

Česká zemědělská univerzita v Praze

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

2013

Jakub BENEŠ

Česká zemědělská univerzita v Praze  
Technická fakulta

**Návrh peletovací linky na slámu**  
Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.

Autor diplomové práce: Bc. Jakub Beneš

Praha 2013

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

Katedra mechaniky a strojnictví

Technická fakulta

# **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Beneš Jakub

Zemědělská technika

Název práce

**Návrh peletovací linky na slámu**

Anglický název

**Design of straw pelletizing lines**

---

## **Cíle práce**

Navrhnout vhodné technické řešení peletovací linky na slámu, strojní vybavení, dispoziční řešení, zpracovat technicko-ekonomické hodnocení provozu provozu.

## **Metodika**

- Analýza současného stavu řešení problematiky v ČR a ve světě
- Technologická zařízení dostupná v ČR
- Analýza možných technických řešení peletovací linky na slámu v konkrétním podniku
- Vyhodnocení provedených analýz zdrojů surovin a bilance materiálových toků
- Návrh technického řešení peletovací linky na slámu, manipulace, skladování a distribuce produktů,
- Technické a ekonomické zhodnocení navrženého řešení

## **Osnova práce**

1. Úvod.
2. Současný stav řešení problematiky.
3. Metodika.
4. Výsledky a diskuse.
5. Závěr.

### Rozsah textové části

40 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

### Klíčová slova

strojní zařízení peletárny, tuhá biopaliva, standardizace tuhých biopaliv, sledování kvality, ekonomika výroby

### Doporučené zdroje informací

Rybová A., Knotek M., Hutla P. Linka na výrobu topných pelet ze slámy. In: Zemědělská technika a biomasa. Praha: VÚZT, v. v. i., 2007. s. 154-156.

Kolářová M., Mazancová J., Jevič P., Hutla P. Tuhé alternativní palivo s podílem biomasy. In: Zemědělská technika a biomasa. Praha: VÚZT, v. v. i., 2007. s. 62-67.

Slavík J., Hutla P., Pastorek M. Vlastnosti topných briket z biomasy travních porostů. In: Zemědělská technika a biomasa. Praha: VÚZT, v. v. i., 2006. s. 123-127.

Koutný R., Čechová B., Hutla P., Jevič P. Properties of heat briquettes on basis of cotton processing waste. Res. agr. eng., 53, 2007 (2): 39-46.

Český statistický úřad: Výroba, spotřeba a ceny energetických zdrojů. [Online] <http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/informace/cka070809.doc>.

### Vedoucí práce

Adamovský Radomír, prof. Ing., DrSc.

### Termín zadání

listopad 2011

### Termín odevzdání

duben 2013

prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.

Vedoucí katedry



V Praze dne 17.2.2012

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan fakulty

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Radomíra Adamovského, DrSc. a použil jsem jen pramenů citovaných v přiložené bibliografii.

V Praze, dne 1.4.2013

.....

Podpis autora

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval panu prof. Ing. Radomíru Adamovskému, DrSc. za odborné vedení, cenné rady a připomínky. Dále pak panu Ing. Jaroslavu Károvi, CSc. za odborné konzultace. Nemalý dík patří firmám zabývajícím se danou problematikou za jejich vstřícnost a ochotu podělit se o zkušenosti z provozu a za nabídnutí cenných technických podkladů k jednotlivým strojům. A v neposlední řadě bych rád poděkoval nejbližšímu okolí za pomoc při korekci textu.

**Abstrakt:** Diplomová práce na téma: „Návrh peletovací linky na slámu“ pojednává o problematice zpracování slámy do topných pelet. Ve své rešeršní části se zaměřuje na definici biomasy a postup sklizně slámy určené k výrobě pelet. Vlastní práce se nejprve věnuje základním principům peletování, ukazuje možné technické řešení granulačních lisů a objasňuje jednotlivé strojní uzly obsažené v peletovacích linkách na zpracování slámy. V druhé části vlastní práce je řešen návrh peletovací linky do konkrétních podmínek zvoleného podniku, který je následně podroben technicko-ekonomickému porovnání s komerčně dostupnou peletovací linkou spadající do stejné výkonnostní kategorie.

**Klíčová slova:** fytomasa, peletovací linka, granulační lis, slaměné pelety.

**Summary:** Diploma thesis: "Straw Pellet Line Design" deals with issues of processing straw into pellets. The research part focuses on biomass definition and the straw harvest process for the purpose of manufacturing pellets. The diploma thesis itself firstly describes basic principles of pelleting, shows the possible technical solutions for granulation press and clarifies the different machinery stages contained in straw pellet line. Secondly, the straw pellet line has been designed according to the specific conditions of a selected company, which is subjected to technical and economical comparison with commercially available pellet line belonging to the same performance category.

**Key words:** phytomass, pellet line, granulating machine, straw pellets.

# Obsah

1	Úvod .....	1
2	Přiblížení řešené problematiky .....	3
2.1	Biomasa .....	3
2.1.1	Fytomasa.....	4
2.1.2	Dendromasa .....	5
2.2	Postup sklizně fytomasy .....	5
2.2.1	Sklizeň slámy.....	7
2.3	Popis základního postupu peletování.....	10
3	Cíl práce a metodika .....	13
3.1	Základní schéma peletovací linky.....	13
3.1.1	Rozdružovač balíků .....	14
3.1.2	Drtič slámy .....	16
3.1.3	Zásobník a dávkovač .....	18
3.1.4	Granulační lis.....	20
3.1.4.1	Prstencový granulační lis .....	20
3.1.4.2	Matricový granulační lis.....	22
3.1.4.3	Speciální lisy .....	23
3.1.5	Chlazení a třídění.....	25
3.1.6	Dopravní cesty .....	26
3.2	Komerčně dostupné linky .....	26
3.2.1	Malá granulační linka MGL 400 .....	27
3.2.2	Peletovací linka CZ Biolines .....	28
3.2.3	Peletovací linka LSP 1800.....	30
3.2.4	Linka firmy Soma Engineering a Družstva Ekover.....	32
3.2.5	Mobilní peletovací linka BauerPower .....	35
3.3	Popis konkrétního případu .....	36



3.3.1	Vstupní surovina.....	38
3.3.2	Stavební úpravy .....	40
4	Návrh vlastní linky .....	43
4.1	Popis jednotlivých členů navržené linky .....	43
4.1.1	Rozdružovač slámy.....	46
4.1.2	Drtič slámy .....	47
4.1.3	Mezizásobník s dávkovačem.....	48
4.1.4	Granulační lis.....	50
4.1.5	Třídič s chlazením .....	51
4.2	Porovnání navržené linky s komerčně dostupnou linkou .....	52
4.2.1	Technicko-ekonomické porovnání .....	52
5	Závěr.....	61
6	Použitá literatura.....	63
	Seznam obrázků.....	67
	Seznam tabulek.....	69
	Seznam zkratk a jednotek .....	70

# 1 Úvod

Spotřeba energie lidskou společností neustále roste. Tento fakt je důsledkem dvou základních dějů. Zaprvé počet lidí na Zemi neustále roste. Tento nárůst je stále strmější a strmější. A právě mezi tímto nárůstem obyvatelstva a spotřebou energie je přímá úměra. Mohlo by se sice zdát, že populace roste převážně v méně vyspělých státech, ovšem s tímto úzce souvisí druhý faktor ovlivňující nárůst spotřeby energie a tím je prudký technický rozvoj lidské společnosti. Díky tomuto rozvoji se zvyšuje životní úroveň nejen lidí ve vyspělých státech, ale i ve státech dřívějšího třetího světa. Stačí se poohlédnout jen po prudkém nárůstu životní úrovně v Číně, která profituje převážně z velkého zájmu po jejich, sice ne moc kvalitních, zato často velmi laciných výrobcích.

Když se k nárůstu spotřeby energie přičte úbytek zásob fosilních paliv, které se až do nedávna zdály být nevyčerpatelné, nastává velký problém kde získávat lacinou energii s udržitelným potenciálem. Ano, jedná se o, v poslední době hojně mediálně zmiňovanou, obnovitelnou energii.

Obnovitelná energie nebo také zdroje obnovitelné energie je velice široký pojem, ale ve své podstatě je propojují dvě základní vlastnosti. Jde o energii získávanou více či méně ekologicky a jak už ze samotného názvu vyplývá, jedná se o zdroj energie, který lze buď využívat stále dokola, a nebo jej rychle obnovit.

Přesně podle výše zmíněné vlastnosti také obnovitelnou energii definuje zákon o životním prostředí, který tvrdí, že se jedná o takové přírodní zdroje, které mají schopnost se při postupném spotřebování částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka.

Mezi obnovitelné zdroje energie se řadí energie sluneční, větrná, vodní, geotermální a energie z biomasy. A právě do energie z biomasy jsou řazeny palivové pelety, ať jsou vyrobené z fytomasy či dendromasy. Výroba pelet je známa již 100 let. Proces výroby je převzat z krmivářského průmyslu, kde granulární lisy byly provozovány k získávání krmných granulí. (Obnovitelný zdroj energie)

Tato práce je zaměřena na navržení optimální linky pro výrobu topných pelet ze slámy v zemědělském podniku. Právě v těchto podnicích je velký potenciál energetické biomasy, která je získávána jako druhotná surovina z pěstovaných plodin. Je to převážně důsledek stále se zmenšujícího stavu dobytka na území České Republiky, díky čemuž zůstává většina slámy ležet nevyužitá na sklizených pozemcích. Tento aspekt je patrný z tab. 1., kde je vidět nárůst produkce rostlinných pelet. (Bufka, 2012)

Tab.1. Vývoj produkce rostlinných pelet

<b>Základní bilance rostlinných pelet (tis. tun)</b>				
	<b>Produkce</b>	<b>Dovoz</b>	<b>Vývoz</b>	<b>Dodávka na tuzemský trh vč. zásob</b>
2003	–	–	–	–
2004	1	0	0	1
2005	7	0	0	7
2006	26	0	0	26
2007	40	2	0	42
2008	60	2	0	62
2009	110	10	0	120
2010	169	7	3	173
<b>2011</b>	<b>148</b>	<b>25</b>	<b>7</b>	<b>166</b>

*zdroj: (Bufka, 2012)*

## **2 Přiblížení řešené problematiky**

Vytápění biomasou se v poslední době těší velké oblibě. Je to způsobeno relativně levným zdrojem energie, ekologickým smýšlením obyvatelstva a velkým technickým pokrokem kotlů na spalování biomasy. Právě kotle do výkonu 100 kW hrají zásadní roli ve volbě úpravy nabízené biomasy do formy pelet. Jsou to kotle a kotelny v rodinných domech, penzionech a malých provozovnách. Vzhledem k relativně malé výkonnosti je nutné snížit na minimum potřebný příkon těchto kotlů. Proto není možné v těchto zařízeních spalovat např. celé balíky slámy, neboť potřebné manipulace s touto formou paliva vyžadují vysoký příkon elektrické energie, který v porovnání se získanou energií výrazně snižuje účinnost této formy vytápění a tím jí i podstatně prodražuje.

