

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav výrobních strojů a zařízení



# Diplomová práce

Konstrukce paketovacího lisu na kovový šrot

2017

Bc. Martin Fricke

(zadání)



## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl v příloženém seznamu veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací, vydaným ČVUT v Praze 1. 7. 2009.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 10. 7. 2017

.....

podpis



## **Poděkování**

Tímto chci poděkovat svému vedoucímu diplomové práce panu docentu Antonínu Bubákovi za jeho pomoc, cenné rady a připomínky, kterými mi byl nápomocen při vypracování této diplomové práce.

Chtěl bych také poděkovat svým rodičům za podporu a trpělivost, se kterou mě podporovali při studiu a tvorbě této práce.



## **Anotace**

Autor:	Bc. Martin Fricke
Název DP:	Konstrukce paketovacího lisu na kovový šrot
Rozsah práce:	76 str.
Školní rok vyhotovení:	2017
Škola:	ČVUT – Fakulta strojní
Ústav:	Ú12135 – Ústav výrobních strojů a zařízení
Vedoucí DP:	doc. Ing. Antonín Bubák, Ph.D.
Konzultant:	Ing. Tomáš Krannich Ph.D.
Zadavatel:	ČVUT - FS, Ú12135
Využití:	Paketovací lis na kovový šrot.
Klíčová slova:	paketovací lis, kovový šrot, návrh konstrukce, hydraulický pohon, kontrolní výpočet
Anotace:	Diplomová práce se zabývá návrhem konstrukce hydraulického paketovacího lisu na kovový šrot, tento stroj má zpracovávat specifický druh odpadu, odstrojené skelety bílé domácí elektroniky, (pračky, ledničky, ...). Práce obsahuje stručnou rešerši řešení dostupných na trhu, dále pak návrh několika možných řešení, konstrukční zpracování jedné varianty, návrh hydraulického pohonu pro tuto variantu a základní kontrolní výpočty.



## **Annotation**

Author:	Bc. Martin Fricke
Title of dissertation:	Design of baling press machine for metal scrap
Extent:	76 p.
Academic year:	2017
University:	CTU – Faculty of Mechanical Engineering
Department:	Ú12135 – Department of Production Machines
Supervisor:	doc. Ing. Antonín Bubák, Ph.D.
Consultant:	Ing. Tomáš Krannich Ph.D.
Submitter of the Theme:	CTU – Faculty of Mechanical Engineering
Application:	Baling press machine for metal scrap.
Key words:	baling press machine, metal scrap, design, hydraulic drive, inspection calculation
Annotation:	Diploma thesis describes the design of hydraulically powered baling press machine for metal scrap, specifically empty sheet metal frames of wash machines, fridges etc. This paper contains a search of existing design solutions available on the market. Furthermore it presents possible solutions, design work for one preferred option, hydraulic drive design.



## Obsah:

<b>1. Přehled použitých veličin a jednotek .....</b>	<b>8</b>
<b>2. Úvod .....</b>	<b>15</b>
<b>3. Cíl práce.....</b>	<b>16</b>
<b>4. Zadání .....</b>	<b>17</b>
<b>5. Význam recyklace kovového odpadu.....</b>	<b>18</b>
5.1 Druhy kovového odpadu.....	19
5.2 Zpracovatelské technologie .....	20
<b>6. Stroje na zpracování kovového odpadu .....</b>	<b>22</b>
6.1 Paketovací lisy – 1 lineární osa a víko.....	22
6.2 Paketovací lisy - 2÷3 lineární osy bez víka .....	23
6.3 Paketovací lisy - 2 lineární osy a víko.....	25
6.4 Čelistové lisy a nůžky .....	27
6.5 Paketovací lisy s děleným víkem.....	28
6.6 Hydraulické nůžky .....	29
6.7 Další zařízení na zhutňování a stříhání šrotu .....	30
<b>7. Varianty řešení .....</b>	<b>32</b>
7.1 Varianta 1 – dvě lineární osy a víko.....	32
7.2 Varianta 2 – hydraulické nůžky + lis .....	34
7.4 Porovnání a vyhodnocení variant .....	36
<b>8. Vlastní řešení.....</b>	<b>39</b>
8.1 Model.....	39
8.2 Režimy provozu .....	45
<b>9. Výpočtová část.....</b>	<b>49</b>
9.1 Měření .....	49
9.2 Návrh pohonu .....	54
9.3 Kontrola částí stroje .....	65
9.4 MKP analýza rámu .....	70
<b>10. Závěr .....</b>	<b>72</b>
<b>11. Seznam příloh .....</b>	<b>73</b>
11.1 Seznam výkresů a kusovníků .....	73
<b>12. Seznam literatury .....</b>	<b>74</b>



## 1. Přehled použitých veličin a jednotek

$m_{žp}$	[kg]	hmotnost paketu stroje <i>ŽŽAS CPB 100</i>
$F_{žm}$	[kN]	maximální síla – předlis, dolis stroje <i>ŽŽAS CPB 100</i>
$h_{ž1}$	[mm]	výška paketu po předlisu stroje <i>ŽŽAS CPB 100</i>
$w_{ž1}$	[mm]	šířka paketu po předlisu stroje <i>ŽŽAS CPB 100</i>
$l_{ž1}$	[mm]	délka paketu po předlisu stroje <i>ŽŽAS CPB 100</i>
$V_{ž1}$	[m <sup>3</sup> ]	objem paketu po předlisu stroje <i>ŽŽAS CPB 100</i>
$\rho_{žp}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	hustota paketu po předlisu stroje <i>ŽŽAS CPB 100</i>
$\rho_{žp}$	[MPa]	tlak předlisu stroje <i>ŽŽAS CPB 100</i>
$h_{ž2}$	[mm]	výška paketu po dolisu stroje <i>ŽŽAS CPB 100</i>
$w_{ž2}$	[mm]	šířka paketu po dolisu stroje <i>ŽŽAS CPB 100</i>
$l_{ž2}$	[mm]	délka paketu po dolisu stroje <i>ŽŽAS CPB 100</i>
$V_{ž2}$	[m <sup>3</sup> ]	objem paketu po dolisu stroje <i>ŽŽAS CPB 100</i>
$\rho_{žv}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	výsledná hustota paketu stroje <i>ŽŽAS CPB 100</i>
$\rho_{žd}$	[MPa]	tlak dolisu stroje <i>ŽŽAS CPB 100</i>
$\rho_{lp}$	[MPa]	tlak plnění stroje <i>Lindemann</i>
$m_l$	[kg]	hmotnost paketu stroje <i>Lindemann</i>
$h_{l1}$	[mm]	výška paketu po plnění stroje <i>Lindemann</i>
$w_{l1}$	[mm]	šířka paketu po plnění stroje <i>Lindemann</i>
$l_{l1}$	[mm]	délka paketu po plnění stroje <i>Lindemann</i>
$V_{l1}$	[m <sup>3</sup> ]	objem paketu po plnění stroje <i>Lindemann</i>
$\rho_{l1}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	hustota paketu po plnění stroje <i>Lindemann</i>
$d_{l1}$	[mm]	průměr válce plnění stroje <i>Lindemann</i>
$F_{l1}$	[kN]	maximální síla válce plnění stroje <i>Lindemann</i>
$\rho_{l1}$	[MPa]	tlak beranu plnění stroje <i>Lindemann</i>
$\rho_{ll}$	[MPa]	tlak předlisu stroje <i>Lindemann</i>
$h_{l2}$	[mm]	výška paketu po předlisu stroje <i>Lindemann</i>
$w_{l2}$	[mm]	šířka paketu po předlisu stroje <i>Lindemann</i>
$l_{l2}$	[mm]	délka paketu po předlisu stroje <i>Lindemann</i>
$V_{l2}$	[m <sup>3</sup> ]	objem paketu po předlisu stroje <i>Lindemann</i>
$\rho_{l2}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	hustota paketu po předlisu stroje <i>Lindemann</i>
$d_{l2}$	[mm]	průměr válce předlisu stroje <i>Lindemann</i>





$F_{12}$	[kN]	maximální síla válce předlisu stroje <i>Lindemann</i>
$p_{12}$	[MPa]	tlak beranu předlisu stroje <i>Lindemann</i>
$p_{1d}$	[MPa]	tlak dolisu stroje <i>Lindemann</i>
$h_{13}$	[mm]	výška paketu po dolisu u stroje <i>Lindemann</i>
$w_{13}$	[mm]	šířka paketu po dolisu stroje <i>Lindemann</i>
$l_{13}$	[mm]	délka paketu po dolisu stroje <i>Lindemann</i>
$V_{13}$	[m <sup>3</sup> ]	objem paketu po dolisu stroje <i>Lindemann</i>
$\rho_{13}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	hustota paketu po dolisu stroje <i>Lindemann</i>
$d_{13}$	[mm]	průměr válce dolisu stroje <i>Lindemann</i>
$F_{13}$	[kN]	maximální síla válce dolisu stroje <i>Lindemann</i>
$p_{13}$	[MPa]	tlak beranu dolisu stroje <i>Lindemann</i>
$\pi$	[ - ]	Ludolfovo číslo
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	hustota paketu
$p$	[MPa]	tlak
$\sigma_{dov}$	[MPa]	dovolené napětí
$V_g$	[cm <sup>3</sup> ]	geometrický objem čerpadla <i>Rexroth PGH5-3X/100</i>
$Q$	[l/min]	průtok čerpadla <i>Rexroth PGH5-3X/100</i>
$p_n$	[bar]	nominální tlak čerpadla <i>Rexroth PGH5-3X/100</i>
$P_{max}$	[kW]	příkon čerpadla <i>Rexroth PGH5-3X/100</i>
$P_m$	[kW]	příkon motoru
$m_p$	[kg]	hmotnost paketu
$d_{pv}$	[mm]	průměr válce přidržovače
$S_{pv}$	[m <sup>2</sup> ]	plocha válce přidržovače
$h_p$	[mm]	výška beranu přidržovače
$w_p$	[mm]	šířka beranu přidržovače
$p_{pv}$	[MPa]	tlak ve válci přidržovače
$F_p$	[kN]	síla válce přidržovače
$p_p$	[MPa]	tlak beranu přidržovače
$d_{pp}$	[mm]	průměr pístitnice přidržovače
$S_{pp}$	[m <sup>2</sup> ]	plocha pístitnice přidržovače
$S_{pm}$	[mm <sup>2</sup> ]	plocha mezikruží přidržovače
$p_{pz}$	[MPa]	tlak při zpětném pohybu přidržovače
$F_{pz}$	[kN]	zpětná síla přidržovače
$tl_{ps}'$	[mm]	tloušťka stěny válce přidržovače - výpočtová



$tl_{ps}$	[mm]	tloušťka stěny válce přidržovače - zaokrouhlená
$tl_{pd}'$	[mm]	tloušťka dna válce přidržovače - výpočtová
$tl_{pd}$	[mm]	tloušťka dna válce přidržovače - zaokrouhlená
$\Delta_p$	[mm]	radiální změna průměru válce přidržovače
$Z_p$	[m]	zdvih válce přidržovače
$V_{pp}$	[m/s]	pracovní rychlost válce přidržovače
$V_{pz}$	[m/s]	zpětná rychlost válce přidržovače
$t_{pp}$	[s]	čas pracovního zdvihu válce přidržovače
$t_{pz}$	[s]	čas zpětného zdvihu válce přidržovače
$t_p$	[s]	celkový čas cyklu válce přidržovače
$d_{př}$	[mm]	průměr válce předlisu
$S_{přv}$	[m <sup>2</sup> ]	plocha válce předlisu
$h_{př}$	[mm]	výška paketu po předlisu
$w_{př}$	[mm]	šířka paketu po předlisu
$l_{př}$	[mm]	délka paketu po předlisu
$V_{př}$	[m <sup>3</sup> ]	objem paketu po předlisu
$\rho_{př}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	hustota paketu po předlisu
$p_{př}$	[MPa]	tlak beranu předlisu
$F_{př}$	[kN]	síla válce předlisu
$\rho_{přv}$	[MPa]	tlak ve válci předlisu
$d_{př}'$	[mm]	průměr pístitnice válce předlisu – výpočtový
$d_{př}$	[mm]	průměr pístitnice válce předlisu – zaokrouhlený
$S_{přp}$	[m <sup>2</sup> ]	plocha pístitnice válce předlisu
$S_{přm}$	[mm <sup>2</sup> ]	plocha mezikruží předlisu
$\rho_{přz}$	[MPa]	tlak při zpětném pohybu předlisu
$F_{přz}$	[kN]	zpětná síla předlisu
$tl_{přs}'$	[mm]	tloušťka stěny válce předlisu - výpočtová
$tl_{přs}$	[mm]	tloušťka stěny válce předlisu - zaokrouhlená
$tl_{přd}'$	[mm]	tloušťka dna válce předlisu - výpočtová
$tl_{přd}$	[mm]	tloušťka dna válce předlisu - zaokrouhlená
$\Delta_{př}$	[mm]	radiální změna průměru válce předlisu
$Z_{př}$	[m]	zdvih válce předlisu
$V_{přp}$	[m/s]	pracovní rychlost válce předlisu
$V_{přz}$	[m/s]	zpětná rychlost válce předlisu



$t_{přp}$	[s]	čas pracovního zdvihu válce předlisu
$t_{přz}$	[s]	čas zpětného zdvihu válce předlisu
$t_{př}$	[s]	celkový čas cyklu válce předlisu
$d_d$	[mm]	průměr válce dolisu
$S_{dv}$	[m <sup>2</sup> ]	plocha válce dolisu
$h_d$	[mm]	výška paketu po dolisu
$w_d$	[mm]	šířka paketu po dolisu
$l_d$	[mm]	délka paketu po předlisu
$V_d$	[m <sup>3</sup> ]	objem paketu po dolisu
$\rho_d$	[kg/m <sup>3</sup> ]	výsledná hustota paketu po dolisu
$p_d$	[MPa]	tlak beranu dolisu
$F_d$	[kN]	sila válce dolisu
$p_{dv}$	[MPa]	tlak ve válci dolisu
$d_d'$	[mm]	průměr pístitnice válce dolisu – výpočtový
$d_d$	[mm]	průměr pístitnice válce dolisu – zaokrouhlený
$S_{dp}$	[m <sup>2</sup> ]	plocha pístitnice válce dolisu
$S_{dm}$	[mm <sup>2</sup> ]	plocha mezikruží předlisu
$p_{dz}$	[MPa]	tlak při zpětném pohybu dolisu
$F_{dz}$	[kN]	zpětná síla dolisu
$tl_{ds}'$	[mm]	tloušťka stěny válce dolisu - výpočtová
$tl_{ds}$	[mm]	tloušťka stěny válce dolisu - zaokrouhlená
$tl_{dd}'$	[mm]	tloušťka dna válce dolisu - výpočtová
$tl_{dd}$	[mm]	tloušťka dna válce dolisu - zaokrouhlená
$\Delta_d$	[mm]	radiální změna průměru válce dolisu
$Z_d$	[m]	zdvih válce dolisu
$v_{dp}$	[m/s]	pracovní rychlost válce dolisu
$v_{dz}$	[m/s]	zpětná rychlost válce dolisu
$t_{dp}$	[s]	čas pracovního zdvihu válce dolisu
$t_{dz}$	[s]	čas zpětného zdvihu válce dolisu
$t_d$	[s]	celkový čas cyklu válce dolisu
$d_h$	[mm]	průměr válce hradítka
$S_{hv}$	[m <sup>2</sup> ]	plocha válce hradítka
$p_h$	[MPa]	tlak ve válci hradítka
$F_h$	[kN]	sila válce hradítka



$d_{hp}$	[mm]	průměr pístitnice válce hradítka
$S_{hp}$	[m <sup>2</sup> ]	plocha pístitnice válce hradítka
$S_{hm}$	[mm <sup>2</sup> ]	plocha mezikruží hradítka
$p_{hz}$	[MPa]	tlak při zpětném pohybu hradítka
$F_{hz}$	[kN]	zpětná síla hradítka
$z_h$	[m]	zdvih válce hradítka
$v_{hp}$	[m/s]	pracovní rychlost válce hradítka
$v_{hz}$	[m/s]	zpětná rychlost válce hradítka
$t_{hp}$	[s]	čas pracovního zdvihu válce hradítka
$t_{hz}$	[s]	čas zpětného zdvihu válce hradítka
$t_h$	[s]	celkový čas cyklu válce hradítka
$R_m$	[MPa]	mez pevnosti
$\delta_5$	[ - ]	poměrné prodloužení
$\varepsilon_{odt}$	[ - ]	nastižení
$h$	[mm]	maximální tloušťka stříhaného materiálu
$\alpha$	[ ° ]	úhel natočení nožů
$F_s$	[kN]	střížná síla podle Těreňtuk - Celjoka
$P_r$	[tun]	roční výkonnost paketovacího lisu
$t_{v1}$	[dny]	počet pracovních dní v roce
$t_{v2}$	[hod.]	počet pracovních hodin za den
$\rho_{vd}$	[paketů]	počet zpracovaných paketů za den
$\rho_{vh}$	[paketů]	počet zpracovaných paketů za hodinu
$t_v'$	[min]	čas na pracování jednoho paketu
$t_v$	[min]	výsledný čas na pracování jednoho paketu
$m_s$	[kg]	váha jednoho zpracovávaného skeletu
$s_p$	[ks]	počet skeletů v jednom paketu
$F_h$	[kN]	zatížení svorníku
$\sigma_{Pt}$	[MPa]	mez pevnosti v tahu
$\sigma_{Kt}$	[MPa]	mez kluzu v tahu
$\sigma_{C(-1)}$	[MPa]	mez únavy
$q_z$	[ - ]	součinitel provozního předpětí
$v$	[ - ]	využití meze kluzu
$k$	[ - ]	bezpečnost
$f$	[ - ]	součinitel tření pro závity



$k_x$	[ - ]	předběžný vliv krutu
$P$	[mm]	rozteč závitu
$d$	[mm]	velký průměr závitu
$d_2$	[mm]	střední průměr závitu
$d_3$	[mm]	malý průměr závitu, průměr jádra
$i$	[ - ]	počet chodů závitu
$\gamma$	[ ° ]	úhel stoupání závitu
$\beta$	[ ° ]	vrcholový úhel závitu
$\beta_n$	[ ° ]	úhel boku závitu
$\varphi'$	[ ° ]	třecí úhel závitu
$S_i$	[mm <sup>2</sup> ]	plocha průřezu závitu
$C_S$	[MPa]	tuhost svorníku
$E$	[MPa]	Youngův modul pružnosti
$l_i$	[mm]	délka částí svorníku
$C_T$	[MPa]	tuhost spojovaného materiálu
$S_T$	[mm <sup>2</sup> ]	plocha průřezu náhradní trubky
$C_1$	[MPa]	tuhost přitěžovaných částí
$C_2$	[MPa]	tuhost odlehčovaných částí
$Q_0$	[N]	montážní předpětí
$Q_{1m}$	[N]	střední síla
$Q_{1a}$	[N]	amplituda síly
$\Delta l_1$	[mm]	prodloužení přitěžovaných součástí
$\Delta l_2$	[mm]	stlačení odlehčovaných částí
$\sigma_{Q0}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	napětí vyvolané předpětím
$\sigma_m$	[N/mm <sup>2</sup> ]	střední napětí
$\sigma_a$	[N/mm <sup>2</sup> ]	amplituda napětí
$M_K$	[Nmm]	kroutící moment
$W_K$	[mm <sup>3</sup> ]	průřezový modul v krutu
$\tau$	[MPa]	napětí v krutu
$\sigma_{redMAX}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	max. redukované napětí pro max. zatížení svorníku
$\sigma_{C(-1)}^x$	[MPa]	snížená mez únavy
$\phi$	[ - ]	celkový součinitel snížení meze únavy
$\psi_\sigma^x$	[ - ]	součinitel vlivu středního napětí na mez únavy



$k_{\sigma}$	[ - ]	součinitel bezpečností
$k_{\tau}$	[ - ]	bezpečnost pro namáhání od krutu
$\sigma_{red}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	redukované napětí
$k_{x0}$	[ - ]	vliv krutu při dosažení předpětí
$k_{xmax}$	[ - ]	vliv krutu při maximálním zatížení



## 2. Úvod

Současné požadavky a trendy v oblasti odpadového hospodářství a nakládání s odpady kladou stále větší důraz na problematiku recyklace, udržitelnosti a ochrany životního prostředí. S rostoucí spotřebou a se zvyšující se rychlostí morálního zastarávání spotřebního zboží roste požadavek na efektivní způsob zpracování a recyklace těchto spotřebičů po skončení jejich životností. To vytváří prostor pro relativně specializované stroje, které svými parametry, přizpůsobenými na míru konkrétnímu typu zpracovávaných spotřebičů (jako v tomto speciálním případě), poskytnou svým provozovatelům lepší výkon bez zvýšení pořizovacích nákladů a předčí tak univerzální stroje na zpracování kovového odpadu dostupné v současnosti na trhu.

Tato diplomová práce si klade za cíl navrhnout konstrukci hydraulického paketovacího lisu na zpracování kovového šrotu charakteru plechových skeletů domácích „bílých“ spotřebičů, jako jsou automatické pračky, chladničky apod. Konkrétní zadání a v jednotlivých krocích rozepsané body postupu vypracování tohoto návrhu jsou popsány v následujících kapitolách: 3. *Cíl práce* a 4. *Zadání*.



### 3. Cíl práce

Konkrétním cílem této diplomové práce je navržení konstrukce stroje určeného ke zpracování kovového odpadu s danými parametry, definovanými zákazníkem spolu s jeho ostatními požadavky. Požadované parametry jsou shrnuty v kapitole *4. Zadání*.

