní zařízení (rozcvič, naviják, tažný závěš). **Základní stroj** je traktor bez pracovního zařízení, je vybaven potřebnými montážními elementy pro připevnění jednoho nebo několika pracovních zařízení. **Pracovní zařízení** je soubor komponentů namontovaných na základní stroj pro vykonávání základních funkcí, pro které je stroj určen. Tímto pracovním zařízením je radlice. [12]

V tabulce 9 jsou uvedeny technické údaje dozerů Caterpillar.

Tabulka 9 – Specifikace dozerů Caterpillar

Typ	Výkon motoru	Měrný tlak	Objem radlice	Rozměry radlice	Provozní hmotnost
	kW	bar	m ³	mm	t
D6N XL	108	0,51	3,18	3 274x1 195	15,6
D6N LGP	108	0,32	3,16	4 080x1 025	17,0
D7R XR	179	0,69	8,34	3 988x1 553	27,2
D7R LGP	179	0,50	5,89	4 545x1 343	29,5
D8T	231	1,00	11,7	4 267x1 740	37,1

D9T	306	1,00	16,4	4 650x1 934	47,8
D10T	433	1,20	22,0	5 260x2 120	64,1
D11R	634	1,49	34,4	6 358x2 370	98,5

Zdroj [17]

Provedení podvozku:

- 1. Provedení XL (mimořádně dlouhý).** Vodicí kolo vysunuté dopředu zajišťuje větší plochu styku pásu s terénem před dozerem. Je tím docíleno optimální vyvážení, vynikající trakce a dokonalé ovládání radlice při dokončování terénu. Dlouhé rámy kladek pásů zabezpečují dobrou průchodnost stroje měkkým terénem.
- 2. Provedení LGP (nízký měrný tlak na opěrnou rovinu).** Speciálně určené pro práci v podmínkách měkkého a vazkého terénu. Široké desky pásů, dlouhé rámy kladek pásů a širší rozchod pásů zvětšují styčnou plochu pásů se zemí a snižují měrný tlak na opěrnou rovinu pro vynikající průchodnost terénem.

V systému řízení pojezdu se uplatňuje **diferenciální řízení**, které umožňuje ovládat zatáčení stroje plynule jednou pákou, bez přerušování současného přenosu výkonu na oba pásy. V hydraulickém systému je jeden hydrogenerátor určen pouze pro systém řízení, druhý pro pracovní zařízení. Systém tak zabezpečuje dostatečný hydraulický výkon jak pro řízení, tak současně pro ovládání pracovního zařízení. Diferenciální řízení usnadňuje zatáčení při zachování rychlosti pojezdu. Řízení stroje se provádí přitahováním páky diferenciálního řízení dozadu při zatáčení doprava a odtlačováním páky dopředu při zatáčení doleva. Při otáčení rukojetí páky dopředu jede stroj dopředu, při otáčení rukojetí dozadu jede stroj dozadu. Řazení rychlostních stupňů se provádí otočným knoflíkem na konci ovládací páky diferenciálního řízení.

Pracovní nástroje:

- 1. Dozerové radlice** mají vynikající základní desku a čtyřčlennou pracovní část a vyhoví nejnáročnějším provozním požadavkům. Radlice jsou zhotoveny z materiálu s vysokou pevností v tahu a odolávají vysokému kombinovanému namáhání krutem a ohybem. Jsou vyráběny s přímou radlicí, s radlicí pro stranové natáčení (angledozer) a pro naklápění radlice jednou stranou pod rovinu pojezdu (tiltdozer).

2. **Vícenožový rozrývač** s paralelogramovým mechanismem umožňuje použít jeden, dva nebo tři nože podle podmínek prováděné práce. Dodávají se zahnuté nebo rovné nože rozrývače. Nosná konstrukce vynikajícím způsobem odolává i náročným tahovým podmínkám.

Rozrývače lze rozdělit na:

- a) **rovnoběžníkové** – rozrývací úhel mezi hrotem zubu a zemí zůstává konstantní bez ohledu na změny pracovní hloubky,
- b) **radiální** – rozrývací úhel mezi hrotem zubu a zemí se mění se změnou pracovní hloubky,
- c) **nastavitelné** – rozrývací úhel mezi hrotem zubu a zemí je nastavitelný a strojník může tento úhel měnit.

V zadní části stroje je umístěn naviják. Naviják je tvořen rámem, v němž je uchycen buben, na kterém je navinuto lano různého průměru a délky. Funkce brzdy a spojky navijáku se ovládají jednou pákou, čímž se usnadňuje obsluha navijáku a zvyšuje efektivnost. Záběr spojky a uvolnění brzdy je automaticky synchronizováno, aby byl chod navijáku plynulý. [18]

Při použití rozrývacího zařízení je dozer používán k demolici vozovek, betonových desek apod. Vhodně je také využíván při vytváření podkladní plochy z recyklátu.

6.4 Měrné hmotnosti materiálů

Tabulka 10 – Měrné hmotnosti obvyklých materiálů – sypkých

Materiál		Měrná hmotnost
		kg.m ⁻³
Čedič		1 960
Bauxit, kaolin		1 420
Jíl	přírodní ložisko	1 660
	suchý	1 480
	mokrý	1 660
Jíl a štěrk	suchý	1 420
	mokrý	1 540
Rozrušená skála	75% kamení, 25% zemina	1 960

	50% kamení, 50% zemina	1 720
	25% kamení, 75% zemina	1 570
Zemina	suchá, zhutněná	1 510
	mokrá, narýpaná	1 600
Žula	nalámaná	1 660
Štěrk	ze štěrkovny (pitrun)	1 930
	suchý	1 510
	suchý, 6–50 mm	1 690
	mokký, 6–50 mm	2 020
Sádra	nalámaná	1 810
	drcená	1 600
Vápenec	nalámaný	1 540
	drcený	1 540
Písek	suchý, sypký	1 420
	vlhký	1 690
	mokký	1 840
Písek a jííl	sypký	1 600
Písek a štěrkk	suchý	1 720
	mokký	2 020
Pískovec		1 510
Břídlice, lupek		1 250
Struska	nalámaná	1 750
Kámen	drcený	1 600
Cihelná drť		1 300

Zdroj [19]

7 Drtiče

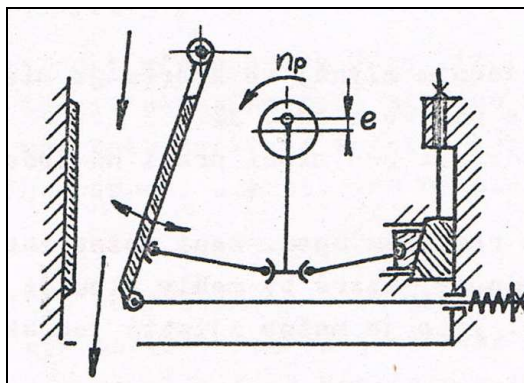
Drtiče jsou stroje určené k rozpojování tuhých materiálů na jednotlivé frakce. K rozpojování dochází tlakem nebo nárazovou energií. Podle působení drticí síly se rozdělují na:

1. drtiče statické (působící tlakem přímočarým nebo krouživým pohybem) – čelistové, kuželové,
2. drtiče dynamické (působí nárazem nebo odrazem) – kladivové, odrazové.

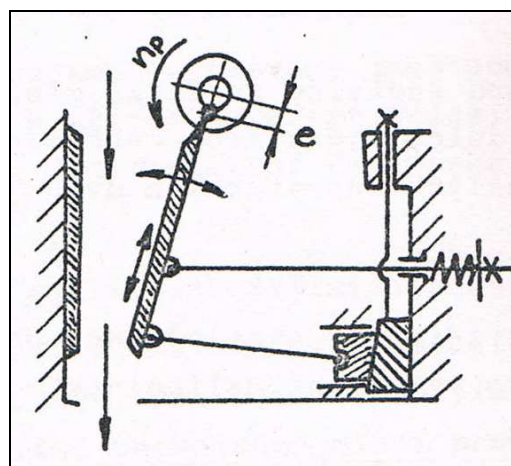
7.1 Čelist'ové drtiče

Čelist'ové drtiče rozpojují materiál střídavým přibližováním a oddalováním dvou čelistí. Jedna čelist je zpravidla pevná, druhá vykonává potřebný pohyb. Podle druhu pohybu pohyblivé části vzhledem k pevné čelisti se rozlišují dvě provedení stroje:

- **dvouvzpěrné drtiče (obrázek 12)**. Pohyblivá čelist se střídavě přibližuje a vzdaluje od pevné čelisti, přičemž se všechny body pohyblivé čelisti pohybují po kružnicích, jejichž středem je osa závěsných ložisek kyvadla.
- **jednovzpěrné drtiče (obrázek 13)**. Pohyblivá čelist kromě přibližování a vzdalování od pevné čelisti vykonává ještě pohyby směrem vzhůru i dolů. Oba pohyby skládají dohromady elipsy, které opisují každý bod na spodní části pohyblivé čelisti. [20]



