

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra vozidel a pozemní dopravy**



**Bakalářská práce**

**Stroje pro zemní práce**

**Jan Mottl**

© 2014 ČZU v Praze

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Technická fakulta

# **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Mottl Jan

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Stroje pro zemní práce**

Anglický název

**The groundworks machinery**

---

## **Cíle práce**

Analýza současné produkce strojů pro zemní práce, porovnání a posouzení technických parametrů a užitných vlastností, a posouzení změn a nových vývojových trendů.

## **Metodika**

Na základě shromážděných materiálů provést hodnocení z hlediska koncepčního, konstrukčního, energetického, environmentálního a posouzení předpokládaných vývojových trendů.

## **Osnova práce**

1. Úvod
2. Vzájemné účinky pracovních nástrojů a zeminy
3. Koncepční a konstrukční řešení strojů pro zemní práce
4. Charakteristika současné produkce
5. Předpokládaný vývoj a vize budoucnosti
6. Závěr

### **Rozsah textové části**

30 stran

### **Klíčová slova**

nakladač, rypadlo, dempr, dozer, grejdr, skrejpr, zhutňovací stroj

---

### **Doporučené zdroje informací**

Svoboda, J. Teorie dopravních prostředků-vozidla silniční a terénní. Praha: ČVUT, 2004. ISBN 80 01 03005 9.

Jeřábek, K.: Stroje a zařízení pro manipulaci. Praha: ČVUT, 1987.

Bauer, F. a kol.: Traktory. Vyd. Profi Press, Praha, 2006, ISBN 80 86726 15 0.

Jeřábek, K., Helebrant, F., Jurman, J., Voštová, V.: Stroje pro zemní práce, silniční stroje. VŠB TU, Ostrava, 1996, ISBN 80-7078-389-3.

Hudec, P. Motorové vozidlá III. Projektovanie vozidiel. Bratislava: SVŠT, 1989.

Vlk, F. Stavba motorových vozidel. Brno: Nakladatelství Vlk, 2003. ISBN 80 238 8757 2.

Vaněk, A.: Moderní strojní technika a technologie zemních prací. Vydavatelství AV ČR Academia Praha, 2003, ISBN 80-20-1045-9.

---

### **Vedoucí práce**

Dvořák František, Ing., CSc.

### **Termín zadání**

listopad 2012

### **Termín odevzdání**

duben 2013

---

Elektronicky schváleno dne 11.1.2012

**doc. Ing. Boleslav Kadleček, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25.1.2012

**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan fakulty

---

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci Stroje pro zemní práce jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 17.3.2014

---

## Poděkování

Děkuji panu Ing. Františku Dvořákovi, CSc. za odbornou radu a pomoc při zpracování mé bakalářské práce.

# Stroje pro zemní práce

---

## The groundworks machinery

### Souhrn

Práce je rozdělena do tří hlavních částí, první část se zabývá vzájemným působením nástrojů a zemin, dále vlastnostmi zemin a základními tvary pracovních nástrojů. Druhá část práce je věnována koncepčním a konstrukčním řešením jednotlivých strojů a přídatných zařízení. Kapitola charakteristika současné produkce uvádí vývoj trhu těchto strojů v posledních několika letech a změnu zákaznického zájmu v kategoričném zastoupení zemních strojů. V práci je také nastíněn předpokládaný vývoj, kterým se budou pravděpodobně tyto stroje inovovat v budoucích letech.

**Klíčová slova:** nakladač, rypadlo, dempr, dozer, grejdr, skrejpr, zhutňovací stroj

### Summary

The dissertation is divided into three main parts, the first part deals with mutual influence of tools and ground, characteristic of ground and basic shapes of tools. The second part is dedicated to conceptual and structural design of the machines and additional equipment. Chapter characteristic of current production shows the evolution of the market for such machines in the last few years and the change of customer interest in the categorical representation of groundworks machinery. The work also contains expected progression, which will probably upgrade these machines in the future.

**Keywords:** Loader, Excavator, Off-Highway Truck, Dozer, Grader, Scraper, Compaction machine

# Obsah

<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>2. CÍL PRÁCE A METODIKA.....</b>	<b>10</b>
2.1 CÍL PRÁCE.....	10
2.2 METODIKA .....	10
<b>3. VZÁJEMNÉ ÚČINKY PRACOVNÍCH NÁSTROJŮ A ZEMINY.....</b>	<b>11</b>
3.1 ROZPOJITELNOST HORNIN .....	11
3.2 VLASTNOSTI HORNIN .....	12
3.2.1 Zrnitost.....	12
3.2.2 Pórovitost.....	12
3.2.3 Propustnost.....	13
3.2.4 Vzlínavost.....	13
3.2.5 Měrná hmotnost .....	13
3.2.6 Objemová hmotnost .....	14
3.2.7 Vlhkost .....	14
3.2.8 Konzistence .....	15
3.2.9 Rozpustnost .....	15
3.2.10 Kypřitelnost.....	15
3.2.11 Smyková pevnost .....	16
3.3 ZPŮSOBY ROZPOJOVÁNÍ ZEMIN A JEJICH ENERGETICKÁ NÁROČNOST .....	17
3.4 ZÁKLADNÍ TVARY PRACOVNÍCH NÁSTROJŮ .....	17
<b>4. KONCEPČNÍ A KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ STROJŮ PRO ZEMNÍ PRÁCE.....</b>	<b>18</b>
4.1 PŘÍDAVNÁ PRACOVNÍ ZAŘÍZENÍ .....	18
4.1.1 Univerzální lopata.....	18
4.1.2 Drapák .....	18
4.1.3 Šnekový vrták.....	19
4.1.4 Hydraulické kladivo.....	19
4.2 LOPATOVÉ NAKLADAČE.....	20
4.2.1 Čelní kolové mini nakladače řízené smykem.....	20

4.2.2	Čelní kolové nakladače .....	21
4.2.3	Čelní pásové nakladače.....	22
4.2.4	Otočné nakladače .....	22
4.2.5	Speciální otočné nakladače.....	23
4.3	GREJDRY .....	24
4.4	SKREJPRY.....	25
4.4.1	Skrejpry jednomotorové.....	26
4.4.2	Skrejpry dvoumotorové.....	27
4.4.3	Skrejpr elevátorové .....	28
4.5	DEMPERY .....	29
4.6	RYPADLA.....	30
4.6.1	Rypadla kolová traktorového typu .....	31
4.6.2	Rypadla kolová a automobilní .....	32
4.6.3	Rypadla na pásovém podvozku .....	33
4.6.4	Rypadla příkopová .....	34
4.7	ZHUTŇOVACÍ STROJE .....	35
4.7.1	Zhutňování .....	35
4.7.2	Tandemové vibrační válce .....	36
<b>5.</b>	<b>CHARAKTERISTIKA SOUČASNÉ PRODUKCE.....</b>	<b>37</b>
5.1	VÝVOJ TRHU V OBORU STAVEBNÍCH STROJŮ .....	37
5.2	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KATEGORIÍ .....	38
<b>6.</b>	<b>PŘEDPOKLÁDANÝ VÝVOJ A VIZE BUDOUCNOSTI.....</b>	<b>39</b>
6.1	VOLVO PROJEKT SFINX.....	39
6.2	PRŮMYSLOVÝ DESIGN SPOLEČNOSTI CATERPILLAR .....	40
<b>7.</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>41</b>
<b>8.</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>42</b>
<b>9.</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A GRAFŮ .....</b>	<b>44</b>



# 1. Úvod

Historie strojů pro zemní práce se začíná psát v dobách starověkého Říma, což bylo v 8. století př. n. l., odkud jsou dochovány podrobné popisy primitivních mechanických rypadel. Již v dobách starověkého Říma byla potřeba přemísťování a zpracování zeminy tak vysoká, že pro zvýšení její efektivnosti byla mechanizace nezbytná a od této doby se stroje inovují dodnes.

Dalším velkým zlomem v dějinách byla pro zemní stroje období první a druhé světové války, kde u strojů byla ze všeho nejdůležitější efektivita a rychlost prováděných prací. Za války bylo strojů potřeba k výstavbě komunikací pro rychlé zásobování, hal a budov na výrobu zbraní a munice a také k tvorbě zákopů a opevnění. Tato historická fakta vedla k postupnému rozšíření a zdokonalení strojů do dnešní podoby. V dnešní době se žádná výstavba železnice, dálnice, hráze či jen obyčejného domu neobejde bez použití většinou několika zemních strojů. Kvůli rostoucí potřebě strojů roste i počet firem v tomto průmyslovém odvětví a tím i jejich vzájemná konkurence, která také pomáhá vývoji. Firmy se neustále snaží zlepšovat a inovovat své stroje pro lepší konkurenční schopnost a tím docílit lepšího postavení na trhu.

Hlavním využitím strojů pro zemní práce je zlehčení, zrychlení a v určitých případech i umožnění vykonat určité práce. Díky velmi rozdílným podmínkám, jako je terén (pod vodní hladinou, stísněné prostory, rozsáhlé plochy), nebo druhům požadované práce (těžba, zhutnění terénu či vyhloubení základů), kterým se stroje musí přizpůsobit se dají rozdělit na stroje univerzální a speciální. Mezi univerzální stroje patří například rypadlo-nakladač, který má relativně velký počet možných použití (rýpání, nakládání, přeprava a díky možnosti využití přídatných zařízení další práce jako je těžba kamene a další). Stroje speciální mají specifické využití na konkrétní druh práce, kde dosahují mnohem lepších výsledků než stroje univerzální, příkladem jsou skrejpry, konstruované na plošnou úpravu rozsáhlých ploch, kde z hlediska efektivnosti nemají konkurenci, přesto mají velmi omezené další možnosti využití.

V této práci se budu zabývat účinky a vlastnostmi zemin důležitých při konstrukcích strojů, dále kategorizací nejpoužívanějších typů strojů a jejich přídatných zařízení. Dalším cílem je ekonomické zhodnocení v posledních letech a vize budoucnosti.