Úvodem se budeme věnovat stručně rešerši dané problematiky, to znamená významu recyklace kovového odpadu, druhům tohoto odpadu a technologiím na jeho zpracování. Především se ale budeme věnován konstrukčním řešením strojů na zpracování a konkrétně pakování kovového šrotu, v současnosti dostupných na trhu.

Poznatky získané z této rešerše poslouží k tvorbě vlastních návrhů nebo ke správné volbě a využití existující koncepce stroje. Tyto návrhy následně porovnáme a posoudíme, především z důrazem na splnění parametrů zadání a rovněž z hlediska jejich celkového přínosu pro řešení našeho problému.

Dále bude následovat zpracování návrhu zvolené varianty a to ve formě modelu tohoto stroje, výkresu hlavní sestavy a vybraných výrobních výkresů svařenců rámu stroje.

Výpočtová část práce se bude věnovat vyhodnocení dat z měření pakovacího lisu zpracovávajícího šrot podobného charakteru jako v zadání. Tyto data spolu s údaji získanými v rešerši poslouží k návrhu odpovídajícího hydraulického pohonu pro zvolenou konstrukci. Výpočtová část bude také obsahovat některé návrhové a kontrolní výpočty vybraných komponentů a částí navrhované konstrukce, jako podklad jejich správných rozměrů a uspořádání.

Závěr práce pak bude obsahovat stručné zhodnocení a shrnutí vypracovaného řešení.



## 4. Zadání

Zadaným cílem je navrhnout konstrukci hydraulického paketovacího lisu na kovový šrot. Zadání pochází od firmy ODAS a.s. Žďár nad Sázavou, která se zabývá svozem, zpracováním a likvidací odpadů. Z jejích požadavků na stroj pro zpracování prázdných plechových skeletů domácích „bílých“ spotřebičů (Obr. 4.1) vyplynuly následující parametry:

- Rozměry paketu: **200x200x(400-600)** [ mm ]
- Max. hmotnost paketu: **50** [ kg ]
- Roční výkonnost stroje: **250** [ t ]
- Zpracovávaný materiál: **plechové skelety domácích spotřebičů: pračky, ledničky atd.**

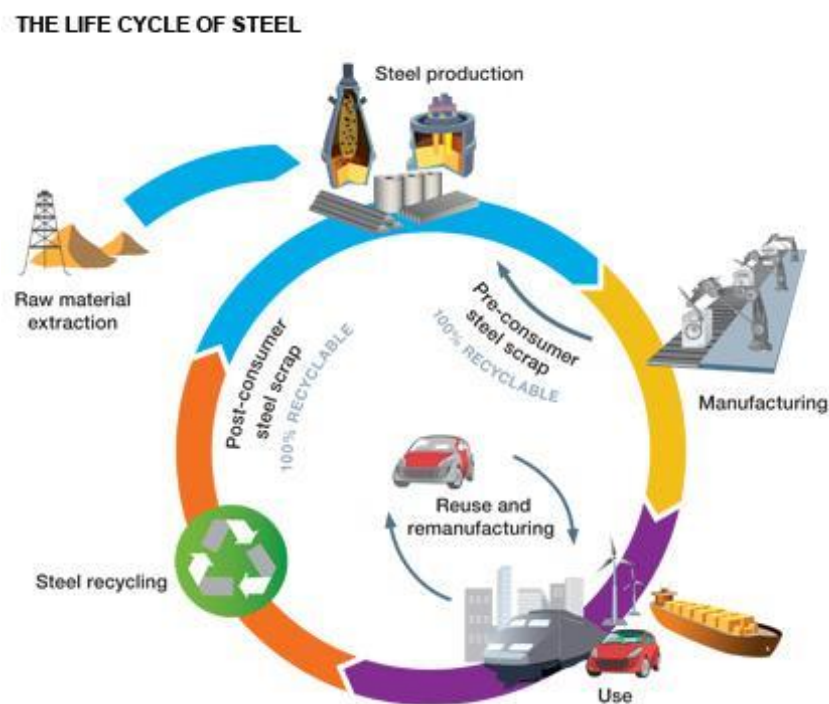
Rozměry a hmotnost paketu jsou dány charakterem šrotu a manipulačními možnostmi na místě. Roční výkonnost lisu je zadána pro jednosměrný pracovní provoz.



Obr. 4.1 Skelety domácích spotřebičů

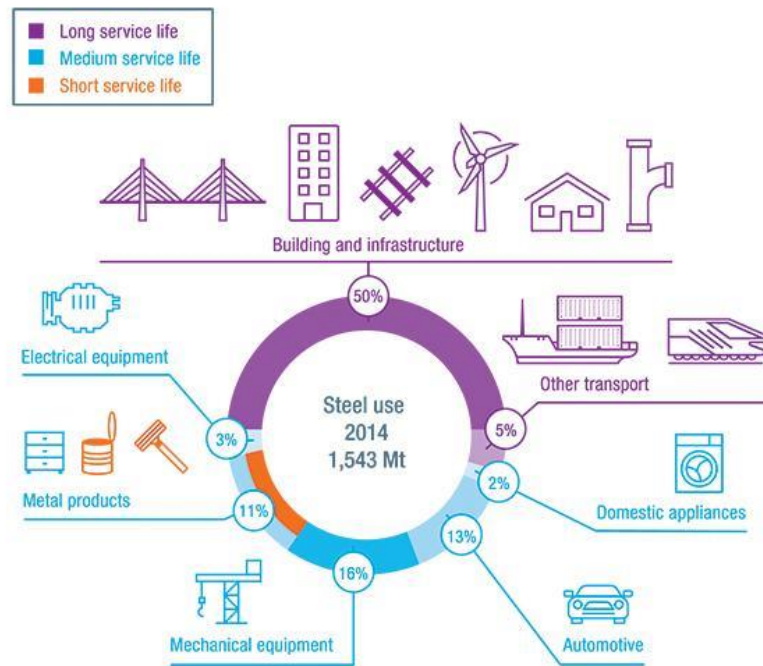
## 5. Význam recyklace kovového odpadu

Recyklace kovového odpadu nabývá stále většího významu, především z důvodů ekologie a rostoucí poptávky po výrobcích z oceli. Způsoby výroby a využití oceli jsou spolu s celým životním cyklem ocelových výrobků naznačený na obrázku (Obr. 5.1). Z něho je vidět že kromě výroby oceli ze surových přírodních zdrojů, právě recyklace hraje důležitou úlohu, protože cyklus uzavírá a vrací použitý materiál zpět do oběhu.



Obr. 5.1 Životní cyklus oceli [4]

Na obrázku (Obr. 5.2) je v procentech naznačeno rozdělení ocelových výrobků podle délky jejich životního cyklu na výrobky s dlouhým, středním, nebo krátkým životním cyklem. Z obrázku je patrné, že výrobky s krátkou až střední životností představují v dnešní době téměř padesát procent celkové produkce. Z toho jednoznačně vyplývá, že význam recyklace a udržitelného využívání nerostného bohatství v průmyslové výrobě bude nadále růst. Bude tedy představovat stále důležitější faktor, který je nutné zohlednit při narhování nových produktů a jejich životního cyklu.



Obr. 5.2 Rozdělení využití [4]

### 5.1 Druhy kovového odpadu [3]

Ocelový a litinový odpad, označovaný také jako šrot, jeho zpracování a nakládání s ním upravuje řada předpisů, jmenovitě například norma ČSN 42 0030. Tato norma je obecná a upravuje jeho základní rozdělení a vlastnosti. Šrot lze klasifikovat podle jeho původu a vlastností do několika skupin:

**Vratný (výrobní) odpad** vzniká v hutním cyklu výroby, v ocelárnách, slévárnách, kovárnách apod. Tvoří jej odštěpky, konce velkých trub, okraje rozválených plechů a pásů, zmetkové profily, rozvalky, odřezky, ingoty, vtoky, nálitky, odpady při volném kování, zbytky surového železa z pánví, hutnické třísky a odštěpky, okuje, části strusky s obsahem nad 20 % železa a jiné, technologií hutnického procesu vynucené zbytky ocelí.

Vratný odpad je zpravidla beze zbytku využit. Snahou je, aby jeho podíl ve šrotové vsázce byl co největší. K jeho přednostem patří nízký propal. Výskyt vratného odpadu se relativně snižuje. Uplatňují se snahy o snížení ztrát při výrobě. Na jeho snižování se zaměřují i všechny modernizace hutních zařízení a



nejnovější metody, jakými jsou plynulé odlévání oceli, odlévání pod exotermickými struskami apod.

**Zpracovatelský odpad** vzniká při vlastní výrobě strojů, náradí a jiného kovového zboží, tj. během kování, lisování, obrábění, a dalšího zpracování hutních polotovarů, jakými jsou profily, plechy, odlitky a výkovky. Tvoří jej zbytky materiálů, jako jsou třísky, odstřížky, okuje, odřezky, piliny a zmetkové součásti.

**Amortizační odpad** je přesně vymezený druh ocelového odpadu. Zahrnuje vyřazené stroje a jejich části, likvidované zařízení průmyslových závodů a domácností, vysloužilé dopravní prostředky, kovové obaly, ocelové konstrukce a jiné staré kovové výrobky, které se vracejí na šrotiště k sešrotování a následně jsou odeslány do hutí k opětovnému využití.

Amortizační šrot se upravuje mechanickými způsoby, mezi něž patří roztloukání, drcení odlitků, stříhání, lámání kolejnic, drcení a mletí šrotu. Vedle mechanických postupů se užívají také termické způsoby úpravy šrotu, jako je rozřezávání šrotu plamenem (kyslíko-acetylenovým nebo propan-butanovým plamenem), případně elektrickým obloukem.

Pro zvýšení jeho hodnoty a využitelnosti se šrot s nízkou objemovou hmotností upravuje briketováním, nebo paketováním na speciálních lisech.

## 5.2 Zpracovatelské technologie [2]

Mezi recyklační technologie zařazujeme třídění, stříhání, lámání, lisování, briketování a paketování, kryogenní drcení a podobné postupy, které vedou k homogenizaci a mechanické úpravě kovového odpadu, takže se z něj stává druhotná surovina.

První stroje na paketování se začaly uplatňovat po první světové válce s rozmachem výroby oceli a s její orientací na zvyšování podílu šrotu ve vsázce do Siemens-Martinských pecí. Hlavním důvodem zavedení této technologie bylo ulehčení dopravy, úspora skladovacích prostor a zhutnění, které má velký význam při sázení do ocelářských pecí, snížení propalu a lepší využití pecního prostoru.



Paketovací lisy vytvářejí pakety s hutností v řádech tisíců  $\text{kg/m}^3$ . Pohony lisů jsou zpravidla hydraulické. Tato technologie se používá pro materiály, které jsou nesmíchané, homogenní a čisté.

Průřez finálního paketu je obdélníkový nebo čtvercový. Pro jeho další použití je důležitá jeho hustota a délka (závisí na objemu navážky). Paketovací lisy se rozlišují podle maximální lisovací síly, rozměru násypky, rozměru lisovací části skříně, výkonnosti lisu, instalovaném příkonu a vhodnosti pro dané tloušťky materiálu. Lisy mohou být stacionární nebo mobilní - tyto jsou upevněny na podvozku nákladního automobilu a mají tu výhodu, že je lze kdykoliv převést do místa, kde je lze maximálně využít.

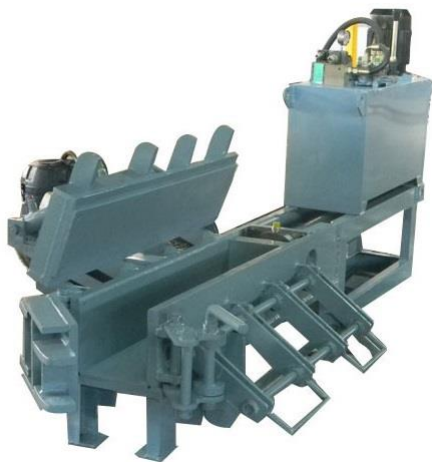
## 6. Stroje na zpracování kovového odpadu

Za účelem zhutňování a zpracování kovového šrotu existují stroje nejrůznějších konstrukcí. Přístup ke konstrukci a celkové konfiguraci těchto strojů se liší podle materiálu, ze kterého je odpad složen, podle tvaru a uspořádání zpracovávaného materiálu, jeho tloušťky atd.

Proto jsou zde uvedeny nejen stroje, které by svými parametry odpovídali našim požadavkům ale i stroje ostatní koncepce, určené pro jiné úkoly než zhutňování. Tyto jsou uvedeny především pro inspiraci a větší přehled o možných řešeních.

### 6.1 Paketovací lisy – 1 lineární osa a víko

Nejmenšími a nejjednoduššími stroji na zhutňování kovového odpadu jsou paketovací lisy s jednou osou/válcem. Na (Obr. 6.1) je základní varianta tohoto typu stroje, u kterého je pracovní prostor stroje uzavřen jen pomocí jednoduchého manuálně ovládaného víka a hradítka. Tato konstrukce se dá vylepšit například přidáním hydraulicky ovládaného hradítka a víka s hydraulickým pohonem (Obr. 6.2), které také přispívá ke zhutňování kovového odpadu.



Obr. 6.1 Jednoosý paketovací lis, manuální [8]



Obr. 6.2 Jednoosý paketovací lis s víkem Enerpat - SMB-Q200 [9]

V tabulce (Tab. 6.1) jsou pro ilustraci uvedeny některé z nejdůležitějších parametrů strojů od britské firmy Enerpat, která nabízí celou škálu paketovacích lisů a strojů na zpracování kovového odpadu.

označení	EE45S	EE100S	EE135S	EE160S	EE200S	EE250S	jednotky
konfigurace	2 osy	1 osa + víko	1 osa + víko	1 osa + víko	1 osa + víko	1 osa + víko	-
prac. komora	1000x300x200	1100x600x550	1300x600x600	1450x600x600	1450x700x800	1750x900x800	mm
síla válce	45	100	135	160	200	250	t
rozměr paketu	300x200	600x220	600x240	600x300	700x350	900x350	mm
váha paketu	30-40	40-60	50-75	60-90	90-110	110-130	kg
výkon motoru	7,5	7,5	18,5	22	37	22x2	kW
výkonnost	1,1	1,8	2,8	3	3,5	6	tun/hod.

Tab. 6.1 Paketovací lisy Enerpat řady EE [9]

Další variantou základní konstrukce lisu je použití hydraulicky poháněného vyhazovače místo průchozího hradítka, tak jako je vidět na (Obr. 6.4). Na (Obr. 6.3) je pak další varianta řešení konstrukce víka lisu.



Obr. 6.3 Paketovací lis  
ATM ArnoPress D 80-2 [10]

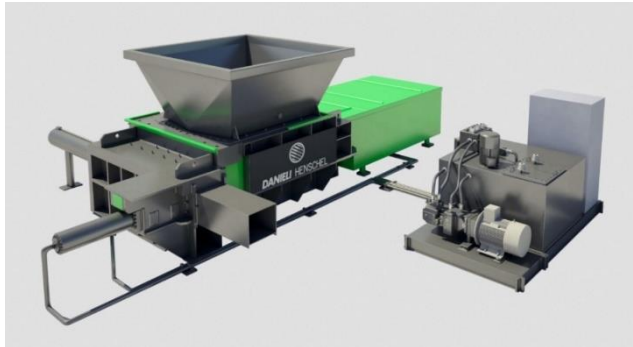


Obr. 6.4 Paketovací lis  
Enerpat - TE100S [9]

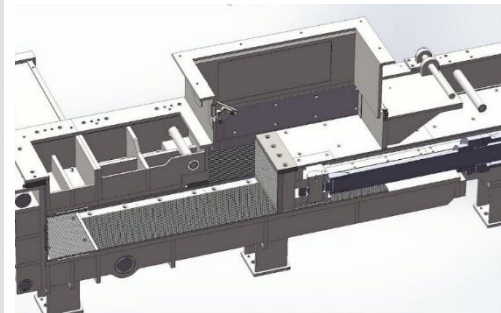
## 6.2 Paketovací lisy - 2÷3 lineární osy bez víka

Kromě víka lze k uzavření pracovního prostoru použít i beranu jednoho z válců. Na (Obr. 6.5) je stroj s touto konfigurací. Jeho princip je následující: nasypkou je vložen zpracovávaný materiál, který je válcem předlisu stlačen. Válec předlisu zůstává vysunut a zhutnění je dokončeno ze strany působícím válcem dolisu,

který zároveň slouží jako vyrážač, který vysune hotový paket otevřeným hradítkem ven ze stroje. Tato konstrukce je ještě jasněji zvýrazněna na řezu (Obr. 6.6).



Obr. 6.5 Dvouosý paketovací lis  
Danieli - PDC [11]



Obr. 6.6 Dvouosý paketovací lis  
MPZ-EXTREME, řez [19]

Modifikací předchozí konstrukce se dvěma osami je přidání ještě osy třetí. Stroj pak funguje tak, že válec předlisu natlačí materiál do dutiny pracovního prostoru, do kterého kromě bočního válce dolisu působí ještě horní válec (Obr. 6.7). Tím se získá větší pracovní prostor a tím i větší výsledný paket. Stroje této koncepce také dosahují řádově větších hodnot zhutnění než stroje pouze se dvěma osami. To je také vidět z tabulky (Tab. 6.2), která znázorňuje nabídku strojů této konstrukce od firmy ATM.



Obr. 6.7 Tříosý paketovací lis Metso N-Seires [18]





technical data

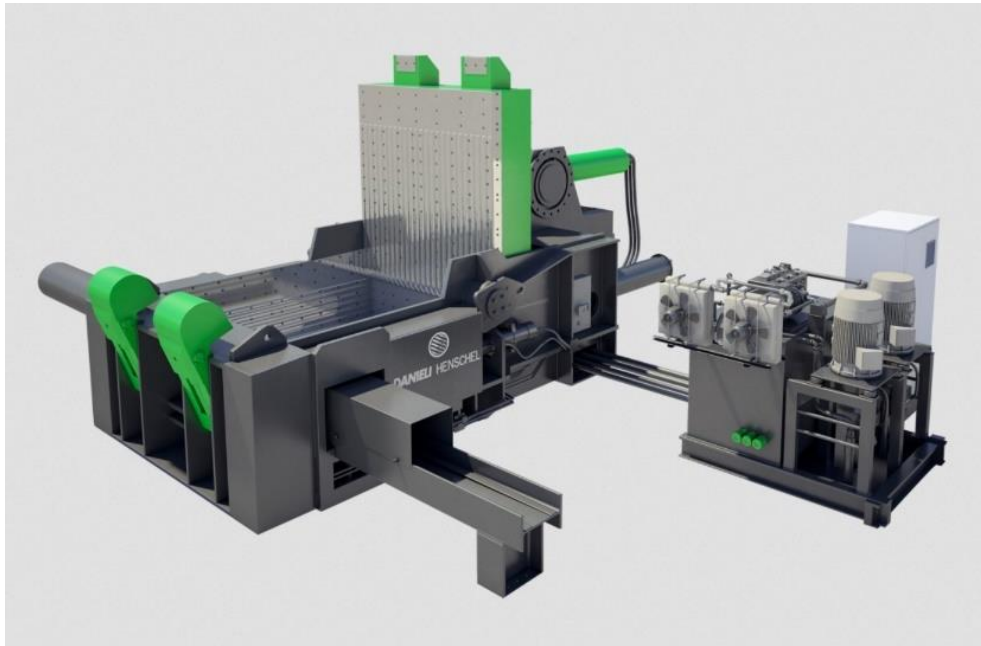
	Arno <sup>®</sup> Press D	2 Rams		3 Rams		
		80-2	100-2	100-3	150-3	300-3
Standard bale size	mm	400x300	600x200	300x300	400x400	600x400
	[in]	[16x12]	[24x8]	[12 x 12]	[16 x 16]	[24x16]
Optional bale size	mm	-	600x400	400x400	600x400	400x400
	[in]	-	[24x16]	[16x16]	[24x16]	[16x16]
Power main cylinder	kN	800	1,000	1,000	1,500	3,000
Bale density steel	kg/dm <sup>3</sup>	<2.0	<2.5	<3.0	<3.0	<3.0
Bale density aluminium	kg/dm <sup>3</sup>	<1.0	<1.0	<1.2	<1.2	<1.2
Bale density copper	kg/dm <sup>3</sup>	<3.0	<3.0	<3.5	<3.5	<3.5
Capacity* steel	t/h	<2.0	<4.0	<5.0	<10.0	<30.0
Capacity* aluminium	t/h	<0.8	<1.2	<2.4	<4.0	<11.0
Capacity* copper	t/h	<2.5	<4.5	<6.0	<12.0	<35.0
Cycle time	s	45	45	50	50	55
Driving power standard	kW	22	22	30	90	120
Driving power increased	kW	-	-	37	110	150
Footprint	m x m	4.0x1.6	5.0x1.6	6.2x3.8	7.0x5.0	7.0x8.0
	[ft]	[13 x 5]	[16 x 5]	[20 x 13]	[23 x 16]	[23 x 26]

\*depends on material

Tab. 6.2 Paketovací lisy ATM ArnoPress řady D [10]

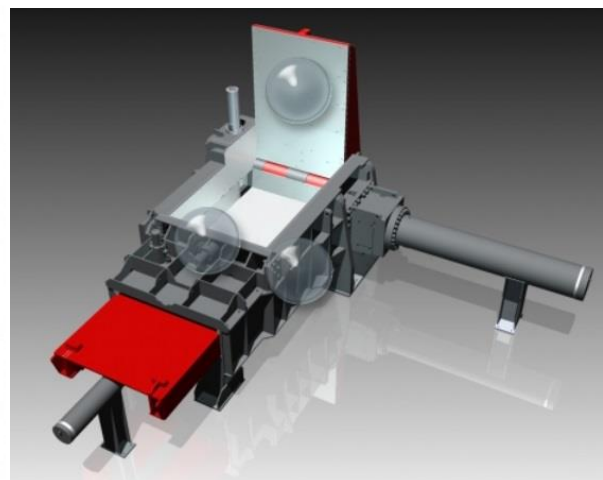
### 6.3 Paketovací lisy - 2 lineární osy a víko

Uspořádání se dvěma lineárními válci a víkem patří mezi nejrozšířenější konstrukce pro zhutňování kovového odpadu. Tuto konstrukci nabízí většina výrobců strojů na zpracování šrotu a to v celé škále velikostí a výkonů. Princip stroje je následující: jeden hydromotor zavírá víko pracovního prostoru, další zajišťuje předlis kovového šrotu a třetí dolisuje šrot na konečnou délku paketu. Pro vysunutí hotového paketu ze stroje můžou sloužit buď hydraulicky poháněné hradítka, jako u stroje na (Obr. 6.8), nebo u strojů na menší, a tedy lehčí pakety jednoduchý vyhazovač, tak jako na (Obr. 6.4).