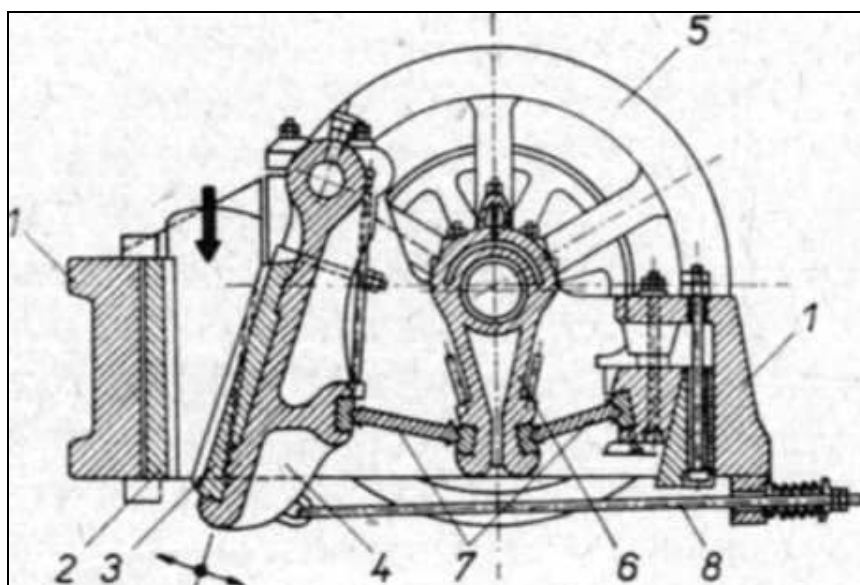
Obrázek 12 – Schéma dvouvzpěrného drtiče [20]



Obrázek 13 – Schéma jednovzpěrného drtiče [20]

7.1.1 Dvouzpěrný čelist'ový drtič

Hlavní části jsou znázorněny na obrázku 14. Rám z ocelolitininy slouží jako hlavní část drtiče, v němž jsou všechny ostatní části upevněny. Pevná čelist je svisle uchycena na rámu stroje. Pohyblivá čelist je přichycena na kyvadle, které je zavěšeno v ložiscích ležících na rámu drtiče nad pohyblivou čelistí. Setrvačnick je uložen na výstředníkové hřídeli, která je uložena v rámu. Zároveň setrvačnick slouží jako řemenice, na níž působí pomocí řemenové transmise hnací síla motoru. Ojnice je excentricky osazena na hřídeli setrvačnicku a visí vlastní hmotností dolů. Při otáčení setrvačnicku je zdvíhána a spouštěna. Jedna opěrná deska je opřena mezi rám drtiče a ojnici, druhá mezi kyvadlo a ojnici. Tvoří kloubovou sestavu, převádějící stoupavý a klesavý pohyb ojnice na kývavý pohyb kyvadla. Pružinová tyč s pružinou je zabudovaná ke spodní části kyvadla a prochází spodním okrajem rámu drtiče, o který je opřena prostřednictvím pružiny. Dotlačuje opěrná ložiska vzpěrných desek na kyvadle, ojnici a rámu drtiče a drží tak kloubovou soustavu, vyvolávající kývavý pohyb kyvadla pohromadě. Zároveň působí k tomu, aby se pohyblivá čelist při rozvíření čelistí pohybovala rychleji než jen vlastní hmotností kyvadla. [21]



Obrázek 14 – Dvouzpěrný čelist'ový drtič [21]

- 1 – rám, 2 – pevná čelist, 3 – pohyblivá čelist, 4 – kyvadlo, 5 – setrvačnick, 6 – ojnice,
7 – vzpěrné desky, 8 – pružinová tyč

Zdrobňování materiálu probíhá v drticím prostoru mezi pevnou a pohyblivou čelistí. Čelisti jsou obloženy drticími deskami z manganové ocelolity, jsou přišroubovány a snadno se vyměňují, protože povrch čelisti je při drcení velmi opotřebováván. Desky z manganové ocelolity dobře odolávají obrusu. Rychleji se opotřebovávají na spodním konci, kde se vynakládá většina drticí práce. Z tohoto důvodu je tvar desek pravidelný, aby bylo možno desku po opotřebení obrátit. Povrch desek je svisle rýhován, vedle sebe se střídají trojúhelníkové hřebeny a trojúhelníková úžlabí.

Délka dráhy, kterou opisuje spodní okraj pohyblivé čelisti, se nazývá zdvihem pohyblivé čelisti a závisí na excentricitě závěsu ojnice a délce ojnice, resp. na úhlu, který spolu svírají vzpěrné desky. Čelisti se k sobě přibližují a v drticím prostoru dochází k drcení. Při oddalování čelistí se materiál vlastní tíhou pohybuje v drticím prostoru směrem dolů. Spodní hranou čelistí propadávají zrna menší než je vzdálenost mezi nimi a vystupují z drtiče jako produkt drcení. K drcení materiálu dochází přibližováním čelistí převážně tlakem částečně i lámáním zrn a štípáním materiálu. Materiál opřený o dva hřebeny rýhování a zatěžovaný hřebenem rýhování uprostřed je lámán, větší i menší kusy jsou drceny tlakem, přičemž neopotřebované rýhování přispívá svým částečným štípacím účinkem. Při drcení tlakem se zrno ve směru působení tlaku zkracuje a roztahuje se v rovině kolmé na tento směr, až se vyčerpáním pevnosti kamene v tahu rozpadne. Spodní šterbinou mezi oběma čelistmi procházejí i zrna, jejichž šířka i délka značně přesahuje vzdálenost obou čelistí. Tato zrna procházejí podle své tloušťky a zpravidla tvoří tvarově nejméně hodnotnou část produktu.

Na spodním okraji čelistí je drticí prostor ukončen výstupní šterbinou, kterou propadá produkt drcení. Šířka výstupní šterbiny určuje zrnitost produktu a je důležitou charakteristikou drtiče. Měří se zpravidla jako vzdálenost mezi vrcholy zubů jedné čelisti a úžlabími mezi zuby druhé čelisti při jejich přiblížení. U většiny čelistových drtičů lze šířku šterbiny regulovat tím, že se spouští nebo zdvíhá klínová podložka pod opěrným ložiskem vzpěrné desky na rámu drtiče. Tato možnost je důležitá též pro udržování trvale stejné šířky šterbiny, poněvadž ta se při provozu obrušování hran zubů a obrušováním konců vzpěrných desek v opěrných ložiskách zvětšuje.

Drticí mechanismus je vždycky pojištěn proti přetížení, protože nelze vyloučit, že se do stroje za provozu dostane i nedrtitelný materiál (železo). U starších strojů

je pojištění provedeno tak, že jako lomový článek slouží jedna ze vzpěrných desek. Pojistná vzpěrná deska je vyrobena buď z materiálu o nižší pevnosti, nebo je provedena jako dvoudílná, se střížnými kolíky ve spoji. Tato úprava je nepraktická, protože výměna pojistného článku je pracná. Proto se začala střížná deska zabudovávat do uložení pevné čelisti tak, aby byla vyměnitelná z vnější strany stroje. V případě prasknutí pojistky se pevná čelist vykyvuje.

Na obou volných koncích výstředníkového hřídele jsou setrvačníky, z nichž jeden je opatřen drážkami pro hnací klínové řemeny. Je to nutné proto, aby nárazově se měnící potřeba síly, daná charakteristickým střídáním velké drticí síly při přibližování čelistí a nepatrné síly při jejich vzdalování byla velkou hmotou setrvačníku vyrovnávána a aby tak byla šetřena a prodlužována životnost poháněcího motoru. Dalším článkem vyrovnávajícím nárazové střídání zatíženého a nezatíženého chodu čelistového drtiče je pružná řemenová transmise pohonné síly, proto se dává přednost řemenům dlouhým. Přímé spojení čelistového drtiče a pohonu není možné. [21]

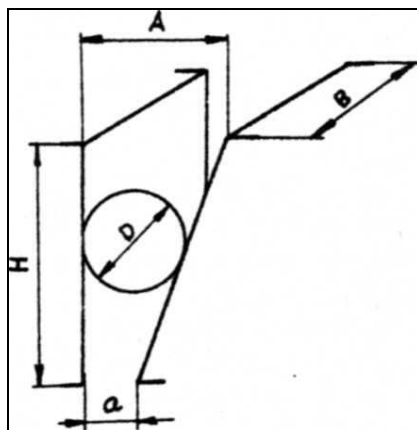
Použití dvouvzpěrného drtiče

Dvouvzpěrný čelistový drtič slouží k prvotnímu hrubému drcení materiálů jako vstupní operátor. Nejvíce se používá na zpracování nerostů jako vápenec, žula, diabas a kazivec.

Výhoda stroje je dána výhodným tvarem vstupního otvoru – obdélník blízký čtverci, takže při minimálních rozměrech stroje je možno zpracovat určitou velikost podávaného materiálu. Nevýhoda spočívá především v nevalné tvarové hodnotě zrn produktu, ovlivněné způsobem drticí práce. Další nevýhodou je značná specifická spotřeba energie (na 1 t kamene), způsobená tím, že drtič vykonává drticí práci jen v jedné polovině otáčky, kdežto v druhé polovině se uvolňuje drticí prostor pro prostup produktu vlastní tíhou. Z čehož dále plyne, že pro danou výkonnost, tj. zpracované množství za časovou jednotku je nutno stavět poměrně velký stroj. [20]

Rozměry ústí drtiče

Rozměry vstupního otvoru (obrázek 15) jsou důležité pro stanovení maximálních rozměrů kusů, které je možné vkládat do drtičů.