## **2. Cíl práce a metodika**

V této kapitole budou konkretizovány cíle bakalářské práce a vybrána metodika, jakým způsobem budou data zpracována.

### **2.1 Cíl práce**

Cílem práce je analýza produkce strojů pro zemní práce, jejich rozdělení a jejich kategorizace. Dalším cílem je porovnání kategorií mezi sebou a porovnání rozdílných typů strojů ve vybraných kategoriích. Práce se bude zabývat posouzením technických parametrů jednotlivých strojů a užitečných vlastností, a posouzením změn a nových vývojových trendů.

### **2.2 Metodika**

Na základě shromážděných materiálů k jednotlivým strojům, kde primárním informačním zdrojem byla doporučená knižní literatura a sekundárním internetové zdroje, je proveden rozbor a hodnocení z hlediska koncepčního, konstrukčního, energetického, environmentálního a posouzení předpokládaných vývojových trendů.

## 3. Vzájemné účinky pracovních nástrojů a zeminy

Pojem hornina zahrnuje zeminy i horniny, při použití názvu zemina je uvažováno o materiálu neobsahující horninu. Každá hornina má své technologické vlastnosti, které jsou soudružnost hornin, rozpojitelnost a třídění hornin, objemy a objemové hmotnosti a nakypření hornin. Podle soudržnosti lze horniny rozdělit na soudržné a nesoudržné. Soudržné horniny se vyznačují střední a vysokou plasticitou a patří mezi ně jíl, slín, mokrá hlína a další. Nesoudržné horniny jsou písek, šterkové zeminy a ostatní materiály s nízkou plasticitou.<sup>1</sup>

### 3.1 Rozpojitelnost hornin

Z hlediska rozpojitelnosti se dříve horniny dělili do sedmi tříd podle již neplatné normy ČSN 733050, která přestala platit 1.3.2010 a byla nahrazena normou ČSN 73 6133, která rozděluje horniny do tří tříd podle těžitelnosti, a to na:

- TŘÍDA I. Těžba je prováděna běžnými výkopovými mechanismy
- TŘÍDA II. Pro těžbu a rozpojování horniny je nutné použít speciální rozpojovací mechanismy (rozrývače, skalní lžíce, kladiva)
- TŘÍDA III. K rozpojování je nutné použít trhací práce

---

<sup>1</sup> VANĚK, A. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, s. 11-12

## 3.2 Vlastnosti hornin

Vlastnosti hornin jsou ovlivňovány mnoha vnějšími faktory, jako je vlhkost, teplota, eroze a další, jsou nezbytně nutné pro výpočty při konstrukci zemních strojů.

### 3.2.1 Zrnitost

Zrnitost (granulometrické složení) je základní vyhodnocovací vlastnosti nesoudržných i soudržných hornin, podle této vlastnosti se rozhoduje o zařazení horniny (tabulka 1.). Zrnitost hornin má přímý vliv na jejich zpracovatelnost a jejich další mechanické vlastnosti.<sup>2</sup>

Tabulka 1 Označení zrn podle ČSN 72 1002

Velikost zrn (mm)	Označení (název)	
Menší než: 0,002	Jíl, slín	
0,002 - 0,063	Prach	
0,063 - 0,250	písek	jemný
250 - 1		střední
1 - 2		hrubý
2 - 8	štěrk	drobný
8 - 32		střední
32 - 128		Hrubý
128 - 256	Kameny	
Větší než: 256	Balvany	

zdroj: Celjak, I.: Stroje pro zemní práce, Ediční středisko ZF JU, 2004, s 5

### 3.2.2 Pórovitost

Pórovitost je v praxi měřítkem ulehlosti hornin, čím je hornina ulehlejší, tím je pórovitost menší. Má vliv na další vlastnosti, jako je objemová hmotnost, stabilita, nasákavost, filtrační schopnosti a mrazuvzdornost hornin. Při těžbě se horniny nakypřují a tím se pórovitost zvětšuje. Dále je závislá na vzniku horniny a na velikosti zrn, čím má hornina větší zrna tím větší pórovitost, neboť malá zrna lépe vyplňují mezery.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Celjak, I.: Stroje pro zemní práce, Ediční středisko ZF JU, 2004, s 5-6.

Pórovitost určuje poměr objemu pórů  $V_p$  k celkovému poměru  $V$ , vzorcem vyjádřeno:

$$n = \frac{V_p}{V} \cdot 100 [\%]$$

Často se při hodnocení pórovitosti využívá tzv. číslo pórovitosti  $e$ , které udává poměr objemu pórů  $V_p$  k objemu sušiny  $V_s$ , tedy:<sup>3</sup>

$$e = \frac{V_p}{V_s} \quad , kde \quad V_s = V - V_p$$

### 3.2.3 Propustnost

Propustnost je vlastností závisející především na velikosti zrn a na pórovitosti, čím více kapilárních pórů hornina obsahuje, tím se propustnost snižuje a naopak. Jednu z nejlepších propustností mají písčité horniny, dobře propouští vodu, a proto se využívají jako horní, krycí vrstvy protože nezamrzají.<sup>3</sup>

### 3.2.4 Vztlínavost

Jedná se o pohyb vody v hornině, vztlínavost představuje pohyb spodní vody směrem k povrchu. Závisí na množství kapilárních pórů - menší póry vedou k větší vztlínavosti.

Pórovitost, propustnost a vztlínavost spolu vzájemně souvisí, v praxi se tyto vlastnosti využívají s ohledem na mrazuvzdornost hornin.<sup>3</sup>

### 3.2.5 Měrná hmotnost

Měrná hmotnost (hustota) je poměr hmotnosti pevných částic horniny vysušené při teplotě 100 - 110°C do hmotnosti  $m_s$  k jejich objemu  $V_s$ . Voda, která je pevně vázaná k zrnům a zůstane i po vysušení, se počítá za součást horniny.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Celjak, I.: Stroje pro zemní práce, Ediční středisko ZF JU, 2004, s 6-7.

### 3.2.6 Objemová hmotnost

Objemová hmotnost je hmotnost počítající s hmotností samotné horniny i s vzduchem či vodou, kterou jsou vyplněny póry. V praxi se nejvíce využívá objemová hmotnost v přirozeném stavu při navrhování výkonnosti zemních strojů a při dimenzování strojů pro její přepravu.<sup>4</sup>

### 3.2.7 Vlhkost

Vlhkostí se rozumí množství vody v hornině, které lze odstranit vysoušením. Vyjadřuje se poměrem hmotnosti vody k hmotnosti vysušené horniny v procentech vztahem:

$$W = \frac{m - m_s}{m_s} \cdot 100 [\%]$$

kde  $m$  - hmotnost vlhké horniny v kg  
 $m_s$  - hmotnost vysušené horniny v kg

Při výpočtu vlhkosti u písčité horniny se vlhkost vyjadřuje stupněm nasycení  $S_r$ , který je dán vztahem:

$$S_r = \frac{V_v}{V - V_s} = \frac{V_v}{V_p}$$

Stupeň nasycení $S_r = 1$ - vodou nasycený písek	$V$ - celkový objem vzorku
0,8 - velmi vlhký písek	$V_v$ - objem vlhké horniny
0,25 - 0,8 - vlhký písek	$V_s$ - objem sušiny
0,25 - zavlhlý písek	$V_p$ - objem pórů
0,02 - suchý písek	

Vlhkost má na různé horniny a na jejich vlastnosti různé vlivy, přičemž :

- Sypkým horninám se s rostoucí vlhkostí zvětšuje objem s hmotností a ztrácí své sypké vlastnosti, hůře se přepravují.
- Soudržným horninám se snižuje pevnost a tím i odpor při rozpojování, ale zároveň se zvětšuje jejich lepivost.
- Tvrdým horninám se zmenšuje pevnost v tlaku z důsledku zmenšení tření na jejich vrstevnatých plochách.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Celjak, I.: Stroje pro zemní práce, Ediční středisko ZF JU, 2004, s 7-8.

### 3.2.8 Konzistence

Konzistence závisí na vlhkosti a představuje soudružnost mezi jednotlivými částicemi horniny. Konzistence je v závislosti na vodě v různých konzistenčních stavech. Stav tvrdý a pevný odděluje mez smržitelnosti  $W_s$ , stav pevný a plastický mez plasticity (vláčnosti)  $W_p$  a stav plastický a tekutý mez tekutosti  $W_L$ .<sup>5</sup>

Ukazatel konzistence  $I_C$  je vyjádřen:

$$I_C = \frac{W_L - W}{W_L - W_P} = \frac{W_L - W}{I_P}$$

$I_P = W_L - W_P$  je index plasticity

$W$  = vlhkost horniny

### 3.2.9 Rozpustnost

Rozpustnost je vlastnost hornin odolávat proudu vody, rozpouštění a odplavování hornin nastává při určité rychlosti proudění vody v závislosti na hornině. U hlinitých hornin se odplavování projevuje při rychlostech větších než  $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Rozpustnost je hlavní vlastností využívající se při hydrodobývání.<sup>5</sup>

### 3.2.10 Kypřitelnost

Při těžbě neboli při rozpojování hornin vždy dochází k zvyšování jejich původního objemu. V praxi se používá součinitel nakypření  $k_u$ , který vyjadřuje poměr objemu rozpojené horniny k původnímu objemu. Součinitel nakypření závisí na druhu horniny, ale i na způsobu těžby. Průměrná hodnota součinitele se pohybuje v rozmezí 1,1 až 1,5.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Celjak, I.: Stroje pro zemní práce, Ediční středisko ZF JU, 2004, s 8-9.