K dosažení efektivního využití biomasy byly navrženy kotle do výkonu 100 kW, které spalují tzv. topné pelety. Jedná se o slisovanou biomasu do formy válečků průměru od 6 do 20 mm a délky do 50 mm. Díky této formě paliva je možné plně automatizovat provoz kotle, který si palivo sám dávkuje do spalovacího prostoru a po vyhoření odstraňuje popel do připraveného popelníku. Tím se tento systém vytápění může porovnávat, co do komfortu, s topením plynovým či elektrickým, ovšem s podstatně nižšími provozními náklady. (*Verner.cz*)

### **2.1 Biomasa**

Biomasou je obecně označována veškerá hmota organického původu. Její další dělení je na dendromasu (dřevní hmota), fytomasu (bylinná hmota) a biomasu živočišného původu. Zdroj biomasy je buď záměrně pěstován k energetickým účelům a nebo se jedná o odpadní biomasu, kdy je využíván odpad z primárního pěstování plodin k jiným účelům. (*Beneš, 2011*)

K energetickému využití biomasy napomáhá i legislativa Evropské unie, která stanovila jasné cíle pro produkci a užívání obnovitelných zdrojů energie. Využívání obnovitelných zdrojů energie by mělo do roku 2020 zaujímat 20 % celkové spotřeby energie v EU a samotná Česká republika se zavázala v roce 2020 využívat minimálně 13 % energie z obnovitelných zdrojů. Aby bylo těchto cílů dosaženo, rozhodla EU o podpoře produkce a zpracování biopaliv. (*Bednár, 2008*)

Pokud jde o tuhá biopaliva, byl v letech 2007 až 2013 v rámci Programu rozvoje venkova vyhlášen program pro podporu vybudování zařízení pro zpracování energetické biomasy. V rámci tohoto programu mohl zemědělský podnik získat 35 – 60 % finančních prostředků vynaložených na výstavbu či instalaci zařízení pro zpracování biomasy pro energetické účely. Dále Evropská unie podporuje pěstování energetických plodin tzv. „uhlíkovým kreditem“. Jedná se o přímou podporu pěstování těchto plodin. (*Bednár, 2008*)

### **2.1.1 Fytomasa**

Na území České republiky se podstatná část zemědělské půdy využívá k pěstování kulturních plodin na výrobu potravin a krmiv. Z této produkce zůstává na polích velká část rostlin jako nevyužitý odpad, v mnoha publikacích nazývaný jako zdroj biomasy z jednoletých rostlin. Tento odpad má velký energetický potenciál. Výhodou jednoletých rostlin je využití již používaných zemědělských strojů a zvýšení zisku ze zemědělské činnosti. Výkupní ceny zemědělských komodit v potravinářství a krmivářství v posledních letech rostou, což má za následek nárůst obhospodařované plochy. Tento stav ruku v ruce s poklesem stavů zemědělských zvířat, zvyšuje množství biomasy z odpadu hlavní produkce, který zůstává ležet na poli. Negativní stav současného počtu chovaných zemědělských zvířat lze využít k tvorbě biopaliv z odpadní slámy. Další možností je cílené pěstování energetických rostlin. Tyto rostliny vykazují vyšší výnos biomasy z hektaru, jak je zřejmé z tab. 2. se zároveň sníženými náklady na obdělávání pozemku (není třeba každý rok provádět orbu, přípravu pod setí a setí). (*Beneš, 2011*)

Tab.2. Přehled pěstované fytomasy a její obsah energie vztažený na jeden hektar.

Rostlina		Výnos sušiny [t.ha <sup>-1</sup> ]	Výhřevnost [Mj.kg <sup>-1</sup> ]	Energie [GJ.ha <sup>-1</sup> ]
Jednoleté	Obilniny	11,0	17,8	195,8
	Řepka olejná (sláma)	3,6	17,5	62,9
	Slunečnice (sláma)	1,6	18,6	30,1
	Konopí seté	12,1	16,8	201,8
	Len setý	1,6	18,6	30,0
výtrvalé (energetické)	Šťovík krmný	43,0	17,8	763,3
	Křídlatka	37,5	17,6	660,8
	chrástice rákosová	9,5	15,1	143,8
	Komonice bílá	9,0	19,9	179,0

zdroj: (Malat'ák, Vaculík, 2008; Pastorek, Kára, Jevič, 2004)

### 2.1.2 Dendromasa

Dřevo je zahrnováno mezi obnovitelné zdroje energie jako jeden z druhů biomasy. Je to snadno dostupný přírodní materiál, který je lidstvem široce využíván po celou dobu jeho historie. (Malat'ák, Vaculík, 2008)

V současnosti se dendromasa pro energetické účely získává z odpadního dřeva ať už přímo z těžby, či následného zpracování (nejčastěji ve formě pilin, hoblin, štěpky) nebo formou účelně pěstovaných dřevin, do kterých se řadí rychlerostoucí dřeviny.

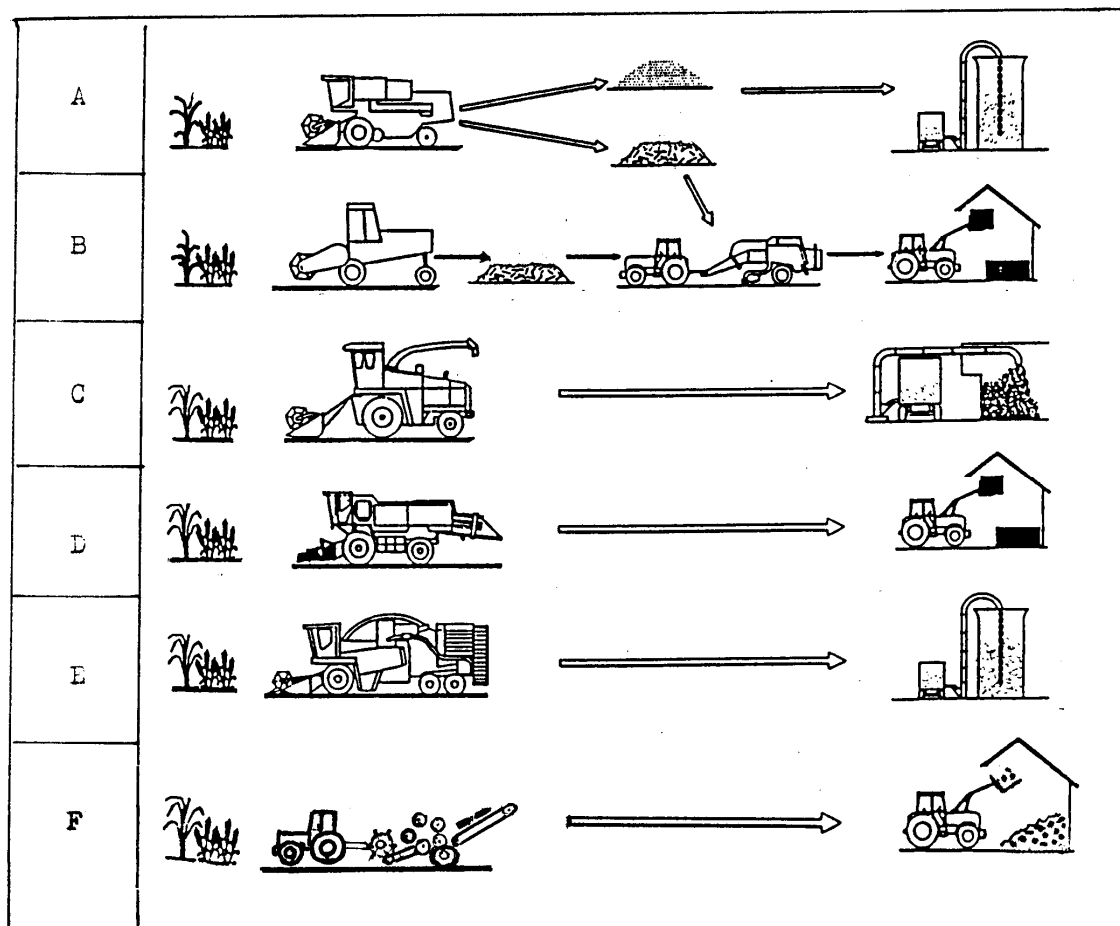
## 2.2 Postup sklizně fytomasy

Postup sklizně fytomasy je zobrazen na obr. 1. Jak je z něj patrné, záleží, zda je k energetickým účelům využita celá rostlina, či jen její odpadní část, jak je tomu např. při zpracování slámy na topné pelety. Vzhledem k zaměření této práce na zpracování slámy do topných pelet, je následující kapitola věnována výhradně sklizni slámy jako takové. Co se týče následného zpracování v peletovací lince je postup pro celý segment fytomasy totožný.

Sláma se řadí do odpadní fytomasy, kdy hlavní produkce rostlin, ze kterých je sláma získávána, je produkce semen k tvorbě potravin, krmiv či dalšího

zpracování v průmyslu. V našich podmínkách se jedná především o pěstování obilnin a olejnin.

Obr.1. Způsoby sklizně fytomasy



zdroj: (Pastorek, Kára, Jevič 2004)

V tab. 3. je vidět poměr odpadní slámy k produkci zrna u základních druhů obilnin.

Tab.3. Poměr zrna ku slámě u běžně pěstovaných obilovin

Plodina	Poměr zrno : sláma
Pšenice	1 : 1.85
Žito	1 : 1.7
Ječmen	1 : 0.8
Oves	1 : 1.4
Kukuřice	1 : 1.2

zdroj: (Pastorek, Kára, Jevič 2004)

### 2.2.1 Sklizeň slámy

Sklizeň slámy začíná již při samotné sklizni obilnin či olejnin pro zisk jejich semen. Tato sklizeň probíhá za pomoci sklízecích mlátiček, které oddělí semena od zbytků rostlin. Tyto zbytky jsou kladeny do řádků. Následné odklizení slámy z pozemku může probíhat dvěma základními postupy. Volba toho ideálního závisí na vzdálenosti pozemku od zpracovatelské linky a na velikosti skladovacích prostor. Je možné volit sklizeň sběracími vozy, kdy je sláma jen minimálně lisována do prostoru vozu a následně ihned odvážena do místa skladování. Výhodou této sklizně je nízká energetická náročnost sběru slámy a eliminace rozdrůžovače balíků v peletovací lince. I přesto se tento postup sklizně používá pouze okrajově, protože je zde drahá doprava zapříčiněna nízkým využitím dopravního prostředku a velká náročnost co se týče prostor na skladování.