Obr. 6.8 Dvouosý paketovací lis s víkem, Danieli - PDC [11]

Varietou tohoto častého uspořádání je konstrukce od francouzské firmy Copex (Obr. 6.9), která se od ostatních liší uspořádáním víka, které je v tomto případě umístěno proti beranu předlisu. Tato konfigurace umožňuje lépe používat beran předlisu při otevřeném víku a zpracovat tak materiál ještě před dokončením cyklu beranem dolisu. Tím je také dosahováno lepšího zhutnění šrotu, navíc to umožňuje používat stroj více variabilně a využít lépe pracovní prostor stroje.



Obr. 6.9 Dvouosý paketovací lis s víkem, Copex – P2C [17]

Firma Copex vyrábí stroje této konfigurace v několika velikostních a výkonových provedeních, jak je patrné z (Tab. 6.3).

	Bale section (mm)	Feed opening (mm)	Final compression (t)	Production Aluminium (t/h)	Production Steel/copper (t/h)	Installed power (kW)
P2CV 3030	300 x 300	2000 x 1120	120	≤ 2,2	≤ 6,5	37 or 55
P2CV 4040	400 x 400	2500 x 1720	250	≤ 6	≤ 17	110 or 180
P2CV 6060	600 x 600	2700 x 1920	320	≤ 15	≤ 42	180 or 270
P2CC 3030	300 x 300	2000 x 1150	120	≤ 2,2	≤ 6,5	37 or 55
P2CC 4040	400 x 400	2500 x 1760	250	≤ 6	≤ 17	110 or 180
P3CV 3030	300 x 300	1900 x 1190	200	≤ 5,5	≤ 15	90
P3CV 4040	400 x 400	2000 x 1430	350	≤ 10	≤ 32	180
P3CV 6060	600 x 600	5000 x 1930	1000	≤ 23	≤ 67	270
P3CC 6060	600 x 600	5500 x 2000	1000	≤ 23	≤ 67	270

Tab. 6.3 Paketovací lisy Copex [17]

#### 6.4 Čelistové lisy a nůžky

Pod konstrukci označenou jako čelistové lisy a nůžky jsme zahrnuli stroje s uzavíráním pracovního prostoru a kompresí šrotu pomocí čelistí různých konstrukcí. Stroje jsou zpravidla vybaveny hradítkem (Obr. 6.10), nebo hydraulickými nůžkami (Obr. 6.11), proto lisy a nůžky. Tyto stroje se používají hlavně ke zpracování větších celků, jako jsou například celé skelety automobilů, ale tato koncepce je ze své podstaty univerzální.

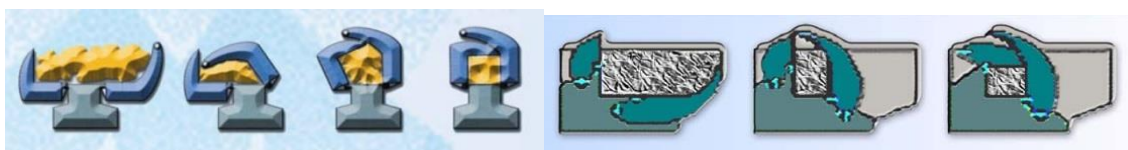


Obr. 6.10 Čelistové nůžky  
Ecotecnica - Manta 54 [16]



Obr. 6.11 Čelistové nůžky  
Metso N-Seires [18]

Stroje této konstrukce se oproti předchozím konstrukcím vyznačují hlavně svojí kompaktností a nižší celkovou hmotností, proto často slouží v mobilních aplikacích, například na korbách nákladních automobilů. Mají ale i zásadní nevýhodu, kterou je nižší dosažitelné zhutnění kovového odpadu a opotřebování čelistí při provozu. Na (Obr. 6.13) jsou pak v detailu naznačeny některé konkrétní konstrukce a postup lisování čelistmi, po kterém ale ještě následuje dolisování lineárním válcem.



Obr. 6.12 Detail mechanismů strojů IUT Beyeler [15]

## 6.5 Paketovací lisy s děleným víkem

Varianta čelistových lisů a nůžek je použití čelistí pouze s jedním ramenem oproti dvěma samostatným ramenům, jak je znázorněno na (Obr. 6.13). Tyto stroje mají podobné vlastnosti jako stroje s jednoduchými čelistmi a mohou být vybaveny hradítkem jako na (Obr. 6.13), nebo pro zjednodušení a další zmenšení transportních rozměrů je lze použít bez hradítka tak jako na (Obr. 6.14). V tomto případě je pro vyjmutí hotového paketu nutno otevřít víko a tím vzniká potřeba spolupráce s externím jeřábem, nebo vybavení samotného stroje právě ramenem jeřábu, nebo jinou formou manipulátoru pro vyzvednutí těžkého paketu.



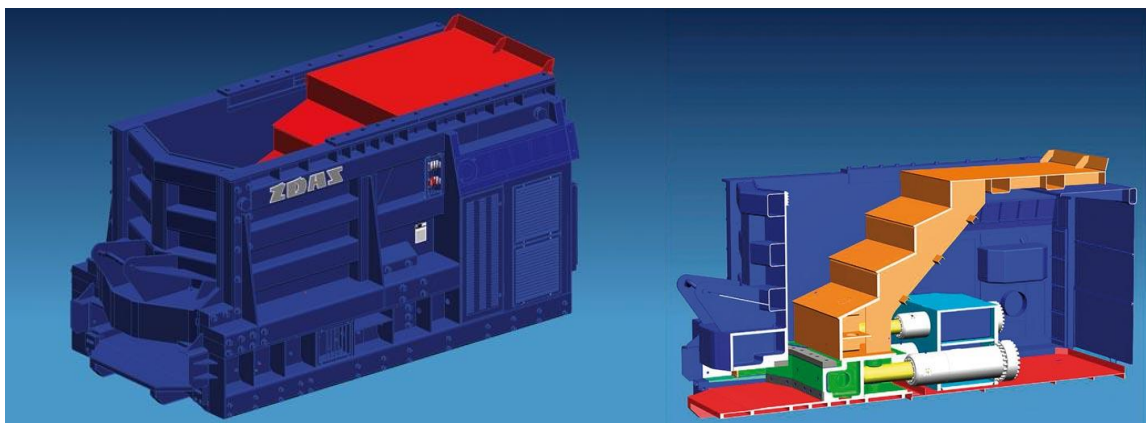
Obr. 6.13 Paketovací lis ROTER – RR5 [14]



Obr. 6.14 Paketovací lis IUT Beyeler - TAURUS Type MB50 [15]

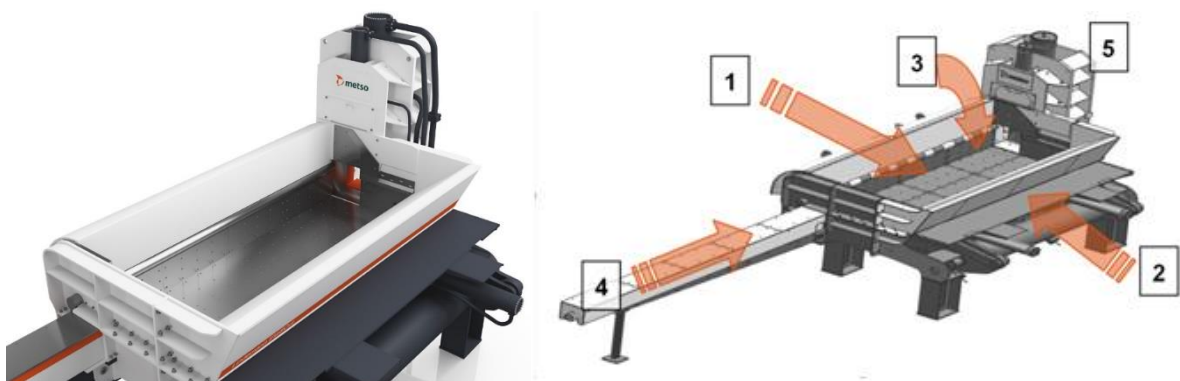
## 6.6 Hydraulické nůžky

Tyto stroje se pro jednoduchost označují jako hydraulické nůžky, pod tímto označením se ale skrývá celá řada zařízení. Jedním z nich jsou kontejnerové nůžky od českého výrobce Žďas (Obr. 6.15). Tento stroj používá k postupnému zpracování odpadu stupňovitý beran (přidržovač), který šrot postupně zhutňuje a přisouvá ho ke spodnímu beranu, který ho stříhá. Tato konstrukce se vyznačuje menší náročností na obsluhu, protože jakmile se kovový šrot nasype do násypky, procuje už stroj automaticky. Přestože tento stroj není, primárně určen ke zhutňování, tento princip se jeví jako velice vhodný, především svými menšími nároky na obsluhu a kompaktními rozměry.



Obr. 6.15 Kontejnerové nůžky Žďas - CNS 400 K [13]

Jak už bylo zmíněno, do kategorie hydraulických nůžek spadá více konstrukcí, dalším rozšířeným typem je například zařízení s upořádáním jako je tomu u stroje od firmy Matso na (Obr. 6.16), kde se vloží zpracováváný materiál do pracovního prostoru (1), jako první působí boční beran předlisu (2) se dvěma válci. Samostatně, nebo zároveň s předlisem tlačí na materiál čtvrtválcové víko (3), po úplném vysunutí předlisu a zavření víka dotlačí materiál válec dolisu (4). Hydraulické nůžky (5) pak materiál stříhají, nebo mohou fungovat jako hradítko.



Obr. 6.16 Hydraulické nůžky Metso - Lindemann EtaCut II [18]

## 6.7 Další zařízení na zhutňování a stříhání šrotu

V tomto oddíle jsou ještě uvedeny některé další nabízené konstrukce strojů na zhutňování a stříhání kovového šrotu. Na (Obr. 6.17) je stroj na zpracování celých rámců osobních automobilů od firmy ATM. Tento design je sice jednoduchý, protože má jen několik částí, ale pro naše potřeby není vhodný.



technical data

Arno® Press A

220

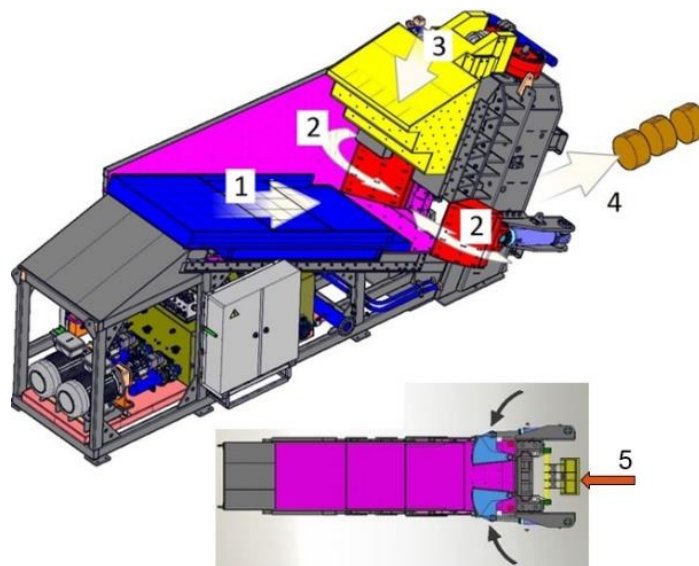
Press force	kN	2x 1,100
Loading area	mm x mm	5,500 x 2,200
	[in x in]	217 x 87
Box closed	mm x mm x mm	4,500 x 2,200 x 350
	[in x in x in]	177 x 87 x 14
Capacity	cars per hour	<30
Driving power	kW	45
Footprint	m x m	9.5 x 3
	[ft x ft]	31 x 10

Obr. 6.17 Lis na automobily ATM ArnoPress A220 [10]

Hydraulické nůžky od firmy G.P.S na (Obr. 6.18) představují další typ stroje na stříhání kovového šrotu. Jak je vidět na schématu (Obr. 6.19), u tohoto stroje je materiál postupně přisouván skluzem (1) k čelistem (2) a hornímu beranu (3), šrot je tak zhutňován a podáván hydraulickým nůžkám (4), které ho stříhají. Tento stroj je tedy určen především ke stříhání a pro naše potřeby je tedy nevhodný.



Obr. 6.18 Hydraulické nůžky, G.P.S. Monster 800 shear [12]



Obr. 6.19 Hydraulické nůžky, G.P.S. Monster 800 shear, schéma [12]

## 7. Varianty řešení

Návrh vlastních řešení se řídil především podle požadavků zadání, hlavní snahou bylo dosáhnout zadaných parametrů a dle možností vylepšit vlastnosti navrhovaného stroje proti vlastnostem strojů z rešerše. Hlavními sledovanými vlastnostmi a požadavky byly: snížení celkových rozměrů, snížení počtu pohyblivých částí, zmenšení pracovního prostoru stroje a tím i velikosti jeho rámu a zároveň zvýšení výkonových parametrů stroje pro zadaný druh kovového šrotu.

Vypracované varianty řešení, které splňují požadavky zadání se dají rozdělit do dvou hlavních skupin:

- 1) stroje se dvěma lineárními osami a víkem
- 2) stroje kombinující hydraulické nůžky a lis se dvěma lineárními osami bez víka

### 7.1 Varianta 1 – dvě lineární osy a víko

Tato varianta počítá s převzetím již existující koncepce stroje se dvěma lineárními osami a víkem (6.3 *Paketovací lisy - 2 lineární osy a víko*), a to buď A) s válcem víka nahoře, jako je tomu u stroje na obrázku (Obr. 7.1), nebo B) s válcem víka na spodní straně stroje (Obr. 7.5).

#### A) 2x lineární válec + víko

Tato osvědčená koncepce patří k nejrozšířenější u strojů na zpracování kovového odpadu a vyznačuje se celkově dobrými vlastnostmi.



Obr. 7.1 Metso: N-Series Lid-style Baler [18]



Obr. 7.2 Detail vyhazovače [9]



Stroj na obrázku (Obr. 7.1) představuje typický příklad této konfigurace tzn. dva lineární válce: předlis a dolis, navíc je stroj vybaven nakladačem, který usnadňuje plnění stroje. Na obrázku (Obr. 7.2) je pak v detailu vyobrazen vyhazovač, který představuje alternativu ke klasickému hradítku z obrázku (Obr. 7.1). Konstrukce s takovýmto vyhazovačem je odolnější, protože eliminuje otvor v rámu, a tedy eventuální slabé místo. Řešení s vyhazovačem může také představovat výhodu pro další manipulaci s hotovým paketem.

### B) 2x lineární válec + víko – „Copex“

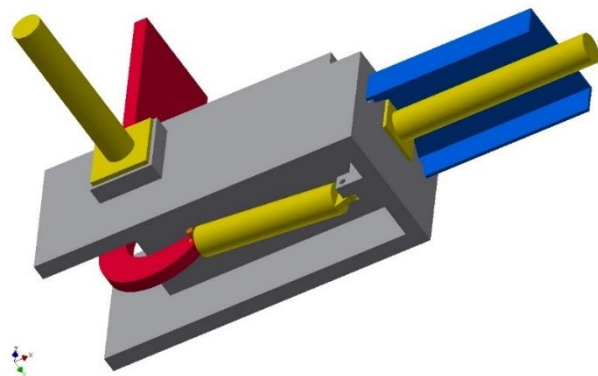
Uspořádání s víkem lisu otevírajícím se proti beranu předlisu (Obr. 7.5), přináší řadu výhod, například umožňuje lépe zpracovávat šrot při otevřeném víku (Obr. 7.3), což je zvláště vhodné pro naše zadání. Znamená to, že je možné při stejné velikosti pracovního prostoru přidávat další plechové skelety a zhutňovat je předlisem, který je dobře chráněn (Obr. 7.4) a stále tak dosáhnout požadované hmotnosti paketu.



Obr. 7.3 Lis Copex [17]



Obr. 7.4 Kryt pístitnice předlisu [17]



Obr. 7.5 Válec víka - detail

## 7.2 Varianta 2 – hydraulické nůžky + lis

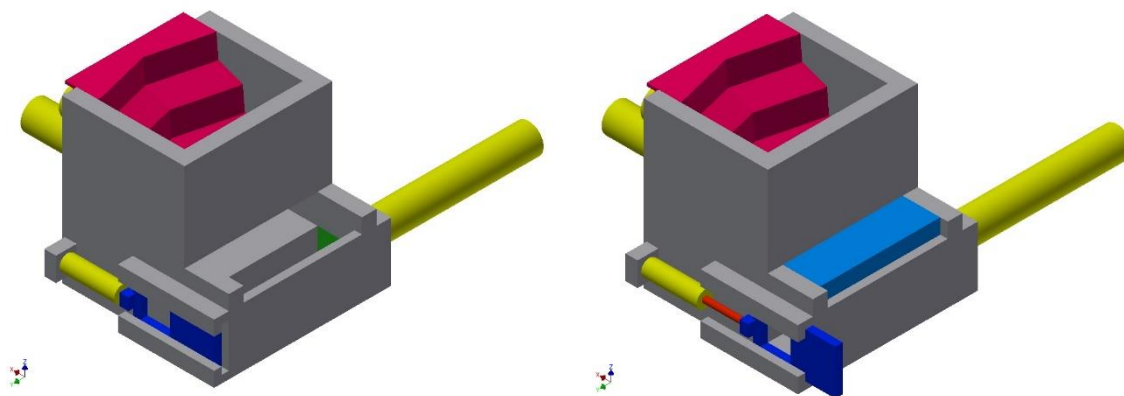
Tento návrh kombinuje dvě základní koncepce, a to hydraulické kontejnerové nůžky se stupňovitým přidržovačem (6.6 *Hydraulické nůžky*) a lis se dvěma lineárními osami bez víka (6.2 *Paketovací lisy - 2÷3 lineární osy bez víka*).

Hlavní myšlenka tohoto návrhu je následující: místo zvětšování pracovního prostoru lisu kvůli pojmutí objemných skeletů domácích spotřebičů, nejdříve tyto skelety zpracujeme takovým způsobem, abychom lisování zvládli s minimální velikostí pracovního prostoru pro lisování. Tato část stroje, ve které dochází ke konečnému dolisování šrotu na výslednou hodnotu, musí totiž odolávat největšímu zatížení.

Byli vypracovány dvě varianty tohoto řešení, lišící se právě uspořádáním lisovacího prostoru stroje a způsobem jeho uzavírání:

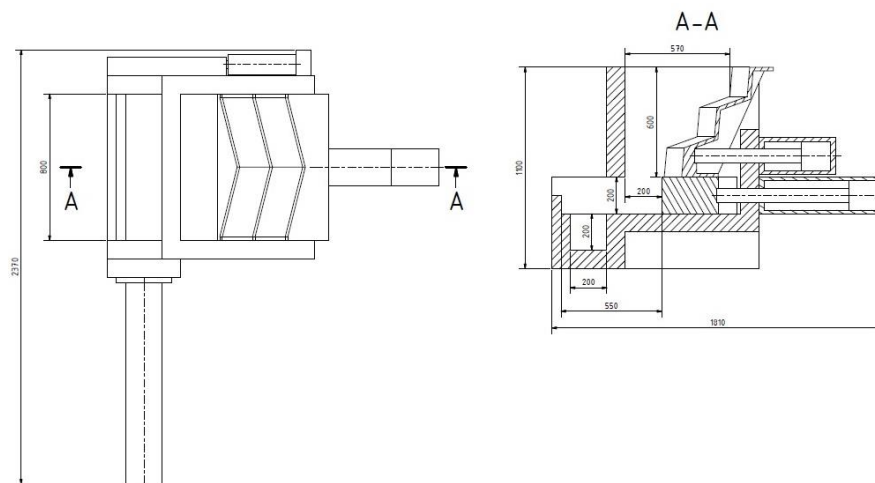
### A) Hydraulické nůžky + lis, lisovací komora otevřená, beran předlisu jí uzavírá

Tato varianta (Obr. 7.6) se vyznačuje otevřenou lisovací komorou uzavíranou shora beranem předlisu. Stroj funguje tak že stupňovitý beran přidržovače zpracováváný šrot připraví pro spodní beran předlisu, který pokud je to potřeba materiál nastříhá a následně ho vysune do pracovního prostoru dolisu. Když je tento prostor dolisu naplněn, vysune se beran předlisu úplně a uzavře tak pracovní prostor. Pak následuje fáze dolisu, kdy válec dolisu šrot zhutní na požadovanou hodnotu a vysune ho po otevření hradítka ven.