### 3.2.11 Smyková pevnost

Smyková pevnost je při mechanickém rozpojování horniny například při působení pracovního nože nebo břitu na horninu, nuž v hornině vyvolává prostorový stav napětí, který se působením nože zvětšuje, až docílí mezní hodnoty pevnosti a v tom okamžiku dojde k usmýknutí odřezávané třísky. Smyková pevnost je rozdílná u hornin soudržných a nesoudržných. U nesoudržných hornin, jako je písek, štěrk a další je hlavním zdrojem pevnosti ve smyku jejich tření mezi zrny, které je dáno úhel vnitřního tření horniny  $\varphi_1$  viz tabulka 2.<sup>6</sup>

Tab. 2 Průměrné hodnoty úhlů vnitřního tření  $\varphi_1$  nesoudržných hornin

Popis horniny	Nakypřený stav	Ulehlý stav
Jemné písky s oblémi zrny	28°	35°
Písky různorodé	32°	40°
Písky různorodé ostrohranné	35°	45°
Štěrk	35°	50°

zdroj : Celjak, I.: Stroje pro zemní práce, Ediční středisko ZF JU, 2004, s 10

Pevnost ve smyku u nesoudržných hornin se vypočte pomocí Coulombovy rovnice:

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \quad [Pa]$$

$\sigma$  - zatížení působící na plochu porušení

$\varphi_1$  - úhel vnitřního tření horniny

$c$  - soudružnost horniny (koheze)

U soudržných hornin je pevnost určena součinitelem vnitřního tření  $f_1$  spolu s kohezí  $c$  a dána rovnicí:

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + c = \sigma \cdot f_1 + c \quad [Pa]$$

$f_1$  - součinitel vnitřního tření

$c$  - koheze - soudružnost horniny

<sup>6</sup> Celjak, I.: Stroje pro zemní práce, Ediční středisko ZF JU, 2004, s 9-10.



### 3.3 Způsoby rozpojování zemin a jejich energetická náročnost

Rozpojování zemin je proveditelné několika způsoby:

- a) Mechanické rozpojování, které využívá klíny, nože nebo nádoby a dochází zde k bezprostřednímu působení pracovního nástroje na zeminu a k narušení její soudržnosti při překročení mezních napětí ve smyku, tato těžba se využívá u 80-85% těžby zemin.
- b) Hydraulický způsob, kdy se k dobývání ( hydrodobývání ) využívá kinetická energie vodního proudu, tímto způsobem se těží 7- 8 % zemin.
- c) Explosivní způsob, který je založen na přetlaku plynu vzniklého explozivním hořením výbušných látek, tato metoda se používá z 1 až 3 %.
- d) Další způsoby (fyzikální, chemický, laserový) jsou ve stadiu zkoušek a jejich praktické využití je minimální.

Z energetického hlediska, které se běžně udává - jako vynaložená energie na 1 m<sup>3</sup> vytěžené zeminy je nejvýhodnější mechanický působ, který je také nejrozšířenější a u něj se energie potřebná na 1m<sup>3</sup> pohybuje v rozmezí 0,05 až 0,3 kWh.m<sup>-3</sup>, od lehčích k těžším zeminám. U způsobu hydraulického - kde se pracuje s tlaky mezi 0,6 až 1 MPa je energetická náročnost 0,2 až 4 kWh.m<sup>-3</sup>. U použití explozivní metody je spotřeba energie 0,8 až 1,1 kWh.m<sup>3</sup>.<sup>7</sup>

### 3.4 Základní tvary pracovních nástrojů

Pracovním nástrojem je nazývána část těžicího stroje, která bezprostředně přichází do styku a působí na zeminu a rozpojuje ji. Při navrhování pracovních nástrojů se bere největší zřetel na co nejmenší spotřebu energie a na co největší životnost nástroje. Tvar je závislý na koncepci stroje a na způsobu práce, která s ním bude vykonávána. Nástroje mají tvary zubů, přímého nebo nepřímého nože, radlice, lopaty, korby apod. Základní tvar nástroje na rozpojování zeminy je vodorovný a svislý nůž. Silové účinky mezi nástrojem a zeminou jsou nutné při navrhování a dimenzování jak nástroje, tak na stabilitu celého stroje, aby se zabránilo převržení či jinému selhání.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> JEŘÁBEK, Karel. *Stroje pro zemní práce: Silniční stroje*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 1995/1996, s. 27-28.

## 4. Koncepční a konstrukční řešení strojů pro zemní práce

### 4.1 Přídavná pracovní zařízení

Jedná se o zařízení, která rozšiřují nebo umožňují použití zemních strojů pro jiné pracovní úkony, než byly navrženy, zvyšuje se univerzálnost těchto strojů.

#### 4.1.1 Univerzální lopata

Lopaty jsou u nakladačů nejběžnějším pracovním nástrojem a vyrábí se v různých provedení pro různé práce s odlišnými materiály. Na obrázku 1 jsou vidět rozdílná provedení několika druhů pracovních lopat

Obr. 1 Zubová lopata, podkopová lopata, čistící příkopová lopata



zdroj: *Přídavná zařízení* [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://www.agrotecservis.cz/pridavna-zarizeni>

#### 4.1.2 Drapák

Drapáky se používají se jako přídavná zařízení k hydraulickým rypadlům a využívají se pro překládání zeminy, šterků, písků a různých břemen, mezi které patří kameny, betonové bloky a další stavební materiály. Mají různé provedení jak je patrné z obrázku 2.

Obr. 2 Drapák na dřevo, čelistový drapák, polypový drapák



zdroj: SCHNEIDER, Jiří. *Davon s.r.o. - dvacet let zkušeností je zárukou kvality* [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://stavebni-technika.cz/clanky/davon-sro-dvacet-let-zkusenosti-je-zarukou-kvality/>

### 4.1.3 Šnekový vrták

Zařízení slouží k vrtání důlku do soudržné půdy bez větších částí hornin. Využívá se při sázení stromů, hloubení děr pro pouliční osvětlení, při stavbě plotových sloupků a dalších. Jeho základní část tvoří ocelový plech ve tvaru šroubovice viz obr 3.

Obr. 3 Šnekový vrták připevněn na čelním kolovém nakladači



zdroj: *Zemní vrták* [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z:

[http://bagry.cz/cze/forum/pridavna\\_zarizeni\\_a\\_prislusenstvi/vrtak\\_do\\_zeme\\_na\\_traktobagr](http://bagry.cz/cze/forum/pridavna_zarizeni_a_prislusenstvi/vrtak_do_zeme_na_traktobagr)

### 4.1.4 Hydraulické kladivo

Zařízení určená pro demoliční práce, které se využívá u dobývání kamene viz obr. 4, stavby tunelů, výkopové práce a při zakládání staveb. Rozdělují se do tří řad na lehkou (92-360 kg), střední (550-1600 kg), a těžkou (2200-4200 kg).

Obr. 4 Hydraulické kladivo na pásovém nakladači při dobývání kamene



zdroj: *Hydraulické kladivo* [online]. [cit. 2014-03-19]. Dostupné z:

[http://image.ec21.com/image/komac9696/OF0000213782\\_1/KOMAC\\_Hydraulic\\_Hammer\\_Hydraulic\\_Rock.jpg](http://image.ec21.com/image/komac9696/OF0000213782_1/KOMAC_Hydraulic_Hammer_Hydraulic_Rock.jpg)

## 4.2 Lopatové nakladače

Lopatové nakladače se využívají k nakládání sypkých a kusovitých materiálů, pracují cyklicky a jsou mobilní. Při práci s lehčími horninami se dají použít k těžbě i k transportu. Při práci nakladače využívají trakční sílu, kterou získávají při najíždění a rypnou sílu, kterou vytváří hydraulický mechanismus. Základní rozdělení nakladačů je podle druhu podvozku, a to na kolové a pásové, další členění nakladačů je podle pracovního mechanismu na nakladače čelní, otočné a teleskopické. Pohon nakladačů je z velké většiny hydrodynamický s přenosem výkonu na všechny čtyři kola, která jsou současně i řízená. Základním parametrem nakladačů je nosnost a objem lopaty.<sup>8</sup>

### 4.2.1 Čelní kolové mini nakladače řízené smykem

Mini nakladače (obr. 5) jsou malé čelní lopatové nakladače s provozní hmotností do 6 tun, objemu základní lopaty 0,1 - 0,8 m<sup>3</sup> a nosností 250 - 1900 kg, jsou to univerzální stroje s velkým počtem pracovního zařízení, které se upíná pomocí rychlospojkek. Využívají hydrostatický tlak vytváření spalovacím motorem pro pojezd i pro pracovní zařízení. Každá strana kol má samostatný hydrostatický převodník, hydrogenerátor a hydromotor, tímto je umožněno nezávislé otáčení levé či pravé strany.<sup>9</sup>

Obr. 5 Čelní kolový mini nakladač firmy Golem.



zdroj: *Mininakladač* [online]. [cit. 2014-03-19]. Dostupné z:

[http://www.agroseznam.cz/images\\_inzeraty/30787\\_3.jpg](http://www.agroseznam.cz/images_inzeraty/30787_3.jpg)

<sup>8</sup> VANĚK, A. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, s. 349-352.

<sup>9</sup> VANĚK, A. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, s. 352-358.

## 4.2.2 Čelní kolové nakladače

Čelní kolové nakladače jsou hned po lopatových rypadlech nejrozšířenější stroje používané ve stavebnictví, zemědělství i v jiných průmyslových oborech. Hlavní části ovlivňující funkčnost a použitelnost je pohon a způsob řízení traktorového nosiče, pracovní zařízení a elektronika. Pohony se vyrábí hydrostatické nebo hydrodynamické. Nakladače musí být mobilní a schopné manévrovat při malém poloměru otáčení. Používá se několik druhů řízení:

- 1) Řízení děleným kloubovým rámem, které je nejpoužívanější a při zatáčení zadní kola sledují stopu zadních kol, což snižuje jízdní odpor, zadní náprava je kyvná.
- 2) Nápravové, které je podobné provedení u nákladních automobilů s tuhým jednodílným rámem, řízení je prováděné zadní nápravou, ale kola vytváří čtyři stopy, což působí v terénu větší odpor a ve srovnání s kloubovým řízením má o 30% větší poloměr otáčení a z těchto důvodů se téměř nepoužívá.
- 3) Řízení všech kol, u tohoto druhu řízení je mechanismus řízení relativně komplikovanější, každé kolo lze různě natočit o 35-45° a tím se značně zmenšuje poloměr otáčení.
- 4) Stereo řízení, které zavedla firma Liebherr v roce 1995 kombinuje kloubové rámové řízení s natáčením zadních kol.
- 5) Rozdílný hydrostatický náhon zadních kol, který se využívá u mini nakladačů.<sup>10</sup>

Obr. 6 Čelní kolový nakladač firmy Komatsu



zdroj: Čelní kolový nakladač [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://www.kuhnmt.cz/typo3temp/pics/d11977c7f1.jpg>

<sup>10</sup> VANĚK, A. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, s. 358-363.