Druhým a v současnosti nejvyužívanějším způsobem sklizně slámy je lisování slámy do balíků. Z dřívějšího používání lisů na klasické malé hranaté balíky, které jsou k vidění již jen na malých farmách, se přešlo ke strojům na velké hranaté a válcové balíky. Tento vývoj je zapříčiněn vyšší výkonností, lepším stlačením a hlavně plně mechanizovanou sklizňovou linkou, kdy tyto lisy lze doplnit o samonakládací a stohovací vozy na svoz balíků obr. 2. (Beneš, 2011; Pastorek, Kára, Jevič 2004)



Obr.2. Samonakládací vůz na hranaté balíky



zdroj: (<http://www.faguspraha.cz/zemedelska-technika/samonakladaci-vozy-plegmatic.htm>)

Lisy na válcové balíky, obr. 3, jsou hojně rozšířené. Je to způsobeno nižší pořizovací cenou oproti lisům na hranaté balíky a také menší energetickou náročností. Lisy mohou být opatřeny variabilní nebo pevnou lisovací komorou. Variabilní komora lisuje materiál již od středu přibližně stejnou lisovací silou, což má za následek možnost ukončit lisování při dosažení požadovaného průměru balíku podle přání zákazníka a docílit stále stejných vlastností finálního balíku. Vázání je uskutečněno sítí nebo provázkem. Průměry balíku se pohybují od 0,8 do 1,8 m, kdy hmotnost balíku slámy dosahuje zhruba 500 kg. Moderní lisy jsou osazeny řezacím ústrojím s proměnným počtem nožů. Řezání vstupního materiálu se s oblibou používá při využití balíku k dalšímu zpracování na výrobu pelet. Nevýhodou tohoto řešení je nárůst požadovaného výkonu tažného prostředku, který ovšem není tak markantní. Šířka sběracího ústrojí se pohybuje kolem 2 m, díky které je vedení stroje v řádku pro obsluhu pohodlnější a je možné dosahovat větších denních výkonů. (Beneš, 2011)

Obr.3. Svinovací lis na válcové balíky



zdroj: (<http://www.vobosystem.cz/lisy-na-kulate-baliky-vario-pack>)

Lisy na hranaté balíky, obr. 4., jsou zařazeny do sklizňové linky ve velkých zemědělských podnicích a ve firmách poskytujících služby. Tyto stroje jsou energeticky mnohem náročnější, než lisy na kulaté balíky. Pokud je lis osazen řezacím ústrojím je zapotřebí tažný prostředek o výkonu zhruba 110 kW. Výrobci nabízejí různé provedení lisovacího ústrojí, kdy je často použita předlisovací komora, ta materiál slisuje do menších „balíků“, které jsou následně v hlavní komoře zhutněny na požadovanou mez a svázaný do jednoho celku. Díky předlisovací komoře je lis schopný pracovat kontinuálně a není třeba při vázání balíku zastavit soupravu, jak je tomu u lisů na válcové balíky. Vázání balíků je provedeno pomocí provázku. Rozměry lisovacích komor jsou variabilní a pohybují se v hodnotách: výška 70 až 1.20 cm šířka 80 až 120 cm a délka 60 – 300 cm. Celý proces je řízen elektronicky a obsluha má o průběhu přehled díky monitoru umístěnému v kabině traktoru. (Beneš, 2011)

Obr.4. Lis na velké hranaté balíky



zdroj: (<http://www.agrall.cz/produkt/78/quadrant-3200>)

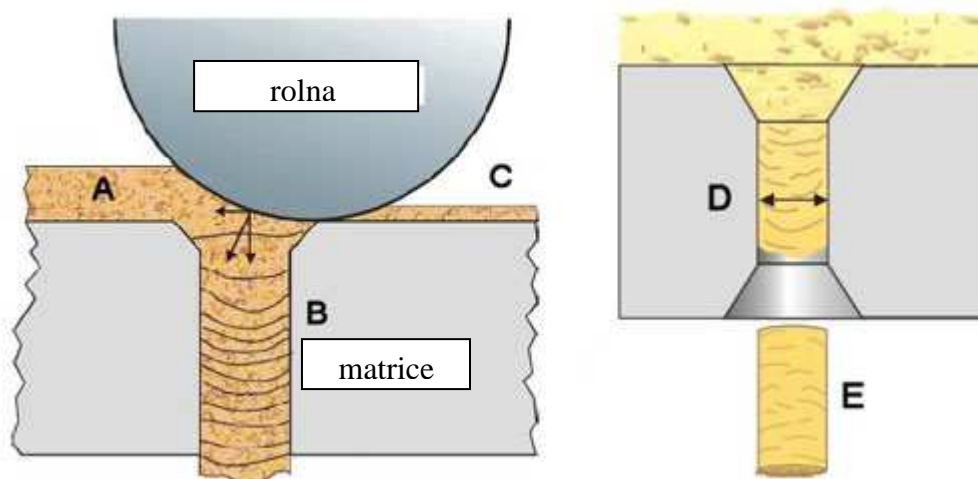
### 2.3 Popis základního postupu peletování

Peletovací lisy přetvářejí vstupní materiál na požadovaný granulovitý tvar. Tento proces je uskutečněn protlačováním materiálu tlakem až 31,5 MPa skrz matici s požadovanými otvory, obr. 5. Díky tomuto působení dochází k redukcí objemu v poměru 12 : 1. Vlivem vysokému tlaku narůstá teplota lisované biomasy a tím dochází k plastifikaci ligninu, který plastifikuje od teploty 80 C°. Lignin následně slouží jako pojivo a tak není potřeba k biomase přidávat další přísady. Protlačování zajišťují rolny odvalující se po matici v nepatrné vzdálenosti. Aby k tomuto přetváření mohlo dojít, je nezbytné dodržet základní parametry materiálu vstupujícího do granulačního lisu. Jde zejména o požadovanou zrnitost, vlhkost a množství vkládaného materiálu. Proto není možné používat granulační lis samostatně a je nutno jej osadit do kompletní linky.

Optimální rozměry vstupní suroviny jsou 2 až 5 mm, závisí na konstrukci lisu i na velikosti lisovaných pelet. Pro užití v domácích automatických kotlích jsou

optimální peletky o průměru 6 nebo 8 mm. Obsah vody v surovině by neměl překročit 15 %. (Pastorek, Kára, Jevič 2004; biomasa.cz)

Obr.5. Proces protlačování materiálu skrz matrici



zdroj: ([http://www.ballbrno.cz/html\\_cz/produkty-lpbbv2.html](http://www.ballbrno.cz/html_cz/produkty-lpbbv2.html))

Do výrobního procesu většinou nepřichází surovina v optimálním tvaru, je třeba ji desintegrovat na částice vhodné velikosti. To se zajišťuje výkonným kladívkovým drtičem, zařazeným před granulátor. Příkon drtiče je několik desítek kW a svou spotřebou se přibližuje spotřebě granulátoru.

Hlavním strojem výrobní linky pelet je protlačovací, matricový lis. Vyrábí se v několika konstrukčních provedeních jako talířový, plochý nebo prstencový. Protlačovací matrice je vyrobena z ušlechtilé oceli, je opatřena soustavou otvorů potřebného průřezu a nad ní v přesně stanovené nepatrné vzdálenosti se odvalují při jejím otáčení přítlačné rolny, které zpracovávaný materiál protlačují otvory matrice. Při tom vzniká značné teplo, uvolňující a změkčující v surovině obsažený lignin, který působí jako pojivo. Před vstupem do prostoru matrice a roln se surovina nepatrně povrchově navlhčuje nebo dokonce u stébelnin propařuje, aby granulování snáze probíhalo.

Chlazení pelet po výstupu z granulátoru je potřebné k zatuhnutí ligninu a získání požadované pevnosti pelety. Použitý chladič musí mít odpovídající výkonnost, musí zajišťovat plynulý průtok značného množství materiálu bez toho, aby ještě málo pevné pelety poškozoval. Proto chladič patří nejen k objemově největším zařízením výrobní linky, ale bývá také po drtiči a peletizátoru nejnákladnější. Tok vyrobených pelet směřuje buď přímo do expediční váhy, nebo

do koncového zásobníku. Všechny výrobní prvky peletárny propojuje soustava horizontálních a vertikálních mechanických nebo pneumatických dopravníků. U pneumatických dopravníků je nezbytné použití rotačních uzávěrů - turniketů. K dopravním systémům se zařazuje odlučovač prachu a před expedicí je ještě zařazeno vibrační ploché nebo rotační síto, které z finálního výrobku odstraňuje prach a zlomky pelet. (*Pastorek, Kára, Jevič 2004; Beneš, 2011*)

Z uvedeného přehledu technologie vyplývá, o jak složitý výrobní systém se jedná. Jeho provoz musí být neustále sledován, k čemuž slouží řada teplotních a hmotnostních čidel a operační počítač. Neopominutelné jsou elektrorozvody, vodovod a další příslušenství provozu.

Granulační lisy je možné rozdělit do tří základních skupin:

- Lisy s horizontální matricí
- Lisy s prstencovou, vertikální matricí
- Speciální samojízdné lisy

### **3 Cíl práce a metodika**

Cílem práce je, z dostupného strojního vybavení na evropském trhu, navrhnout peletovací linku na slámu do konkrétního zemědělského podniku. Tato linka bude následně podrobena technicko-ekonomickému porovnání s komerčně dostupnou linkou, spadající do stejné výkonnostní kategorie.

Při návrhu linky bude vycházeno ze základního schématu peletovací linky na zpracování fytomasy. Dále zde budou zohledněny dostupné linky na našem i zahraničním trhu a jejich principy výroby topných pelet. Navržená linka bude vycházet z dostupných strojů různých evropských výrobců s cílem tyto stroje do linky optimálně zkombinovat tak, aby bylo dosaženo maximálního výkonu se současným snížením jak vstupních, tak i provozních nákladů. Výsledné porovnání bude prováděno z pohledu technického, kde se budou porovnávat výkonnostní parametry linek, přínos energie z vyrobených pelet oproti spotřebované energii porovnávaných linek. Dále bude provedeno porovnání z pohledu ekonomického, kde bude posuzována vstupní investice, provozní náklady se snahou porovnat návratnost té či oné linky.