Obr. 7.6 Hydraulické nůžky + lis, lisovací komora otevřená, beran předlisu jí uzavírá

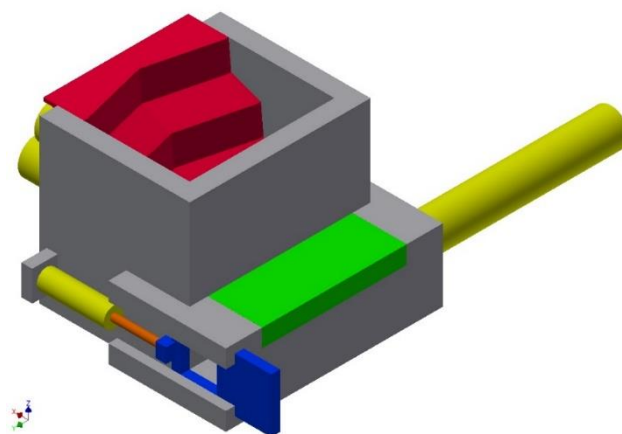
Pro úplnost je stroj ještě zobrazen v půdorysu a v řezu na obrázku (Obr. 7.7). Zjevnou nevýhodou této konstrukce je ale bezpečnostní riziko pro obsluhu, vzniklé otevřeným pracovním prostorem a přístupností stříhacích ploch.



Obr. 7.7 Půdorys a řez, 2a

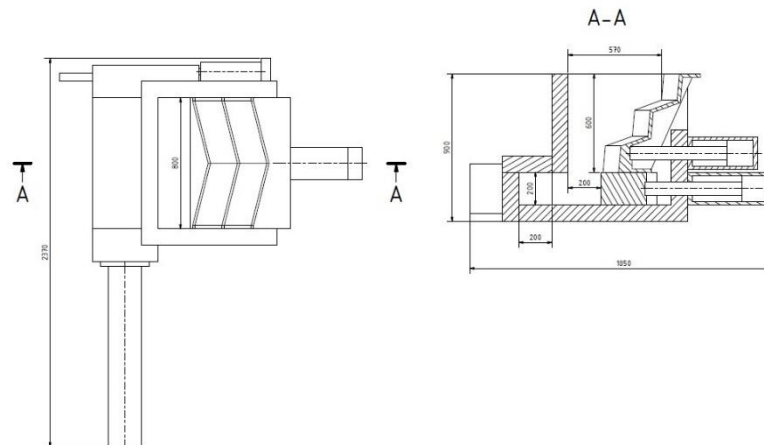
### B) Hydraulické nůžky + lis, uzavřená lisovací komora v rovině s beranem předlisu

Varianta B (Obr. 7.8) je modifikací předchozí konstrukce. Lisovací komora je zcela uzavřená a je v rovině s beranem předlisu. To znamená že beran předlisu materiál pěchuje do prostoru dolisu a po naplnění tohoto prostoru tvoří jednu z jeho stěn. Tímto uspořádáním je dosahováno lepšího zhutnění a je odstraněno bezpečnostní riziko vyplývající z otevřeného pracovního prostoru. Navíc návrh počítá s instalací manuálně ovládaného víka (Obr. 7.8 zelená barva) na svrchní straně pracovní komory dolisu, což umožňuje stroj provozovat v několika režimech - například pouze k lisování, nebo pouze ke stříhání šrotu.



Obr. 7.8 Hydraulické nůžky + lis, 2b

Opět pro lepší představu je stroj zobrazen v půdorysu a v řezu (Obr. 7.9). Z řezu je zřejmé, že u této varianty nemáme možnost snadného přístupu do pracovního prostoru, na druhou stranu je ale stroj bezpečnější a manuální víko dolisu nám umožňuje řešit případné havarijní stavy apod.



Obr. 7.9 Půdorys a řez, 2b

#### 7.4 Porovnání a vyhodnocení variant

Na pomoc s výběrem z vypracovaných variant byla zvolena kritéria, která měla na jedné straně zajistit, aby stroj vyhověl zadaným základním parametrům a na druhé straně vyhovět podmínce, že navržený stroj bude lepší, než řešení dostupná na trhu. Kritéria pro rozhodování jsou:

- Celkové půdorysné rozměry lisu
- Bezpečnost - především s ohledem na obsluhu stroje
- Hodnota výsledného zhutnění kovového šrotu
- Možnosti používání stroje tzn. jestli je možné stroj používat například i k jiným účelům než jen k lisování
- Údržba - jak je snadné stroj servisovat, jak přístupné jsou komponenty, které je nutné sledovat atd.
- Přístup do pracovního prostoru - jak vysoko je například nakládací otvor stroje
- Jednoduchost obsluhy - jak obtížné je stroj ovládat a řídit.



Pro přehledné zhodnocení vypracovaných variant jsme sestavili tabulku (Tab. 7.1), kde jsme hodnotili jednotlivé varianty podle zvolených kritérií. To, jak dobře daná varianta splňuje jednotlivá kritéria je jednak popsáno slovně a navíc, pro větší názornost ještě zvýrazněno barevně:

- **Zelená** - dobré nebo vynikající splnění daného kritéria
- **Žlutá** – dostatečné nebo vyhovující splnění kritéria
- **Červená** - varianta kritérium nespĺňuje vůbec nebo nedostatečně.

#### Varianty:

**1a** – 2x lineární válec + víko

**1b** – 2x lineární válec + víko – „Copex“

**2a** – Hydraulické nůžky + lis, lisovací komora otevřená, beran předlisu jí uzavírá

**2b** – Hydraulické nůžky + lis, uzavřená lisovací komora v rovině s beranem předlisu

vlastnosti	varianty			
	1a	1b	2a	2b
velikost/půdorys. rozměry	větší	větší	malé	malé
bezpečnost	dostatečná	dostatečná	nevyhovuje	dobrá
dosahované zhutnění	dobré	dobré	dobré	dobré
možnosti používání stroje	standardní	variabilní	variabilní	variabilní
údržba	snadná	obtížná	obtížnější	obtížnější
přístup do prac. prostoru	omezený	omezený	dobrý	omezený
jednoduchost obsluhy	dostatečná	dostatečná	dostatečná	snadná

Tab. 7.1 Porovnání variant

Z tabulky vyplývá, že jako nejvhodnější se jeví varianta 2b (*Hydraulické nůžky + lis, uzavřená lisovací v rovině s beranem předlisu*). Tato varianta představuje menší stroj, který díky tomu že ho není třeba tak intenzivně obsluhovat, vykazuje zároveň větší míru bezpečnosti. Stroj je také dostatečně variabilní na to, aby se investice do jeho koupě co nejdříve vrátila.

Vybraná varianta konstrukce má, jak už bylo zmíněno řadu výhod, kromě toho že lépe vyhovuje našimi kritériím, lze tento stroj provozovat v několika režimech, jedná se tedy o stroj značně variabilní. Základní režim je poloautomatický, to znamená že obsluha stroj pouze nakládá, a to buď ručně nebo pomocí dopravníku, jednoduchého skluzu, nebo jeřábu. Konstrukce



stupňovitého beranu přidržovače a násypky je taková že orientace skeletů nehraje tak důležitou roli. Poté co jsou skelety stupňovitým beranem stlačeny, následuje stříhání a pěchování dolním beranem předlisu. V tomto uspořádání nemá obsluha možnost kontrolovat množství materiálu v pracovním prostoru lisu, tento problém je řešen tak, že je odměřován tlak, nebo přesněji odpor na beran předlisu, který když dosáhne určené hodnoty, beran se zastaví ve vysunuté poloze a dojde k dolisu. Následně je hotoví paket vysunut otevřeným hradítkem ven ze stroje.

Dalším možností je provozovat stroj pouze jako lis, to znamená že stupňovitý beran nepracuje a obsluha plní pracovní prostor dolisu manuálně menšími kusy pomoci dvířek na horní straně komory dolisu.

Nebo je naopak možné používat stroj pouze ke stříhání, a to tak, že přidržovač materiál stlačuje a přidržuje pro dolní beran předlisu, který šrot stříhá a následně ho vysouvá před beran dolisu. Dolis v tomto režimu ale nepůsobí, místo toho jen průběžně vysouvá materiál ven ze stroje otvorem hradítka, které je v tomto režimu permanentně otevřeno.

Celkově je z výše uvedeného výčtu výhod zřejmé, že tedy tato varianta představuje pro náš konkrétní zadaný typ šrotu (plechové skelety domácích spotřebičů) mnohem lepší řešení. Nejenže je obsluha stroje snazší než u ostatních typů, stroj je i celkově menší a nižší a je lépe přístupný, takže i v případě ručního nakládání může obsluha pracovat efektivněji. V případě použití vhodné konstrukce násypky je možné stroj naložit více kusy najednou bez ohledu na jejich prostorovou orientaci. To například umožňuje, aby jeden pracovník obsluhoval i více strojů a působil díky poloautomatickému režimu pouze v roli dozoru.

## 8. Vlastní řešení

Navrhované řešení se odlišuje tím, že je na rozdíl od podobných strojů na zpracování kovového odpadu určené spíše pro provozovny sběrných surovin a sběrné dvory než pro tradiční kovošrot. To znamená že umožní takovému podniku samostatně zpracovat a recyklovat jinak nepotřebné ocelové sklety, které by jinak musel likvidovat nebo, posílat právě například do kovošrotu. Tímto způsobem je však bude moci zpracovat na pakety a přímo prodat například do hutí.

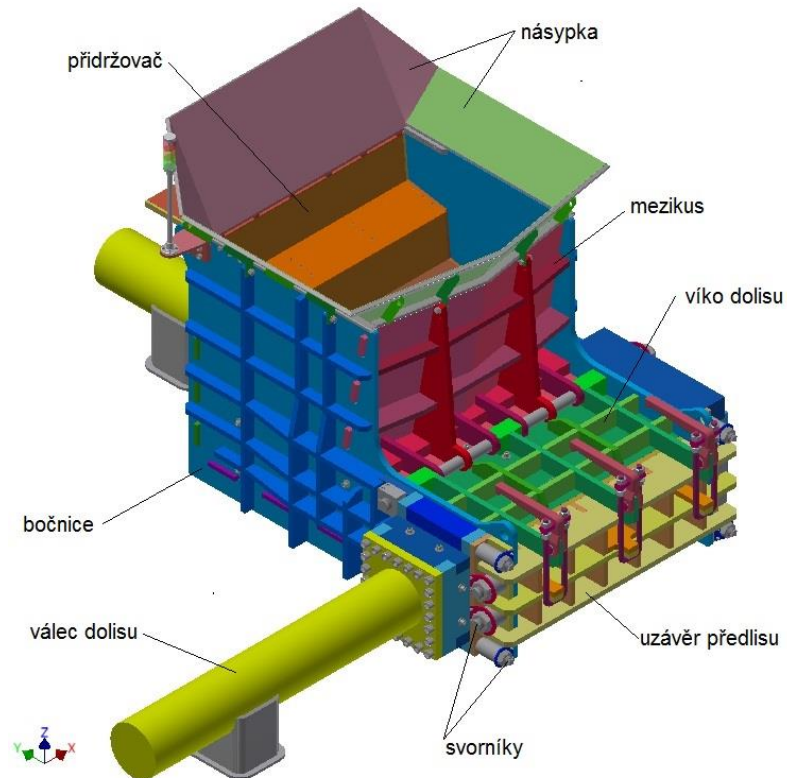
Hlavní výhody a vlastnosti navrhované konstrukce jsou už popsány v kapitole *7.4 Porovnání a vyhodnocení variant*, tato kapitola je věnována hlavně detailnímu popisu částí lisu a principu jeho fungování.

### 8.1 Model

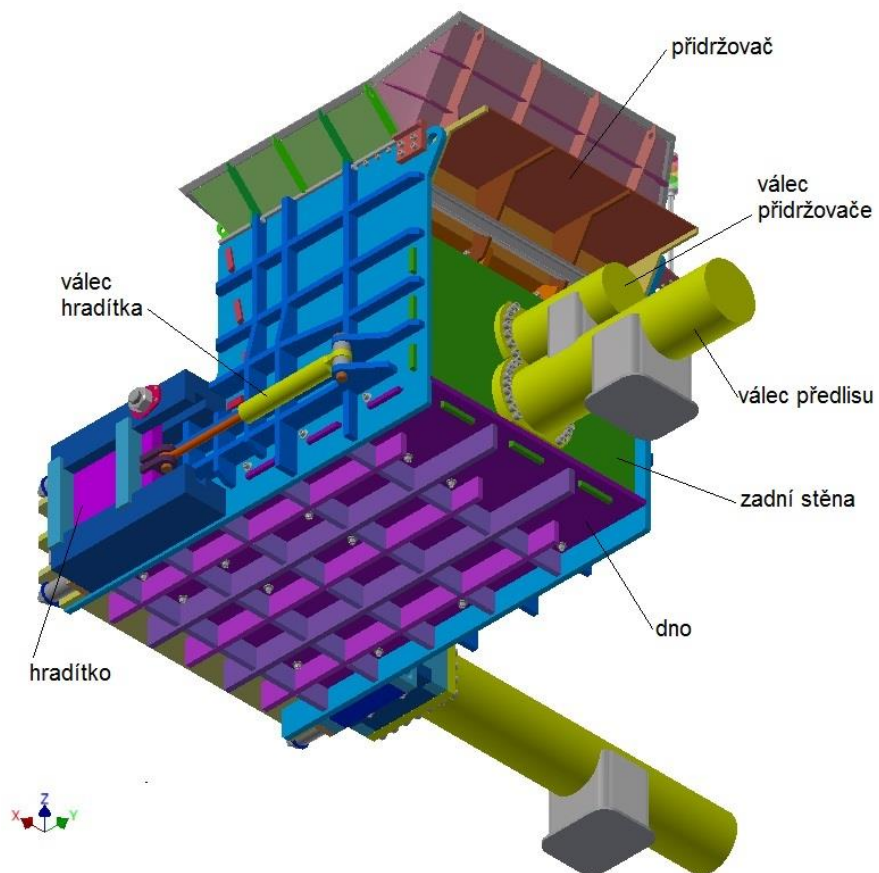
Rám paketovacího lisu je tvořen segmenty spojenými navzájem svary, nebo ocelovými svorníky. Jednotlivé segmenty stroje jsou na obrázku (*Obr. 8.1*) a (*Obr. 8.2*) barevně zvýrazněny tak, aby bylo možno mezi nimi rozlišovat.

Rám je tvořen dvěma bočnicemi (modrá), dnem (fialová) a zadní stěnou (zelená), na kterou jsou přišroubovány hydraulické válce přidržovače a předlisu (žlutá). Segment označovaný jako mezikus (červená) pak tvoří: spojnicí mezi oběma bočnicemi, stříhací hranu proti beranu předlisu a jeho žebrování také vyztužuje osu víka dolisu. Víko dolisu (zelená) uzavírá shora pracovní prostor stroje určený pro finální dolisování šrotu. Víko drží zavřené ruční pákové mechanismy (červená), které jsou svou osou spojené s víkem. S nakládáním šrotu do stroje pomáhá dvoudílná násypka (růžová a zelená).

Vnitřní uspořádání stroje je znázorněno v řezu v oddíle *8.2 Režimy provozu* (*Obr. 8.12*), kde je lépe vidět stupňovitý beran přidržovače (oranžová) a beran předlisu (žlutá). Šedou barvou je pak zvýrazněna výstelka pracovního prostoru z otěruvzdorného materiálu (Hardox). Tyto hardoxové segmenty jsou k rámu stroje přišroubovány. Hlavy šroubů jsou na vnější straně rámu stroje, aby se předešlo jejich poškození, šroubový spoj je ještě navíc zajištěn těsnými pery a pružnými podložkami typu „Schnorr“.

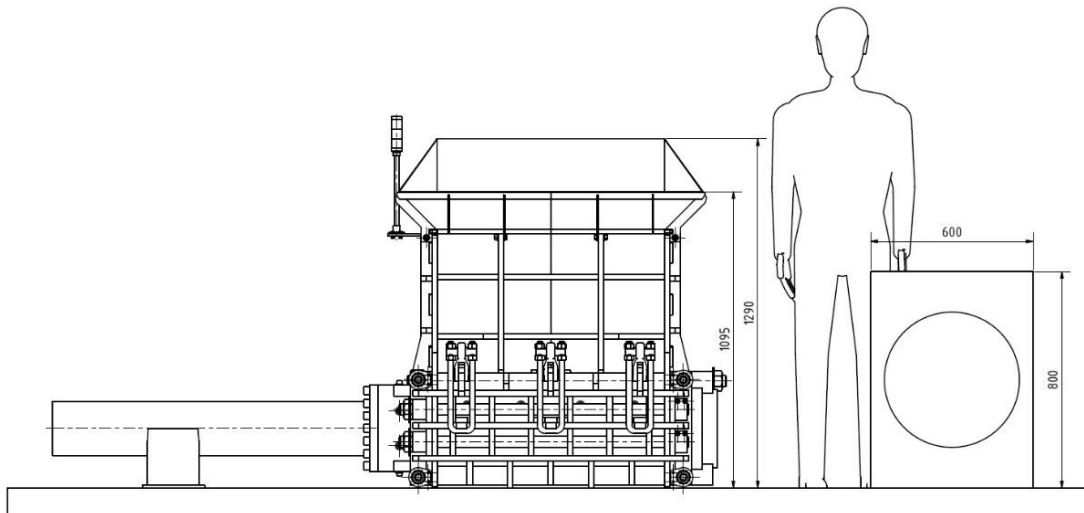


Obr. 8.1 Paketovací lis, pohled shora



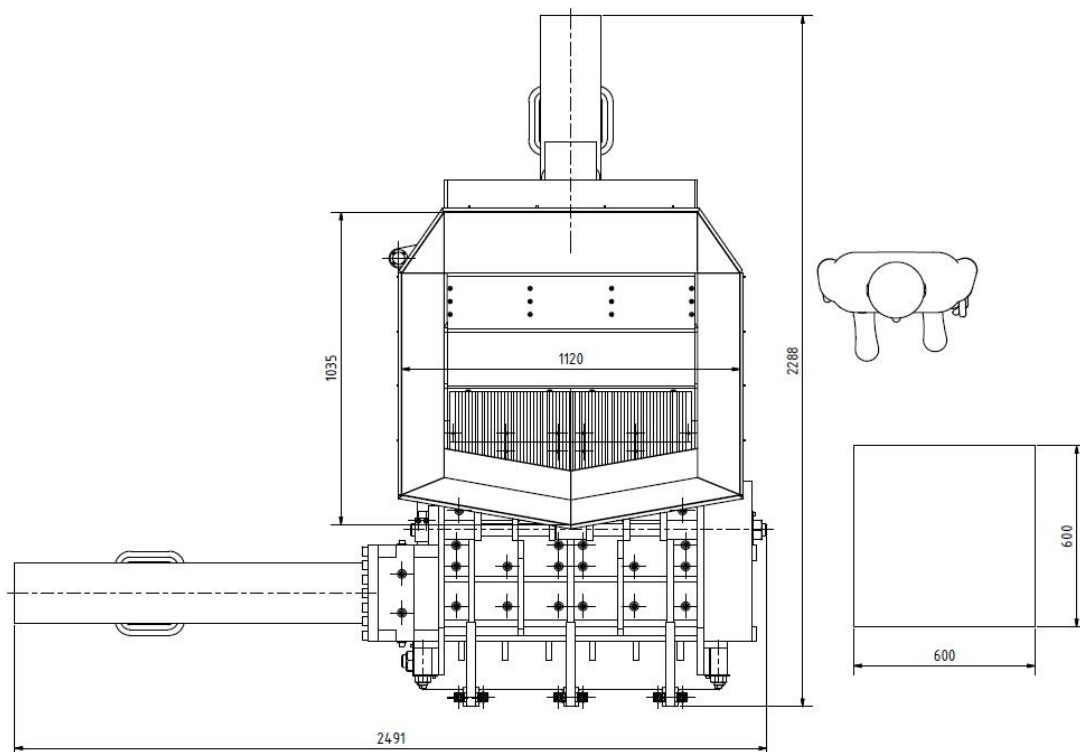
Obr. 8.2 Paketovací lis, pohled zdola





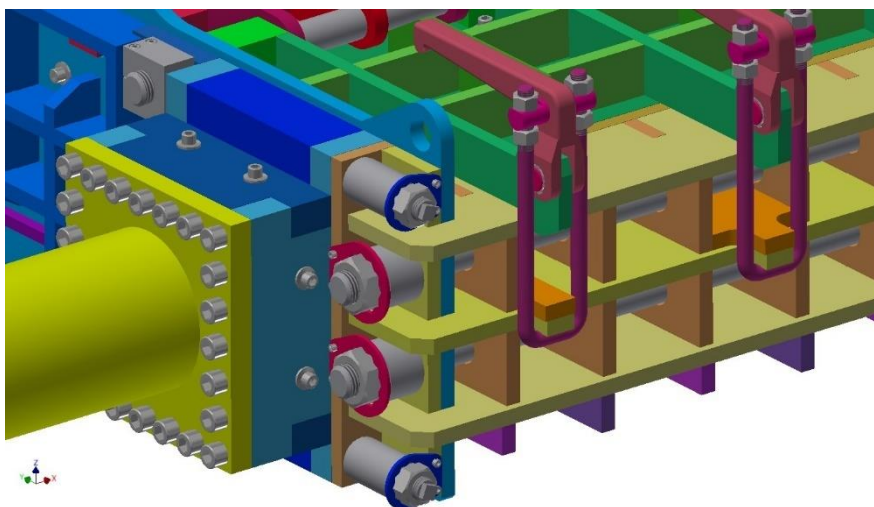
Obr. 8.3 Nárys paketovacího lisu

Obrázky (Obr. 8.3) a (Obr. 8.4) ukazují stroj v nárysu, respektive půdorysu a je z nich patrné měřítko ve srovnání s postavou průměrného muže (výška 175 cm) a modelem automatické pračky standardních rozměrů. Na obrázcích jsou také některé důležité rozměry, jak výška nakládací hrany (1095 mm) a maximální půdorysné rozměry lisu (2491x2288 mm).