Obrázek 15 – Rozměry ústí drtiče [20]

Maximální velikost drceného materiálu se určí ze vztahu:

$$D = (0,80 \text{ až } 0,85) * A \quad (1)$$

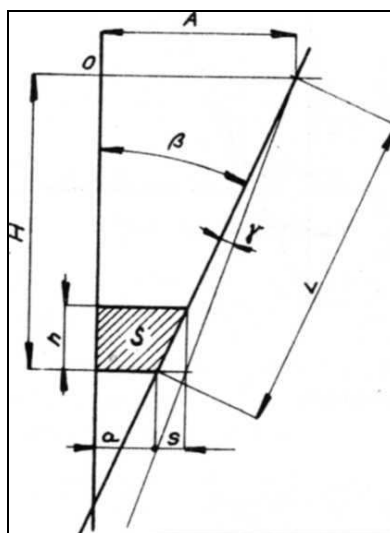
D – maximální velikost drceného materiálu (mm),

A – délka vstupního otvoru drtiče (mm),

B – šířka vstupního otvoru drtiče (mm). [20]

Výpočet výkonnosti drtiče

Uváží-li se geometrické vztahy při průchodu kamene drticím prostorem v závislosti na otáčkách drtiče, lze odvodit teoretický vztah pro výkonnost drtiče:



Obrázek 16 – Rozměry pro výpočet výkonnosti [20]

Z drtiče teoreticky vypadne za jednu otáčku objem materiálu V_o daný plochou S a šířkou čelistí B.

$$V_o = S * B \quad (2)$$

Pro plochu S platí:

$$S = \frac{(a+s)+a}{2} * h = \frac{2a+s}{2} * h = \frac{2a+s}{2} * \frac{s}{\operatorname{tg}\beta} \quad (3)$$

Při oddalování pohyblivé čelisti od pevné vypadává z drtiče rozdrčený materiál o velikosti středního zrna.

$$d = \frac{d_{\max} + d_{\min}}{2} = \frac{a+s+a}{2} = \frac{2a+s}{2} \quad (4)$$

Po dosazení do V_o se získá:

$$V_o = \frac{2a+s}{2} * \frac{s}{\operatorname{tg}\beta} * B = d * \frac{s}{\operatorname{tg}\beta} * B \quad (5)$$

Pro hodinovou výkonnost se zahrnutím součinitele zaplnění je obecný vztah:

$$Q = 60 * V_o * n * k_z * \rho = 60 * d * \frac{s}{\operatorname{tg}\beta} * B * n * k_z * \rho \quad (6)$$

Pro běžnou hodnotu $\beta = 22^\circ$ se dostane vztah:

$$Q_1 = 150 * d * B * s * n * k_z * \rho \quad (7)$$

$$Q_2 = 0,15 * d * B * s * n * k_z * \rho \quad (8)$$

kde Q_1 je výkonnost drtiče v kilogramech produktu za 1 hodinu,

Q_2 je výkonnost drtiče v tunách produktu za 1 hodinu,

V_o – objem materiálu za jednu otáčku (m^3),

S – plocha (m^2),

d – střední šířka štěrbin (m),

B – šířka čelistí (m),

s – zdvih pohyblivé čelisti (m),

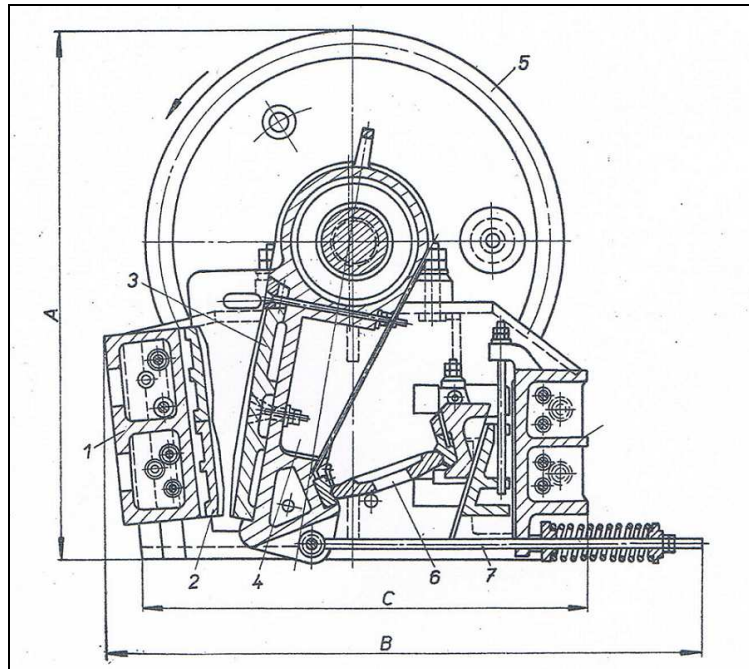
n – počet otáček drtiče za 1 minutu,

k_z – součinitel zaplnění štěrbin,

ρ – objemová hmotnost rozdrčeného materiálu ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$). [20]

7.1.2 Jednovzpěrný čelistový drtič

Pohyblivá čelist je upevněna přímo na ojnici, která má tvar podobný jako kyvadlo dvouvzpěrného drtiče a je excentricky osazena na hřídeli setrvačníku. Vzpěrná deska je pouze jedna a plní funkci kyvadla. Je vzepřena mezi ojnici a rámem drtiče. Na obrázku 17 jsou znázorněny hlavní části drtiče. [21]



Obrázek 17 – Jednovzpěrný čelistový drtič [21]

1 – rám, 2 – pevná čelist, 3 – pohyblivá čelist, 4 – kyvadlo, 5 – setrvačnick, 6 –
vzpěrná deska, 7 – pružinová tyč

Zrno je zdrobňováno tlakem, lámáním a částečným štípacím účinkem při neopotrebovaném rýhování drticích desek jako u drtiče dvouvzpěrného, ale ještě roztíráním. To je účinek pro jednovzpěrný drtič charakteristický a příznivý pro zlepšení tvarových vlastností produktu. Nepříznivým jevem je vznik většího množství prachu než u dvouvzpěrného drtiče, zvláště u některých hornin, a větší opotřebení drticích desek. [21]

Použití jednovzpěrného drtiče

Díky vyššímu stupni zdrobňování, lepší tvarové hodnotě a nižší hmotnosti zrn než u dvouvzpěrného drtiče, zpracovává již podrcený materiál pro vylepšení výsledného produktu především v úpravkách kameniva pro beton.

7.2 Kuželové drtiče

Mezi pláští dvou kuželů se nachází drticí prostor. Vnější kužel je pevný a má osu svislou, vnitřní je pohyblivý, má osu mírně skloněnou (2 až 5° od svislé) a obíhá okolo svislé osy vnějšího pevného kužele. Během jedné otáčky se plášť vnitřního pohyblivého kužele postupně přibližuje a vzdaluje od všech míst na plášti vnějšího, pevného kužele a postupně drtí a propouští materiál, který se zachycuje v prostoru mezi pláští obou kuželů. Na rozdíl od čelistových drtičů koná pohyblivý kužel drticí práci v každé poloze během celé otáčky, takže pohon drtiče je stále stejně využit a zatížen. Tyto drtiče se dělí na:

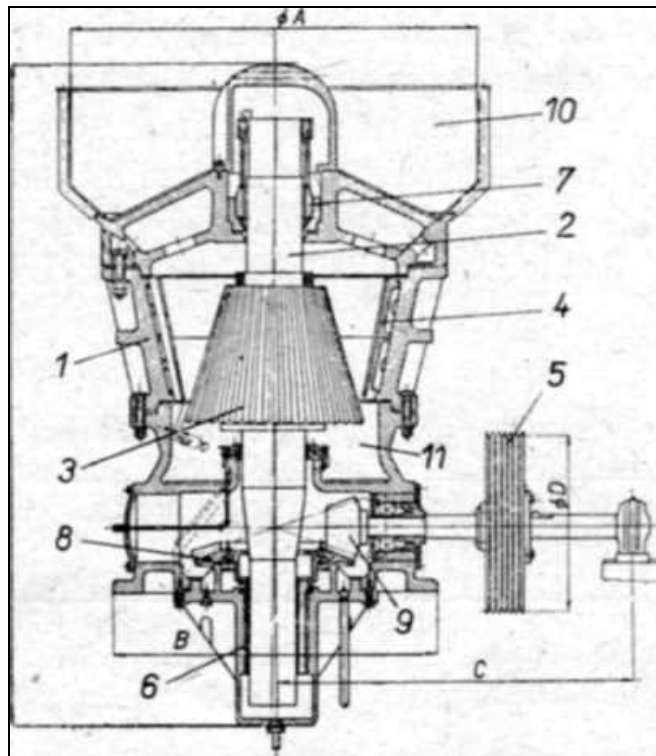
- kuželové drtiče se zavěšeným kuželem – ostroúhlé,
- kuželové drtiče s podepřeným kuželem – tupoúhlé. [21]

7.2.1 Kuželový drtič se zavěšeným kuželem – ostroúhlý

Plášť vnějšího, pevného kužele tvoří zároveň kuželovitou skříň stroje. Je to komolý kužel směřující vrcholem dolů, tedy rozevřený nahoru (obrázek 18).

Vnitřní pohyblivý komolý kužel směřuje vrcholem nahoru. Drticí prostor je rozevřen nahoru do vřazovacího ústí a směrem dolů se zužuje na šířku výpustného otvoru. Vnitřní, pohyblivý kužel je nasazen na ose, která je odkloněna od pomyslné svislé osy vnějšího, pevného kužele o malý úhel, 2 až 5°. Horním koncem je osa pohyblivého kužele zavěšena v závěsném ložisku v místě průniku svislé pomyslné osy vnějšího kuželového pláště. Na dvou ramenech, která překlenují horní základnu vnějšího kuželového pláště, je upevněno závěsné ložisko.

Spodní konec hřídele pohyblivého kužele je osazen excentricky v talířovém vodorovném kolu s kuželovým ozubením na obvodu. Na konci vodorovné hřídele je ozubený kuželový pastorek, který zasahuje do ozubení. Vodorovná hřídel je poháněna přes redukční skříň přímo motorem nebo pomocí řemenového převodu. Motor je možno napojit přímo, protože drcení kuželového drtiče je plynulé a je stále zatížen motor.