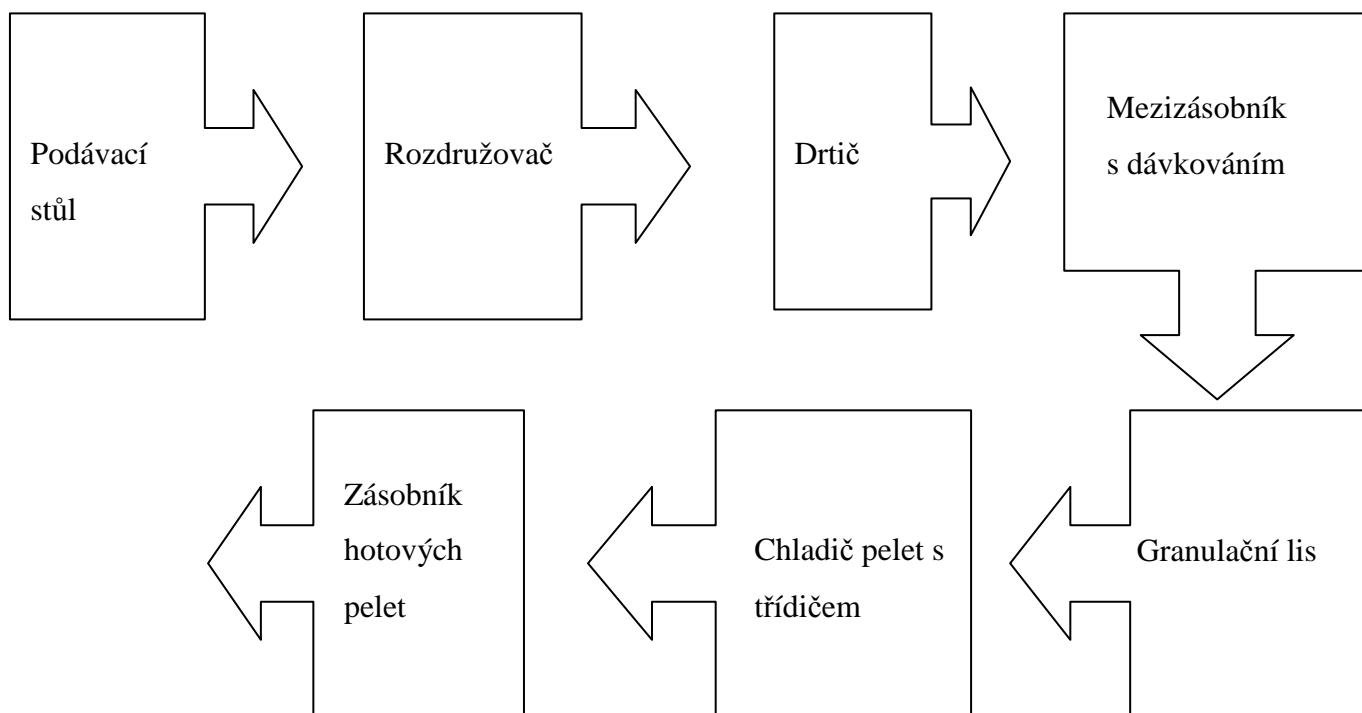
#### **3.1 Základní schéma peletovací linky**

Základní schéma všech peletovacích linek na slámu je téměř totožné. Liší se pouze v závislosti na formě vstupního materiálu, výkonnosti jednotlivých komponentů a jejich technickém řešení.

Vzhledem k převažujícímu používání slámy ve formě balíků je vždy v úvodu linky použit rozdružovač, který balíky, již zbaveny sítě či provázku, rozdruží na formu volně ložené slámy. Tato sláma následně putuje do drtiče, kde je upravena velikost vstupní frakce, která je poté dopravena do vyrovnávacího zásobníku. Ze zásobníku je dávkovačem, kde může být slámě dodatečně zvýšena vlhkost, v přesné dávce dávkována do samotného granulačního lisu. Po slisování musí být pelety neprodleně zchlazeny, aby bylo docíleno jejich požadované pevnosti a soudržnosti. V mnoha případech je chlazení doplněno tříděním, které odděluje odrol a vrací jej zpět před peletovací lis. Tímto samotný proces peletování končí. Následně jsou pelety dopraveny do zásobníku, ze kterého jsou dávkovány

k expedici. Celé schéma peletovací linky je patrné z následujícího obr. 6. Jednotlivé komponenty budou popsány v následujících kapitolách.

Obr.6. *Blokové schéma granulační linky*



### 3.1.1 Rozdružovač balíků

Jak již ze samotného názvu vyplývá, jedná se o stroj, který slouží k rozdužení (rozebrání) slisované slámy. Tento úkol může být řešen odfrézováním části slámy z balíku, odřezáváním slámy nebo v případě kulatých balíků vytrháváním vždy obvodové vrstvy slámy. Jednotlivé postupy se od sebe liší jak energetickou náročností, tak i finálním produktem.

Pokud jde o rozdružovač s axiálním bubnem, obr. 7., který je osazen noži totožnými z žací lišty sklízecí mlátičky, jde o frézování čela balíků a výsledným produktem je slaměná řezanka se zrnitostí odpovídající případnému vloženému sítu. Toto síto sice zmenší výstupní frakci na velikost cca 3 cm, nicméně výrazně zvýší energetickou náročnost rozdužování. A vzhledem k tomu, že řezanka bude dále drcena v drtiči, je toto zvýšení energetické náročnosti zbytečné. Výjimku tvoří rozdružovač dodávaný firmou CZ Biolines, který je současně osazen drtičem a je



schopný dodávat nadrcený materiál potřebné zrnitosti až do hodinového výkonu 1200 kg. Na stejném principu, jen bez drtiče pracuje i rozdrůžovač Tomahawk od firmy Teagle, který lze pohánět vývodovým hřídelem traktoru nebo pomocí elektrického motoru. (*merkanta.sk; CZ Biolines s.r.o.; Beneš, 2011*)

Obr.7. Pohled do útrobu rozdrůžovače Tomahawk



zdroj: (<http://www.merkanta.sk/stroje/teagle/>)

Na podobném principu pracuje tangenciální rozdrůžovač, kde balík je přiváděn k válcům, obvykle bývají dva nebo tři, ve směru tangenty. Tyto válce jsou po obvodu, jak je patrné z obr. 8., opatřeny opět stejnými noži, jako je tomu u axiálních rozdrůžovačů.

Obr.8. Rozdrůžovač balíků od STS Olbramovice



zdroj: (<http://www.stsolbramovice.cz/cs/vyrobky/stacionarni-rozdruzovac-rbs-3va/fotogalerie/>)



Válce se otáčejí proti sobě s různou frekvencí otáčení, čímž je docíleno vyřezávání slámy z balíku a její následná doprava, buď přímo k drtiči, a nebo na dopravník, který bývá pásový či šnekový. Někteří výrobci za rozdrůžovací válce řadí ještě válce drtící společně se sítem. Toto řešení je vhodné, pokud se výstupní hmota bude briketovat. Při osazení rozdrůžovače do peletovací linky je výstupní frakce příliš hrubá a je nezbytné jí stejně dále drtit. To má tedy za následek jen zbytečné zvýšení příkonu rozdrůžovače a snížení jeho průchodnosti, jak je patrné např. u rozdrůžovače HZ 1300 od firmy KOVO Novák, který s elektrickým příkonem 24 kW a s osazeným sítem o velikosti ok 12 mm zpracuje pouze 800 kg slámy za hodinu. (*KOVO Novák*)

Třetím a nejjednodušším způsobem rozdrůžovače slámy je dopravníkový rozdrůžovač. Tento stroj pracuje na principu podlahového dopravníku převzatého ze sběracích vozů či rozmetadel hnoje. Jedná se o dva rovnoběžné řetězové dopravníky, mezi nimiž jsou příčky, na kterých jsou namontovány hřeby, které vytrhávají slámu z balíku. Balík je třeba zajistit, aby nebylo možné jej posunout celý pomocí podlahového dopravníku. Proto je tento rozdrůžovač nejčastěji řešen do písmene V, do kterého je vložen balík a dopravník z něj vytrhává kusy slámy. Výhodou toho řešení je, že se sláma nikterak neřeže, což umožňuje používat mnohem nižší otáčky dopravníku a tím i snížit potřebný kroutící moment motoru, který je, pro snížení otáček, osazen převodovkou s ozubenými koly. Díky tomu je na stroji použit motor s výkonem do 1,5 kW, což je o řád nižší výkon než u zbylých dvou rozdrůžovačů. Sláma se v takové lince drtí pouze jednou a to až v drtiči. Další výhodou tohoto rozdrůžovače je snížená prašnost, díky pomalému chodu stroje. Drobnou nevýhodou je délka rozdrůžené slámy, která se obtížněji dopravuje k drtiči, a proto je třeba tyto dopravní cesty navrhovat s tímto ohledem. (*biopaliwa.p-x.pl*)

### **3.1.2 Drtič slámy**

Drtiče slouží k finální desintegraci vstupní suroviny a docílení její odpovídající zrnitosti. Drcení probíhá na kladívkových drtičích s výkonností od 200 kg.hod<sup>-1</sup>, které jsou určeny spíše pro malé linky s manuálním plněním až po drtiče s výkonností 3000 kg.hod<sup>-1</sup>. Materiál je drcen pomocí kladívek osazených kyvně na rotujícím náboji. Náboj s kladívky je obklopen sítem, jehož velikost ok určuje

rozměry výstupní frakce. Materiál do drtiče může vstupovat axiálně, nebo tangenciálně.

Axiální přísun materiálu se používá u drtičů nižších výkonností a je většinou doplněn o předřezávací nože, jak je patrné na obr. 9., kde je znázorněn drtič STM 201 od firmy HIMEL. Díky této koncepci je možné na rotor umístit vně síto kolo s metacími lopatkami, které nadrcený materiál pneumaticky dopravují až do vzdálenosti 10 metrů, aniž by bylo potřeba doplňovat linku dalším strojem. (HIMEL s.r.o.)

Obr.9. Kladívkový drtič stébelnin firmy HIMEL



*zdroj: (HIMEL s.r.o.)*

Tangenciální přísun materiálu je použit u drtičů výkonnostní kategorie nad  $1 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ . Tyto stroje mají tu výhodu, že drtící komora může být širší a tím narůstá jejich výkonnost. U tangenciálních drtičů se nepoužívají předřezávací nože a přicházející materiál je přiváděn přímo do drtící komory. Nevýhodou tohoto řešení je absence dostatečného pneumatického výkonu a tak k dopravě nadrceného

materiálu je nutné linku osadit dalším členem. Tento princip drcení používá například česká firma Strojírna Vodňany u svého drtiče RDS 2- 37- 980 který je znázorněn na obr. 10. ([strojirnavodnany.cz](http://strojirnavodnany.cz))

Obr.10. Kladívkový drtič firmy Strojírna Vodňany



zdroj: (<http://www.strojirnavodnany.cz/produkty2.php>)

### 3.1.3 Zásobník a dávkovač

Vzhledem k rozdílné výkonnosti jednotlivých komponentů linky a nutnosti přesného dávkování materiálu do granulačního lisu, jsou linky vybaveny zásobníkem nadrceného materiálu a dávkovačem tohoto materiálu do granulačního lisu.

Zásobník má tvar na výšku postaveného válce či kvádrů a materiál je do něj dopravován převážně pneumaticky. K omezení prašnosti jsou k hornímu víku namontovány filtrační rukávce, kterými se vzduch, unášený nadrceným materiálem, filtruje a materiál spadá do zásobníku. Materiál je ze zásobníku vynášen šnekovým dopravníkem, který je osazen na jeho dně. Vzhledem k tomu, že

nadrcený materiál má tendenci v zásobníku tvořit klenbu, je nutné do zásobníku instalovat promíchávání. (ALUHAUS)

Dávkování je řešeno pomocí šnekového dopravníku a to dvěma způsoby. U menších linek, jako je tomu např. u linky MGL od firmy Kovo Novák, je dávka určována otevřením šoupátka na konci vynášecího šneku ze zásobníku. Příslušné množství materiálu propadává tímto šoupátkem do dalšího šnekového dopravníku, který dopravuje nadrcenou surovinu, která je v něm, v případě potřeby, dovlhčena, do granulačního lisu. Přebytečný materiál z vynášecího dopravníku směřuje potrubím zpět do zásobníku obr. 11. (KOVO Novák)

Obr.11. Dávkování suroviny do granulačního lisu



zdroj: (<http://www.ekoeffect.com/lmg1400.html>)

Dalším způsobem dávkování je použití pouze vynášecího šnekového dopravníku, na jehož pohonnou jednotku je namontován frekvenční měnič, díky němuž je možné regulovat otáčky šneku a tím i dopravované množství. Toto řešení se jeví co do provozních nákladů lepší, neboť není třeba instalovat dva šneky se dvěma elektrickými motory.