### 4.2.3 Čelní pásové nakladače

Čelní pásové nakladače (viz obr. 7) jsou využívány tam, kde není z terénních podmínek možné použití kolových nakladačů. Pohony pásových nakladačů mají dva druhy provedení, a to hydro-dynamický a hydrostatický, který převládá v posledních letech. Použité lopaty závisí na druhu nabíraného materiálu. Bezzubé lopaty pro lehké a sypké materiály, zubové lopaty s vyztuženým dnem pro těžké materiály a plošné tažení, zubové s rovnými zuby pro nakládání lomového kamene, bezzubé s šípovým břitem pro těžké materiály a roštové lopaty pro náklad šterku a mokrých materiálů. Oproti kolovým nakladačům mají pásové podvozky lepší adhezní podmínky, to umožňuje vyvinout větší rypnou sílu a nakládat zeminu i z rostlého stavu. Díky tomu mohou ve značné míře nahradit buldozery, oproti kterým zeminu pouze nehrnou, ale mohou ji přepravovat i nakládat.<sup>11</sup>

Obr. 7 Částečný řez čelního pásového nakladače firmy Caterpillar



zdroj: *Pásový nakladač* [online]. [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: [http://1.bp.blogspot.com/-iJQMbt-mQKU/UeWsIRM\\_OxI/AAAAAAAAA3Y/ES3xdwreI90/s1600/953C-3.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-iJQMbt-mQKU/UeWsIRM_OxI/AAAAAAAAA3Y/ES3xdwreI90/s1600/953C-3.jpg)

### 4.2.4 Otočné nakladače

Otočné nakladače se vyznačují možností natáčení výložníku s lopatou či jiným pracovním nářadím, možnost natočení je o 90° na každou stranu. Nakladač má tři části, zadní část, na které se nachází příčně uložený motor s hydraulickými agregáty, chladičem, kompresorem a protizávažím. Na střední části rámu je kabina pro obsluhu stroje, nádrž, převodové ústrojí a pojezdový hydromotor. Na přední části, která je zobrazena na obrázku 8, se nachází otočně namontované pracovní zařízení, ke kterému se připínají pracovní nástroje

<sup>11</sup> VANĚK, A. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, s. 379-383.

rychloupínačem. Při práci je důležitá stabilita stroje, kterou zajišťuje zadní náprava, nakladač je schopen nabírat pouze v podélném směru, při natočení na bok se vykyvuje zadní náprava a snižuje stabilita stroje. Tento problém řeší stabilizační zařízení, které zamezí výkyvu nápravy. Otočné nakladače jsou univerzální stroje s určením pro nakládku sypkých materiálů, manipulaci kusových materiálů, pro plošnou nebo hloubkovou těžbu zemin a dále je tu možnost upevnit různá zařízení jako hydraulické kladivo, půdní šnekový vrták a různé další druhy komunálního zařízení. Mezi hlavní výhody těchto nakladačů patří snadný a rychlý způsob nakládky, díky otočnému rameni mohou pracovat ve stísněných prostorech, jsou velice mobilní díky své univerzálnosti různých stavebních a manipulačních prací. Mezi nevýhody při porovnání s čelnými nakladači patří menší rypná síla, nosnost lopat a stabilizace. Tyto nakladače se spíše používají pro nakládku než pro těžbu zeminy. Díky své univerzálnosti jsou otočné nakladače rozšířeny téměř do všech odvětví národního hospodářství, stavebnictví, zemědělství, lesnictví, komunálních služeb a do průmyslu.<sup>12</sup>

Obr. 8 Otočný nakladač firmy Paus při nakládce



zdroj: *Otočný nakladač* [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://www.kobitsz.cz/foto/xf00822.jpg>

#### 4.2.5 Speciální otočné nakladače

Speciální nakladače jsou kategorií, kam patří stroje, které se konstrukčně liší oproti uvedeným kolovým otočným nakladačům, vyrábějí se v malých sériích a patří sem například otočné nakladače na pásovém podvozku nebo otočný lopatový nakladač na speciálním kolovém podvozku, který je určen pro nejtěžší nakládací skalní práce.<sup>13</sup>

<sup>12</sup> VANĚK, A. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, s. 383-392.

<sup>13</sup> VANĚK, A. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, s. 392-393.

## 4.3 Grejdry

Grejdry jsou univerzální traktorové stroje s kolovým podvozkem o velikém rozvoru, většina jich je v třínápravovém provedení (1 x 2 x 3), což značí 1 řízená osa, 2 poháněné osy a 3 označuje počet všech os, říditelná je pouze přední náprava. Hlavní využití grejdrů je u zemních stavebních prací zejména na plošných stavbách, grejdry jsou určeny pro plošný přesun zemin a dokončovací zemní práce. Grejdry mají také velké uplatnění při zimní údržbě silniční sítě, a to hlavně díky velkému počtu přídavných zařízení, jako jsou rozrývací trny či dozerová radlice. Základem stroje je ocelový svařovaný skříňový nebo trubkový rám, který je uložen pomocí kloubu na přední výkyvné nápravě a na hnací tandemové nápravě. Rozložení váhy je v poměru 40% hmotnosti stroje na přední nápravě a 60% na zadní popřípadě na zadních nápravách. Hlavním pracovním nástrojem grejdrů je radlice, která je umístěná díky velkému rozvoru mezi přední a zadní nápravou, jak je patrné z obrázku 9. Radlice je uchycena na věnci a pomocí hydromotoru je s ní možné otáčet o 360°. Oproti buldozeru je díky velkému rozvoru a uchycení radlice vysoká přesnost manipulace jak uprostřed, tak i mimo stroj. Nevýhodou velkého rozvoru je horší manévrovatelnost a velký poloměr otáčení. Pro zajištění lepší stability při práci je možnost vychýlení předních kol o 12 - 18°, toto vychýlení se provádí hydraulicky z místa řízení. Vychýlením kol se vyrovnávají síly, které vytváří radlice v záběru, kola vždy musí směřovat proti záběru radlice, jak je patrné z obr. 9, a tím dorovnávat síly vytvářené odporem zeminy na radlici. Grejdry se dělí do čtyř tříd, a to podle hmotnosti a výkonnosti motoru. Mezi hlavní druhy práce vykonávané grejdry patří:

1. Shrnutí, tím se rozumí odběr a přesun materiálu, při kterém radlice pracuje pod velkým sklonem v malém řezném úhlu.
2. Planýrovací (srovnávací) práce, tento druh práce se využívá při čištění a lehkém srovnání terénu například při odklizení sněhu z pozemní komunikace či při její stavbě. Při planýrování má radlice malý sklon pro co největší záběr a tím velký přesun materiálu. Touto technikou se připravují přesné plochy a podkladové vrstvy.
3. Rozprostírání materiálu, jako je štěrk, hlína, písek a podobně.
4. Svahovací práce je doménou grejdrů, protože žádný jiný stroj se po ekonomické stránce a výsledné kvalitě nemůže grejdrům vyrovnat. Svahost upravovaných ploch může být v rozmezí od 0 do 90°
5. Profilové čištění příkopů, které slouží buď k čištění, nebo zhotovení příkopů.



6. Promíchávání stavebních materiálů pro stabilizaci, což se využívá například při údržbě vozovek poškozených mrazy nebo při zvýšení únosnosti cest.
7. Další možnosti využití grejdrů jsou hlavně díky přídavným zařízením, jako je vibrační deska nebo hladké běhouny ke zhutňování chodníků a pod.<sup>14</sup>

Obr. 9 Grejdr firmy Volvo v záběru při průjezdu zatáčkou



zdroj: *Grejdr* [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z:

[http://www.maquinariastock.com/images/listings/20ee2112-1284831416-d\\_pic.jpg](http://www.maquinariastock.com/images/listings/20ee2112-1284831416-d_pic.jpg)

## 4.4 Skrejpry

Skrejpry tvoří soupravu složenou z jednoosého traktorového tahače a návěsné korby, zesponu otevíratelné a sklopné. Na spodní straně korby je ocelová lišta sloužící jako nůž, který rozpojuje zeminu po vrstvách od 10 do 40 cm. Jakmile je korba naplněna, otvor se uzavře a stroj převez zeminu na místo určení a rovnoměrně jí vyprázdí, skrejpry jsou určeny pro plošnou těžbu a odvoz zemin. Skrejpry se nejvíce hodí pro velké zemní práce, k přesunu zemin při stavbách železničních, silničních, vodních, letištních, při stavbě sídlišť a při práci na průmyslových komplexech.<sup>15</sup>

<sup>14</sup> VANĚK, A. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, s. 397-409.

<sup>15</sup> VANĚK, A. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, s. 411.

#### 4.4.1 Skrejpry jednomotorové

U těchto strojů je zadní rám tahače upraven k přenosu tažné síly na skrejprovou korbu která je připojena svislým čepem, který za pomoci dvou hydromotorů umožňuje vzájemné natáčení, podobně jako je tomu u lomených rámců nakladačů. Korba je hlavním pracovním ústrojím skrejpru a tvoří otevřenou nádobu, která lze pomocí hydromotorů zvedat nebo spouštět do záběru. Korba má dvě pohyblivá čela, přední, které se otvírá při nabírání a vyprazdňování, a uzavírá se při naplněné korbě pro přepravu. Dno korby má na přední části umístěnou řeznou lištu z manganové oceli, která tvoří plochý řezný nůž v celé šířce stroje.