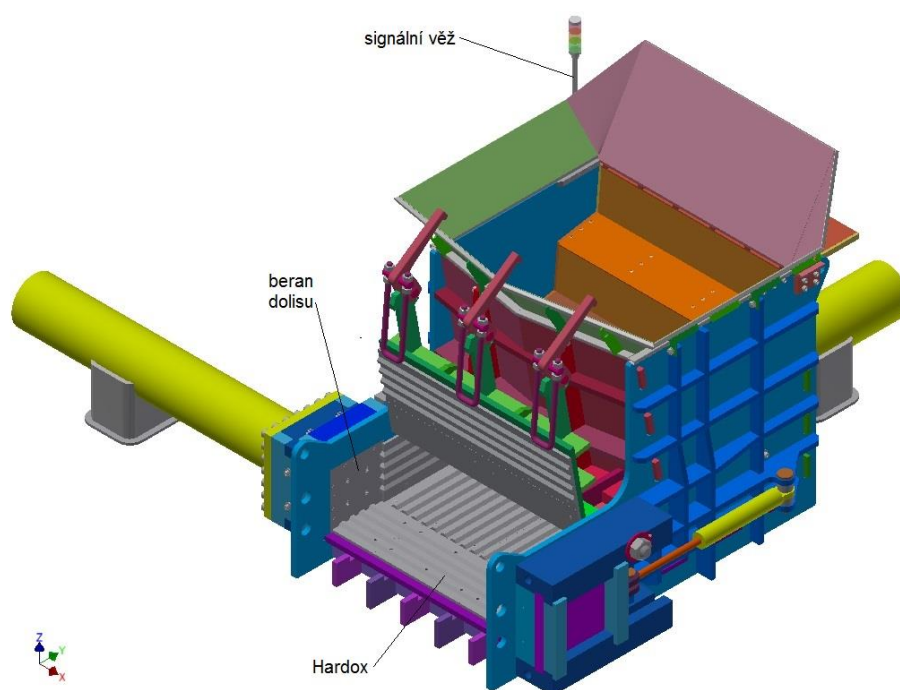


Obr. 8.4 Půdorys paketovacího lisu

Spojení segmentů dohromady je realizováno jednak pomocí svarů tvarových ploch (Obr. 8.10) a jednak pomocí ocelových svorníků (Obr. 8.5). Spojení pomocí svorníků umožňuje kromě snadnější montáže stroje a jeho servisu a údržby i možnost lepšího přístupu do pracovního prostoru lisu pro řešení havarijních stavů, jako je třeba vzpříčení šrotu mezi pohyblivými částmi stroje. V takovém případě (Obr. 8.6) lze otevřít víko dolisu (zelená), pákové uzávěry (červená), odšroubovat svorníky (šedá) a tak uvolnit odnímatelný uzávěr předlisu (žlutá).



Obr. 8.5 Detail svorníků a uzávěru dolisu



Obr. 8.6 Montáž / havárie

Na řezu na obrázku (Obr. 8.12) je také vidět konstrukce beranu přidržovače, tvořená horní a dolní částí. Důvodem tohoto uspořádání je, aby bylo možné beran snadno vyjmout za účelem servisu, nebo opravy. K vyjmutí beranu předlisu je nejprve nutné odšroubovat krycí plech přístupný z plnicího otvoru stroje. Po jeho sejmutí získáme přístup ke šroubům, které drží obě poloviny dohromady a také ke šroubům spojujícím přes dělenou spojku spodní polovinu beranu přidržovače s pístnicí hydraulického válce.

K vedení beranů válců a zamezení jejich vzpříčení slouží drážky v hardoxových panelech rámu a na korespondujících panelech beranu. Toto drážkování také zamezuje vzpříčení slabších kusů kovu, které by mohly mezi tyto pohyblivé části vniknout a zapříčinit jejich zaseknutí.

K ochraně pístnice válce předlisu před poškozením šrotem, který by mohl propadnout mezerou mezi přidržovačem a stěnou rámu lze použít například teleskopický spirálový kryt, jako například ten na obrázku (Obr. 8.7) od firmy Hennlich.



Obr. 8.7 Teleskopický kryt pístnice [7]

Konstrukce je celkově koncipována tak, aby byla výroba rámu lisu co nejjednodušší, a proto je užito této modulární koncepce s rámem rozděleným na segmenty. Snahou byla maximální unifikace jednotlivých segmentů a dílů, právě pro usnadnění výroby. Z tohoto důvodu je tedy většina segmentů svařena z jednoduchých výpalků z plechů tloušťky 20 mm.

Bočnice rámu mají také oka pro manipulaci, tato oka slouží také po svaření rámu dohromady pro manipulaci s celým lisem.

Možný postup výroby stroje vyplývá z jeho konstrukce: jednotlivé segmenty jsou nejprve sestaveny a svařeny samostatně (Obr. 8.8), pak jsou

opracovány (*Obr. 8.9*), tak aby jejich kontaktní plochy navazovaly na sousedící segmenty (*Obr. 8.10*) a nakonec jsou svařeny (*Obr. 8.11*), nebo sešroubovány dohromady pomocí svorníků. Tento princip usnadňuje výrobu svařence rámu stroje a umožňuje případné opravy nebo vylepšení stroje.

Tento postup výroby je naznačen na fotografiích z výroby paketovacího lisu Super 3 ve firmě Bronneberg. Stroj Super 3 je paketovací lis s uspořádáním jako stroje v kapitole 6.3 *Paketovací lisy - 2 lineární osy a víko*.



*Obr. 8.8 Výroba segmentu rámu [19]*



*Obr. 8.9 Opracování segmentu rámu [19]*



*Obr. 8.10 Detail spojení částí rámu [19]*



Obr. 8.11 Postup svařování rámu [19]

## 8.2 Režimy provozu

Jak už bylo naznačeno v kapitole 7.4 *Porovnání a vyhodnocení variant*, jednou z výhod této navrhované konstrukce je fakt že stroj lze provozovat hned v několika režimech:

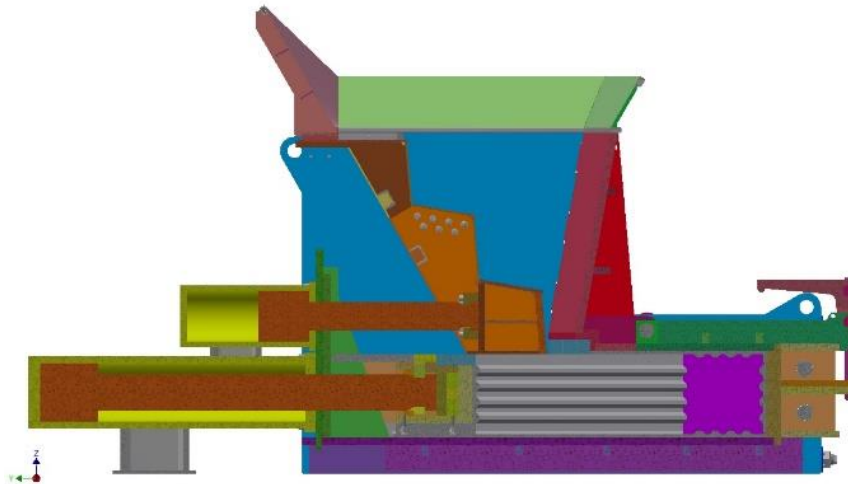
- A) Poloautomatický režim (základní)
- B) Režim lisování
- C) Režim stříhání

### A) Poloautomatický režim

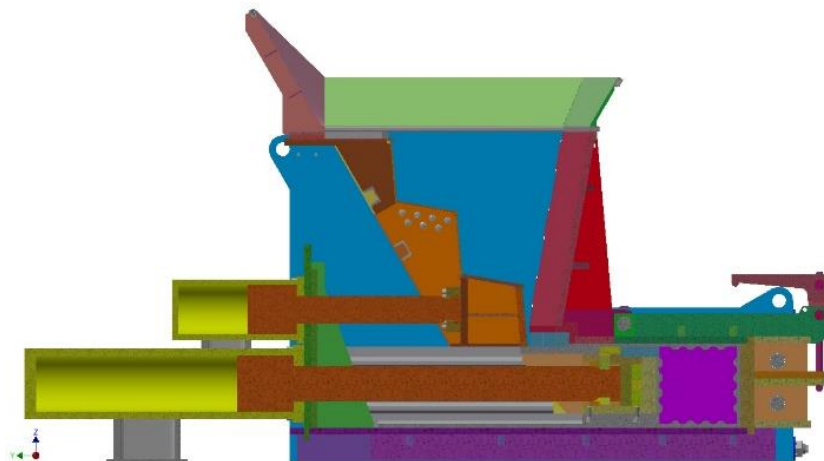
Tento režim představuje základní způsob provozu navrhovaného paketovacího lisu. V tomto režimu slouží ke komunikaci mezi systémem stroje a obsluhou jednoduchá světelná signalizace v podobě signální věže (semaforu: červená, oranžová, zelená). Princip poloautomatického režimu je vysvětlen na pracovním cyklu rozděleném na jednotlivé kroky/operace:

- 1) Obsluha stroje vloží do násypky první skelet a stroj zapne. Na signální věži se rozsvítí oranžová.
- 2) Stupňovitý beran přidržovače začne skelet zpracovávat (Obr. 8.12).
- 3) Po třech cyklech přidržovače (skelet, nebo jeho část propadnou před beran předlisu) začne pracovat beran předlisu (Obr. 8.13) a na věži se rozsvítí zelená.

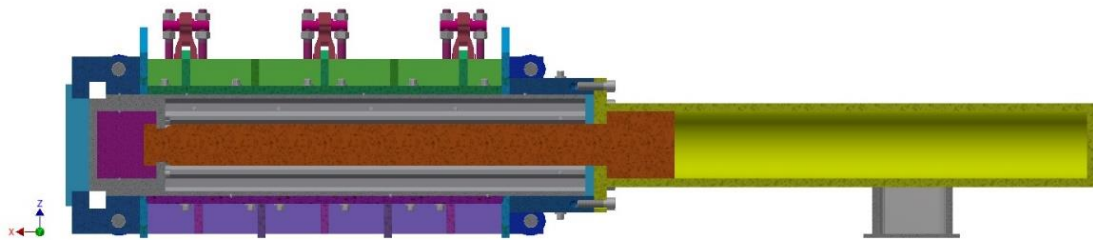
- 4) Po určité době dojde k naplnění lisovací komory stroje, to systém pozná z nárůstu tlaku v hydraulickém systému. Na signální věži se rozsvítí oranžová.
- 5) Zastaví se beran přidržovače a na věži se rozsvítí červená.
- 6) Beran předlisu se vysune do krajní polohy a nahrne šrot před beran dolisu.
- 7) Vysune se beran dolisu a slisuje šrot na finální hodnotu zhutnění.
- 8) Zasune se válec hradítka a otevřeným otvorem vysune beran dolisu hotový paket ven ze stroje (*Obr. 8.14*).
- 9) Rozsvítí se oranžová, hradítko se uzavře a zasune se válec dolisu.
- 10) Rozsvítí se zelená, předlis a dolis začnou opět pracovat, dokud opět nedojde k naplnění lisovací komory, nebo vypnutí stroje.



*Obr. 8.12 Vysunutí přidržovače*



*Obr. 8.13 Vysunutí beranu předlisu*

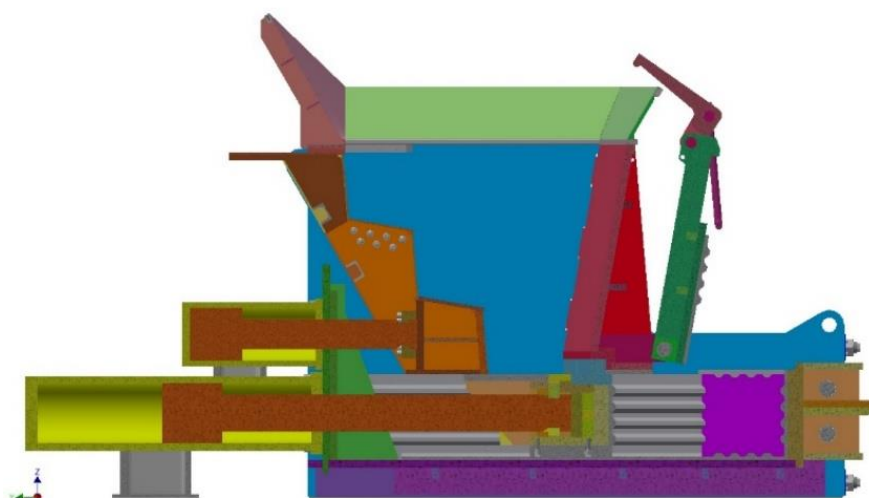


Obr. 8.14 Vysunutí beranu dolisu

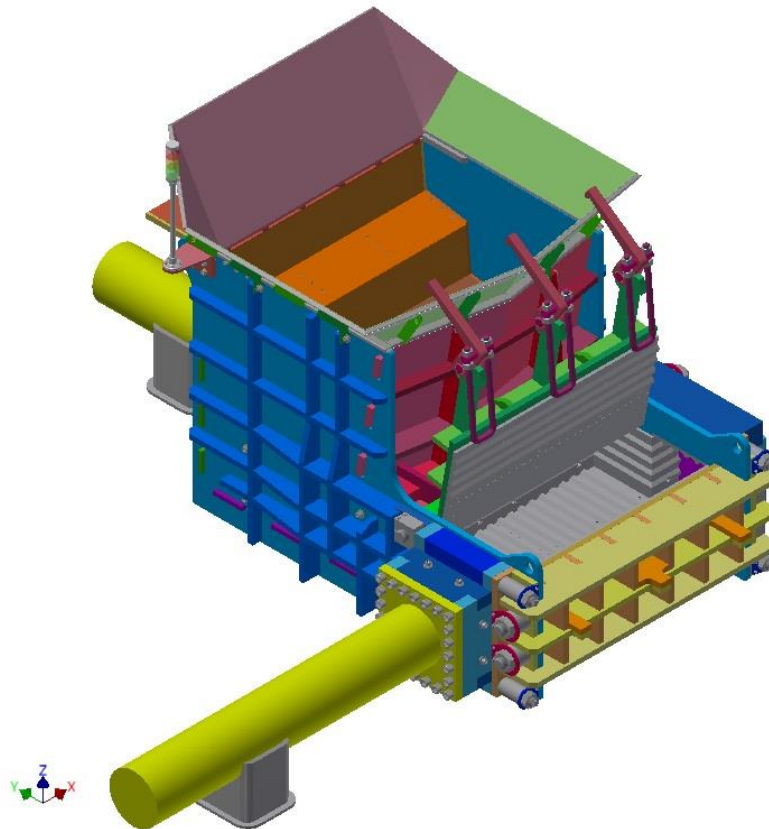
## B) Režim lisování

Režim lisování byl už stručně popsán v kapitole 7.4 *Porovnání a vyhodnocení variant*. Pro upřesnění tedy znovu: stroj v tomto režimu funguje tak, že přidržovač nepracuje, beran předlisu je na začátku cyklu ve střední poloze (Obr. 8.15) a víko dolisu je otevřené (Obr. 8.16). Nyní obsluha naloží ručně pracovní prostor kovovým šrotem a víko uzavře. Po uzavření víka dojde válec předlisu do krajní polohy a stlačí šrot poprvé, pak může následovat další plnění, nebo lze paket přímo dokončit válcem dolisu. Hotový paket je opět vysunut ven z lisu po otevření hradítka.

Pro zajištění víka dolisu v otevřené poloze a asistenci s jeho otvíráním se počítá s využitím ručního řetězového kladkostroje. Otvory pro jeho připevnění k rámu jsou zahrnuty v konstrukci.



Obr. 8.15 Střední poloha válce předlisu



Obr. 8.16 Otevřené víko dolisu

### C) Režim stříhání

Režim stříhání funguje následovně: materiál k nastříhání je vkládán normálně plnicím otvorem, beran přidržovače ho stlačuje a přidržuje pro dolní beran předlisu, který šrot kontinuálně stříhá a následně ho vysouvá před beran dolisu. Nastříhaný šrot je pak ze stroje průběžně vysouván beranem dolisu, který v tomto režimu plní pouze tuto funkci. Válec hradítka je trvale zasunut a hradítko je tedy otevřené.



## 9. Výpočtová část

Tato část práce je věnována především návrhovým a kontrolním výpočtům nutným pro získání základních výkonových parametrů a rozměrů navrhované konstrukce a ověření jejich správnosti.

Stroje na zpracování kovového odpadu jsou za své podstaty univerzální v tom smyslu, že musí být schopny zpracovat široké spektrum odpadu. Navrhovaný stroj má ale řešit specifické zadání, které spočívá právě v druhu zpracovávaného odpadu, kterým jsou plechové skelety domácí elektroniky. Z důvodu, abychom navrhli především výkonnové parametry stroje co nejpřesněji vůči našemu zadání, museli jsme nejprve získat potřebné hodnoty měřením na stroji, zpracovávajícím podobný typ kovového šrotu.

Navržené parametry, jako jsou pracovní tlaky a z nich vyplývající síly, se pak promítají do dalších výpočtů jednak samotného pohonu a pak také do návrhu rámu stroje a jeho součástí.

### 9.1 Měření

Pro získání správných hodnot pracovních parametrů navrhovaného stroje jsme prostudovali řešení dostupná na trhu, ale především se provedlo vlastní měření na konkrétním stroji EtaPress 1250 EPIII 44 – 1500 od firmy Metso Lindemann (*Obr. 9.3*). Hodnoty druhého porovnávaného paketovacího lisu řady CBP ve velikosti 100 od firmy Žďas (*Obr. 9.1*) byly získány z rešerše.

Měření na stroji EtaPress 1250 EPIII 44 – 1500 proběhlo 11. 5. 2017 ve firmě Škoda AUTO a.s. v závodě v Mladé Boleslavi na provozu „Stará lisovna“. Tento paketovací lis je stroj se třemi lineárními osami, tak jak je popsáno v kapitole: (*6.2 Paketovací lisy - 2+3 lineární osy bez víka*). Lis zde zpracovává odstřížky a odpad po lisování částí rámu a karoserií osobních automobilů. Lisovaný materiál je tedy ocelový plech tloušťek 0,6 mm až 1,0 mm. Právě proto mohou naměřené hodnoty tohoto stroje dobře posloužit pro návrh, protože je charakter zpracovávaného odpadu podobný.



Obr. 9.1 Paketovací lis ŽĐAS CPB 100 [13]

V tabulce (Tab. 9.1) jsou uvedeny katalogové a napočítané parametry stroje CPB 100 od firmy Žďas. Výpočty těchto parametrů jsou dále detailně rozepsány a jednotlivě popsány.

ŽĐAS CPB 100			
váha paketu	$m_{žp}$	140	kg
max. síla - předlis, dolis	$F_{žm}$	1000	kN
výška paketu - po předlisu	$h_{ž1}$	300	mm
šířka paketu - po předlisu	$w_{ž1}$	300	mm
délka paketu - po předlisu	$l_{ž1}$	1000	mm
objem paketu - po předlisu	$V_{ž1}$	0,09	$m^3$
hustota paketu - po předlisu	$\rho_{žp}$	1555,55556	$kg/m^3$
tlak předlisu	$p_{žp}$	3,33333333	Mpa
výška paketu - po dolisu	$h_{ž2}$	300	mm
šířka paketu - po dolisu	$w_{ž2}$	300	mm
délka paketu - po dolisu	$l_{ž2}$	518,518519	mm
objem paketu - po dolisu	$V_{ž2}$	0,04666667	$m^3$
výsledná hustota	$\rho_{žv}$	3000	$kg/m^3$
tlak dolisu	$p_{žd}$	11,1111111	MPa

Tab. 9.1 Paketovací lisy ŽĐAS CPB 100 [5]

Objem paketu po předlisu:

$$V_{ž1} = h_{ž1} \cdot w_{ž1} \cdot l_{ž1} = 300 \cdot 300 \cdot 1000 \cdot 10^{-9} = \underline{0,09 m^3} \quad (9.1)$$

Hustota paketu po předlisu:

$$\rho_{zp} = m_{zp}/V_{z1} = 140/0,09 = \underline{1555,5 \text{ kg/m}^3} \quad (9.2)$$

Tlak vyvíjený beranem předlisu na paket:

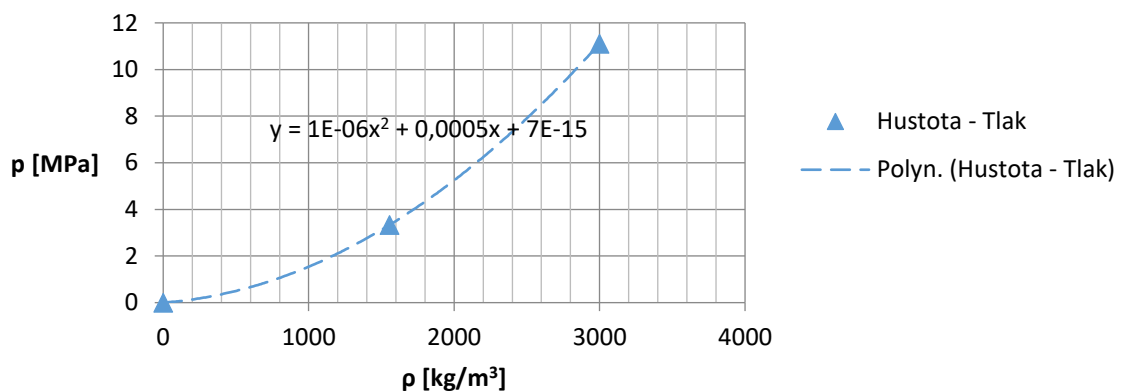
$$p_{zp} = \frac{F_{zm}}{h_{z1} \cdot l_{z1}} = \frac{1000}{300 \cdot 1000} \cdot 10^3 = \underline{3,3 \text{ MPa}} \quad (9.3)$$

Tlak vyvíjený beranem dolisu na paket:

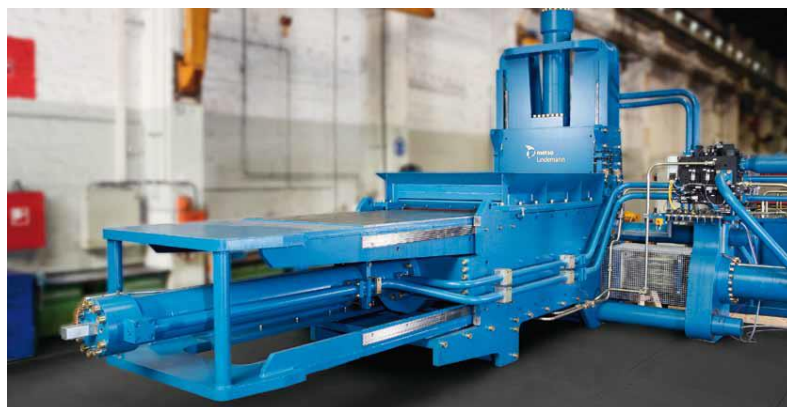
$$p_{zd} = \frac{F_{zm}}{h_{z2} \cdot w_{z2}} = \frac{1000}{300 \cdot 300} \cdot 10^3 = \underline{11,1 \text{ MPa}} \quad (9.4)$$

Vynesením hodnot tlaků v jednotlivých fázích pracovního cyklu lisu a jim odpovídajících hodnot zhuštění šrotu z tabulky (Tab. 9.1) získáme závislost tlaku hydraulických válců na dosahovaném zhuštění šrotu (Obr. 9.2).