### 3.1.4 Granulační lis

Granulační lis, často také nazývaný peletovací lis, je základním strojem celého procesu výroby pelet. Na tomto stroji dochází k přetváření vstupního materiálu ve formě jemné drtě o zrnitosti do 5 mm na finální produkt, čímž jsou pelety. Nejčastěji používané lisy, ať prstencové či matricové s plochou matricí, se vždy skládají z roln a matrice. Matrice má tvar buď prstence, a nebo plochého kruhu. Po matrici se v těsné blízkosti odvalují rolly, které jsou dle výkonnosti 2 až 4 a protlačují materiál skrz děrovanou matrici. Průměr otvorů v matrici odpovídá požadovanému průměru pelet. Vstupní materiál musí být nadrcen vždy na menší zrnitost, než jsou otvory v matrici. Dle lisovaného materiálu se volí tloušťka matrice. Zatím co u tvrdého dřeva je tloušťka matrice volena jen kolem 16 mm, u měkkého dřeva a fytomasy se volí tloušťka 20 až 30 mm. Je to dáno tím, že čím měkčí materiál, tím větší vyžaduje zhutnění. (*GAMA Pardubice, KOVO Novák*)

#### 3.1.4.1 Prstencový granulační lis

Pro vyšší výrobní výkony ( $0,5$  až  $16 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ ) se používají lisy s prstencovou matricí s mnoha přesně vyrobenými otvory, která se otáčí kolem vodorovné osy na čepu. Vnitřní průměr matrice se pohybuje od 220 do 1100 mm a šířka 50 až 180 mm. Ve vnitřním prostoru matrice jsou umístěny na čepech v přesné vzdálenosti zpravidla 2 otáčivé válcové rolly, kterými je zpracováván materiál otvory matrice protlačován. Na vnější stěně matrice je umístěný nůž, který vyrobené pelety odřezává na stanovenou délku. Celý komplet je uložen ve vnějším plášti, který usměrňuje vyrobené pelety do výstupního otvoru, obr. 12.a 13. (*Beneš, 2011; Holz, 2006; stoza.cz*)

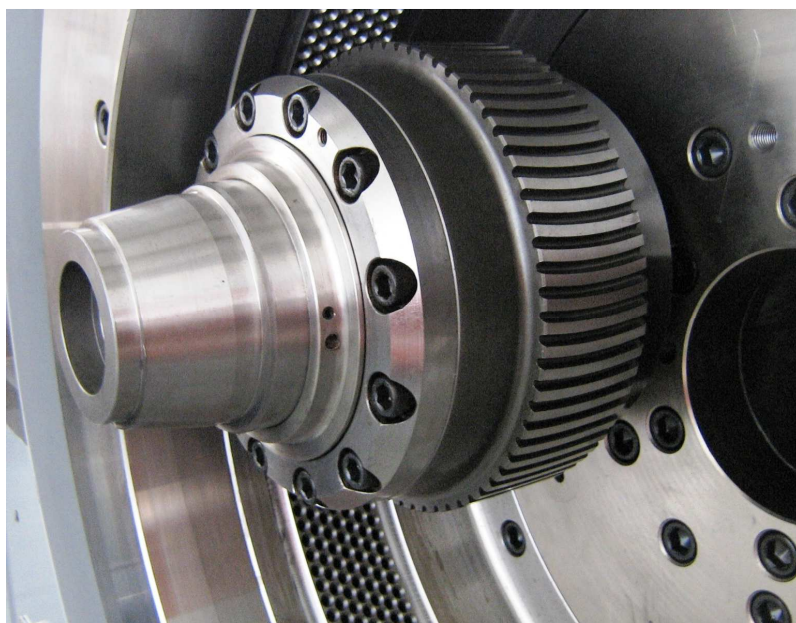
Prstencové granulátory jsou zpravidla dodávány jako jeden celek s mixerem. Ten je namontován na vstupu do granulátoru a slouží k promíchání a případnému navlhčení vstupní suroviny. Délka mixeru je v rozmezí 1300 až 2000 mm a je poháněn vlastním elektromotorem. Příkon celého lisu při zpracování biomasy na výrobu pelet je 37 až 180 kW (*Andert, 2006; Beneš, 2011; stoza.cz; agroing.cz*)

Obr.12. Prstencový granulační lis s mixérem a dávkovačem



zdroj:  
([http://biom.cz/upload/5486a293bfb9575ea2532df5855e2c6a/420\\_thumb.jpg](http://biom.cz/upload/5486a293bfb9575ea2532df5855e2c6a/420_thumb.jpg))

Obr.13. Pohled na matrici a rolnu u prstencového granulačního lisu



zdroj: (<http://www.epimex.cz/nove-stroje/NOVAPELLET-Nahradni-dily>)



### 3.1.4.2 Matricový granulační lis

Lis s horizontální maticí je odvíjen od lisů používaných k výrobě granulovaných krmiv. Ve své podstatě se k výrobě pelet dají použít starší lisy na výrobu krmiv jako je tomu například u granulátoru TL700 společnosti Gama Pardubice, obr. 14. Lis je vybaven kruhovou maticí s otvory odpovídajícími

Obr.14. Granulátor TL700



*zdroj:(<http://www.gama-pardubice.cz/granulator-tl-700.html>)*

požadovanému průměru pelet, zpravidla 6 až 20 mm, po které se v přímém kontaktu odvalují otáčivé, vrubované rolny, které protlačují surovinu otvory. Po průchodu maticí jsou hotové pelety odřezávány na požadovanou délku 20 až 30 mm a směřují k třídíče. Matrice je vyrobena s ocelového plechu o tloušťce asi 20 mm. Většina výrobců dodává matrice uzpůsobené k oboustrannému použití, které výrazně prodlužuje její životnost. Aby došlo k dokonalému zhutnění vstupní suroviny, jsou otvory v matici kónické. Podle průměru matrice, který bývá 120 až 400 mm, se volí počet roln, který se pohybuje od 2 do 4 kusů, obr. 15. (Andert, 2006; Beneš, 2011)

Obr.15. Pohled na matrici s rolnami u granulátoru TL700



zdroj: (<http://www.gama-pardubice.cz/granulator-tl-700.html>)

Výkonnost horizontálního peletovacího lisu je 0,1 až 1,5 t.h<sup>-1</sup> s požadovaným příkonem 5 až 100 kW. (Beneš, 2011; [polnohospodarskabiomasa.sk](http://polnohospodarskabiomasa.sk); [akahl.de](http://akahl.de))

### 3.1.4.3 Speciální lisy

Stále se zvyšující zájem o využívání fytohmoty pro energetické účely motivuje výrobce k novátorským řešením peletovacích lisů. Proto lze v této oblasti zaznamenat nové možnosti granulace se snahou snížit energetickou náročnost tohoto procesu při současném zachování vlastností pelet. Mezi speciální lisy se řadí:

- Mobilní granulační lis

Systém Haimer, obr. 16., využívá podvozek sklízecího řezačky, který je osazen sběracím nebo žacím adaptérem dle technologie sklizně. Na řezačku navazuje dosoušecí zařízení, peletovací lis a zásobník. Samotné peletování probíhá stlačováním materiálu mezi soustavou rýhovaných válců.



Tímto kontinuálním způsobem lisování je lisován nekonečný pás o šířce 100 mm a tloušťce 25 mm, který je následně rozlamován na jednotlivé vlnovice. Stroj je poháněn spalovacím motorem o celkovém výkonu 353 kW, kdy odpadní teplo je využito k dosoušení sklizené suroviny. (Pastorek, Kára, Jevič, 2004)

Obr.16. Mobilní granulační lis



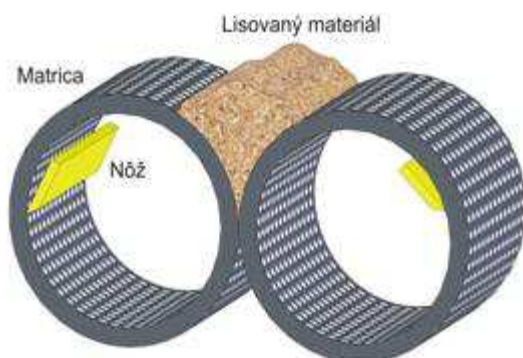
zdroj: (<http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/gebreselassie-mulaw-2000-12-13/HTML/N1751F.html>)

- Matricový lis bez použití rolen

Technologie granulace nazývaná Eco Tre Systém, obr. 17., využívá dvě prstencové matrice otáčející se proti sobě, kdy materiál je přiváděn mezi tyto matrice a jejich pohybem je skrz matrice protlačován dovnitř matric, kde je nožem odřezávána požadovaná délka pelet. Je zde využito setrvačnosti matric, čím je docíleno snížení energetické náročnosti až o 50 %

oproti klasickým granulačním lisům. Zároveň lze v těchto lisech granulovat materiál až do vlhkosti 36 %.  
([www.tumacz.cz](http://www.tumacz.cz))

Obr.17. Granulační lis Eco Tre Systém



zdroj: (<http://www.polnohospodarskabiomasa.sk/index.php?c=8.2.2>)

### 3.1.5 Chlazení a třídění

Jak již bylo zmíněno výše, při lisování pelet dochází k zahřátí biomasy na teplotu od 90 do 110 C°, kdy plastifikuje lignin a pojí nadrcenou biomasu. Tato vlastnost napomáhá k utváření pelet, ale je třeba jí co nejrychleji po průchodu granulačním lisem eliminovat, aby pelety zůstaly soudržné a pevné. Proto je nezbytné slisované pelety okamžitě za granulačním lisem intenzivně chladit, aby se co nejrychleji dostaly na teplotu cca 40 C°. K těmto účelům jsou za granulačním lisem instalovány vzduchové chladiče a to buď souproudé, nebo protiproudé. K těmto účelům se používají axiální ventilátory, které jsou na výstupu vzduchu z chladiče doplněny o odsavač prachu. (zelenausporam.eu; KOVO Novák, 2012)

Často se chladič kombinuje s tříděčem, který odděluje od pelet odrol a úlomky pelet. Finální produkce určená k expedici by měla obsahovat maximálně 1 % odrolu. Tříděč je koncipován buď jako rotační nebo vibrační síto. Oka síta se volí dle velikosti pelet. U nejčastěji vyráběných pelet s průměrem 6 mm se k třídění používá síto se čtvercovými oky o straně 4 mm. Vytříděná drť je dopravována většinou šnekovým dopravníkem s prostorovou šnekovicí zpět před dávkovač do granulačního lisu a je znovu slisována do pelet. (KOVO Novák)

### **3.1.6 Dopravní cesty**

Z výše uvedeného výčtu je patrné, že linka se skládá minimálně z pěti základních strojů, doplněných zásobníkem na hotové pelety. Proto je nutné řešit dopravní cesty mezi jednotlivými uzly. Vzhledem k různorodosti dopravovaného materiálu, kdy na počátku se jedná u některých linek o dopravník balíků slámy, přes dopravu slámy rozdružené a slaměné drti až po hotové pelety, je třeba tyto dopravníky řešit individuálně. Díky těmto rozdílům se v lince uplatňuje většina běžně používaných dopravníků. Materiál je v lince dopravován pásovým, šnekovým, řetězovým i pneumatickým dopravníkem a to s ohledem na vlastnosti materiálu a požadovaného zacházení. Na počátku linky se dopravují balíky slámy podlahovým řetězovým dopravníkem. Následuje doprava drcené slámy, a to buď pneumaticky, nebo šnekovým dopravníkem. Hotové pelety jsou dále transportovány pásovým dopravníkem nebo elevátorem. Je to z toho důvodu, aby nedocházelo k nadměrnému poškození pelet, kdy je nutné dodržet v dodávce zákazníkovi maximálně 1 % odrol. (*Atea Praha s.r.o.*)

### **3.2 Komerčně dostupné linky**

Vlivem velkého boomu, který v oblasti zpracování biomasy poslední dobou panuje, je nabídka linek na zpracování biomasy na našem území i v zahraničí docela pestrá. Po hlubším zkoumání lze tuto nabídku rozčlenit do dvou základních skupin, kde panují diametrální rozdíly co do kvality i kvantity nabízených strojů.