Pracovní postup skrejpru začíná zvednutím předního uzávěru korby, který slouží k nabírání materiálu, poté se spustí přední část korby s řeznou lištou do záběru a lišta ukrajuje materiál, který se vrší na korbě. Jakmile navršíme korbu, přední uzávěr se zavře a hydromotory zvednou korbu zpět do transportní polohy a skrejpr je připraven na přepravu materiálu na určené místo vykládky. Dalším pracovním cyklem je vyprazdňování korby, které probíhá za polootevřeného předního uzávěru a při volnější jízdě. Nahromaděný materiál v přední části vypadává ven přes lištu a rozprostírá se na pojezdovou plochu, materiál v zadní části je vytlačen ven zadním posuvným členem ovládaným hydraulicky. Po úplném vyprázdnění korby se posuvný člen vrátí do původní polohy a skrejpr je připraven na zpětnou jízdu. Největší energetická náročnost je potřeba při nabírání materiálu, proto výkony těchto strojů jsou předimenzovány oproti výkonu potřebného na jízdu.<sup>16</sup>

Obr. 10 Jednomotorový skrejpr



zdroj: *Jednomotorový skrejpr* [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://heavyequipment.com/wp-content/uploads/06-01-8038.jpg>

<sup>16</sup> VANĚK, A. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, s. 412-414.

#### 4.4.2 Skrejpry dvoumotorové

Dvoumotorové skrejpry mají oproti jednomotorovým poháněné obě nápravy, jak přední traktorovou, tak i zadní skrejprovou (obr. 11) a tím se docílí, až dvojnásobku tažné síly stroje, která je využita hlavně pro těžbu. Mezi hlavní výhody oproti jednomotorovým patří větší akcelerace při rozjezdu, vyšší přepravní rychlost i ve špatném terénu, celková pohyblivost a možnost překonávání větší stoupavosti. Mezi nevýhody patří větší hmotnost o 10-30%, vyšší pořizovací cena a dražší náklady na provoz. Tyto skrejpry se používají na stavbách, kde jsou obtížné jízdní podmínky a příkré svahy. Ovládání motorů je buď společné, nebo lze nezávisle ovládat motor tahače a využívat druhý motor při těžbě či nedostačujícím výkonu motoru na traktorové části.<sup>17</sup>

Obr. 11 Dvoumotorový skrejpr značky Caterpillar



zdroj: *Dvoumotorový skrejpr* [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://www.p-z.cz/blob.php?idImage=45506&dbPrefixTable=katalog>

---

<sup>17</sup> VANĚK, A. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, s. 414-416.

### 4.4.3 Skrejpr elevátorové

Elevátorové skrejpry se od jednomotorových a dvoumotorových liší způsobem nabírání zeminy, místo nože umístěného na dně využívají elevátor umístěný na přední stěny korby viz obr. 12. Díky tomuto uspořádání se snižuje odpor při těžbě zeminy a její vnikání do korby, zároveň se zemina rozmělnuje, zmenšuje se i potřebná tažná síla. Elevátor je poháněn samostatným hydromotorem, u velkých skrejprů je pohon dieselektrickým nebo samostatným elektro-motorem. Hlavní výhodou je menší energetická náročnost na tažení, která činí 20-30%. Mezi další výhody patří stejnoměrné zatěžování motorů po celou dobu, lepší nakládka a vyplnění korby hlavně u sypkých materiálů, přesnost rozprostírání zeminy až  $\pm 1,5$  cm a mají možnost výměny hladké lišty za rozrývací nože, s nimiž je možné pracovat i v tvrdých zeminách. Mezi nevýhody elevátorových skrejprů patří neustálé opotřebování jeho částí, při práci v lepivém materiálu celý systém ztrácí svou funkci, vyšší cena o 25-30% a o 10-25% vyšší provozní náklady.<sup>18</sup>

Obr. 12 Elevátorový skrejpr při těžbě



zdroj: *Elevátorový skrejpr* [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: [http://stavebnitechnika.cz/obr/xlarge/2012\\_01\\_gulan\\_4.jpg](http://stavebnitechnika.cz/obr/xlarge/2012_01_gulan_4.jpg)

<sup>18</sup> VANĚK, A. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, s. 416-418.

## 4.5 Demperry

Demperry a terénní vozy slouží k přepravě vytěžené hornin, stavebních materiálů či živočišných směsí. Jedná se o stroj na kolovém podvozku s vlastním pohonem a otevřenou korbou, hlavní využití těchto strojů je v lomech, dolech a na velkostavbách jako jsou silnice nebo letištní plochy. Vyznačují se mohutností celého stroje a vysokým objemem korby, (běžně je to 15 m<sup>3</sup> zarovnaný objem, 25 m<sup>3</sup> navržený objem). Podvozek demprů je konstruován pro obtížné terénní podmínky a neupravené odvozní cesty. Demperry jsou určeny pro odvoz materiálu s malými náklady na tunu odvezeného materiálu.<sup>19</sup>

Základní dělení je do tří skupin:

- a) Demperry s tuhým rámem ve dvounápravovém provedení, s nosností až 200 tun i více.
- b) Terénní vozy s kloubovým rámem o nosnosti do 50 tun.
- c) Návěsy o nosnosti do 50 tun.

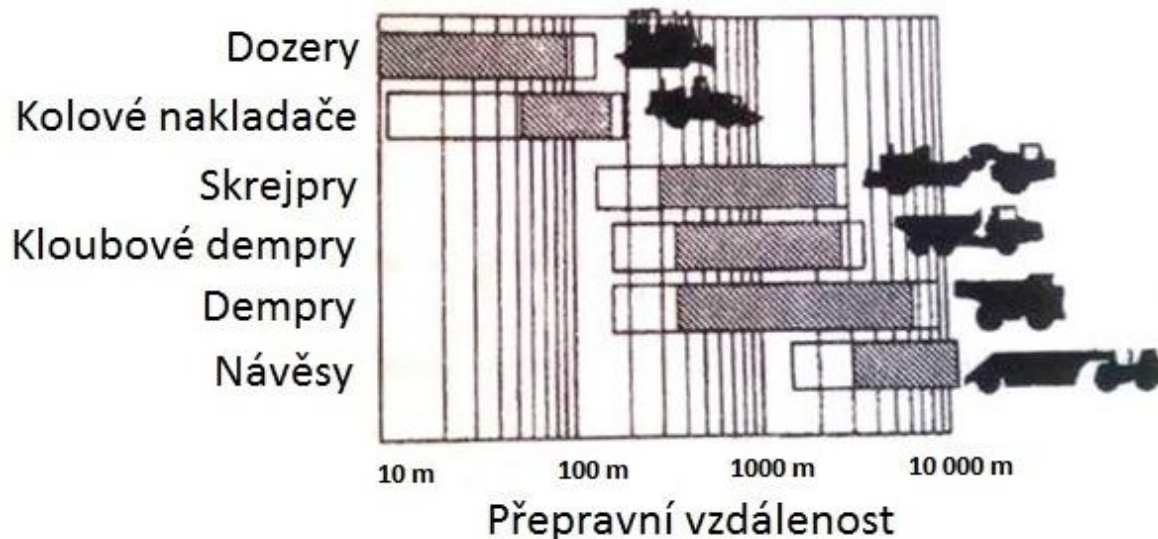
Jejich pohon je zajištěn vznětovým motorem s hydroměničem a mechanickou převodovkou řízenou pod zatížením. Všechny funkce demprů jsou elektronicky řízené a kontrolované, například elektronicky jsou sledovány otáčky motoru a podle nich řazené převodové stupně tak, aby stroj pracoval v optimálních režimech. Hlavní rozdíl mezi stroji tvořené pro těžbu a přepravu je v konstrukci podvozku, u strojů pro zemní práce jsou nápravy s rámem spojeny na tuho, a to na rozdíl od spojení, které je u přepravních zařízení odpruženo. Hlavním úkolem odpružení je dosažení plynulého pohybu po vozovkách a celkového zlepšení jízdních vlastností. Tento požadavek vyplývá z hlavní funkce demprů a terénních vozů, který je přeprava na větší vzdálenosti. Rozdíl je také patrný na pojzdových rychlostech strojů. Pojzdové rychlosti těžebních strojů s pneumatikami dosahují hodnot do 20 km/h, rychlosti zemních strojů pro těžbu a transport jako jsou skrejpry nebo kolové nakladače se průměrně pohybují rychlostí okolo 40 km/h a stroje určené pro přepravu dosahují na komunikacích rychlostí 60 km/h v terénu 30 km/h.<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> JEŘÁBEK, Karel. *Stroje pro zemní práce: Silniční stroje*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 1995/1996, s. 258-261.

Na následném grafu č. 1 je zobrazeno optimální použití jednotlivých prostředků v závislosti na přepravované vzdálenosti.

Graf 1 Zvolení optimálního typu stroje pro určitou přepravní vzdálenost



zdroj: JEŘÁBEK, Karel. *Stroje pro zemní práce: Silniční stroje*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 1995/1996, s. 261

## 4.6 Rypadla

Rypadla jsou nejrozšířenější stroje ve stavebnictví, pracují v cyklickém způsobem pomocí jednoho pracovního zařízení a mezi jejich hlavní práce patří rozpojování, dobývání, nabírání, nakládání a částečné přemísťování materiálu.<sup>20</sup>

Rypadla se dělí z několika hledisek, a to:

1. Podle konstrukčního provedení
  - a) Jednoúčelová - uzpůsobena pro určitou činnost.
  - b) Univerzální - která lze považovat za víceúčelová díky snadné změně pracovních nástrojů a tím použití pro různé práce.
  - c) Teleskopická - mají teleskopický výsuvný přímý nebo dělený výložník.
  - d) Rypadla s nakládací lopatou - jež jsou určena k nabírání a nakládání.
  - e) Tunelová - určená pro práce ve stísněných prostorech.

<sup>20</sup> VANĚK, A. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, s. 17.