Obrázek 18 – Ostroúhlý kuželový drtič [21]

- 1 – těleso drtiče, 2 – hlavní hřídel, 3 – drticí kužel, 4 – nepohyblivý drticí plášť,
 5 – předloha, 6 – patní ložisko, 7 – kulový čep, 8 – kuželové ozubené kolo,
 9 – pastorek, 10 – násypka, 11 – výpustný prostor

Z celého uspořádání vyplývá značná výška celého stroje, tím i velká hmotnost a vysoká pořizovací cena.

Kuželové plochy vymezující drticí prostor jsou obloženy příslušně tvarovanými deskami z manganové ocelolitiny, které jsou vyměnitelné. Bývají buď hladké, nebo svisle rýhované.

Zdvih čelistí je u kuželových drtičů dán rozdílem mezi vzdáleností přiblížených a oddálených kuželových drticích ploch a rovná se dvojnásobku excentricity pohyblivého kužele vůči myšlené ose vnějšího kuželového pláště na úrovni spodní (menší) základny vnějšího, pevného kužele. Tento zdvih lze regulovat jen u některých konstrukcí drtičů se zavěšeným kuželem, a to posunutím pohyblivého kužele na ose vzhůru (zúžení štěrbin), nebo dolů (rozšíření štěrbin).

Při poměrně malém počtu otáček těchto drtičů ($n = 150$ až 250 za minutu) narůstá odpor v drticím prostoru plynule a poměrně pomalu, takže se motor vzniklým odporem zastaví a nemusí mít pojištění proti poškození vniknutím nedrtitelného předmětu do drticího prostoru. Nepůsobí zde také značně velký moment setrvačnicku

jako u drtičů čelistových. Některé drtiče přesto pojištěny jsou, a to tak, že je řemenice s poháněcí hřídelí spojena svorníkem, který má průřez dimenzován jen s malým stupněm bezpečnosti. Jakmile se tento stupeň překročí zvýšeným odporem hřídele proti otáčení, svorník se přestřihne. Řemenice se pak na hřídeli volně otáčí a drtič stojí. [21]

Pro zlepšování tvarové hodnoty se hodí obzvláště dobře, protože vhodná kombinace namáhání kamene tlakem, ohybem a smykem dává produktu poměrně vysokou tvarovou hodnotu vynikající zejména značnou stejnoměrností v celém rozsahu zrnitosti.

Výpočet výkonnosti drtiče

Z geometrických vztahů lze podobně jako u čelistového drtiče odvodit teoretický vztah pro výkonnost ostroúhlého kuželového drtiče:

$$Q = 0,377 * \frac{k_z * n * (e + d) * e * D_p * \rho}{tg\beta_1 + tg\beta_2} \quad (9)$$

kde Q je výkonnost drtiče v tunách za 1 hodinu,

k_z – součinitel zaplnění drtičového prostoru,

n – počet otáček drtiče za 1 minutu,

e – excentricita spodní základny pohyblivého kužele (m),

d – šířka sevřené štěrbinu (m),

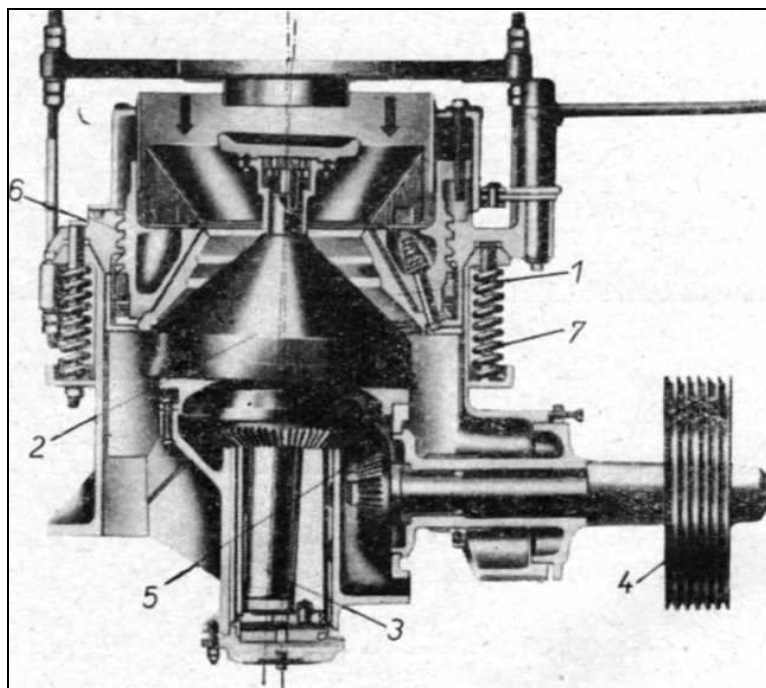
D_p – průměr spodní základny pevného kužele (m),

β_1, β_2 – úhly, které svírají kuželové pláště se svislou osou,

ρ – měrná hmotnost ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$). [21]

7.2.2 Kuželový drtič s podepřeným kuželem – tupoúhlý

Pevný vnější a pohyblivý vnitřní kužel směřují svými vrcholy vzhůru (obrázek 19). Hřídel vnitřního pohyblivého kužele je bez horního závěsného ložiska a je vetknuta jen do spodního poháněného talířového kola. Vetknutí je mohutně dimenzováno. V poháněném talířovém kole je osazení excentrické. Nakloněná hřídel kužele se směrem vzhůru sbíhá se svislou pomyslnou osou vnějšího kuželového pláště. Povrch obložení drtičích ploch je hladký a nerýhovaný. Počet otáček hřídele je asi 500–800 za minutu.

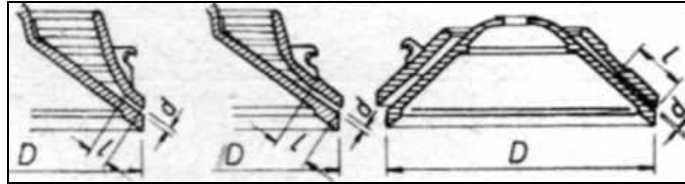


Obrázek 19 – Tupoúhlý kuželový drtič [21]

1 – plášť pevného kužele, 2 – pohyblivý (drticí) kužel, 3 – vetknutí pohyblivého kužele, 4 – řemenice, 5 – ozubený převod, 6 – závit pro regulování šterbiny, 7 – pojistné pružiny

Proti poškození vniknutím nedrtitelného předmětu do drticího prostoru je tento velmi drahý stroj chráněn odpružením vnějšího kužele. Vnější kužel je se základním rámem spojen po obvodě řadou svislých spirálových pružin, které při přestoupení normálního drticího odporu umožní pozdvižení vnějšího kuželového pláště a propad předmětu.

Charakteristickým konstrukčním znakem tupoúhlých drtičů je tzv. paralelní pásmo drticího prostoru (obrázek 20). Je vytvořeno mezi rovnoběžnými plochami pevného vnějšího a pohyblivého vnitřního kužele při jejich spodním konci. Jeho délka je ovlivněna tvarem obou kuželových ploch, zejména tvarem pohyblivého kužele. Při strmém pohyblivém kuželi je paralelní pásmo krátké, při plochem tvaru kužele je dlouhé. Vliv délky paralelního pásma se projevuje tím, že se v krátkém pásmu dostane procházející zrna mezi maximálně přiblížené kuželové plochy jen jednou, kdežto v dlouhém rovnoběžném pásmu až třikrát. V prvním případě se velikost produktu blíží spíše rozevřené výstupní šterbině, kdežto v druhém je velikost produktu omezena šířkou sevřené šterbiny a drcení má výrazně granulační charakter.



Obrázek 20 – Drticí prostor tupouhlých drtičů s kužely různé strmosti [21]

Hodí se zejména tam, kde je třeba vyrobit velké množství středních a jemných frakcí. Výsledný produkt obsahuje vysoký podíl (60 až 70%) zrn úzkého velikostního rozmezí blízkého šířce výstupní štěrbin, tedy produkt je do značné míry stejnozrný. Tvarová hodnota produktu je značně vysoká právě u tohoto velikostního rozmezí. U největších zrn obsažených v produktu je naopak tvarová hodnota velmi nízká. [21]

7.3 Dynamické drtiče

Dynamické drtiče rozpojují materiál úderem, tedy tak, že rozpojovaný materiál se setká s úderovou plochou při určité rychlosti nebo zrno materiálu, urychlené na určitou rychlost dopadne na stojící úderovou plochu. Z hlediska rozpojování se jedná o identický postup uplatnění relativní rychlosti. Podle uspořádání lze rozdělit dynamické drtiče do dvou skupin:

- kladivové drtiče,
- odrazové drtiče. [20]