V kategorii s výrobní kapacitou nad 1 tunu za hodinu vyrobených pelet je nabídka uspokojivá. Jsou zde zastoupeny jak lisy s prstencovou maticí, tak s maticí plochou, kde se například u nás uplatňují granulátory TL 700, které se dříve používaly k výrobě krmných granulí. Ceny linek této kategorie se na našem území pohybují od 5 miliónů výše a i díky tomuto faktoru jsou podrobeny důkladné kontrole ze strany potencionálních zákazníků. Jedná se ve většině případů o velice kvalitně zpracované výrobní celky, které se vyznačují plně automatickým provozem, kdy k obsluze postačí jedna osoba, jak je tomu například i u linek nižší kategorie.

U linek s kapacitou do jedné tuny vyrobených pelet za hodinu je již kvalita nabízených strojů o poznání horší. Dost často se jedná o linky vyrobené v Číně, které byly svou koncepcí určeny k výrobě krmných granulí, a proto nejsou vůbec

vhodné k výrobě topných pelet. Dále se zde můžeme setkat s kopiemi linek evropských výrobců, které ovšem nesplňují potřebné normy. A až s úsměvem zde můžeme pozorovat tzv. linky, které jsou založeny pouze na granulačním lisu a prodejce tvrdí zákazníkovi, že s tímto laciným strojem si vyrobí sám kvalitní topné pelety. Ano, i v této kategorii se najdou kvalitní a propracované linky, bohužel ale výrobci jsou si vědomi malé konkurence a tak jsou často tyto stroje předražené a zákazníkovi tímto nedostupné.

Tato kapitola se ovšem zaměří pouze na linky funkční a sestavené ze všech potřebných komponentů nutných k uspokojivému provozu.

### **3.2.1 Malá granulační linka MGL 400**

Jde o linku dodávanou firmou Kovo Novák. Koncept vychází z malotonážní linky MGL 200, ve které došlo pouze k navýšení výkonu granulačního lisu, obr. 18., náhradou za výkonnější lis. Tímto řešením bylo docíleno hodinového výkonu až 280 kg hotových pelet. Linka, jak je patrné z obr. 19., obsahuje dávkovací šnek s uzavřenou násypkou, promíchávač hmoty, granulační lis, třídič pelet s chlazením a odsáváním. Těto výkonností odpovídá příkon linky 19 kW

Bohužel, ač výrobce v názvu uvádí, že se jedná o linku, v případě zpracování slámy tomu tak není. Je nutné tuto „linku“ doplnit ještě o stroje sloužící k rozdužení a nadrcení slámy na potřebnou zrnitost. Pro tento účel dodává výrobce hned několik strojů. Jde se o rozdužovač a drtič HZ 1300 s příkonem 24 kW, a drtič RS 750 s příkonem 15 kW. Protože nelze dokonale sladit výkonnost jednotlivých strojů, doporučuje výrobce doplnit linku ještě o předřazený zásobník s plnicím šnekem a za linku je nutné osadit pásový dopravník pro plnění big bagu. Ač se výrobce honosí řadou ocenění za jedinečnou konstrukci svého výrobku, návratnost investic do pořízení kompletní linky na zpracování biomasy je poměrně dlouhá. Samotná linka sice stojí, jak uvádí výrobce, pouhých 345 000 Kč ovšem když se k tomu přičte dalších 225 000 Kč za rozdužovač, 69 000 Kč za drtič, 40 000 Kč za mezizásobník a 25 000 Kč za vynášecí pásový dopravník, dostane se konečná cena celé linky na zpracování slámy na hodnotu 704 000 Kč, což je více jak dvojnásobek, než co uvádí výrobce. Přičteme-li k tomu fakt, že příkon

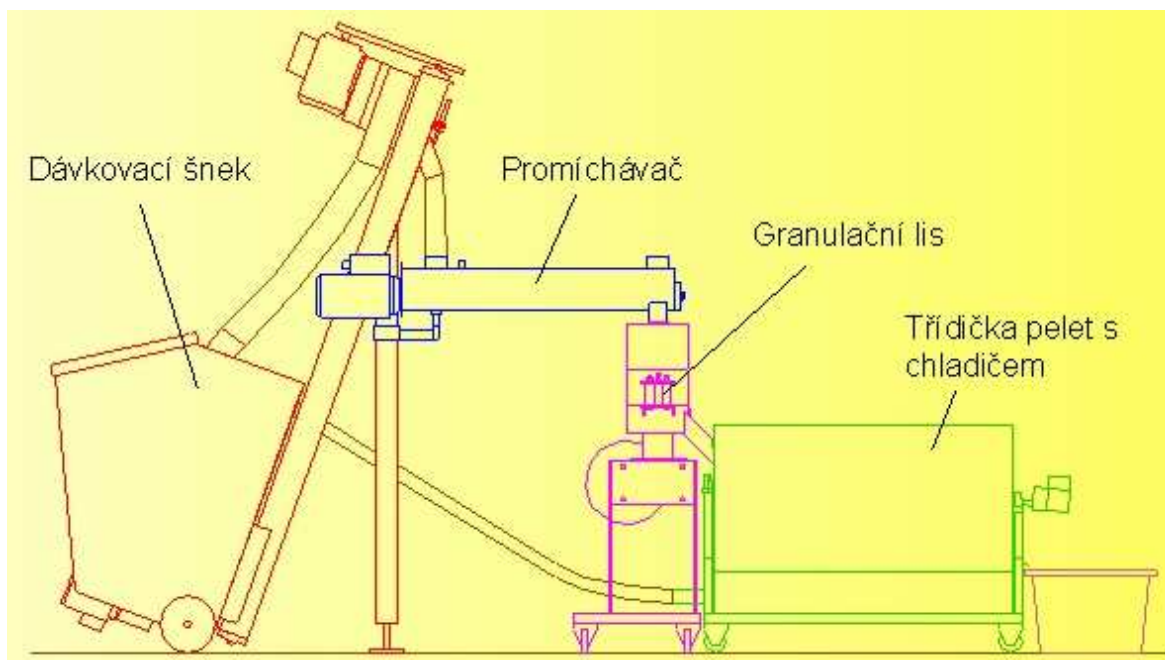
linky, která za hodinu vyrobí pouze 280 kg pelet je 61 kW, dá se provoz považovat jako neekonomický. (Beneš, 2011; KOVO Novák)

Obr.18. pohled na granulační lis linky MGL



zdroj: (KOVO Novák)

Obr.19. Schéma granulační linky MGL 400



zdroj: (KOVO Novák)

### 3.2.2 Peletovací linka CZ Biolines

Jde o kompletní řešení linky s minimální výkonností  $800 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ . Na vstupu do linky je umístěn dopravník balíků o délce 6 m, který zároveň slouží i jako



akumulátor vstupní suroviny. Dopravník je ovládán obsluhou, která volí rychlost dávkování balíků slámy do rozdružovače. Rozdružovač je české výroby a jedná se o kladívkový rozdružovač se sítí. Rozdružovač je poháněn elektromotorem, přes klínové řemeny. Je možné v něm zpracovávat jak válcové, tak hranaté balíky. Rozdružovač je nejčastěji umístěn v jímce, aby byl zajištěn spád balíků z dávkovacího dopravníku.

Díky možnosti osadit rozdružovač sítí, je možné docílit výstupní frakce vhodné velikosti do granulačního lisu TL700. Sláma nemusí být při sklizni předřezaná. Takto lze řešit linku s jedním granulátorem. V případě vyšší výkonnosti je nutné za rozdružovač instalovat další stupeň desintegrace. Surovina je následně dopravována do zásobníku, ze kterého je vynášena šnekovým dopravníkem do granulačního lisu. V tomto dopravníku je instalována vlhčící tryska k dodatečnému vlhčení materiálu. Za lisem je instalován korečkový dopravník, který dopravuje pelety do protiproudého chladiče, kde jsou pelety zchlazeny na teplotu max. o 5 °C vyšší, než je teplota okolí. Z chladiče putují pelety do vibračního třidiče, kde je oddělen odrol, který se následně pneumaticky vrací před granulátor. Hotové pelety postupují dále na expedici. Linku lze automatizovat, dle přání zákazníka. Celá linka je znázorněna na obr. 20. (CZ *biolines s.r.o.*)

Obr.20. Linka CZ *Biolines s.r.o*

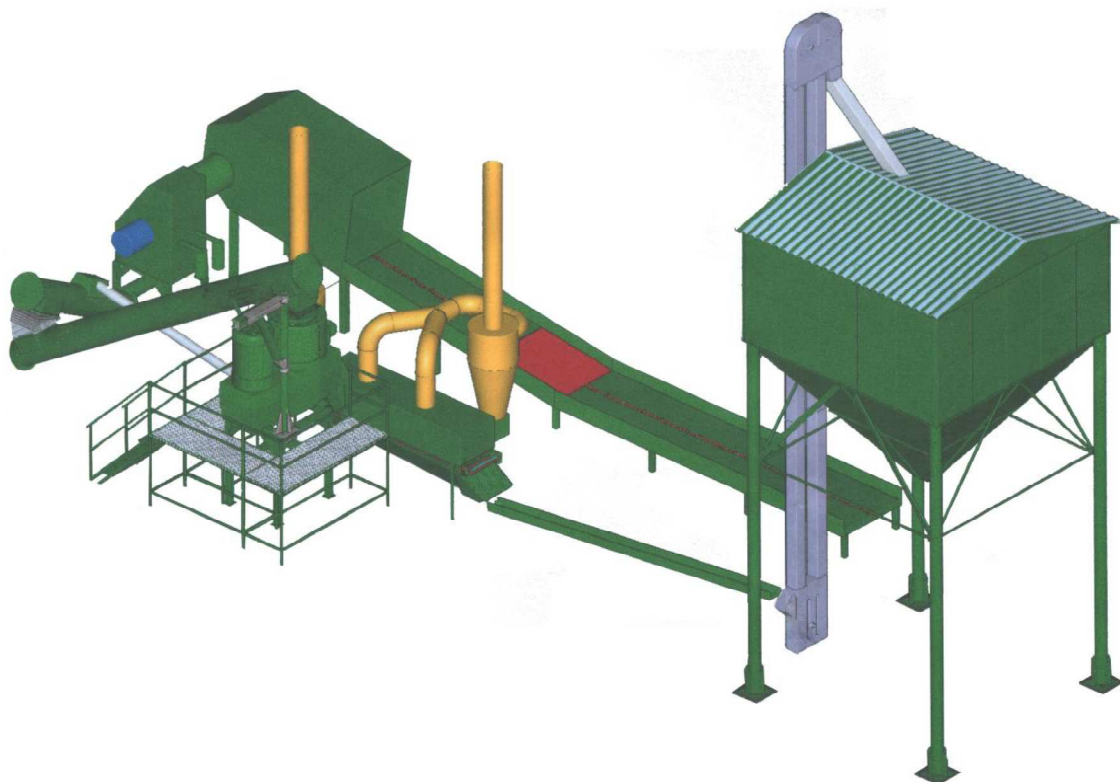


zdroj: (<http://www.biolines.cz/technologicke-celky/vyroba-pelet/>)