### Hustota - Tlak ( ŽĎAS CPB 100 )



Obr. 9.2 Závislost: Hustota – Tlak, ŽĎAS CPB 100



Obr. 9.3 Paketovací lis Lindemann 1250EP1144 - 1500 [18]

Hodnoty stroje Metso Lindemann EtaPress 1250 EPIII 44 – 1500 (Obr. 9.3) pochází z katalogu výrobce a z měření na konkrétním stroji. Jmenovitě byly naměřeny rozměry a hmotnosti paketů produkovaných tímto lisem (Obr. 9.4, Tab. 9.2) a rovněž byly také odečteny provozní tlaky v hydraulických válcích lisu během jednotlivých fází pracovního cyklu stroje (Tab. 9.3).



Obr. 9.4 Paket z lisu Lindemann

PARAMETRY PAKETU Lindemann		
váha paketu	250, 251, 252	kg
<b>průměr</b>	<b>251</b>	<b>kg</b>
šířka paketu	400	mm
výška paketu	400	mm
délka paketu	350, 355, 380 395, 360, 370 365, 365, 360 360, 415, 355 360, 340, 360 365, 360	mm
<b>průměr</b>	<b>365,5882353</b>	<b>mm</b>
<b>objem paketu</b>	<b>0,058494118</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>hustota</b>	<b>4291,029767</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>

Tab. 9.2 Hodnoty paketů lisu Lindemann

V tabulce (Tab. 9.3) jsou uvedeny katalogové a napočítané parametry stroje EtaPress 1250 EPIII 44 – 1500. Výpočty jsou detailně rozepsány a jednotlivě popsány, ale vždy jen jednou, pokud se opakují.



Lindemann 1250 EPIII 44 - 1500			
<b>tlak plnění</b>	<b><math>p_{lp}</math></b>	<b>10</b>	<b>Mpa</b>
<b>váha paketu</b>	<b><math>m_l</math></b>	<b>251</b>	<b>kg</b>
výška paketu - po plnění	$h_{l1}$	1100	mm
šířka paketu - po plnění	$w_{l1}$	400	mm
délka paketu - po plnění	$l_{l1}$	1500	mm
objem paketu - po plnění	$V_{l1}$	0,66	m <sup>3</sup>
<b>hustota paketu - po plnění</b>	<b><math>\rho_{l1}</math></b>	<b>380,30303</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
průměr válce plnění	$d_{l1}$	250	mm
max. síla válce plnění	$F_{l1}$	490,873852	kN
<b>tlak beranu plnění</b>	<b><math>p_{l1}</math></b>	<b>0,2974993</b>	<b>Mpa</b>

<b>tlak předlisu</b>	<b><math>p_{l2}</math></b>	<b>15</b>	<b>Mpa</b>
výška paketu - po předlisu	$h_{l2}$	400	mm
šířka paketu - po předlisu	$w_{l2}$	400	mm
délka paketu - po předlisu	$l_{l2}$	1500	mm
objem paketu - po předlisu	$V_{l2}$	0,24	m <sup>3</sup>
<b>hustota paketu - po předlisu</b>	<b><math>\rho_{l2}</math></b>	<b>1045,83333</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
průměr válce předlisu	$d_{l2}$	320	mm
max. síla válce předlisu	$F_{l2}$	1206,37158	kN
<b>tlak beranu předlisu</b>	<b><math>p_{l2}</math></b>	<b>2,0106193</b>	<b>Mpa</b>

<b>tlak dolisu</b>	<b><math>p_{ld}</math></b>	<b>32</b>	<b>Mpa</b>
výška paketu - po dolisu	$h_{l3}$	400	mm
šířka paketu - po dolisu	$w_{l3}$	400	mm
délka paketu - po dolisu	$l_{l3}$	365,588235	mm
objem paketu - po dolisu	$V_{l3}$	0,05849412	m <sup>3</sup>
<b>hustota paketu - po dolisu</b>	<b><math>\rho_{l3}</math></b>	<b>4291,02977</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
průměr válce dolisu	$d_{l3}$	380	mm
max. síla válce dolisu	$F_{l3}$	3629,16783	kN
<b>tlak beranu dolisu</b>	<b><math>p_{l3}</math></b>	<b>22,682299</b>	<b>Mpa</b>

Tab. 9.3 Hodnoty lisu Lindemman [18]

Objem paketu po plnění:

$$V_{l1} = h_{l1} \cdot w_{l1} \cdot l_{l1} = 1100 \cdot 400 \cdot 1500 \cdot 10^{-9} = \underline{0,66 \text{ m}^3} \quad (9.5)$$

Hustota paketu po plnění:

$$\rho_{l1} = m_l / V_{l1} = 251 / 0,66 = \underline{380,3 \text{ kg/m}^3} \quad (9.6)$$

Maximální síla válce plnění:

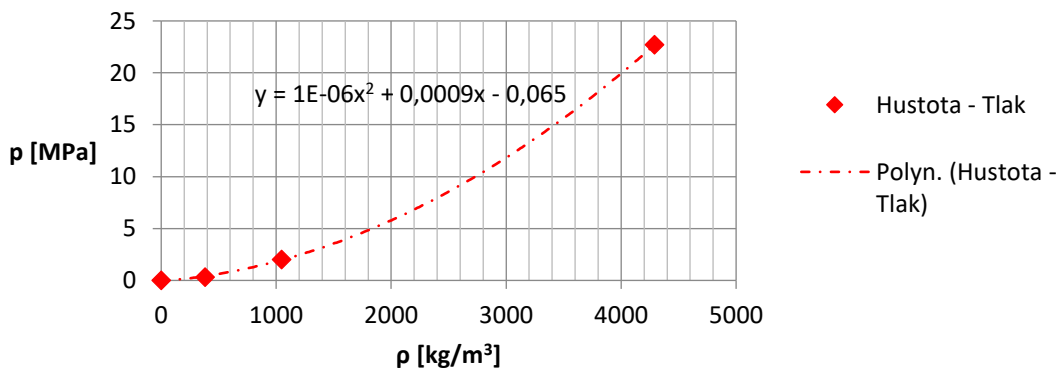
$$F_{l1} = p_{lp} \cdot \frac{\pi \cdot d_{l1}^2}{4} = 10 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot (250 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 10^{-3} = \underline{490,9 \text{ kN}} \quad (9.7)$$

Tlak vyvíjený beranem plnění na paket:

$$p_{l1} = \frac{F_{l1}}{h_{l1} \cdot l_{l1}} = \frac{490,9}{1100 \cdot 1500} \cdot 10^3 = \underline{0,298 \text{ MPa}} \quad (9.8)$$

Obdobně jako u stroje CPB 100 od firmy Žďas i u stroje Lindemann 1250 EPIII 44 – 1500 jsou vyneseny hodnoty tlaků v jednotlivých fázích pracovního cyklu lisu a jim odpovídajících hodnot zhutnění šrotu z tabulky (Tab. 9.3). Na rozdíl od předchozího grafu (Obr. 9.2) je ale více kroků v pracovním cyklu, protože stroj má více válců. Výsledná závislost (Obr. 9.5) ale stále představuje poměr mezi tlakem ve válcích a dosahovaným zhutněním šrotu.

### Hustota - Tlak ( Lindemann )



Obr. 9.5 Závislost: Hustota – Tlak, Lindemann 1250EPIII44 – 1500

## 9.2 Návrh pohonu

Hodnoty získané z rešerše a vlastního měření nyní poslouží jako podklad pro návrh pohonu paketovacího lisu. Především jde o získané závislosti tlaků a dosahovaného zhutnění. Pro návrh je použita závislost z grafu na obrázku (Obr. 9.2) a závislost pro stroj Lindemann 1250 EPIII 44 – 1500 (Obr. 9.5) slouží především pro kontrolu. Správnost návrhu je pak vidět na grafu (Obr. 9.12), kde jsou vyneseny všechny hodnoty dohromady.

Pro návrh byla zvolena (podle přání zadavatele) hodnota výsledného zhutnění šrotu na 3000 kg/m<sup>3</sup>.

Návrh pohonu je členěn podle jednotlivých prvků hydraulického obvodu, to znamená na následující oddíly:

- A) Zdroj
- B) Válec přidržovače
- C) Válec předlisu
- D) Válec dolisu
- E) Válec hradítka.

Pro všechny tyto části je vždy navrženo jednoduché schéma konkrétní části hydraulického obvodu a tabulka s napočtenými hodnotami daného válce, jako tlaky, síly, základní geometrické rozměry válců a doby trvání jednotlivých fází pracovního cyklu. Tyto časová údaje pak shrneme v tabulce (*Tab. 9.10*) a tím ověříme splnění požadavku zadání na roční výkonnost lisu.

Tento návrh pohonu má složit jen jako základ pro další postup navrhování, volbu konkrétních hydraulických prvků a součástí pohonné jednotky stroje. Tímto postupem získáme pouze základní parametry nutné pro návrh konstrukce a ověření správnosti celkové koncepce paketovacího lisu jako celku.

### A) Zdroj

Pro hydraulický pohon lisu bylo zvoleno konstantní zubové čerpadlo s vnitřním ozubením od firmy Bosch Rexroth řady PGH-3X ve velikosti 100. Katalogové hodnoty čerpadla jsou vyneseny v tabulce (*Tab. 9.4*).



Obr. 9.6 Čerpadlo Rexroth řady PGH-3X [

ČERPADLO PGH5-3X/100			
geometrický objem	$V_g$	100	$\text{cm}^3$
průtok	$Q$	143,6	$\text{l/min}$
nominální tlak	$p_n$	315	bar
příkon	$P_{max}$	75,39	kW
<b>příkon motoru (přetěžování)</b>	<b><math>P_m</math></b>	<b>50,26</b>	<b>kW</b>

Tab. 9.4 Parametry čerpadla Rexroth PGH5-3X/100 [6]

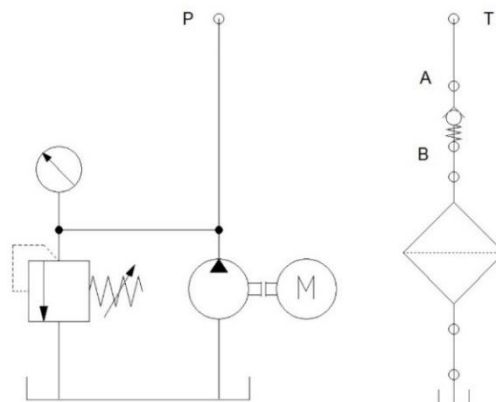
Příkon čerpadla:

$$P_{max} = \frac{Q \cdot p_n}{600} = \frac{143,6 \cdot 315}{600} = \underline{75,39 \text{ kW}} \quad (9.9)$$

Příkon motoru pohánějícího čerpadlo při přetěžování o 50 %:

$$P_m = \frac{P_{max}}{1,5} = \frac{75,39}{1,5} = \underline{50,26 \text{ kW}} \quad (9.10)$$

Schéma zapojení (Obr. 9.7) představuje pouze jednoduchý návrh zdroje a odpadní části hydraulického obvodu a je společné pro všechny další části obvodu znázorněné také samostatně. Čerpadlo napojené přes spojku na elektromotor je pojištěno tlakovým ventilem a odpadní větev je opatřena filtrem a zpětným ventilem.



Obr. 9.7 Schéma zapojení hydraulického zdroje

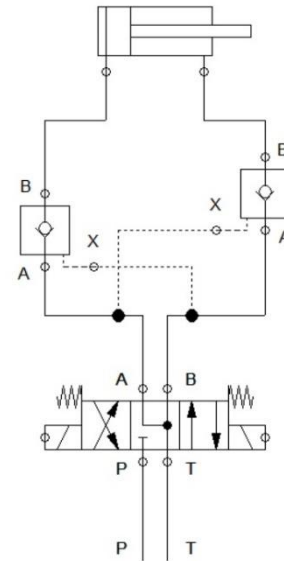
## B) Válec přidržovače

Po návrhu zdroje následuje návrh válce přidržovače, jeho části hydraulického obvodu (Obr. 9.8) a parametrů této části pracovního cyklu lisu (Tab. 9.5).



Ukázka výpočtů těchto hodnot je vypsána až pro válec předlisu (Tab. 9.6) a to z toho důvodu, že se výpočty opakují a u válce předlisu jsou uvedené kompletně všechny výpočty (9.11 až 9.25).

Válec přidržovače je ovládán pomocí třípolohového čtyřcestného rozvaděče a setrvání válce v koncových polohách je docíleno hydraulickými zámky.



Obr. 9.8 Schéma zapojení válce přidržovače

Návrh			
váha paketu	$m_p$	50	kg

PŘIDRŽOVAČ			
průměr válce přidržovače	$d_{pv}$	140	mm
plocha válce přidržovače	$S_{pv}$	0,015393804	m <sup>2</sup>
výška beranu přidržovače	$h_p$	590	mm
šířka beranu přidržovače	$w_p$	840	mm
tlak ve válci přidržovače	$p_{pv}$	15	Mpa
sila válce přidržovače	$F_p$	230,90706	kN
tlak přidržovače	$p_p$	0,465914165	MPa
průměr pístnice přidržovače	$d_{pp}$	80	mm
plocha pístnice přidržovače	$S_{pp}$	0,005026548	m <sup>2</sup>
plocha mezikruží	$S_{pm}$	10367,25576	mm <sup>2</sup>
tlak při zpětném pohybu	$p_{pz}$	4	MPa
zpětná síla	$F_{pz}$	41,46902303	kN
tloušťka stěny válce přidržovače	$tl_{ps'}$	9,250633962	mm
tloušťka stěny zaokrouhlení	$tl_{pp}$	10	mm
tloušťka dna	$tl_{pd'}$	22,38541855	mm
tloušťka dna zaokrouhlení	$tl_{pd}$	23	mm
radiální změna průměru	$\Delta_p$	0,068569916	mm
zdvih přidržovače	$z_p$	0,195	m
pracovní rychlost	$v_{pp}$	0,155473808	m/s
zpětná rychlost	$v_{pz}$	0,230855049	m/s
čas pracovního zdvihu	$t_{pp}$	1,254230549	s
čas zpětného zdvihu	$t_{pz}$	0,84468588	s
celkový čas cyklu přidržovače	$t_p$	2,098916429	s

Tab. 9.5 Parametry válce přidržovače

### C) Válec předlisu

Detailní ukázka výpočtů pro válec předlisu (Tab. 9.6) je společná pro všechny ostatní válce a ukazuje jednotlivé kroky postupu návrhu základních parametrů hydraulického válce (9.11 až 9.25).

PŘEDLIS			
<b>průměr válce předlisu</b>	$d_{př}$	<b>160</b>	<b>mm</b>
plocha válce předlisu	$S_{přv}$	0,020106193	m <sup>2</sup>
výška paketu - po předlisu	$h_{př}$	200	mm
šířka paketu - po předlisu	$w_{př}$	200	mm
délka paketu - po předlisu	$l_{př}$	820	mm
<b>objem paketu - po předlisu</b>	<b><math>V_{př}</math></b>	<b>0,0328</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>hustota paketu - po předlisu</b>	<b><math>\rho_{př}</math></b>	<b>1524,390244</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
<b>tlak předlisu</b>	<b><math>p_{př}</math></b>	<b>3,085960738</b>	<b>Mpa</b>
<b>síla předlisu</b>	<b><math>F_{př}</math></b>	<b>506,097561</b>	<b>kN</b>
<b>tlak ve válci předlisu</b>	<b><math>p_{přv}</math></b>	<b>25,17122766</b>	<b>MPa</b>
průměr pístitnice předlisu	$d_{př'}$	100,8	mm
<b>prům. pístitnice zaokrouhlení</b>	<b><math>d_{př}</math></b>	<b>100</b>	<b>mm</b>
plocha pístitnice	$S_{přp}$	0,007853982	m <sup>2</sup>
plocha mezikruží	$S_{přm}$	12252,21135	mm <sup>2</sup>
tlak při zpětném pohybu	$p_{přz}$	4	MPa
<b>zpětná síla</b>	<b><math>F_{přz}</math></b>	<b>49,0088454</b>	<b>kN</b>
tloušťka stěny válce předlis	$tl_{přs'}$	19,71907725	mm
<b>tloušťka stěny zaokrouhlení</b>	<b><math>tl_{přs}</math></b>	<b>20</b>	<b>mm</b>
tloušťka dna válce předlisu	$tl_{přd'}$	33,14085704	mm
<b>tloušťka dna zaokrouhlení</b>	<b><math>tl_{přd}</math></b>	<b>33</b>	<b>mm</b>
radiální změna průměru	$\Delta_{př}$	0,074285082	mm
<b>zdvih předlisu</b>	<b><math>Z_{př}</math></b>	<b>0,57</b>	<b>m</b>
<b>pracovní rychlost</b>	<b><math>v_{přp}</math></b>	<b>0,304728664</b>	<b>m/s</b>
<b>zpětná rychlost</b>	<b><math>v_{přz}</math></b>	<b>0,195338887</b>	<b>m/s</b>
čas pracovního zdvihu	$t_{přp}$	1,870516517	s
čas zpětného zdvihu	$t_{přz}$	2,918005767	s
<b>celkový čas cyklu předlisu</b>	<b><math>t_{př}</math></b>	<b>4,788522284</b>	<b>s</b>

Tab. 9.6 Parametry válce předlisu

Objem paketu po předlisu:

$$V_{př} = h_{př} \cdot w_{př} \cdot l_{př} = 200 \cdot 200 \cdot 820 \cdot 10^{-9} = \underline{0,0328 \text{ m}^3} \quad (9.11)$$

Hustota paketu po předlisu:

$$\rho_{př} = m_p / V_{př} = 50 / 0,0328 = \underline{1524,39 \text{ kg/m}^3} \quad (9.12)$$



Tlak beranu předlisu:

$$\begin{aligned} p_{př} &= 1E - 06\rho_{př}^2 + 0,0005\rho_{př} + 7E - 15 = \\ &= 1E - 06 \cdot 1524,39^2 + 0,0005 \cdot 1524,39 + 7E - 15 = \underline{3,086 \text{ MPa}} \end{aligned} \quad (9.13)$$

Síla válce předlisu:

$$F_{př} = p_{př} \cdot h_{př} \cdot l_{př} = 3,086 \cdot 200 \cdot 820 \cdot 10^{-3} = \underline{506,097 \text{ kN}} \quad (9.14)$$

Tlak ve válci předlisu:

$$p_{přv} = \frac{F_{př}}{S_{př}} = \frac{506,097}{0,0201} \cdot 10^{-3} = \underline{25,17 \text{ MPa}} \quad (9.15)$$

Průměr pístitnice válce předlisu:

$$d_{př} = d_{př} \cdot 0,63 = 160 \cdot 0,63 = \underline{100,8 \text{ mm}} \quad (9.16)$$

Síla zpětného pohybu válce předlisu:

$$F_{přz} = S_{přm} \cdot p_{přz} = 12252,21 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = \underline{49,01 \text{ kN}} \quad (9.17)$$

Tloušťka stěny válce předlisu:

$$\begin{aligned} tl_{přs}' &= \frac{d_{př}}{2} \cdot \left( \sqrt{\frac{\sigma_{DOV} + 0,4p_{přv}}{\sigma_{DOV} - 1,3p_{přv}}} - 1 \right) = \\ &= \frac{160}{2} \left( \sqrt{\frac{110+0,4 \cdot 25,17}{110-1,3 \cdot 25,17}} - 1 \right) = \underline{19,72 \text{ mm}} \end{aligned} \quad (9.18)$$

Tloušťka dna válce předlisu:

$$tl_{přd}' = 0,433 \cdot d_{př} \sqrt{\frac{p_{přv}}{\sigma_{DOV}}} = 0,433 \cdot 160 \cdot \sqrt{\frac{25,17}{110}} = \underline{33,14 \text{ mm}} \quad (9.19)$$

Radiální změna průměru válce předlisu:

$$\begin{aligned} \Delta_{př} &= \frac{d_{př} + tl_{přd}'}{E \cdot tl_{přd}'} \cdot p_{přv} \cdot D \cdot (0,5 - 0,25\mu) = \\ &= \frac{160+33,14}{2,1 \cdot 10^5 \cdot 33,14} \cdot 25,17 \cdot 160 \cdot (0,5 - 0,25 \cdot 0,3) = \underline{0,0743 \text{ mm}} \end{aligned} \quad (9.20)$$

Pracovní rychlost válce přelisu:

$$v_{přp} = \frac{Q}{S_{přp} \cdot 60} = \frac{143,6 \cdot 10^{-3}}{0,00785 \cdot 60} = \underline{0,3047 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} \quad (9.21)$$

Zpětná rychlost válce přelisu:

$$v_{přz} = \frac{Q}{S_{přm} \cdot 60} = \frac{143,6}{12252,21 \cdot 10^{-3} \cdot 60} = \underline{0,1953 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} \quad (9.22)$$

Čas pracovního zdvihu válce předlisu:

$$t_{přp} = \frac{z_{př}}{v_{přp}} = \frac{0,57}{0,3047} = \underline{1,8705 \text{ s}} \quad (9.23)$$

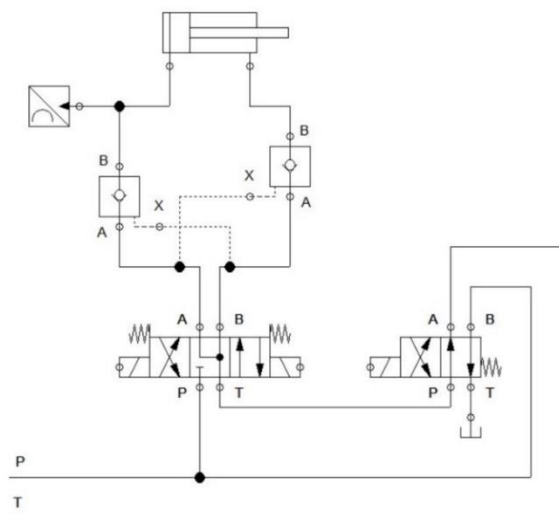
Čas zpětného zdvihu válce předlisu:

$$t_{přz} = \frac{z_{př}}{v_{přz}} = \frac{0,57}{0,1953} = \underline{2,918 \text{ s}} \quad (9.24)$$

Celkový čas cyklu předlisu:

$$t_{př} = t_{přp} + t_{přz} = 1,8705 + 2,918 = \underline{4,7885 \text{ s}} \quad (9.25)$$

Pohon válce předlisu je realizován pomocí tzv. regeneračního nebo diferenciálního zapojení (Obr. 9.9). Tento způsob zapojení je v tomto případě výhodný, protože umožňuje zvýšit pracovní rychlost hydraulického válce. Koncové polohy válce jsou opět zajištěny hydraulickými zámky a obvod je také opatřen snímačem tlaku, nezbytným pro řízení lisu v automatickém režimu.