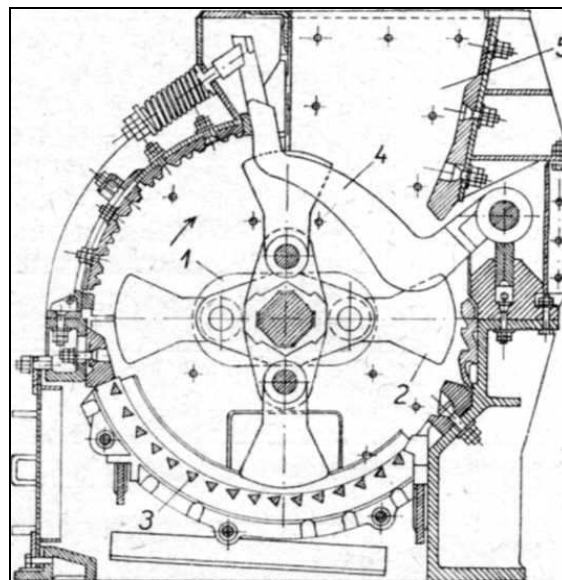
7.3.1 Kladivový drtič

Drtič (obrázek 21) se skládá z ocelové uzavřené skříně, která má nahoře otvor upravený jako násypku pro plnění drtiče. Uvnitř skříně se otáčí rotor, který má na vodorovné hřídeli otočně upevněná kladiva. Vnitřní prostor skříně je od násypky oddělen násypným roštem, který zachycuje podávaný materiál. Násypný rošt je tvořen roštnicemi. Spodní konec roštnic je uložen v rámu stroje. Horní konec roštnic je opřen o horní část rámu a je přitažen pružinovým spojem, který má pojistný účinek při zaklínování hrubšího zrna mezi unášeč a roštnice. Mezery v roštu umožňují dopad kladiv na drcený materiál. Tvar násypného koše a kovadlina na jeho konci podpírají drcený materiál a zajišťují prakticky nulovou rychlost drceného materiálu v okamžiku dopadu kladiva. Po rozpojení na velikost zrna, které projde mezi roštnicemi se drticí proces dokončuje v pracovním prostoru rotoru, kde se do značné

míry uplatní smykové síly v drceném materiálu, vznikající vzájemným pohybem kladiv a materiálu brzděného obvodem pracovní komory rotoru. Podél spodní části obvodu rotoru je umístěn propadový rošt s roštnicemi rovnoběžnými s osou rotoru, jejichž vzdálenost vymezuje velikost zrn produktu. [20]

Aby kladiva rotoru působila velkou kinetickou energií, je jejich obvodová rychlost značně velká, zpravidla v mezích 35 až 45 m/s, což odpovídá podle průměru rotoru počtu otáček 600 až 1 200 za minutu.

Kladivové drtiče se hodí pro drcení měkkých a středně tvrdých hornin, suchých, neobsahujících jílovité přímíšeniny, jinak se štěrby mezi roštnicemi zalepují. Mohou též drtit horniny tvrdé, avšak výkon se velmi snižuje, poněvadž k rozbití jednotlivých kamenů je třeba mnoha úderů. Zejména však při drcení tvrdých hornin dochází k rychlému opotřebování a výměně kladiv a roštnic. Tvarová hodnota kamenných zrn produktu je dobrá. [21]



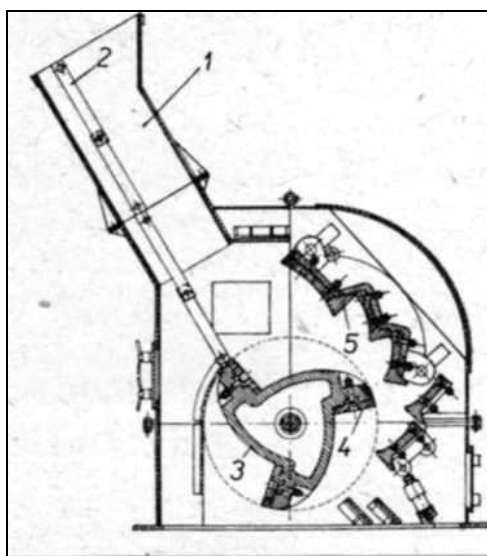
Obrázek 21 – Kladivový drtič [21]

- 1– rotor, 2 – kladivo, 3 – roštnice propadového roštu, 4 – roštnice násypného roštu,
5 – plnicí otvor

7.3.2 Odrazový drtič

Obdobně jako kladivový drtič se odrazový drtič (obrázek 22) skládá z uzavřené skříně v jejíž spodní části se otáčí rotor s pevně namontovanými lištami. Drcený materiál je přiváděn vysokou násypkou, která zabezpečuje dodržení vstupní rychlosti materiálu a současně usměrňuje proud materiálu tak, aby bylo možno zajistit kolmý

dopad na rozpojovací lišty rotoru. V horním dílu skříně je pracovní prostor rotoru tvořen profilovanými manganocelovými rozbíjecími deskami, které jsou orientovány kolmo k předpokládanému směru proudu odraženého materiálu od rotoru. Rozbíjecí desky jsou nejopotřebovanějšími součástmi drtiče, a jsou proto snadno vyměnitelné. Rozpojování materiálu nastává při každém styku s rotorem a každém styku s rozbíjecí deskou. Rozdrcený produkt prochází štěrbinou mezi rotorem a rozbíjecími deskami a propadá dnem skříně. Velikost produktu lze řídit měněním šířky této štěrbiny. [20]



Obrázek 22 – Odrázový drtič [21]

1 – násypka, 2 – třídicí rošt, 3 – rotor, 4 – odrazová lišta, 5 – rozbíjecí desky

Odrázové drtiče se hodí pro střední i tvrdé materiály a dávají produktu výborné tvarové hodnoty. Jsou velmi způsobilé k zlepšování tvarové hodnoty nevhodných zrn. Protože stroj nemá výstupní rošt, je nutno počítat s tím, že produkt bude obsahovat i zrna podstatně větší než očekávaná. [21]

Výpočet výkonnosti drtiče

Pro výpočet výkonnosti je používán empirický vztah:

$$Q = (45 \text{ až } 68) * D * L \quad (10)$$

kde Q je výkonnost drtiče v m³ za 1 hodinu,
 (45 až 68) – měrné zatížení rotoru,
 D – průměr rotoru (m),
 L – šířka rotoru (m). [21]

8 Mobilita drticích jednotek

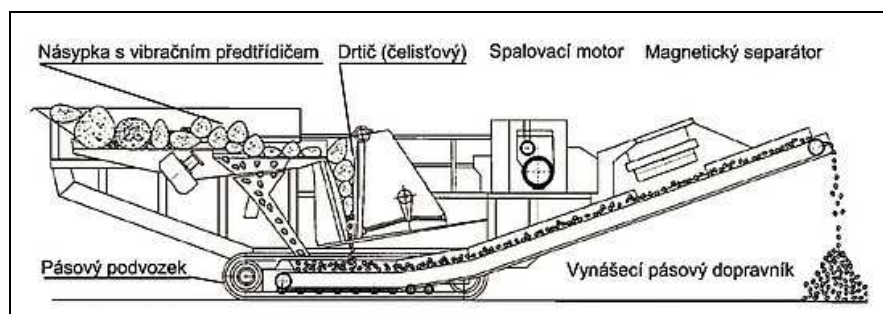
V tomto případě se jedná o semimobilní a mobilní provedení. Výhodou těchto jednotek je především rychlá a nenáročná instalace strojů a zařízení, rychlé uvedení do provozu a v případě potřeby jednoduchá přeprava z místa na místo. Semimobilní a mobilní technikou se rozumí stroje a zařízení, které jsou upevněny na konstrukcích opatřenými buď ližinami nebo speciálním podvozkem. [22]

8.1 Semimobilní drticí jednotky

Tyto drticí jednotky jsou buď kontejnerové anebo samozdvížené. Kontejnerové jednotky jsou opatřeny ližinami a hákovým závěsem, kterým lze pomocí nákladního automobilu, vybaveného příčným hydraulickým hákem, zařízení naložit a složit. Samozdvížené jednotky jsou vybaveny vlastními hydraulickými podpěrami pro snadné nakládání a skládání. Hydraulickými podpěrami se drticí jednotka zvedne nad dopravní zařízení a to odjede. Poté je drticí jednotka spuštěna na ližiny. [22] Je-li potřeba přemístit drtiče kontejnerové nebo samozdvížené na pracovišti a není-li poblíž jejich přepravovací zařízení, je možno tyto jednotky na menší vzdálenosti přesunout například rýpadlem či jiným zařízením pracoviště. Proto se zde jedná o polomobilní chování těchto strojů.

8.2 Mobilní drticí jednotky

Mobilní drticí jednotky lze dále rozdělit na jednotky na kolovém nebo pásovém podvozku (obrázek 23). Tyto jednotky jsou plně mobilní bez působení cizích vlivů. Mají vlastní pohonné zařízení a ovladače. Tyto drtiče jsou poháněny spalovacími motory na diesellové agregáty. Dnešní drtiče mají zabudované třídící zařízení. Sestavení a uvedení do plného provozu je snadné a nevyžaduje speciální stavební práce.



Obrázek 23 – Schéma mobilní drticí jednotky s čelistovým drtičem na pásovém podvozku [1]

9 Metodika měření

Sledoval jsem dvě pracovní činnosti recyklace stavebního odpadu. V prvním případě byla recyklační linka sestavena následujícím způsobem. Před mobilní drticí jednotkou HARTL PC 1265 J bylo rýpadlo CAT 325 D, zásobující drticí jednotku demoličním odpadem a za drticí jednotkou odebíralo recyklát rýpadlo CAT M 316 D a vytvářelo deponii. Demoliční odpad tvořily železobetonové kusy, cihly a výkopová hornina (obrázek 24). Druhou variantu, kterou jsem sledoval se skládala z nakladače VOLVO L 120 E a mobilní drticí jednotky RESTA CH3. Nakladač zásoboval drticí jednotku stavebním odpadem, který obsahoval plné cihly s maltou nebo části cihlových pilířů s ocelovými výztužemi a stavební suť. Po naplnění drticí jednotky odebíral recyklát a vytvářel deponii. Celý tento cyklus nakladač stále opakoval. V obou případech jsem měřil stopkami desetiminutové intervaly a sledoval jsem naplnění lopat. V tomto případě byla lopata vždy naplněna na jmenovitý objem, ale nemusí se to vždy podařit. V těchto intervalech jsem počítal počet vysypaných lopat do drticí jednotky při jeho plnění. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tab. 11 a 12.