### 3.2.3 Peletovací linka LSP 1800

Peletovací linku, obr. 21., dodává firma Atea Praha s.r.o. Jedná se o kompletní řešení dodávky spojené s instalací a možnými stavebními úpravami. Linka je navržena na zpracování obilné, eventuelně řepkové slámy. Optimální roční objem zpracovávané slámy pro linku je 5.000 tun, což odpovídá podniku hospodařícímu na výměře přibližně 2000 ha. V případě zpracovávání rostlinných zbytků po čištění zemědělských komodit a jiné fytomasy výrazně stoupá výkon linky. Vlhkost suroviny pro výrobu pelet by neměla přesáhnout 16 %. Linka LSP 1800 zpracuje slámu do formy pelet o průměru 8 mm o délce dle nastavení v granulátoru. Pelety vyrobené na tomto zařízení odpovídají ČSN P CEN/TS14961. Hodinový výkon se pohybuje v rozmezí 1000 až 1600 kg v závislosti na druhu a kvalitě vstupní suroviny. Při vlhkosti slámy nad 16 % výrazně klesá výkon linky! Díky aspiračnímu systému je v okolí linky minimální prašnost odpovídajícím normám ČSN. (Atea Praha s.r.o.)

Obr.21. Peletovací linka LSP 1800



zdroj: (Atea Praha s.r.o.)

Deklarovaná časově průměrovaná emisní hladina akustického tlaku A na pracovním místě obsluhy činí 64+4 dB (měřeno podle ČSN EN ISO 11201, při pracovním režimu, při výrobě pelet). (*Atea Praha s.r.o*)

Linka vyrábí úsporné a ekologicky šetrné palivo ve formě pelet z rostlinných materiálů, zejména z pšeničné a řepkové slámy a z rostlinných zbytků – fytomasy -po čištění zemědělských komodit (semena, plevy, pluchy, osiny, kousky ostatních částí rostlin, mlynářské otruby, atd.) Seznam technologie linky LSP 1800 je rozepsán níže. Doprava řezanky je řešena pomocí šnekových dopravníků, ne pneumaticky z důvodu možnosti vzniku požáru. Jako mezizásobník slouží šnek granulátoru. Na šneku je umístěn magnetický separátor, který slouží k zachycení drobných kovových částic. Ovládání jednotlivých strojů peletizační linky je soustředěno na ovládacím panelu, který obsahuje ovladače elektrických pohonů jednotlivých strojů peletizační linky. Elektrické pohony strojů linky jsou spouštěny pomocí ovladačů postupně a samostatně. Ovládací panel obsahuje technologické schéma linky, na kterém jsou u jednotlivých strojů umístěny červené signálky, které rozsvícením signalizují poruchu, přetížení příslušného elektrického pohonu. Při jakékoliv poruše dochází k automatickému odpojení strojů, které jsou před místem poruchy. Dávkování suroviny je regulováno pomocí frekvenčních měničů, které jsou na pohonech u podávacích stolů (balíky slámy) případně na násypce na rostlinný odpad. Pomocí těchto dopravníků se nastaví optimální množství suroviny pro granulátor. Optimální množství se pozná díky proudu granulátoru, který je zobrazován ampérmetrem na ovládacím panelu. Dalším důležitým faktorem je nastavení čerpadla, pomocí kterého se nastaví přesný průtok vody do míchacího dopravníku. Pro směnu jsou určeni dva proškolení pracovníci. Obsluze peletizační linky musí být v místě k dispozici manipulační zařízení pro manipulaci s balíky slámy a s rostlinnými odpady. (*Beneš, 2011; Atea Praha s.r.o.*)

### **Základní technologické zařízení**

1. Podávací dopravník balíků 11 m
2. Rozdružovač balíků
3. Drtič slámy
4. Vyrovnávací mezizásobník s odsáváním



5. Šnekový mixer
6. Šnek ke granulátoru
7. Granulátor TL 700 spouštěný softstarterem
8. Separační šupna
9. Chladicí dopravník pelet s posuvným dnem a šnekem odrolu
10. Cyklon granulátoru s potrubím a odbočkou
11. Šnek odrolu
12. Cyklon chladícího dopravníku
13. Pásový dopravník pelet (6m)
14. Hladinové čidlo granulátoru
15. Podstavec granulátoru s jeřábem na kladkostroj a opěrou pro šnek
16. Korečkový dopravník pelet (9 m)
17. Podjezdový zásobník pelet 60 m<sup>3</sup>
18. Pochozí plošina granulátoru
19. Elektrický rozvaděč s ovládáním pomocí PC
20. Odstředivé vlhčící zařízení
21. Ovládací panel
22. Matrice s průměrem děr 8 mm - 2x (pšeničná a řepková sláma)
23. Ruční tyčový vlhkoměr na měření vlhkosti balíků
24. Maznice a mazací tuk granulátoru

*(Beneš, 2011; Atea Praha s.r.o)*

### **3.2.4 Linka firmy Soma Engineering a Družstva Ekover**

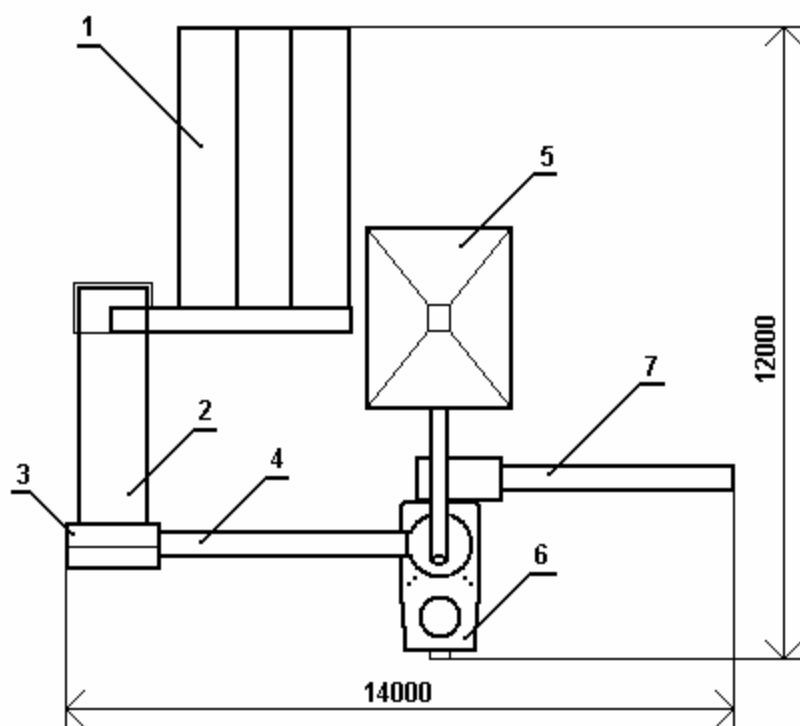
Tato linka vznikla spoluprací české strojírenské firmy Soma Engineering a Družstva Ekover. Základní myšlenkou tohoto projektu bylo navrhnout kompletní linku na zpracování surovin ze zemědělství a tuto linku nabízet širokým řadám potencionálních zákazníků s tím, že společnost Ekover by se postarala o kompletní odbyt produkce pelet. Mělo se tedy jednat o jistý způsob Franchising.

Linka je postavena jako celek, se základní desintegrací vstupního materiálu, který by měl do linky přicházet ve formě balíků, a to jak válcových, tak velkých hranatých, dopravními cestami, dávkováním, granulátorem s plochou

matricí a následným transportním pásem pro plnění big bagu. Schéma linky je znázorněno na obr. 22.

Materiál vstupuje do linky přes dávkovací stůl, jehož rychlost lze měnit pomocí frekvenčního měniče. Tento stůl má rozhodující funkci co se týče dávkování v celé lince. Vzhledem k tomu, že v lince není zakomponován mezizásobník nadrceného materiálu, je třeba dávkovacím stolem určit potřebné množství vstupního materiálu, který je po nadrcení rovnou dopravován do granulačního lisu. Na dávkovací stůl navazuje rozdužovač balíků a dále pásový dopravník, který rozduženou slámu dopravuje do kladívkového drtiče, v některých zdrojích též nazývaného řezačkou slámy. Nadrcená sláma putuje šnekovým dopravníkem do granulačního lisu, odkud směřují hotové pelety pomocí pásového dopravníku do připravených obalů k expedici. (Martínek, 2010)

Obr.22. Linka Soma Engineering



Zdroj: (Martínek, 2010)

Legenda k obr. 22.

1. Dávkovací stůl s rozdužovačem
2. Vstupní dopravník
3. Drtič

4. Dávkovací dopravník ke granulačnímu lisu
5. Silo se šnekovým dopravníkem pro dávkování druhotného materiálu
6. Granulační lis s magnetickým separátorem
7. Vynášecí pásový dopravník hotových pelet

Konkrétní linka se vždy řídí přáním zákazníka. Linka je variabilní, a tak lze její sestavu upravit podle konkrétního případu. Proto i rozměry uvedené v tab. 4. jsou pouze orientační a odpovídají konkrétní sestavě vyobrazené na obr. 22.