2. Podle pohyblivosti stroje:
  - a) Samojízdné - mobilní rypadla s vlastním motorovým pohonem podvozku
  - b) Samohybné (kráčivé) - podvozek bez pohonu, pohyb pomocí ramene
  - c) Přípojné rypadlo - přepravuje se pomocí tahačů
  - d) Přívěsné rypadlo - část hmotnosti přenášena na tažné vozidlo

#### 4.6.1 Rypadla kolová traktorového typu

Rypadlo - nakladače jsou stroje, jejichž základ tvoří upravený kolový traktor, který má v přední části nakládací lopatu a v zadní části rypadlové zařízení s výložníkem, násadou a pracovním nástrojem. Obě části jsou s traktorem pevně spojeny a tvoří kompaktní stroj, jak je patrné z obr. 13. U traktorového nosiče je hlavním parametrem výkon motoru podle, kterého se dají rozdělit na malé stroje (30-40kW), střední (40-60kW) a velké stroje (60-75kW). Traktorové podvozky mají obvykle pevnou řídicí kabinu, ve výjimečných případech jsou kabiny s rypadlem otočné o 360°. Kabiny jsou vybaveny elektronicky regulační technikou a klimatizačními prvky, zajišťují nízkou hlučnost a téměř úplnou eliminaci otřesů pracovního sedadla strojníka. Kabiny mají ochranou konstrukci, která chrání obsluhu před padajícími předměty a před nebezpečím, které by mohlo vzniknout při převrácení stroje či po pádu spojeného se sesuvem půdy pod ním.<sup>21</sup>

Obr. 13 Rypadlo - nakladač firmy MST



zdroj: *Rypadlo - nakladač* [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z:  
<http://www.waymorava.cz/editor/filestore/File/rypadlonakladace/m542-01.jpg>

---

<sup>21</sup> VANĚK, A. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, s. 104-108.

## 4.6.2 Rypadla kolová a automobilní

Kolové podvozky rypadel mají speciální konstrukci lišící se od podvozků používaných u traktorových typů rypadel. Rám podvozku má oproti traktorovým typům pevnou a tuhou svařovanou skříňovou konstrukci, která je v těžkém terénu odolná proti zkrutu (viz obr. 14). Přední kyvná náprava je říditelná a k rámu podvozku připojená čepem.<sup>22</sup>

U běžné konstrukce je před přední nápravou umístěna pohyblivá dozerová radlice (obr. 14), která slouží k rozhrnování zeminy, čištění terénu a k stabilizaci podvozku při práci rypadla. Zadní náprava je tuhá, připojená k rámu společně s ovladatelnými podpěrami, které se používají při práci pro zlepšení stability celého stroje, při pracovním procesu rypadla nastává nežádoucí silová koncentrace na dvě nápravy s pneumatikami. Zatížení kol je při práci větší než hmotnost stroje o moment vznikající rypadlem a jeho činností.<sup>22</sup>

Obr. 14 Kolové rypadlo značky New Holland



zdroj: *Kolové rypadlo* [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: [http://www.eagrotec.cz/obrazky-soubory/nh\\_we190b-pro-8634c.jpg](http://www.eagrotec.cz/obrazky-soubory/nh_we190b-pro-8634c.jpg)

<sup>22</sup> VANĚK, A. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, s. 117-119.



### 4.6.3 Rypadla na pásovém podvozku

U rypadel s pásovými podvozky se hmotnost rozkládá na relativně velkou plochu, což umožňuje přenášet na půdu větší pojezdové síly než u kolových podvozků. Díky velkému rozložení hmotnostních sil vzniká malý měrný tlak na půdu i při velké hmotnosti. Mezi další výhody patří větší stabilita, vysoká průchodnost terénem, schopnost pohybu v neschůdném terénu a velká stoupavost. Tyto vlastnosti umožňují využití v terénu, ve kterém by práce s kolovým podvozkem nebyla možná. Mezi nevýhody patří větší hmotnost (pásový podvozek tvoří 30-40% celkové hmotnosti) a poloviční životnost oproti podvozku kolovému.<sup>23</sup>

Obr. 15 Pásové rypadlo značky New Holland



zdroj: *Pásové rypadlo* [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: [http://www.eagrotec.cz/obrazky-soubory/afh\\_1157-fea2c.jpg](http://www.eagrotec.cz/obrazky-soubory/afh_1157-fea2c.jpg)

---

<sup>23</sup> VANĚK, A. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, s. 145-146.

#### 4.6.4 Rypadla příkopová

Jsou stroje určené pro hloubení úzké drážky pro kladení kabelů, drenáží a potrubí všech druhů. Hlavním pracovním nástrojem rýhovačů je nekonečný článkový řetěz, který má přišroubované řezné nože. U velkých strojů mohou řetězky vytvářet drážku šířky 6-75 cm do hloubky 0,6 - 4 m.<sup>24</sup>

Rýhovače se dělí podle podvozku, na kterých jsou umístěny, a to následovně:

1. Ručně vedené rýhovače, což jsou samohybné stroje s mechanickým nebo hydrostatickým pohonem, řetězem vyhrnutá zemina je jednostranným šnekem vysouvána mimo drážku (viz obr. 16).
2. Rýhovače na kolových podvozcích které mají z velké většiny pohon hydrostatický s plynule měnitelnými rychlostmi. V přední části bývá umístěna dozerová radlice pro zahrnování rýh. Tyto stroje se kombinují s vibračním pluhem pro hloubkové pokládání kabelů.
3. Rýhovače na pásových podvozcích které se rozdělují na univerzální a jednoúčelové. Víceúčelové obsluhují více pracovních zařízení, jako je řetězový rýhovač, dozerová radlice nebo rypadlové zařízení s podkopovou lopatou. Jednoúčelové stroje se vyrábí přímo na jeden druh práce jako třeba pokládání podzemních potrubí nebo na ukládku kabelů.

Obr. 16 Ruční příkopové rypadlo značky Vermeer



zdroj: *Příkopové rypadlo* [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://www.zavlazujte.cz/images/ryhovac-vermeer-rtx-100-obrazek.jpg>

<sup>24</sup> VANĚK, A. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, s. 234-242.

## 4.7 Zhutňovací stroje

### 4.7.1 Zhutňování

Zhutňování (utužování) je technologický proces, kterým se pomocí statického nebo dynamického zatížení zvyšuje objemová hmotnost zeminy. Cílem zhutňování je:

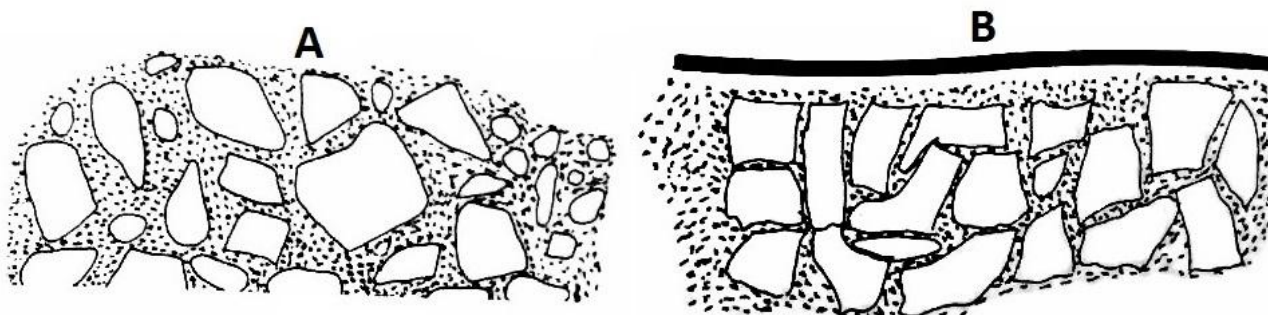
1. dosáhnout v zemině takových změn, aby konstrukce nepodléhala v dalším sedání;
2. zvýšit těsnost a nepropustnost zhutňované vrstvy;
3. zlepšit pevnost ve smyku, zmenšit tření mezi jednotlivými zrny apod.

V každé zemině je kostra z pevných částic (obr. 17), mezi kterými jsou dutiny vyplněné vzduchem a vodou. Při každém zatížení vzniká pružná a plastická deformace.

- Pružná deformace je jen krátkodobý jev, při zatížení se částice a prostor v zemině přizpůsobí nové tlakové síle, které je zemina vystavena, po ukončení jejího působení se deformace vrací do původní polohy, aby deformace byly trvalé, je nutné, aby tlak působil tak dlouho, aby se vyrovnal tlaku vzduchu.
- Plastická deformace nastává tehdy, když zemní částice se dostanu do těsnější vzájemné polohy na úkor vytlačeného vzduchu z pórů zeminy. Nikdy se však nepodaří ze soudržné s nepropustné zeminy vtlačit vzduch úplně, v jílech a hlínách zůstává 5 až 6% vzduchu.

Při zhutňování je hlavním úkolem překonávání koheze a vnitřního tření v zemině, vliv nepropustnosti, který zabraňuje vytlačení vody a plyných složek z dutin a překonání tlaku stlačených plynů a vzduchu v dutinách.<sup>25</sup>

Obr. 17 Skladba zeminy: A) před zhutněním, B) po zhutnění



zdroj: VANĚK, A. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, s. 421

<sup>25</sup> VANĚK, A. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, s. 421-422.

## 4.7.2 Tandemové vibrační válce

Tyto stroje patří mezi nejrozšířenější zhutňovací prostředky, protože mají relativně velký zhutňovací účinek v poměru při své malé hmotnosti, stroje se také snadno přizpůsobují půdním podmínkám. Z konstrukčního hlediska se válce dělí podle uspořádání běhounů následovně:<sup>26</sup>

1. Jedno běhounový vibrační válec se vyskytuje jen jako válec vedený.
2. Vibrační válec dvojité (Duplex) s oběma vibračními běhouny posazenými blízko sebe o malém rozvoru.
3. Vibrační válec dvojité čtyř běhounový se všemi vibračními běhouny o malém rozvoru.
4. Tandemové běhouny s velkým rozvorem - nejrozšířenější, oba běhouny vibrační s možností vypnutí vibrace.
5. Tandemové běhouny s možností přesazení běhounů na jednu či druhou stranu.
6. Tři běhounové vibrační válce, u nichž lze běhouny vzájemně posouvat a docílit buď mírného zhutnění po celé šíři, nebo koncentrovaného zhutnění v určité stopě.