Obrázek 24 – Demoliční odpad zpracováváný mobilní drticí jednotkou HARTL PC 1265 J

10 Výsledky měření

Recyklační linka: rýpadlo – mobilní drtičí jednotka – rýpadlo

$$V_L = 1,5 \text{ m}^3$$

$$k_{pl} = 0,95$$

$$t = 1 \text{ hodina}$$

Tabulka 11 – Naměřené hodnoty u mobilní drtičí jednotky HARTL PC 1265 J

Číslo měření	Měřený časový interval	Počet vložených lopat	V_L	Objem V za časový interval (počet vložených lopat * V_L)
	min		m^3	m^3
1	10	6	1,5	9
2	10	3	1,5	4,5
3	10	4	1,5	6
4	10	6	1,5	9
5	10	4	1,5	6
6	10	5	1,5	7,5
Součet	60	28		42

$$Q_s = \frac{V * k_{pl} * \rho}{t}$$

$$Q_s = \frac{42 * 0,95 * 1\,950}{1} \quad (11)$$

$$Q_s = 77\,805 \text{ kg.h}^{-1}$$

$$Q_s = 77,805 \text{ t.h}^{-1}$$

$$Q_T = 0,15 * d * B * s * n * \rho$$

$$Q_T = 0,15 * 0,107 * 1,2 * 0,014 * 280 * 1\,950 \quad (12)$$

$$Q_T = 147,2 \text{ t.h}^{-1}$$

Q_s – skutečná výkonnost drtiče (t.h^{-1}),

Q_T – teoretická výkonnost drtiče (t.h^{-1}),

V_L – objem lopaty (m^3),

k_{pl} – součinitel plnění lopaty,

d – střední šířka štěrby (m),

B – šířka čelistí (m),

s – zdvih pohyblivé čelisti (m),

n – počet otáček drtiče za 1 minutu,

ρ – objemová hmotnost rozdrčeného materiálu ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$).

Recyklační linka: nakladač – mobilní drticí jednotka

$$V_L = 2,9 \text{ m}^3$$

$$k_{pl} = 1,12$$

$$t = 1 \text{ hodina}$$

Tabulka 12 – Naměřené hodnoty pro mobilní drticí jednotku RESTA CH3

Číslo měření	Měřený časový interval	Počet vložených lopat	V_L	Objem V za časový interval (počet vložených lopat * V_L)
	min		m^3	m^3
1	10	4	2,9	11,6
2	10	3	2,9	8,7
3	10	4	2,9	11,6
4	10	2	2,9	5,8
5	10	4	2,9	11,6
6	10	4	2,9	11,6
Součet	60	21		60,9

$$Q_s = \frac{V * k_{pl} * \rho}{t}$$

$$Q_s = \frac{60,9 * 1,12 * 1\,500}{1} \quad (13)$$

$$Q_s = 102\,312 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$$

$$Q_s = 102,3 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$$

$$Q_T = 0,15 * d * B * s * n * \rho$$

$$Q_T = 0,15 * 0,1285 * 1,1 * 0,017 * 270 * 1\,500 \quad (14)$$

$$Q_T = 146 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$$

11 Přehled mobilních drticích jednotek

Pro drcení minerálního stavebního odpadu se využívají především mobilní jednotky s jednovzpěrným čelistovým drtičem nebo odrazovým drtičem. Podle velikosti vstupního otvoru jsem mobilní jednotky s jednovzpěrným čelistovým drtičem rozdělil na jednotky s minidrtičem (tabulka 13), středním drtičem (tabulka 14) a těžkým drtičem (tabulka 15).

Mobilní jednotky s odrazovým drtičem jsem podle velikosti vstupního otvoru rozdělil na jednotky se středním drtičem (tabulka 16) a těžkým drtičem (tabulka 17).

Při srovnávání čelistových a odrazových drtičů z hlediska zdrobnění má výstupní materiál z čelistového drtiče nižší poměr zdrobnění a obsahuje méně jemných částí než z drtiče odrazového. Tvarově je zase výsledný produkt výrazně lepší u odrazových než z čelistových drtičů. I přesto, že je recyklát tvarově horší z čelistových drtičů má tento drtič řadu výhodných vlastností. Jedná se zejména o jejich malou prašnost a také nízkou hlučnost. Toto je ceněno hlavně při jejich využití v blízkosti nejrůznější zástavby, kde provozovatelé ocení jejich výhody. [1]

Tabulka 13 – Mobilní jednotky s jednovzpěrným čelistovým minidrtičem

Velikost vstupního otvoru	šířka	mm	400	500	700
	délka	mm	170	250	400
Výkonnost drtiče		t.h ⁻¹	8	15	45
Nastavení šterbiny		mm	10–70	10–100	30–140
Výkon motoru		kW	10,4	30	55,2
Hmotnost		kg	1 420	2 940	10 000
Transportní rozměry	délka	mm	3 000	4 400	6 700
	šířka	mm	775	1 660	2 200
	výška	mm	1 580	1 960	2 720
Výrobce			Red Rhino, MFL	Red Rhino, MFL	Red Rhino, MFL

Tabulka 14 – Mobilní jednotky s jednovzpěrným čelist'ovým středním drtičem

Velikost vstupního otvoru	šířka	mm	900	1 000	1 080	1 100	1200
	délka	mm	600	650	750	750	750
Výkonnost drtiče		t.h ⁻¹	80–200	až 225	až 250	90–250	až 300
Nastavení šterbiny		mm	40–170	40–150	50–200	50–160	50–180
Výkon motoru		kW	170	170-200	250	250	260
Hmotnost		kg	28 500	34 000	45000	45 000	50 000
Transportní rozměry	délka	mm	10 650	13 000	13 500	12 600	13 500
	šířka	mm	2 500	2 650	2 700	2 780	2 800
	výška	mm	3 030	3 300	3 350	3 450	3 500
Výrobce			Resta, MFL	Terex Finlay, Atlas Copco, Sandvik, MFL	Terex Finlay, Atlas Copco, MFL, Komatsu	Resta	Sandvik, Atlas Copco, Komatsu

Tabulka 15 – Mobilní jednotky s jednovzpěrným čelist'ovým těžkým drtičem

Velikost vstupního otvoru	šířka	mm	1 300	1 400
	délka	mm	800	1 100
Výkonnost drtiče		t.h ⁻¹	až 350	až 600
Nastavení šterbiny		mm	70–135	80–300
Výkon motoru		kW	287	320
Hmotnost		kg	55 000	75 500
Transportní rozměry	délka	mm	14 510	1 800
	šířka	mm	3 000	3 380
	výška	mm	3 960	3 860
Výrobce			Atlas Copco	Terex Finlay, MFL, Sandvik

Tabulka 16 – Mobilní jednotky s odrazovým středním drtičem

Velikost vstupního otvoru	šířka	mm	760	880	1 000	1070	1 220
	výška	mm	600	640	600	750	1 099
Výkonnost drtiče		t.h ⁻¹	do 120	90–200	až 200	až 300	až 350
Výkon motoru		kW	103	200	220	240	257
Hmotnost		kg	19 500	26 000	35 000	40 000	49 000
Transportní rozměry	délka	mm	8 270	10 000	12 500	14 000	14 700
	šířka	mm	2 370	2 500	2 500	2 800	2 900
	výška	mm	2 920	3 000	3 350	3 400	3 800
Výrobce			Rubble Master	Resta, Rubble Master	Atlas Copco, Sandvik,	Terex Finlay, Atlas Copco, Keestrack	Terex Finlay

Tabulka 17 – Mobilní jednotky s odrazovým těžkým drtičem

Velikost vstupního otvoru	šířka	mm	1 250	1 360	1 560
	výška	mm	750	800	1 020
Výkonnost drtiče		t.h ⁻¹	až 300	až 500	až 500
Výkon motoru		kW	310	320	400
Hmotnost		kg	43 000	52 000	80 000
Transportní rozměry	délka	mm	14 000	18 450	16 500
	šířka	mm	2 700	3 540	3 290
	výška	mm	3 300	3 760	3 830
Výrobce			Atlas Copco	Sandvik, MFL	Atlas Copco, MFL

12 Sestavení návrhu technologických linek v závislosti na charakteru demolovaného objektu

Technologická linka bude sestavena na základě charakteru demolovaného objektu. Důležitými faktory jsou:

- předpokládaný objem suti – v závislosti na objemu bude volena velikost drtiče a k němu přiřazena vhodná kategorie rýpadla a nakladače,
- plošná velikost objektu – pokud nebude možný pohyb mobilní drticí jednotky podél skládky stavebního odpadu bude pro vkládání odpadu do násypky mobilní drticí jednotky upřednostněn nakladač.

Návrh technologických linek je uveden v následující tabulce 18.

Tabulka 18 – Návrh technologických linek v závislosti na výkonnosti drtiče

Výkonnost drtiče	Provozní hmotnost rýpadla vkládajícího odpad do násypky drticí jednotky	Provozní hmotnost nakladače vkládajícího odpad do násypky drticí jednotky	Provozní hmotnost nakladače odebírajícího recyklát od dopravníku
t.h ⁻¹	t	t	t
8	1,7	–	–
15	1,7–2,9	–	–
45	8,4–9	2,5–3,5	4,4–5,1
80	8,4–9	4,4–5,1	6–7,9
120	13,9–17,5	6–7,9	10,8–12,7
200	13,9–17,5	10,8–12,7	13,2–14,5
250	13,9–17,5	10,8–12,7	18,5
300	20,3–21,5	10,8–12,7	19,7
350	20,3–21,5	13,2–14,5	25,8
500	23,4–30,7	19,7	50,8
600	23,4–30,7	23,8	78

V tabulce 19 je uveden přehled výkonnosti rýpadel v závislosti na jejich velikostní kategorii s předpokládaným časem 15 s jednoho pracovního cyklu se součinitelem plnění lopaty = 1.