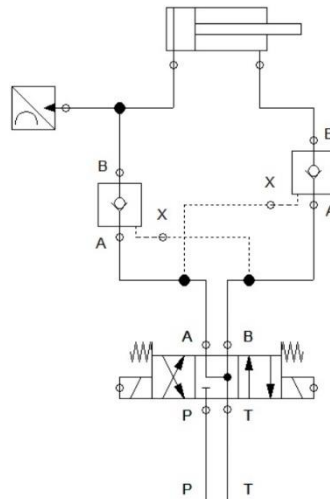


Obr. 9.9 Schéma zapojení válce předlisu

## D) Válec dolisu

Schéma zapojení válce dolisu (Obr. 9.10) je podobné jako u válce přidržovače (Obr. 9.8), jen navíc obsahuje snímač tlaku, nutný pro řízení stroje.

Návrhové výpočty válce dolisu (Tab. 9.7) jsou obdobné jako pro válec předlisu (Tab. 9.6, 9.11 až 9.25) a proto nejsou znovu detailně rozepsány.



Obr. 9.10 Schéma zapojení válce dolisu

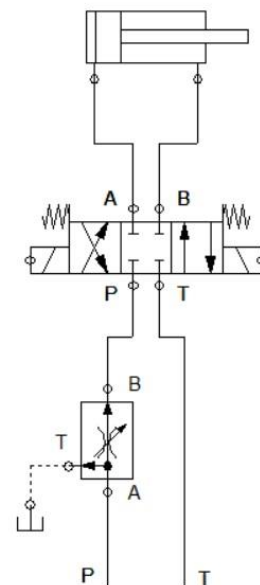
<b>DOLIS</b>			
<b>průměr válce dolisu</b>	$d_d$	<b>160</b>	<b>mm</b>
plocha válce dolisu	$S_{dv}$	0,020106193	m <sup>2</sup>
výška paketu - po dolisu	$h_d$	200	mm
šířka paketu - po dolisu	$w_d$	200	mm
délka paketu - po dolisu	$l_d$	416,6666667	mm
<b>objem paketu - po dolisu</b>	$V_d$	<b>0,016666667</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>výsledná hustota</b>	$\rho_d$	<b>3000</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
<b>tlak dolisu</b>	$p_d$	<b>10,5</b>	<b>MPa</b>
<b>síla dolisu</b>	$F_d$	<b>420</b>	<b>kN</b>
<b>tlak ve válci dolisu</b>	$p_{dv}$	<b>20,88908628</b>	<b>MPa</b>
průměr pístnice dolisu	$d_d'$	100,8	mm
<b>prům. pístnice zaokrouhlení</b>	$d_d$	<b>100</b>	<b>mm</b>
plocha pístnice	$S_{dp}$	0,007853982	m <sup>2</sup>
plocha mezikruží	$S_{dm}$	12252,21135	mm <sup>2</sup>
tlak při zpětném pohybu	$p_{dz}$	4	MPa
<b>zpětná síla</b>	$F_{dz}$	<b>49,0088454</b>	<b>kN</b>
tloušťka stěny válce dolisu	$tl_{ds}'$	15,62103357	mm
<b>tloušťka stěny zaokrouhlení</b>	$tl_{ds}$	<b>16</b>	<b>mm</b>
tloušťka dna	$tl_{dd}'$	30,19056622	mm
<b>tloušťka dna zaokrouhlení</b>	$tl_{dd}$	<b>31</b>	<b>mm</b>
radiální změna průměru	$\Delta_d$	0,076045904	mm
<b>zdvih dolisu</b>	$z_d$	<b>0,98</b>	<b>m</b>
<b>pracovní rychlost</b>	$v_{dp}$	<b>0,119034635</b>	<b>m/s</b>
<b>zpětná rychlost</b>	$v_{dz}$	<b>0,195338887</b>	<b>m/s</b>
čas pracovního zdvihu	$t_{dp}$	8,232897962	s
čas zpětného zdvihu	$t_{dz}$	5,016922196	s
<b>celkový čas dolisu</b>	$t_d$	<b>13,24982016</b>	<b>s</b>

Tab. 9.7 Parametry válce dolisu

## E) Válec hradítka

Válec hradítka je poslední z navrhovaných prvků hydraulického obvodu. Výsuv hradítka je ovládán pomocí třípolohového čtyřcestného rozvaděče s uzavřeným středem. K regulaci rychlosti výsuvu slouží trojcestný škrťací ventil se stabilizací (Obr. 9.11).

V tabulce (Tab. 9.8) jsou pak uvedeny základní navrhované parametry válce hradítka. Způsob jejich výpočtu odpovídá vztahům pro výpočet válce předlisu (Tab. 9.6, 9.11 až 9.25).



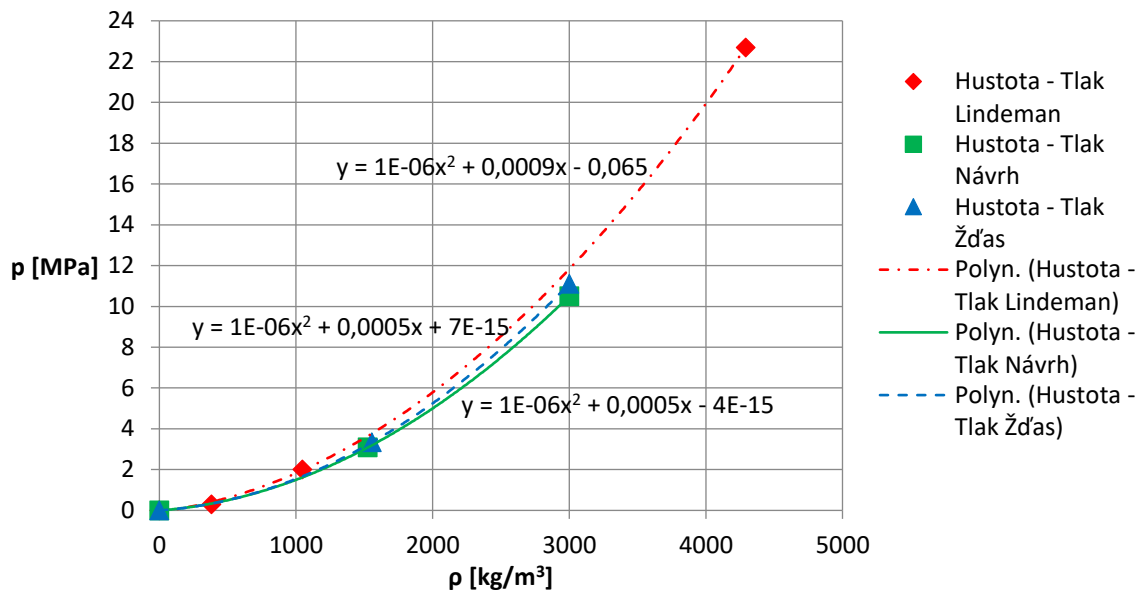
Obr. 9.11 Schéma zapojení válce hradítka

HRADÍTKO			
<b>průměr válce hradítka</b>	$d_h$	<b>50</b>	<b>mm</b>
plocha válce hradítka	$S_{hv}$	0,001963495	$m^2$
<b>tlak ve válci hradítka</b>	$p_h$	<b>5</b>	<b>Mpa</b>
<b>síla válce hradítka</b>	$F_h$	<b>9,817477042</b>	<b>kN</b>
<b>průměr pístnice hradítka</b>	$d_{hp}$	<b>24</b>	<b>mm</b>
plocha pístnice	$S_{hp}$	0,000452389	$m^2$
plocha mezikruží	$S_{hm}$	1511,106066	$mm^2$
tlak při zpětném pohybu	$p_{hz}$	5	MPa
<b>zpětná síla</b>	$F_{hz}$	<b>7,555530332</b>	<b>kN</b>
<b>zdvih hradítka</b>	$z_h$	<b>0,27</b>	<b>m</b>
<b>pracovní rychlost</b>	$v_{hp}$	<b>1,218914657</b>	<b>m/s</b>
<b>zpětná rychlost</b>	$v_{hz}$	<b>1,583828817</b>	<b>m/s</b>
čas pracovního zdvihu	$t_{hp}$	0,221508535	s
čas zpětného zdvihu	$t_{hz}$	0,170472968	s
<b>celkový čas cyklu hradítka</b>	$t_h$	<b>0,391981503</b>	<b>s</b>

Tab. 9.8 Parametry válce hradítka

V grafu na obrázku (Obr. 9.12) jsou pro porovnání vyneseny všechny závislosti tlak-hustota, získané našimi výpočty a měřeními. Z grafu vyplývá že návrh splňuje požadavek na dosažené zhuštění ocelového šrotu charakteru plechových skeletů domácích spotřebičů ( $3000 \text{ kg/m}^3$ ).

## Hustota - Tlak ("Lindemann + Žďas + Návrh")



Obr. 9.12 Závislost: Hustota – Tlak, navrhovaného řešení

Pro potřeby návrhu je třeba také ověřit, zda síla vyvíjená válcem předlisu (Tab. 9.6) je dostatečná pro to, aby beran předlisu splnil i svojí sekundární funkci, a tou je stříhání šrotu.

Výpočet střížné síly je proveden metodou Těřeňtuk – Celjok [5] (9.27). Pro zvolené parametry stříhaného materiálu z těchto výpočtů vychází, že beran předlisu, který vyvine sílu 506,1 kN, zvládne šrot zvolených parametrů bezpečně přestříhnout.

střížná síla Těřeňtuk - Celjok			
mez pevnosti	$R_m$	400	Mpa
poměrné prodlouž.	$\delta_5$	0,33	
nastižení	$\epsilon_{odt}$	0,4125	
tloušťka materiálu	$h$	3	mm
úhel nožů	$\alpha$	10	°
střížná síla	$F_s$	9399,956	N
		9,399956	kN
rezerva		20	%
<b>výsledná síla</b>		<b>11,27995</b>	<b>kN</b>

Tab. 9.9 Střížná síla [5]

Nastižení:

$$\epsilon_{odt} = 1,25 \cdot \delta_5 = 1,25 \cdot 0,33 = \underline{0,4125} \quad (9.26)$$

Střížná síla podle Těreňtuk – Celjoka [5]:

$$\begin{aligned}
 F_s &= \frac{0,5 \cdot \varepsilon_{odt} \cdot R_m \cdot h^2}{\operatorname{tg}(\alpha)} \cdot \left( 1 + \frac{2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha)}{\varepsilon_{odt}} + \frac{R_m}{R_m + 1600 \cdot \varepsilon_{odt}} \right) = \\
 &= \frac{0,5 \cdot 0,4125 \cdot 400 \cdot 3^2}{\operatorname{tg}(10^\circ)} \cdot \left( 1 + \frac{2 \cdot \operatorname{tg}(10^\circ)}{0,4125} + \frac{400}{400 + 1600 \cdot 0,4125} \right) = \underline{\underline{9399,956 \text{ N}}} \quad (9.27)
 \end{aligned}$$

V tabulce (Tab. 9.10) jsou shrnuty všechny časy jednotlivých fází pracovního cyklu lisu. Tyto hodnoty, spolu s výpočty (9.28, 9.29, 9.30) slouží k ověření splnění požadavku zadání na roční výkonnost lisu.

Výsledný čas potřebný na jeden paket je pro předpokládaný postup paktování, který se ale může podle konkrétního charakteru šrotu lišit. Výsledný čas zpracování jednoho paketu je proto idealizovaná hodnota. Pro získání přesnějších údajů by bylo třeba provést řadu zkoušek se zadaným typem šrotu a například zjistit kolik je průměrně potřeba jednotlivých fází cyklu na zpracování šesti skeletů (50 kg) do jednoho paketu.

Rozdíl v požadovaném čase a tomto ideálním případě, je ale takový, že si můžeme dovolit tvrzení, že požadavek na výkonnost pakovacího lisu 25 tun šrotu ročně při jednosměnném provozu je splněn.

ČASY/VÝKONNOST			
roční výkonnost	$P_r$	250	tun
pracovních dnů v roce	$t_{v1}$	250	dní
hodin práce denně	$t_{v2}$	7	hod.
paketů denně	$p_{vd}$	20	paketů
paketů za hodinu	$p_{vh}$	2,857142857	paketů
<b>čas na jeden paket</b>	<b><math>t_v'</math></b>	<b>21</b>	<b>min</b>
váha jednoho paketu	$m_p$	50	kg
váha jednoho skeletu	$m_s$	cca. 8	kg
skeletů na 1 paket	$s_p$	cca. 6	ks
čas cyklu přidržovač	$t_p$	2,0989	s
čas cyklu předlis	$t_{př}$	4,7885	s
čas cyklu dolis	$t_d$	13,2498	s
čas cyklu hradítka	$t_h$	0,3919	s
<b>čas jednoho paketu</b>	<b><math>t_v</math></b>	<b>80,1529</b>	<b>s</b>
		<b>1,335881667</b>	<b>min</b>

Tab. 9.10 Potřebná výkonnost





Počet paketů, které je potřeba denně zpracovat k dosažení výkonnosti:

$$p_{vd} = \frac{P_r/m_p}{t_{v1}} = \frac{250/50 \cdot 10^{-3}}{250} = \underline{20 \text{ ks}} \quad (9.28)$$

Čas na zpracování jednoho paketu, při dosažení výkonnosti:

$$t_v' = \frac{60}{p_{vd}/t_{v2}} = \frac{60}{20/7} = \underline{21 \text{ min}} \quad (9.29)$$

Celkový čas cyklu navrhovaného lisu, pro zpracování jednoho paketu o váze 50kg (sestavajícího se ze šesti skeletů):

$$\begin{aligned} t_v &= 18 \cdot t_p + 6 \cdot t_{př} + t_d + t_h = \\ &= (18 \cdot 2,0989 + 6 \cdot 4,7885 + 13,2498 + 0,3919)/60 = \underline{1,3359 \text{ min}} \quad (9.30) \end{aligned}$$

### 9.3 Kontrola částí stroje

Rám lisu se skládá z řady komponentů, které je nutné správně nadimenzovat a zkontrolovat. V tomto oddíle je ukázán postup návrhu a kontrola rozměrů jednoho ze svorníků rámu stroje. Svorníků je na stroji několik a jsou klíčové pro integritu rámu lisu. Kratší svorníky například drží uzávěr předlisu proti působení síly beranu předlisu a dva delší svorníky drží rám stroje pohromadě proti síle působící od dolisu. Konkrétně tento delší typ svorníku budeme v našem ukázkovém výpočtu řešit, protože přenáší největší zatížení.

Zatížení svorníku je voleno jako jedna třetina působící síly dolisu tzn. 140kN. Postup výpočtu je jednotlivě popsán (9.31 až 9.67). Na začátku nejprve zvolíme základní materiálové vlastnosti svorníku (Tab. 9.11):

PARAMETRY ZADÁNÍ			
míjivé zatížení	F <sub>h</sub>	140	kN
materiál 12 050	třída	8.8	
	σ <sub>Pt</sub>	785	Mpa
	σ <sub>Kt</sub>	630	Mpa
	σ <sub>C(-1)</sub>	245	Mpa
součinitel provozního předpětí	q <sub>z</sub>	1,3	
využití meze kluzu	v	0,6	
bezpečnost	k	1,66	
součinitel tření pro závity	f	0,14	

Tab. 9.11 Parametry svorníku [5]



Návrh závitu svorníku a výpis jeho rozměrů:

$$\frac{F_h}{S_3'} \leq \frac{v \cdot \sigma_{Kt}}{k_\chi \cdot (1 + q_z)}, \quad S_3' = \frac{\pi \cdot d_3'^2}{4} \Rightarrow d_3' = \sqrt{\frac{4 \cdot F_h \cdot k_\chi \cdot (1 + q_z)}{\pi \cdot v \cdot \sigma_{Kt}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{4 \cdot 140 \cdot 10^3 \cdot 1,66 \cdot (1 + 1,3)}{\pi \cdot 0,6 \cdot 630}} = \underline{\underline{36,077 \text{ mm}}} \quad (9.31)$$

Z tabulek volíme závit pro hodnotu  $d_3$ : M42 ČSN 01 4013

PARAMETRY ZÁVITU		
P	4,5	mm
d = D	42	
d <sub>2</sub> = D <sub>2</sub>	39,077	
d <sub>3</sub>	36,479	

Tab. 9.12 Parametry závitu [5]

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{i \cdot P}{\pi \cdot d_2} = \frac{1 \cdot 4,5}{\pi \cdot 39,077} = 0,0326 \Rightarrow \gamma = \underline{\underline{1,866^\circ}} \quad (9.32)$$

$$\operatorname{tg} \beta_n = \operatorname{tg} \beta \cdot \cos \gamma = \operatorname{tg} 30^\circ \cdot \cos 1,866^\circ = 0,577 \Rightarrow \beta_n = \underline{\underline{29,987^\circ}} \quad (9.33)$$

$$\operatorname{tg} \varphi' = f' = \frac{f}{\cos \beta_n} = \frac{0,14}{\cos 29,987^\circ} = 0,162 \Rightarrow \varphi' = \underline{\underline{9,182^\circ}} \quad (9.34)$$

Stanovení tuhostí přitěžovaných a odlehčovaných částí, tuhost svorníku  $C_S$ :

$$S_i = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} \Rightarrow S_1 = \frac{\pi \cdot 42^2}{4} = \underline{\underline{1385,442 \text{ mm}^2}}, S_2 = \frac{\pi \cdot 39,077^2}{4} = \underline{\underline{1199,312 \text{ mm}^2}} \quad (9.35)$$

$$\frac{1}{C_S} = \frac{1}{E} \cdot \sum_{i=1}^2 \frac{l_i}{S_i} \Rightarrow C_S = \frac{E}{\sum_{i=1}^2 \frac{l_i}{S_i}} = \frac{2,1 \cdot 10^5}{\frac{955}{1385,442} + \frac{17}{1199,312}} = \underline{\underline{298513,69 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}}} \quad (9.36)$$

Tuhost spojovaného materiálu  $C_T$ :

$$S_T = \frac{\pi \cdot (D_2^2 - D_1^2)}{4} \Rightarrow S_{T1} = \frac{\pi \cdot (76^2 - 45^2)}{4} = \underline{\underline{2146,028 \text{ mm}^2}} \quad (9.37)$$

$$S_{T2} = \frac{\pi \cdot (100^2 - 42^2)}{4} = \underline{\underline{6468,539 \text{ mm}^2}} \quad (9.38)$$

$$C_{Ta} = \frac{E \cdot S_T}{l_a} = \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 2146,028}{130} = \underline{\underline{3466661,441 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}}} \quad (9.39)$$

$$C_{Tb} = \frac{E \cdot S_T}{l_b} = \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 6468,539}{840} = \underline{\underline{1617134,819 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}}} \quad (9.40)$$