Dále se z konstrukčního hlediska dají válce rozdělit podle uspořádání rámu :

1. Tuhé rámy mají na vertikální ose uchyceny otočně a zároveň kyvná obě běhouny, což umožňuje v nerovném terénu rovnoměrné zatížení zhutňované zeminy, s ohledem na viditelnost lze sedadlo obsluhy přemístit na levou či pravou stranu stroje.
2. Kloubové rámy, které se skládají ze dvou dílů uprostřed spojené kloubem, a tím je možné vychýlení o 30-40° na obě strany. Toto zařízení umožňuje oběma běhounům sledovat stejnou stopu v průběhu zatáčky, a tím docílit dobrého zhutnění.

Obr. 18 Vibrační tandemový válec s kloubovým rámem



zdroj: *Tandemový válec* [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z:

<http://www.norwit.cz/pronajem/img/l/tandemovy-valec-bw-100-ad.jpg>

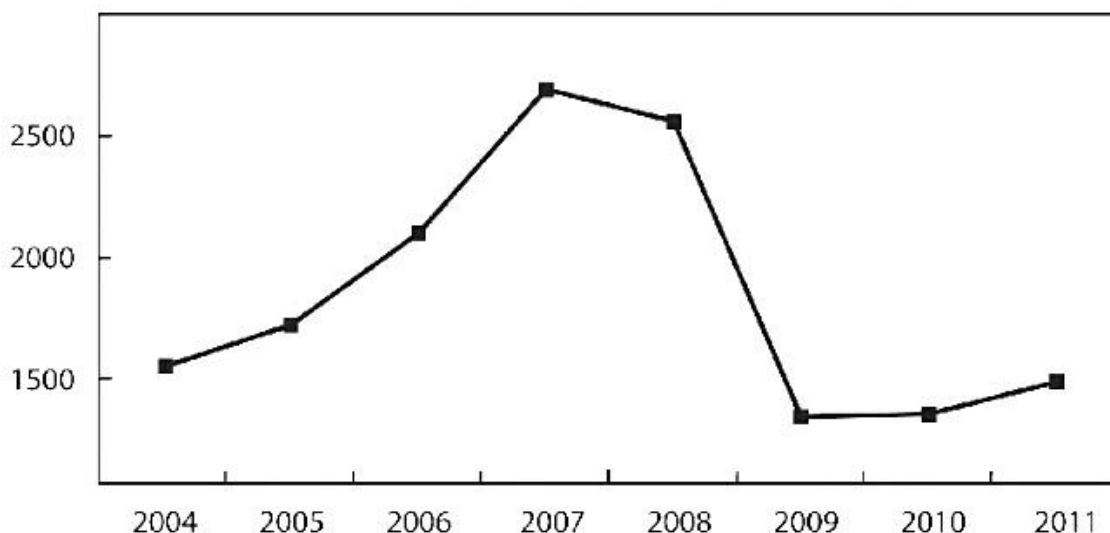
<sup>26</sup> VANĚK, A. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, s. 466-470.

## 5. Charakteristika současné produkce

### 5.1 Vývoj trhu v oboru stavebních strojů

Vývoj tuzemského stavebnictví byl v nejlepších letech v období 2004 až 2008, jak je vidět na grafu č. 2. V posledních letech vývoj pokračuje v sestupném trendu, který započal v roce 2009, stavební firmy ztrácejí zásobu práce a v nejbližší době změna s největší pravděpodobností ani nenastane. Poptávka po stavebních pracích klesla v řádu desítek procent, a to ve všech stavebních oborech.<sup>27</sup>

Graf 2 Počet prodaných stavebních strojů na tuzemském trhu v letech 2004 - 2011



zdroj: *Vývoj trhu v oboru stavebních strojů* [online]. 13.8.2012. 2012 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/vyvoj-trhu-v-oboru-stavebnich-stroju/>

Obdobně klesající trend je i v oblasti prodeje stavebních strojů jak v tuzemském, tak i v celoevropském měřítku. Pro tuto oblast byl neúspěšnější rok 2008, kdy se v Evropě prodalo přes 210 000 stavebních strojů, po tomto roce se prodeje meziročně propadly až o 80% v některých zemích. Česká republika nebyla výjimkou, v roce 2008 bylo prodáno přibližně 2700 nových stavebních strojů a následný rok pokles dosáhl téměř 50%. Přibližně na této úrovni se trh držel do roku 2012 a v posledních letech se prodeje ještě mírně zmenšily.<sup>27</sup>

<sup>27</sup> Silnice Železnice. [online]. [cit. 2014-03-14]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/vyvoj-trhu-v-oboru-stavebnich-stroju/>

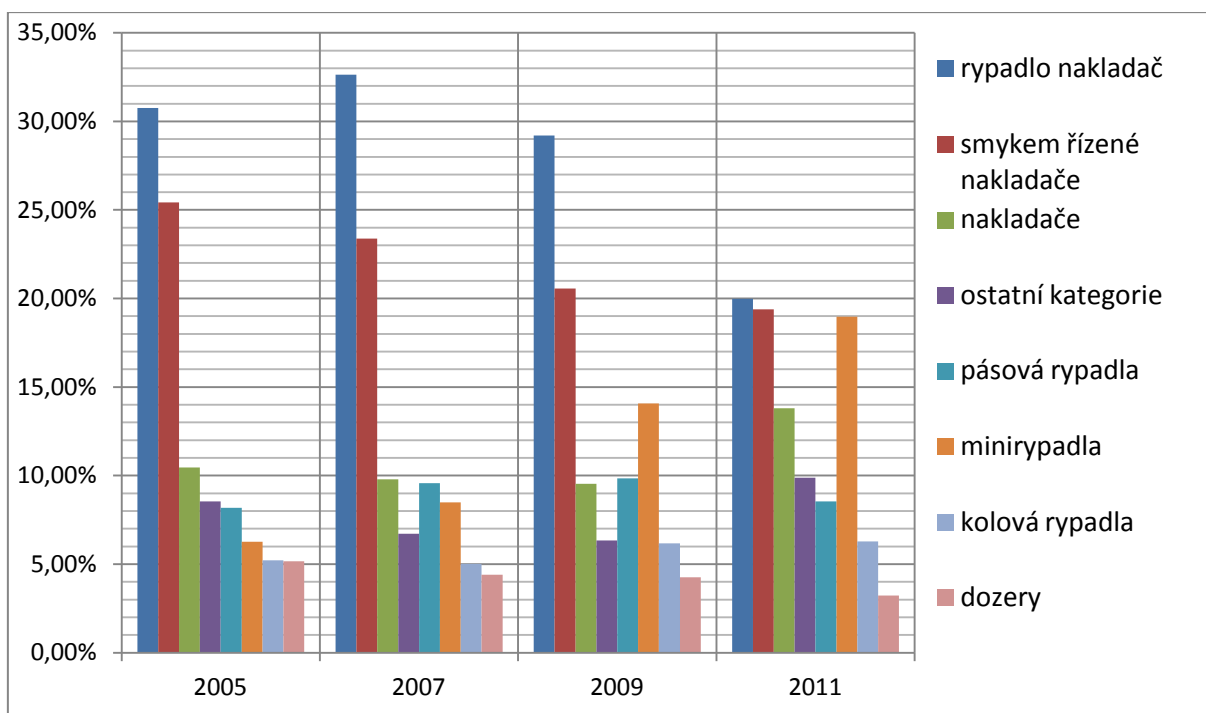
## 5.2 Ekonomické hodnocení jednotlivých kategorií

V případě porovnání tržního podílu jednotlivých kategorií, lze vyvodit závěr, že největší zájem ze strany zákazníků byl od roku 2004 o stroje na kolovém podvozku, které umožňují přesun po vlastní ose. Na rozdíl od jiných států patřících do Evropské unie byl v České republice největší zájem o kategorii rypadel-nakladačů, které tvořily přibližně třetinu celkového počtu prodaných strojů. Přesto však už byla zaznamenána určitá nasycenost tuzemského trhu a zvýšený zájem firem i o další strojní kategorie. Tržní podíl rypadlo-nakladačů tak poklesl z cca 33% v roce 2007 na necelých 20% v roce 2011 (viz graf 3).

Druhou nejprodávanější skupinou v posledních devíti letech jsou smykem řízené nakladače, svou pozici si udržují díky neustálému zlepšování užité hodnoty díky přídavnému pracovnímu zařízení a také svou roli hraje nízká pořizovací cena k poměru výkonu.

Z grafu 3 je také patrný výrazný vzestup kategorie minirypadel o hmotnosti do 6 tun, která se postupem času stala třetí nejprodávanější kategorií. Z původního 6% podílu v roce 2005 se dostala na téměř 19% podíl v roce 2011. Na tuzemském trhu se začínají využívat kombinace minirypadla a smykem řízeného nakladače, která má výrazně nižší náklady na provoz než použití univerzálního rypadlo-nakladače.<sup>28</sup>

Graf 3 Procentuelní zastoupení prodeje jednotlivých kategorií v ČR v celkovém prodeji



<sup>28</sup> Silnice Železnice. [online]. [cit. 2014-03-14]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/vyvoj-trhu-v-oboru-stavebnich-stroju/>

## 6. Předpokládaný vývoj a vize budoucnosti

### 6.1 Volvo projekt SfinX

Firma Volvo vytvořila model jak by se mohla změnit rypadla v průběhu dvaceti let. Projekt modelu se nazývá SfinX a na první pohled rypadlo vypadá spíše jako průzkumné vesmírné vozidlo s výložníkem než stavební stroj (viz obr. 19).

Naftový motor je na modelu nahrazen malým palivovým článkem, který vyrábí elektrickou energii a na místo zplodin produkuje pouze teplo a vodní páru. Je mnohem menší a tím šetří prostor a funguje jako aktivní protizávaží, což znamená, že se přesouvá dovnitř a ven v závislosti na zátěži výložníku. Na modelu jsou nahrazeny i typické hydraulické prvky klasických rypadel, designéři počítali s využitím elektrické energie i na ostatní části než jen na motor, elektrickým pohonem by ve velké míře měla být nahrazena samotná hydraulika celého stroje jak výložníku tak i pohonu všech čtyř pásů. Výložník je tvořen příhradovou konstrukcí, což snižuje jeho hmotnost a umožňuje lepší viditelnost z kabiny strojníka.