Tabulka 19 – Přehled výkonnosti rýpadel v závislosti na jejich velikostní kategorii

Výkonnost rýpadla (stavební cihlový odpad $\rho = 1\,500\text{ kg.m}^{-3}$)	Výkonnost rýpadla	Objem lopaty rýpadla	Provozní hmotnost rýpadla
t.h^{-1}	$\text{m}^3.\text{h}^{-1}$	m^3	t
7,2–14,4	4,8–9,6	0,02–0,04	1,7
10,8–36	7,2–24	0,03–0,1	1,7–2,9
36–126	24–84	0,1–0,35	8,4–9
126–334,8	84–223,2	0,35–0,93	13,9–17,5
144–486	96–324	0,4–1,35	20,3–21,5
216–828	144–552	0,6–2,3	23,4–30,7
252–864	168–576	0,7–2,4	34,3–37,3
648–1 260	432–840	1,8–3,5	48,8–52,3
900–1 800	600–1 200	2,5–5	67,8–71,6
1 260–2 160	840–1 440	3,5–6	84,1–86,6

V tabulce 20 je uveden přehled výkonnosti nakladačů v závislosti na jejich velikostní kategorii s předpokládaným časem 35 s jednoho pracovního cyklu se součinitelem plnění lopaty = 1. Jedná se o plnění násypky drticí jednotky a pohyb nakladače do vzdálenosti 15 m od drticí jednotky.

Tabulka 20 – Přehled výkonnosti nakladačů v závislosti na jejich velikostní kategorii s předpokládaným časem 35 s jednoho pracovního cyklu

Výkonnost nakladače (stavební cihlový odpad $\rho = 1\,500\text{ kg.m}^{-3}$)	Výkonnost nakladače	Objem lopaty nakladače	Provozní hmotnost nakladače
t.h^{-1}	$\text{m}^3.\text{h}^{-1}$	m^3	t
55,5–61,7	37–41,1	0,36–0,4	2,5–3,5

92,6–123,5	61,7–82,3	0,6–0,8	4,4–5,1
154,4–216	102,9–144	1–1,4	6–7,9
262,4–354,9	174,9–236,6	1,7–2,3	10,8–12,7
354,9–478,4	236,6–318,9	2,3–3,1	13,2–14,5
509,1	339,4	3,3	18,5
586,4	390,9	3,8	19,7
648	432	4,2	23,8
694,4	462,9	4,5	25,8
833,1	555,4	5,4	29,8
1 064,6	709,7	6,9	50,8
1 434,9	956,6	9,3	78
1 897,7	1 265,1	12,3	92
2 777,1	1 851,4	18	187

V tabulce 21 je uveden přehled výkonnosti nakladačů v závislosti na jejich velikostní kategorii s předpokládaným časem 65 s jednoho pracovního cyklu se součinitelem plnění lopaty = 1. Čas jednoho cyklu je počítán pro odvozní vzdálenost 50 m. Jedná se o odebírání a odvoz recyklátu od dopravníku.

Tabulka 21 – Přehled výkonnosti nakladačů v závislosti na jejich velikostní kategorii s předpokládaným časem 65 s jednoho pracovního cyklu

Výkonnost nakladače (stavební cihlový odpad $\rho =$ $1\,500\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Výkonnost nakladače	Objem lopaty nakladače	Provozní hmotnost nakladače
$\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$	$\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$	m^3	t
29,9–33,3	19,9–22,2	0,36–0,4	2,5–3,5
49,8–66,5	33,2–44,3	0,6–0,8	4,4–5,1
83,1–116,3	55,4–77,5	1–1,4	6–7,9
141,3–191,1	94,2–127,4	1,7–2,3	10,8–12,7
191,1–257,6	127,4–171,7	2,3–3,1	13,2–14,5
274,2	182,8	3,3	18,5
315,6	210,5	3,8	19,7
348,9	232,6	4,2	23,8

374,3	249,2	4,5	25,8
448,5	299	5,4	29,8
573,3	382,2	6,9	50,8
772,7	515,1	9,3	78
1 21,8	681,2	12,3	92
1 459,4	996,9	18	187

Příklad sestavení recyklační linky: rýpadlo – mobilní drticí jednotka – nakladač

U této varianty je drticí jednotka zásobována rýpadlem. Rýpadlo tedy nakládá stavební odpad do drticí jednotky. Nakladač odebírá recyklát a vytváří deponii nebo může nakládat materiál na odvozní zařízení.

Vhodné rýpadlo a nakladač pro drticí jednotku RESTA CH3:

$$Q_T = 150 \text{ t/h}$$

pásové rýpadlo CAT 315D, $V_L = 0,65 \text{ m}^3$

$$k_{pl} = 1,12$$

$$Q_R = 3\,600 * \frac{V_L * k_{pl} * k_{zč} * \rho}{T_c}$$

$$Q_R = 3\,600 * \frac{0,65 * 1,12 * 0,65}{14,4} * 1\,500 \quad (15)$$

$$Q_R = 177,5 \text{ t/h}$$

Q_T – teoretická výkonnost drtiče (t.h^{-1}),

Q_R – výkonnost rýpadla (t.h^{-1}),

$k_{zč}$ – součinitel ztrátových časů,

T_c – čas cyklu (s).

kolový nakladač CAT 938H, $V_L = 2,5 \text{ m}^3$

odvozní vzdálenost – 50 m

stoupání – 20 %

$$T_c = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$

t_1 – Nájezd do skládky a nabírání materiálu. Přemístění nakladače jízdou vzad za současného zdvihání výložníku. Nakladač se při tomto přemístění musí dostat do polohy kolmé na polohu předchozí.

t_2 – Přemístění nakladače k deponii nebo odvoznímu zařízení.

t_3 – Vysypání zeminy na deponii nebo korbu odvozního zařízení.

t_4 – Návrat nakladače do výchozí polohy po stejné dráze.

$$t_{1+3} = 24 \text{ s}$$

$$t_2 = 22,2 \text{ s}$$

$$t_4 = 19 \text{ s}$$

$$Q_N = 3\,600 * \frac{V_L * k_{pl} * k_{zč} * \rho}{T_c}$$

$$Q_N = 3\,600 * \frac{2,5 * 1,12 * 0,65}{65,2} * 1\,500 \quad (16)$$

$$Q_N = 150,7 \text{ t / h}$$

kde Q_N je výkonnost nakladače ($\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$).

13 Závěr

V této bakalářské práci jsem ověřoval výkonnost u již zmíněné drticí jednotky HARTL PC 1265 J a RESTA CH3. Od výrobců jsem zjistil potřebné hodnoty pro vypočítání teoretické výkonnosti drtiče a odborným odhadem byla stanovena měrná hmotnost drceného materiálu. Protože výrobce udává rozsah výkonnosti, spočítal jsem výkonnost pro konkrétní velikost výstupní štěrby a drcený materiál. V obou případech byla skutečná výkonnost nižší než teoretická. To způsobilo uvíznutí ocelových výztuh v magnetickém separátoru nebo přímo v ústí drtiče. Výztuhy musely být odstraněny a v některých případech musel být i zastaven stroj, což způsobilo nestejný počet lopat v jednotlivých časových úsecích. U drticí jednotky HARTL byl rozdíl mezi teoretickou a skutečnou výkonností podstatně vyšší. To bylo způsobeno vlastnostmi drceného materiálu. Tento materiál obsahoval velké množství výkopové horniny, která zalepovala drtič, a tím se snížila rychlost průchodu materiálu. Recyklační linku rýpadlo – mobilní drticí jednotka – rýpadlo

sestavila a provozuje firma Lumos s. r. o. Firma Resta s. r. o. provozuje variantu nakladač – mobilní drticí jednotka.

Dále jsem provedl rozdělení mobilních drticích jednotek a zařadil jsem je do tabulek. Informace o drticích jednotkách jsem získával z internetových stránek jednotlivých výrobců. Díky přehlednosti tabulek je možné vybrat ideální mobilní drticí jednotku bez nutnosti časově náročného vyhledávání technických dat. Podle závislosti na hlavním požadavku, kterým může být omezený prostor v místě recyklace, velikost drceného materiálu nebo výkonnost, se vybere vhodná drticí jednotka. U každé drticí jednotky jsou uvedeni výrobci, kteří danou drticí jednotku nabízejí. Po výběru drticí jednotky z tabulky stačí jenom porovnat parametry mezi uváděnými výrobci.

Tabulka obsahuje přehled drtičů a jejich technické parametry, kterými jsou velikost vstupního otvoru, výkonnost a velikost nastavení štěrbin u jednovzvěrných čelistových drtičů. U odrazových drtičů není velikost nastavení štěrbin uvedena, protože ji výrobce neudává. A v tabulce je také uveden výkon motoru, hmotnost a transportní rozměry mobilní drticí jednotky. Zvolil jsem rozdělení podle velikosti vstupního otvoru, protože je to parametr, který ovlivňuje výkonnost a současně určuje velikost vkládaného materiálu. Společně se zvětšováním vstupního otvoru roste i výkonnost drtiče. Současně se zvětšuje spodní hodnota nastavení velikosti štěrbin. Tato skutečnost je důležitá pro zachování správného úhlu záběru u jednovzvěrných čelistových drtičů. Pokud by se překročil úhel záběru docházelo by k vyskakování materiálu z drtiče. Nastavení velikosti výstupní štěrbin a složení drceného materiálu určuje konkrétní výkonnost drtiče.