Tuhosti součástí přitěžovaných C1 a odlehčovaných C2 a poměr těchto tuhostí (C2/C1):

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_S} + \frac{1}{C_{Ta}} = \frac{1}{298513,69} + \frac{1}{3466661,441} \Rightarrow C_1 = \underline{274846,684 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}} \quad (9.41)$$

$$C_2 = C_{Tb} = \underline{1617134,819 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}} \quad (9.42)$$

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{1617134,819}{274846,684} = 5,884 > 5 \Rightarrow \underline{\text{vyhovuje}} \quad (9.43)$$

Stanovení montážního předpětí a provozních sil:

$$\begin{aligned} Q_0 &= Q_z + \frac{C_2}{C_1 + C_2} \cdot F_h = \left( q_z + \frac{C_2}{C_1 + C_2} \right) \cdot F_h = \\ &= \left( 1,3 + \frac{1617134,819}{274846,684 + 1617134,819} \right) \cdot 140 \cdot 10^3 = \underline{301662,309 \text{ N}} \end{aligned} \quad (9.44)$$

$$\begin{aligned} Q_{1m} &= Q_0 + \frac{1}{2} \cdot \frac{C_2}{C_1 + C_2} \cdot F_h = \\ &= 301662,309 + \frac{1}{2} \cdot \frac{1617134,819}{274846,684 + 1617134,819} \cdot 140 \cdot 10^3 = \underline{311831,155 \text{ N}} \end{aligned} \quad (9.45)$$

$$Q_{1a} = \frac{1}{2} \cdot \frac{C_2}{C_1 + C_2} \cdot F_h = \frac{1}{2} \cdot \frac{1617134,819}{274846,684 + 1617134,819} \cdot 140 \cdot 10^3 = \underline{10168,846 \text{ N}} \quad (9.46)$$

Prodloužení přitěžovaných součástí a stlačení odlehčovaných částí při dosažení předpětí:

$$\Delta l_1 = \frac{Q_0}{C_1} = \frac{301662,309}{274846,684} = \underline{1,098 \text{ mm}} \quad (9.47)$$

$$\Delta l_2 = \frac{Q_0}{C_2} = \frac{301662,309}{1617134,819} = \underline{0,187 \text{ mm}} \quad (9.48)$$

### Kontrolní výpočty:

Výpočet napětí v jádře svorníku, tahové napětí od předpětí a provozních sil:

$$S_3 = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} = \frac{\pi \cdot 36,479^2}{4} = \underline{1045,143 \text{ mm}^2} \quad (9.49)$$

$$\sigma_{Q0} = \frac{Q_0}{S_3} = \frac{301662,309}{1045,143} = \underline{288,633 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}} \quad (9.50)$$

$$\sigma_m = \frac{Q_{1m}}{S_3} = \frac{311831,155}{1045,143} = \underline{298,362 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}} \quad (9.51)$$

$$\sigma_a = \frac{Q_{1a}}{S_3} = \frac{10168,846}{1045,143} = \underline{9,729 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}} \quad (9.52)$$

$$\sigma_{1max} = \sigma_m + \sigma_a = 298,362 + 9,729 = \underline{308,092 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}} \quad (9.53)$$



Napětí v krutu při dosažení předpětí svorníku:

$$\begin{aligned} M_K &= Q_0 \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi') = \\ &= 301662,309 \cdot \frac{39,077}{2} \cdot \operatorname{tg}(1,866 + 9,182) = \underline{1150808,357 \text{ N} \cdot \text{mm}} \end{aligned} \quad (9.54)$$

$$W_K = \frac{\pi \cdot d_3^3}{16} = \frac{\pi \cdot 36,479^3}{16} = \underline{9531,986 \text{ mm}^3} \quad (9.55)$$

$$\tau = \frac{M_K}{W_K} = \frac{1150808,357}{9531,986} = \underline{123,153 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}} \quad (9.56)$$

Výpočet maximálního redukovaného napětí pro maximální provozní zatížení svorníku:

$$\begin{aligned} \sigma_{redMAX} &= \sqrt{\sigma_{1max}^2 + \alpha^2 \cdot \tau^2} = \\ &= \sqrt{308,092^2 + 2^2 \cdot 123,153^2} = \underline{394,445 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}} \end{aligned} \quad (9.57)$$

Dynamická bezpečnost pro provozní sily, snížená mez únavy:

$$\sigma_{C(-1)}^x = \frac{\sigma_{C(-1)}}{\phi} = \frac{245}{5} = \underline{49 \text{ MPa}} \quad (9.58)$$

Vliv středního napětí  $\sigma_m$  na mez únavy:

$$\psi_\sigma = 0,02 + 2 \cdot \sigma_{Pt} \cdot 10^{-4} = 0,02 + 2 \cdot 785 \cdot 10^{-4} = \underline{0,177} \quad (9.59)$$

$$\psi_\sigma^x = \frac{\psi_\sigma}{\phi} = \frac{0,177}{5} = \underline{0,0354} \quad (9.60)$$

Součinitel bezpečnosti:

$$\begin{aligned} k_\sigma &= \frac{\sigma_{C(-1)}^x - \psi_\sigma^x \cdot \sigma_{Q0}}{\sigma_a + \psi_\sigma^x \cdot (\sigma_m - \sigma_{Q0})} = \frac{\sigma_{C(-1)}^x - \psi_\sigma^x \cdot \sigma_{Q0}}{\sigma_a} = \\ &= \frac{49 - 0,0354 \cdot 288,6325}{9,729} = \underline{3,986} \end{aligned} \quad (9.61)$$

Bezpečnost pro namáhání od krutu:

$$k_\tau = \frac{\tau_K}{\tau} = \frac{\sigma_{Kt} \cdot 0,57}{\tau} = \frac{630 \cdot 0,57}{123,152} = \underline{2,916} \quad (9.62)$$

Výsledná dynamická bezpečnost:

$$k = k_\sigma \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{1}{k_\tau}\right)^2} = 3,986 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{1}{2,926}\right)^2} = \underline{3,744} \quad (9.63)$$



Statická bezpečnost pro maximální redukované napětí:

$$k = \frac{\sigma_{Kt}}{\sigma_{redMAX}} = \frac{630}{394,445} = \underline{1,59} \quad (9.64)$$

Posouzení vlivu krutu při dosažení předpětí:

$$\begin{aligned} \sigma_{red} &= \sqrt{\sigma_{Q0}^2 + \alpha^2 \cdot \tau^2} = \dots = \sigma_{Q0} \cdot k_{x0} \\ k_{x0} &= \sqrt{1 + \alpha^2 \cdot \left(2 \cdot \frac{d_2}{d_3} \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi')\right)^2} = \\ &= \sqrt{1 + 2^2 \cdot \left(2 \cdot \frac{39,077}{36,479} \cdot \operatorname{tg}(1,866 + 9,182)\right)^2} = \underline{1,304} \end{aligned} \quad (9.65)$$

Posouzení vlivu krutu při maximálním zatížení:

$$\begin{aligned} \sigma_{red} &= \sqrt{\sigma_{1max}^2 + \alpha^2 \cdot \tau^2} = \dots = \sigma_{1max} \cdot k_{xmax}, \\ x &= \frac{\sigma_{1max}}{\sigma_{Q0}} = \frac{308,092}{288,633} = \underline{1,067} \quad (9.66) \\ k_{xmax} &= \sqrt{1 + \frac{\alpha^2}{x^2} \cdot \left(2 \cdot \frac{d_2}{d_3} \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi')\right)^2} = \\ &= \sqrt{1 + \frac{2^2}{1,067^2} \cdot \left(2 \cdot \frac{39,077}{36,479} \cdot \operatorname{tg}(1,866 + 9,182)\right)^2} = \underline{1,271} \end{aligned} \quad (9.67)$$

Jak je z kontrolní části výpočtů patrné návrh svorníku splňuje požadavky na bezpečnost a zajistí tak správný a bezpečný chod paketovacího lisu. Svorník byl kontrolován na všechny vyskytující se typy namáhání. Postup pro čtyři kratší svorníky, které drží uzávěr předlisu je obdobný.

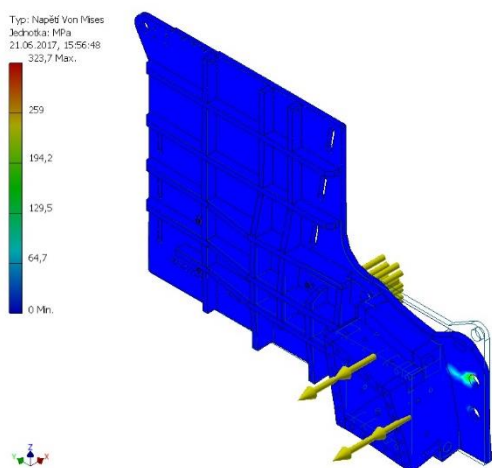
## 9.4 MKP analýza rámu

Zde jsou pro ukázkou a jako první náhled uvedeny některé výstupy z jednoduché analýzy segmentů rámu lisu metodami konečných prvků. Geometrie těchto segmentů i samotného rámu stroje jako celku je taková, že pro dostatečně přesné řešení si nevystačíme jen s ručními analytickými metodami. Primárním cílem není detailní řešení, ale prvotní pohled na namáhání a deformace pro ověření správnosti geometrických rozměrů komponentů rámu navrhovaného paketovacího lisu.

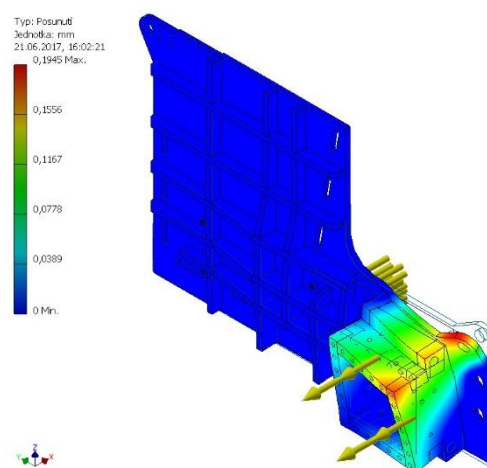
Místo rámu jako celku jsou pro větší přesnost řešeny jednotlivé segmenty tvořící rám stroje samostatně. Rám stroje, respektive jeho segmenty, jsou zatěžovány především působením hydraulických válců přes zpracovávaný šrot na stěny rámu/segmentů a také působením reakčních sil v uložení těchto válců.

V této kapitole jsou ukázány jen některé segmenty rámu lisu, které ilustrují různé typy namáhání a způsoby uložení.

Na obrázku (Obr. 9.13) je vidět napětí působící ve svařenci levé bočnice rámu stroje a na (Obr. 9.14) je pak vyneseno její posunutí. Bočnice je namáhána reakční silou v uložení válce dolisu a působením síly předlisu v ploše.

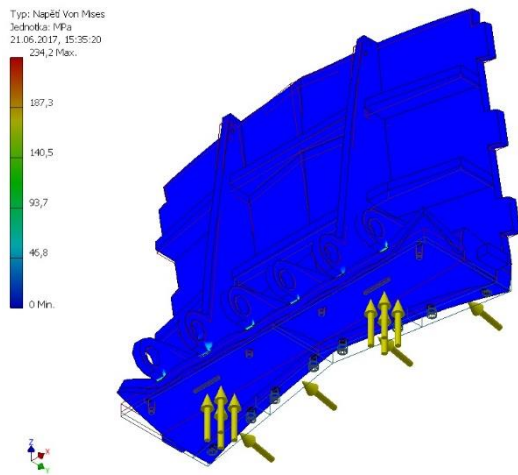


Obr. 9.13 Rám – bočnice, napětí

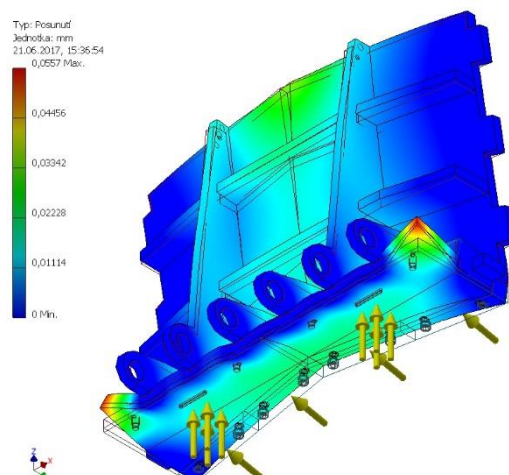


Obr. 9.14 Rám – bočnice, posunutí

Obrázky (Obr. 9.15) a (Obr. 9.16) ukazují napětí a posunutí části rámu, která tvoří spojnicí mezi oběma bočnicemi rámu lisu. Tento díl je namáhán jednak střížnou silou působící do uložení stříhacích nožů a také silou předlisu působící na spodní stranu kusu.

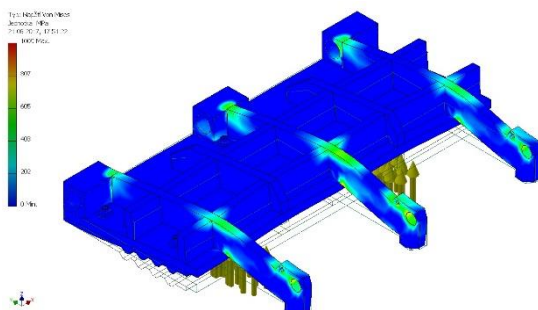


Obr. 9.15 Rám – mezikus, napětí

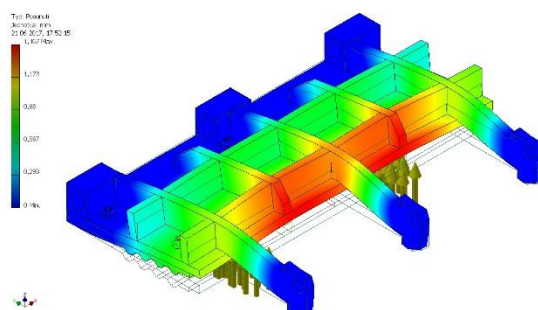


Obr. 9.16 Rám – mezikus, posunutí

Víko komory dolisu je namáháno výlučně silou dolisu, působící na spodní stranu víka. Svařenec víka je nejkritičtější částí stroje, protože je uložen pouze na průchozí rotační ose a na druhé straně ho drží zavřené pouze tři ruční uzávěry. Na obrázku (Obr. 9.17) je znázorněno napětí ve svařenci víka a obrázek (Obr. 9.18) ukazuje jeho posunutí.



Obr. 9.17 Víko dolisu, napětí



Obr. 9.18 Víko dolisu, posunutí

Kontrola zbývajících částí rámu paketovacího lisu by probíhala obdobným způsobem. Výpočty toho typu nám slouží především v návrhové fázi konstrukční činnosti k průběžnému ověřování správnosti návrhů a k případným opravám a vylepšením kritických partií konstrukce. Z těchto obrázků je patrné že všechny kontrolované segmenty vyhovují.

## 10. Závěr

Cílem diplomové práce bylo na základě existujících řešení a poznatků navrhnout konstrukci paketovacího lisu na zpracování kovového odpadu daných parametrů. Na stroj byly kladeny konkrétní požadavky, jako rozměry výsledného paketu a roční výkonnost stroje pro jednosměnný provoz. Vlastnosti výsledného návrhu konstrukce stroje jsou dány druhem zpracovávaného šrotu a specifickým určením stroje z toho vyplývajících.

Úvod práce obsahuje stručnou rešerši problematiky kovového odpadu a jeho recyklace. Dále se pak rešeršní část práce věnuje především konstrukčním řešením strojů na zpracování a zejména pak paketování kovového šrotu, v současnosti dostupných na trhu.

Poznatky získané v úvodní části práce posloužily v následující kapitole k návrhu několika možných řešení konstrukce paketovacího lisu. Při tvorbě návrhů se kladl důraz na splnění zadaných parametrů a na inovaci, která by přinesla konkurenční výhodu pro tento specifický případ. Dále následuje porovnání a vyhodnocení variant ze kterých vzešlo nejvhodnější řešení.

Následující část práce je věnována rozpracování zvolené varianty konstrukčního řešení do podoby modelu stroje, výkresu hlavní sestavy a vybraných výrobních výkresů svařenců rámu stroje. Řešení také obsahuje popis zamýšleného pracovního cyklu stroje a dále popis výroby stroje a některých jeho částí.

Konec práce je věnován návrhovým a kontrolním výpočtům. Nejprve se zpracovali a vyhodnotili data z měření na stroji, který zpracovává podobný druh odpadu. Z těchto měření a výpočtů byly získány základní údaje, použité následně pro návržení a vypracování pohonu našeho stroje. Dalšími výpočty se ověřilo splnění požadavků zadání na výsledné zhutnění šrotu a roční výkonnost lisu. Výpočtová část také obsahuje některé návrhové a kontrolní výpočty vybraných komponentů navrhované konstrukce, jako podklad jejich správných rozměrů a uspořádání.

Práce tedy představuje nové řešení paketovacího lisu na kovový šrot. To ale platí pouze pro toto konkrétní zadání a navrhovaný stroj je tedy úzce specializovaný. Tato práce může sloužit jako podklad k dalšímu navrhování.





## 11. Seznam příloh

### 11.1 Seznam výkresů a kusovníků

SESTAVA	DP-1735-00-00-00
KUSOVNÍK	DP-1735-00-00-00-K
BERAN PŘEDLISU	DP-1735-00-06-00
PŘIDRŘOVAČ	DP-1735-00-07-00
RÁM – BOČNICE LEVÁ	DP-1735-00-09-00
KUSOVNÍK	DP-1735-00-09-00-K
RÁM – MEZIKUS	DP-1735-00-13-00
KUSOVNÍK	DP-1735-00-13-00-K
UZÁVĚR PŘEDLISU	DP-1735-00-14-00
KUSOVNÍK	DP-1735-00-14-00-K
VÍKO DOLISU	DP-1735-00-15-00
KUSOVNÍK	DP-1735-00-15-00-K



## 12. Seznam literatury

- [1] RUDOLF, Bedřich; KOPECKÝ, Miloslav: *Tvářecí stroje*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1979. 407 s.
- [2] BÁRTEK, Petr. *Nová koncepce hydraulického pohonu CPB* : diplomová práce. Brno : VUT Fakulta strojního inženýrství, 2013. 76 s.
- [3] ČSN 42 0030. *Ocelový a litinový odpad*. 1994.
- [4] WORLDSTEEL ASSOCIATION. *Worldsteel association: Statistics* [online]. 2016 [cit. 2016-30-12]. Dostupné z: <http://www.worldsteel.org/>
- [5] LEINVEBER, Jan; VÁVRA Pavel: *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 3. vyd. Úvaly: ALBRA – pedagogické nakladatelství, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.
- [6] Bosch Rexroth, spol. s r.o. Těžební 1238/2 Brno. *Internal gear pump, fixed displacement, Type PGH (katalog)* [online]. 2017 [cit. 2017-06-07]. 24 s. Dostupný z WWW: <https://www.boschrexroth.com/ics/cat/?language=en&id=&cat=Industrial-Hydraulics-Catalog&m=&u=si&o=Desktop&p=g253780,g273181,g273188,p699669>.
- [7] HENNLICH s.r.o. Českolipská 9 Litoměřice. *SPIRÁLOVÉ KRYTY (katalog)* [online]. 2017 [cit. 2017-06-07]. 28 s. Dostupný z WWW: <https://www.hennlich.cz/produkty/krytovani-stroju-a-triskove-hospodarstvi-spiralove-kryty-2650.html>.
- [8] MERRIT Techno industries LLP. *Iron Scrap Baling Presses*. [online]. 2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z WWW: <http://www.meritindustriesltd.com/iron-scrap-baling-presses.html>.



- [9] *ENERPAT Group. Scrap Metal Balers.* [online]. 2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z WWW: <http://www.enerpat.com/products/scrap-metal-balers.html>.
- [10] *ATM Recyclingsystems. Produsts.* [online]. 2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z WWW: <http://www.atm-recyclingsystems.com/products.html>.
- [11] *DANIELI centro recycling.* [online]. 2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z WWW: <http://www.danieli-centro-recycling.com/>.
- [12] *G. P. S. Scrap processing solutions* [online]. 2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z WWW: <https://gps-recycling.com/en/home/>.
- [13] *ŽĎAS a. s. Zařízení pro zpracování kovového odpadu* [online]. 2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z WWW: <http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?catid=17>.
- [14] *ROTER RECYCLING. Balers and shear-balers for scrap metal solutions* [online]. 2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z WWW: <http://www.roter-recycling.com/en/metal-balers>.
- [15] *IUT Beyeler AG. Scrap shears, balers* [online]. 2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z WWW: [http://www.iutbeyeler.com/Index\\_en.html](http://www.iutbeyeler.com/Index_en.html).
- [16] *ECOTECNICA Engineering S.r.l. Balers for: light scrap – metals - vehicles* [online]. 2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z WWW: <http://ecotecnica.it/site/en/baler-for-scrap-metal-and-automobile/>.
- [17] *COPEX. Metal recycling* [online]. 2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z WWW: <http://www.copex.com/en/metal-recycling/>.
- [18] *METSO, Lindemann. Metal recycling* [online]. 2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z WWW: <http://www.metso.com/industries/recycling/metal-recycling/>.



- [19] *BRONNEBERG recycling machines & services. Paketovací lisy na šrot* [online]. 2017 [cit. 2017-06-07]. Dostupné z WWW: <http://www.bronneberg.cz/cz/produkty/paketovaci-lisy-na-srot/>.