Model disponuje čtyřmi pásy, které výrazně zvyšují styčnou plochu s porovnání s klasickou konstrukcí obsahující dvojici pásů. Každý ze čtveřice pásů má nezávislé zavěšení, schopnost samostatně brzdit, otáčet se a zrychlovat. Tím se dosáhne většího pohodlí a přesnějšího ovládání. Asi nejvíce futuristickým prvkem tohoto modelu je nahrazení ložiska otočce mezi podvozkem a svrškem stroje elektromagnetickým polem, které má nulové tření a umožňuje rychlé otáčení nástavby. Kabina stroje se může pohybovat téměř všemi směry a může být i kompletně odpojena. Stroj bez kabiny by bylo možné ovládat na dálku, například v nebezpečném prostředí či při práci pod vodní hladinou.<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> HÁJEK, Ondřej. *Pásové rýpadlo Volvo SfinX - pohled do roku 2020* [online]. [cit. 2014-03-14]. Dostupné z: [http://bagry.cz/cze/clanky/recenze/pasove\\_rypadlo\\_volvo\\_sfinx\\_pohled\\_do\\_roku\\_2020](http://bagry.cz/cze/clanky/recenze/pasove_rypadlo_volvo_sfinx_pohled_do_roku_2020)

Obr. 19 Model projektu SfinX od firmy Volvo



zdroj: *SfinX* [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: [http://www.modelmotor.es/graficos/img\\_articulos/sfinx.jpg](http://www.modelmotor.es/graficos/img_articulos/sfinx.jpg)

## 6.2 Průmyslový design společnosti Caterpillar

V roce 2008 uvedla na trh společnost Caterpillar první elektricky poháněný dozer Cat D7E na světě. I když práce na tomto dozeru začaly už koncem devadesátých let minulého století, stroj je ukazatelem budoucího směřování designu a přináší nezanedbatelné výhody v porovnání s mechanickou převodovkou. O pět procent více přesunutého materiálu na litr paliva, o 10 až 30% nižší spotřeba za hodinu, o 50% nižší hlučnost a o 50% delší životnost hnací soupravy. Dříve se elektrického pohonu využívalo v železničních lokomotivách a v nedávné době v hybridních automobilech, ovšem využití tohoto pohonu v dozeru je velkým skokem. Dozer D7E má další inovace jako jsou laserem řezané plechy a ve vývoji je plně automatický stroj řízen dálkově.<sup>30</sup>

Obr. 20 Jeden z návrhů designu budoucích řad dozerů firmy Caterpillar



zdroj: *Tady začíná budoucnost* [online]. 2013 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://stavebni-technika.cz/clanky/tady-zacina-budoucnost/>

<sup>30</sup> *Tady začíná budoucnost: Ukáže nám pásový dozer Cat D7E cestu?* [online]. 2013 [cit. 2014-03-14]. Dostupné z: <http://stavebni-technika.cz/clanky/tady-zacina-budoucnost/>



## 7. Závěr

První část mé bakalářské práce je věnována problematice vzájemného působení zeminy a nástroje. V této kapitole jsem na začátku uvedl rozdělení zemin do tříd podle jejich vlastností, kterým jsem pak věnoval celý zbytek kapitoly. Vlastnosti zemin výrazně ovlivňují návrh, konstrukci a dimenzování stroje a jeho částí. U vybraných vlastností jsem uvedl základní matematické vztahy. Závěr kapitoly jsem věnoval dalším možnostem rozpojování zemin, například explozivnímu způsobu těžby, který nemá příliš časté využití, ale v některých případech je jeho využití nezbytné.

Další rozsáhlou část práce jsem věnoval koncepčnímu a konstrukčnímu řešení strojů, kde jsou stroje rozděleny do několika hlavních skupin a uvedl jsem stručnou zmínku o rozšiřujících zařízeních. Mezi hlavní skupiny strojů jsem uvedl lopatové nakladače a rypadla, které patří mezi nejrozšířenější zemní stroje. U všech kategorií jsem vybral několik zástupců a porovnával jejich vlastnosti, konstrukční řešení, možnosti využití, výhody a nevýhody, které jsou charakteristické pro rozdílné konstrukce. Příkladem je pásový a kolový podvozek, u kterého obě konstrukce dosahují rozdílných výsledků v rozdílných terénních podmínkách. Kolový podvozek dosahuje mnohem lepších výsledků na rovném a suchém terénu i na pozemních komunikacích. Pásově řešení podvozku dosahuje lepších výsledků v špatně dostupných terénech.

V ekonomické části své práce jsem vycházel z vývoje trhu v posledních několika letech, kde je patrný celosvětový pokles zájmu o dané stroje, který začal v roce 2008. V druhé části této kapitoly jsem se zabýval prodejem konkrétních kategorií strojů v ČR, hodnoty jsou uvedeny v grafu. Výsledky ukazují na velký nárůst zájmu o minirypadla, která si svou popularitu v poslední době získávají hlavně díky široké škále přídavných zařízení, a tím rozšíření možností jejich využití.

Závěrečná část práce je věnována vizi budoucnosti. Podle mého názoru nelze v nejbližší budoucnosti očekávat extrémní či převratné změny. V této kapitole jsem se zabýval spíše budoucím designem než konkrétními problémy, jako jsou použití materiálů či nahrazování ložisek a kloubových spojení pomocí elektromagnetických systémů. Domnívám se, že u zemních strojů bude postupem času stejný vývoj jako u osobních automobilů, postupný přechod ze spalovacích motorů, přes hybridní pohony k elektromotorům.

## 8. Seznam použitých zdrojů

VANĚK, Antonín. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Academia, 2003, 526 s., xvi s. barev. obr. příl. ISBN 80-200-1045-9.

JEŘÁBEK, Karel. *Stroje pro zemní práce: Silniční stroje*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 1995/1996, 464 s. ISBN 80-7078-389-3.

CELJAK, I.: *Stroje pro zemní práce*, Ediční středisko ZF JU, 2004

VLK, František. *Stavba motorových vozidel*. 1. vyd. Brno, 2003, 499 s. ISBN 80-238-8757-2.

SVOBODA, Jiří. *Teorie dopravních prostředků: vozidla silniční a terénní*. Vyd. 4., přeprac. Praha: Prof.Ing.František Vlk, DrSc., 2004, 213 s. ISBN 80-010-3005-9.

### Internetové zdroje:

*Stavební technika* [online]. 2014 [cit. 2014-03-14]. Dostupné z: <http://stavebni-technika.cz/>

*Bagry.cz* [online]. 2014 [cit. 2014-03-14]. Dostupné z: <http://bagry.cz/cze>

*Silnice železnice. KONSTRUKCE Media, s.r.o., 2014. ISSN 1803-8441*. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/>

*KUHN BOHEMIA a.s* [online]. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://www.kuhn-mt.cz/cz-cz/mainmenu/stavebni-stroje.html>

*AgroSeznam*. [online]. [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: <http://www.agroseznam.cz/>

*KOHUT a spol.* [online]. [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: <http://www.kohut.cz/stavebni-stroje-technika>

*Phoenix-Zeppelin: online katalog* [online]. [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: <http://zeppelin-cz.com/online-katalog/stavebni-stroje-caterpillar>

*Komatsu* [online]. [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: <http://www.kuhn-mt.cz/cz-cz/mainmenu/produkty.html>

*TERRAMET, spol. s r.o.* [online]. [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: <http://www.terramet.cz/>

*Agrotec group: New Holland* [online]. [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: <http://www.eagrotec.cz/stavebni-technika>

*Liebherr* [online]. [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: <http://www.liebherr.cz/cs-CZ/94250.wfw>

*WAY MORAVA* [online]. [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: <http://www.waymorava.cz/>

*Volvo* [online]. [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: <http://www.volvoce.com/dealers/cs-cz/volvo/Pages/homepage.aspx>

## 9. Seznam použitých obrázků a grafů

Obr. 1 Zubová lopata, podkopová lopata, čistící příkopová lopata.....	18
Obr. 2 Drapák na dřevo, čelistový drapák, polypový drapák .....	18
Obr. 3 Šnekový vrták připevněn na čelním kolovém nakladači.....	19
Obr. 4 Hydraulické kladivo na pásovém nakladači při dobývání kamene .....	19
Obr. 5 Čelní kolový mini nakladač firmy Golem.....	20
Obr. 6 Čelní kolový nakladač firmy Komatsu.....	21
Obr. 7 Částečný řez čelního pásového nakladače firmy Caterpillar .....	22
Obr. 8 Otočný nakladač firmy Paus při nakládce.....	23
Obr. 9 Grejdr firmy Volvo v záběru při průjezdu zatáčkou .....	25
Obr. 10 Jednomotorový skrejpr .....	26
Obr. 11 Dvumotorový skrejpr značky Caterpillar .....	27
Obr. 12 Elevátorový skrejpr při těžbě .....	28
Obr. 13 Rypadlo - nakladač firmy MST.....	31
Obr. 14 Kolové rypadlo značky New Holland .....	32
Obr. 15 Pásové rypadlo značky New Holland.....	33
Obr. 16 Ruční příkopové rypadlo značky Vermeer.....	34
Obr. 17 Skladba zeminy: A) před zhutněním, B) po zhutnění .....	35
Obr. 18 Vibrační tandemový válec s kloubovým rámem.....	36
Obr. 19 Model projektu SfinX od firmy Volvo.....	40
Obr. 20 Jeden z návrhů designu budoucích řad dozerů firmy Caterpillar .....	40
Graf 1 Zvolení optimálního typu stroje pro určitou přepravní vzdálenost.....	30
Graf 2 Počet prodaných stavebních strojů na tuzemském trhu v letech 2004 - 2011.....	37
Graf 3 Procentuelní zastoupení prodeje jednotlivých kategorií v ČR v celkovém prodeji .....	38