Do tabulek jsem sestavil výkonnosti rýpadel a nakladačů v závislosti na jejich velikostní kategorii a na základě těchto údajů jsem provedl návrh technologických linek v závislosti na výkonnosti drtiče. Potřebné parametry a časy cyklů jsem zjišťoval z tabulek a grafů výrobce. Protože výkonnost drtičů je uváděná v $t \cdot h^{-1}$ přepočítal jsem výkonnost rýpadel a nakladačů z $m^3 \cdot h^{-1}$ na $t \cdot h^{-1}$ a vycházel jsem z materiálu, který zpracovávala drticí jednotka RESTA CH3. Jako příklad uvádím sestavení návrhu recyklační linky v podobě rýpadlo – mobilní drticí jednotka – nakladač.

14 Seznam citované literatury

- [1] ŠKOPÁN, M. Vývojové trendy v technologiích pro recyklaci stavebních a demoličních odpadů. *Stavební technika* [online]. Vydáno: 5.11.2007 [cit. 2011-11-16]. Dostupné z: <http://stavebni-technika.cz/clanky/trendy-v-technologiich-pro-recyklaci-odpadu/>
- [2] CELJAK, I. Mobilní recyklační linka stavebních odpadů. *Komunální technika*. 2010, roč. 4, č. 2, 26–30.
- [3] CELJAK, I. Odpad z demolic starých objektů v obcích. *Komunální technika*. 2011, roč. 5, č. 2, 30–35.
- [4] Postup provádění demolice. *POLANSKÝ GROUP a. s.* [online]. [cit. 2011-12-8]. Dostupné z: <http://polansky.info/demolice/postup-provadeni-demolice>
- [5] Technologický postup. *EURO DEMOLICE s. r. o* [online]. [cit. 2011-12-8]. Dostupné z: <http://www.euromolice.cz/technologicky-postup>
- [6] BARTÁK, K. Bezpečné bourací práce. *ASB* [online]. Vydáno: 14.9.2011 [cit. 2011-12-8]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/stavebni-technika/bezpecne-bouraci-prace-2724.html>
- [7] CELJAK, I. Mobilní recyklační linky pro využití stavebních odpadů. *Komunální revue*. 2010, roč. 1, č. 1, 19–23.
- [8] HÁJEK, O. Hydraulická kladiva Montabert Silver Clip - překvapení nekončí. *Bagry* [online]. Vydáno: 11.10.2004 [cit. 2011-11-2]. Dostupné z: http://bagry.cz/cze/clanky/recenze/hydraulicka_kladiva_montabert_silver_clip_prekvapeni_nekonci
- [9] Hydraulická kladiva. *Katalog firmy Phoenix-Zeppelin*. HCzHX119-8 (10/2004).
- [10] Stavební stroje: Přídavná zařízení pro hydraulická rýpadla. *Katalog firmy Phoenix-Zeppelin*.

- [11] Přídavné nástroje, drapáky, lopaty. *Katalog firmy Phoenix-Zeppelin*. 216–293.
- [12] CELJAK, I. *Strojní zařízení pro zemní a meliorační práce*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, zemědělská fakulta, 2010.
- [13] VANĚK, A. *Strojní zařízení pro stavební práce*. 2. vyd. Praha: Sobotáles, 1999. ISBN 80-85920-61-1.
- [14] Pružně a efektivně prováděné demolice. *Katalog firmy Phoenix-Zeppelin*. HCzHH3261-2 (01/2008).
- [15] Rýpadla. *Phoenix-Zeppelin* [online]. [cit. 2011-11-25]. Dostupné z: http://www.p-z.cz/cs/site/pz-stroje-caterpillar/cat_sub_categories.htm?idCategory=13045802&idSubCategory=13066278
- [16] Nakladače. *Phoenix-Zeppelin* [online]. [cit. 2011-11-28]. Dostupné z: http://www.p-z.cz/cs/site/pz-stroje-caterpillar/cat_sub_categories.htm?idCategory=13066284&idSubCategory=13066349
- [17] Dodavatelský program: Dozery. *Katalog firmy Phoenix-Zeppelin*. 56–57.
- [18] Pásový dozer. *Katalog firmy Phoenix-Zeppelin*. HCzHT5742 (11/2007), 216–293.
- [19] Kolový nakladač. *Katalog firmy Phoenix-Zeppelin*. HCzHL3664 (4/2008).
- [20] POLICKÝ, Z., STRATILÍK, M. *Úpravárenské stroje I*. Brno: VUT, 1976. ISBN 55-568-77.
- [21] SMITKA, V., MUDRA, J., KRÁL, E. *Mechanizace a provádění staveb*. Praha: SNTL, 1968. ISBN 04-714-68.
- [22] Semi-(mobilní) drtírny. *PSP Engineering a.s.* [online]. [cit. 2012-02-10]. Dostupné z: <http://www.pspeng.cz/CrushingAndScreening/Crushers/SemiMobileCrushingPlants.aspx>

15 Seznam obrázků, tabulek, zkratk a termínů

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Schéma vzniku stavebního odpadu [2].....	4
Obrázek 2 – Schéma typického recyklačního zařízení [1].....	9
Obrázek 3 – Řez kladivem Caterpillar [9]	12
Obrázek 4 – Základní nástroj a výměnné čelisti univerzálních nůžek [11].....	14
Obrázek 5 – Šrotovací nůžky konstrukční řady S300 [11]	15
Obrázek 6 – Hydraulické drticí nůžky na beton konstrukční řady VHC [11]	16
Obrázek 7 – Demoliční třídicí drapák Caterpillar G320 [11]	18
Obrázek 8 – Pracovní rozsah rýpadel [14].....	21
Obrázek 9 – Pracovní dosahy rýpadel [15].....	24
Obrázek 10 – Pracovní rozsah nakladačů [16].....	27
Obrázek 11 – Druhy lopat nakladačů [16]	29
Obrázek 12 – Schéma dvouvzpěrného drtiče [20]	33
Obrázek 13 – Schéma jednovzpěrného drtiče [20]	33
Obrázek 14 – Dvouvzpěrný čelist'ový drtič [21]	34
Obrázek 15 – Rozměry ústí drtiče [20].....	37
Obrázek 16 – Rozměry pro výpočet výkonnosti [20]	37
Obrázek 17 – Jednovzpěrný čelist'ový drtič [21].....	39
Obrázek 18 – Ostroúhlý kuželový drtič [21].....	41
Obrázek 19 – Tupoúhlý kuželový drtič [21].....	43
Obrázek 20 – Drticí prostor tupoúhlých drtičů s kužely různé strmosti [21].....	44
Obrázek 21 – Kladivový drtič [21]	45
Obrázek 22 – Odrazový drtič [21]	46
Obrázek 23 – Schéma mobilní drticí jednotky s čelist'ovým drtičem na pásovém podvozku [1]	47
Obrázek 24 – Demoliční odpad zpracováváný mobilní drticí jednotkou HARTL PC 1265 J	48

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Rozdělení oškrtů hydraulických kladiv.....	12
Tabulka 2 – Hydraulická kladiva CAT H70 s–H180 s	13
Tabulka 3 – Technické údaje – Šrotovací nůžky S300.....	15

Tabulka 4 – Technické údaje – hydraulické drticí nůžky na beton VHC	17
Tabulka 5 – Technické údaje – demoliční třídicí drapák G300	18
Tabulka 6 – Demoliční rýpadla pro práci ve velkých výškách (Caterpillar konfigurace UHD).....	21
Tabulka 7 – Specifikace kolových rýpadel Caterpillar	23
Tabulka 8 – Specifikace kolových nakladačů od firmy Caterpillar	27
Tabulka 9 – Specifikace dozerů Caterpillar	29
Tabulka 10 – Měrné hmotnosti obvyklých materiálů – sypkých.....	31
Tabulka 11 – Naměřené hodnoty u mobilní drticí jednotky HARTL PC 1265 J	49
Tabulka 12 – Naměřené hodnoty pro mobilní drticí jednotku RESTA CH3.....	50
Tabulka 13 – Mobilní jednotky s jednovzpěrným čelist'ovým minidrtičem.....	51
Tabulka 14 – Mobilní jednotky s jednovzpěrným čelist'ovým středním drtičem.....	52
Tabulka 15 – Mobilní jednotky s jednovzpěrným čelist'ovým těžkým drtičem	52
Tabulka 16 – Mobilní jednotky s odrazovým středním drtičem	53
Tabulka 17 – Mobilní jednotky s odrazovým těžkým drtičem	53
Tabulka 18 – Návrh technologických linek v závislosti na výkonnosti drtiče	54
Tabulka 19 – Přehled výkonnosti rýpadel v závislosti na jejich velikostní kategorii	55
Tabulka 20 –Přehled výkonnosti nakladačů v závislosti na jejich velikostní kategorii s předpokládaným časem 35 s jednoho pracovního cyklu	55
Tabulka 21 – Přehled výkonnosti nakladačů v závislosti na jejich velikostní kategorii s předpokládaným časem 65 s jednoho pracovního cyklu	56

Seznam a význam zkratk

§ – paragraf

% – procenta

cca – přibližně

č. – číslo

max. – maximální

např. – například

resp. – respektive

Sb. – sbírka

s. r. o. – společnost s ručením omezeným

tzv. – takzvaný

Seznam a význam termínů

Adaptér – přídatné zařízení.

Demolice – odstraňování nepotřebných objektů.

Deponie – místo, kde se ukládá recyklovaný materiál.

Dopravník – zařízení zajišťující nepřetržitou dopravu materiálu.

Drtič – stroj k rozpojování tuhých materiálů.

Mobilita – schopnost pohybovat se.

Recyklace – opětovné využití stavebních nebo jiných odpadů.

Separace – proces při kterém jsou od sebe oddělovány materiály.

Separátor – zařízení k oddělování různých materiálů.

Suť – úlomky vzniklé rozbitím stavebních materiálů při demolici.