Tab.4. Parametry linky Soma Engineering

Parametr	Jednotka	
Výrobce		SOMA Engineering, Družstvo EKOVER
Typové označení		E37/04
Rozměry šxdxv	mm	12000x14000x4000
Hmotnost	kg	13000
Výkonnost zařízení	t.h <sup>-1</sup>	1-3
Max. vlhkost vstup. Materiálu	%	14
Provoz		Nepřetržitý
Napájení napětí/frekvence	V/Hz	400/50
Jmenovitý příkon	kW	210
Průměrný provozní příkon	kW	75
Jmenovitý proud	A	320
Minimální krytí		IP 54
Hladina akustického hluku	dB	75

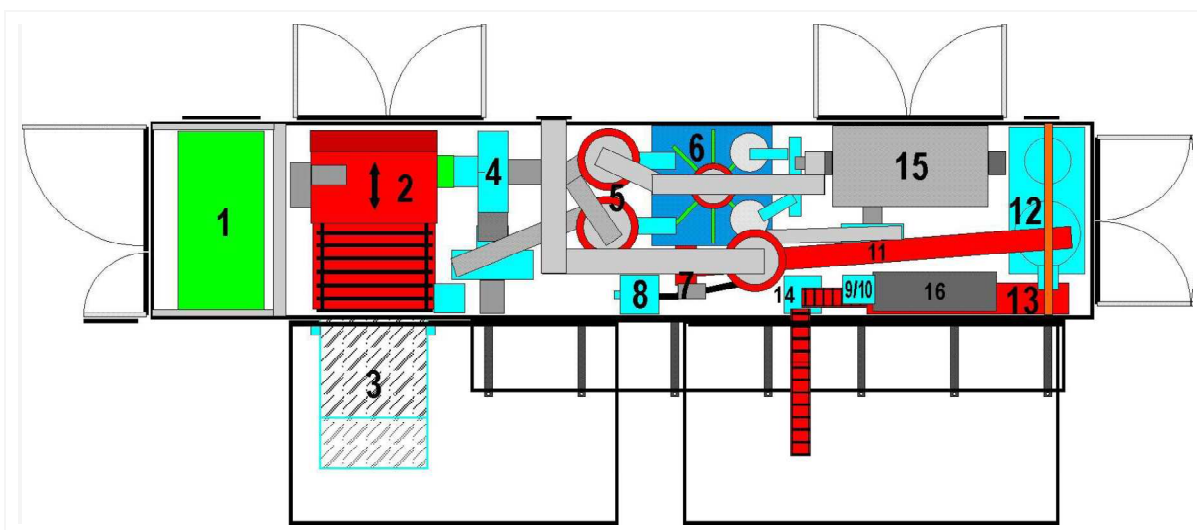
(Martínek, 2010)

Výkonnost linky je závislá na druhu zpracovaného materiálu. Pokud bude zpracováván obilná a řepková sláma, pohybuje se její výkonnost v rozmezí od 1 do 2 t.h<sup>-1</sup>. Cena uvedené linky je 4 100 000 Kč, kde je zahrnuto jak strojní vybavení linky, tak veškeré služby spojené s jejím spuštěním. (Martínek, 2010)

### 3.2.5 Mobilní peletovací linka BauerPower

Jedná se o linku německé výroby, kterou distribuuje do České Republiky firma HIMEL. Firma Himel, která se zabývá výrobou drtičů a rozdružovačů, dodává své komponenty do různých linek na zpracování biomasy, jakož i prodává rozdružovače mobilní, které společně s krmnými vozy nabízí do podniků zabývajících se živočišnou produkcí. Ve spolupráci s firmou Energie vom Land vyvinula a nabízí mobilní linku, která se svými rozměry 12100x2500x2900 mm vejde do kontejneru, který lze standardně umístit na podvozek návěsu nákladního vozidla. Tato linka, jak je patrné z obr. 23. a jeho popisu, je složena ze všech komponentů stacionární linky. O pohon se stará dieselagregát osazený generátorem J220K s výkonem 200 kW. Generátor je poháněn motorem John Deere s objemem 6,8 litru a výkonem 204 kW. Hodinová spotřeba paliva se pohybuje mezi 26 – 28 litry. Výkonnost linky je cca 1 t pelet za hodinu. (HIMEL cz.s.r.o.)

Obr.23. Schéma mobilní linky BauerPower



zdroj. (HIMEL cz.s.r.o.)

Legenda k obr. 23:

1. elektrocentrála - generátor
2. rozdružovač
3. podávací stůl
4. 2x kladívkový drtič Himel STM 301

5. *separační jednotka (odlučovací cyklon)*
6. *vyrovnávací zásobník*
7. *turniketový dávkovač*
8. *dávkování sypkých přísad komponentů*
9. *dávkování vody*
10. *dávkování tuku*
11. *dávkovací míchací šnek*
12. *granulační lis*
13. *prosévací a dochlazovací dopravník*
14. *vyskladňovací (expediční) a navažovací jednotka*
15. *filtr*
16. *rozvaděč a řídicí jednotka*

### **3.3 Popis konkrétního případu**

Tato práce je koncipovaná jako návrh linky pro konkrétní zemědělský podnik. Jedná se o rodinnou farmu sídlící v okrese Kladno a hospodařící výhradně na orné půdě. Farma obhospodařuje 93 ha orné půdy, které z části vlastní a částečně najímá. Vzhledem k nedávnému poklesu poptávky po hovězím a vepřovém mase se farma rozhodla v roce 2009 ukončit živočišnou výrobu. Dle současné poptávky po rostlinné výrobě pěstuje výhradně obiloviny a olejniny. V důsledku toho má nadbytek slámy, kterou nechce na obdělávaných pozemcích ponechávat, ať již z ekonomického hlediska, či z hlediska agronomického. Je krajně nevhodné sít ozimou řepku na pozemek, kde je nadrcená obilná sláma z předplodiny. Zároveň s ústupem od živočišné výroby nastala otázka, co s nevyužitými hospodářskými budovami. Proto se firma v minulém roce rozhodla, že zahájí výrobu agropelet v bývalé stodole. Tato stavba svou koncepcí plně vyhovuje tomuto záměru. Má půdorys obdélníku s rozměry 30x9 m a průjezdnou výškou 3,8 m. Na obou delších stranách jsou umístěna dvoje vjezdová vrata, obr. 24., s tím, že jedna strana s vraty je umístěna vně areál firmy orientovaná k příjezdové cestě. Vzhledem k rozměrům stavby a zamýšlené kapacitě výroby, je možné do budovy umístit jak sklad hotových výrobků, tak malý mezisklad balíkové slámy. Sláma ke zpracování je dodávána ve formě válcových balíků. Firma chce z počátku

zpracovávat pouze vlastní materiál ze svých pozemků. Proto bude linka v provozu jen mimo hlavní polní práce, aby firma nemusela zaměstnávat dalšího pracovníka. Díky tomuto rozhodnutí se i výrazně zjednoduší potřebné stavební práce na objektu. S výhledem do budoucnosti a možným rozšířením rodinné farmy je výkonnost linky požadována od 500 do 1000 tun pelet ročně. K účelům manipulace s balíky či hotovými peletami bude využit smykem řízený nakladač UNC 061, který firma již vlastní. Balíky jsou umístěny ve stohu, na pozemcích farmy, nacházejících se cca 0,5 km od provozovny, obr. 25. Jejich doprava bude

*Obr.24. pohled na jižní a východní stranu stavby stodoly*



*zdroj: (Beneš; 2013, archiv autora)*

prováděna pomocí traktoru ZETOR 7711 a přípojného samonakládacího vozu na balíky. Investice do zbudování linky, se tedy rozdělí pouze na nezbytné stavební a inženýrské práce a samotné pořízení linky.

Obr.25. Stohy válcových balíků



zdroj: (Beneš; 2013, archiv autora)

### 3.3.1 Vstupní surovina

Jak již bylo zmíněno výše, surovina je uskladněna ve stozích válcových balíků. Balíky jsou uspořádány do tvaru trojúhelníku, díky čemuž se minimalizuje zatékání vody do tělesa stohu. Základna tohoto trojúhelníku obsahuje 5 balíků o průměru 1,5 m. Celkově tedy jedna řada obsahuje 15 balíků. Celkem se každý stoh skládá z cca 20 řad, což odpovídá uskladnění 300 balíků. Je to dáno požární normou na maximální množství na jednom místě skladované slámy.

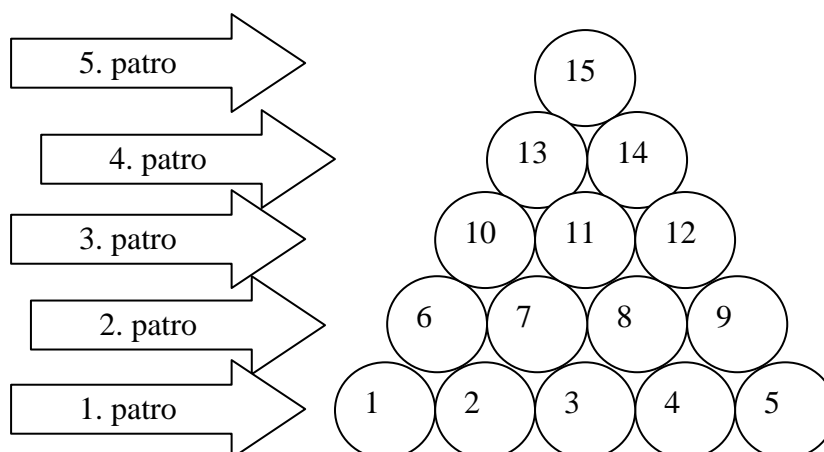
Vzhledem k tomu, že je sláma vystavená povětrnostním podmínkám, bylo na podzim roku 2012 provedeno měření vlhkosti uložené slámy na rok starém stohu. Bylo měřeno 15 vzorků na měřicím přístroji OHAUS MB 25. Vzorky byly odebrány 12.října 2012 za slunného počasí. Každý vzorek odpovídal jednomu balíku v průčelní řadě stohu. Pro lepší orientaci ve výsledcích měření, které jsou umístěny v tab. 5. jsou jednotlivé balíky očíslené na obr. 26. Z každého balíku byl namíchán vzorek ze 4 odběrů z různých míst v balíku. Tím mělo být docíleno přibližně stejných podmínek jako při rozdužování balíku v lince. Samotné měření na vlhkoměru probíhalo dle návodu k obsluze následovně:

1. *Umístění analyzátoru na rovnou pracovní plochu do míst s konstantní teplotou a neměnným prouděním vzduchu.*
2. *Zapnutí vlhkoměru.*
3. *Nastavení analyzátoru na požadovanou teplotu sušení 105 °C.*

4. Nastavení doby sušení na hodnotu AUTO (zkouška je ukončena, jakmile přístroj rozpozná konec úbytku hmotnosti vzorku).
5. Příprava zkoušeného vzorku:
  - Umístění nosič vzorkovací misky s prázdnou vzorkovací miskou na držák misky.
  - Stisknutí tlačítka Tára pro vynulování hmotnosti vzorkovací misky.
  - Odstranění vzorkovací misky z držáku a vložení zkoušeného vzorku o minimální hmotnosti 0,5 g do misky.
  - Rovnoměrné rozprostření vzorku po dně vzorkovací misky.
  - Umístění vzorkovací misky se vzorkem na držák misky. Displej zobrazuje hmotnost vzorku.
6. Zavření krytu analyzátoru.
7. Spuštění procesu zkoušky tlačítkem Start.
8. Po zvukovém signálu oznamujícím ukončení zkoušky odečtení na přístroji blikající konečný výsledek (vlhkost).
9. Odečtení času trvání zkoušky na přístroji.
10. Stisknutí tlačítka Tára pro zjištění hmotnosti vzorku po sušení.
11. Otevření krytu vzorkovače a odstranění vysušeného vzorku.

(Analyzátor vlhkosti MB23/MB25; Návod k obsluze; online)

Obr.26. Pohled na průčelí stohu balíku a jejich označení





Tab.5. Měření vlhkosti stohovaných balíků slámy

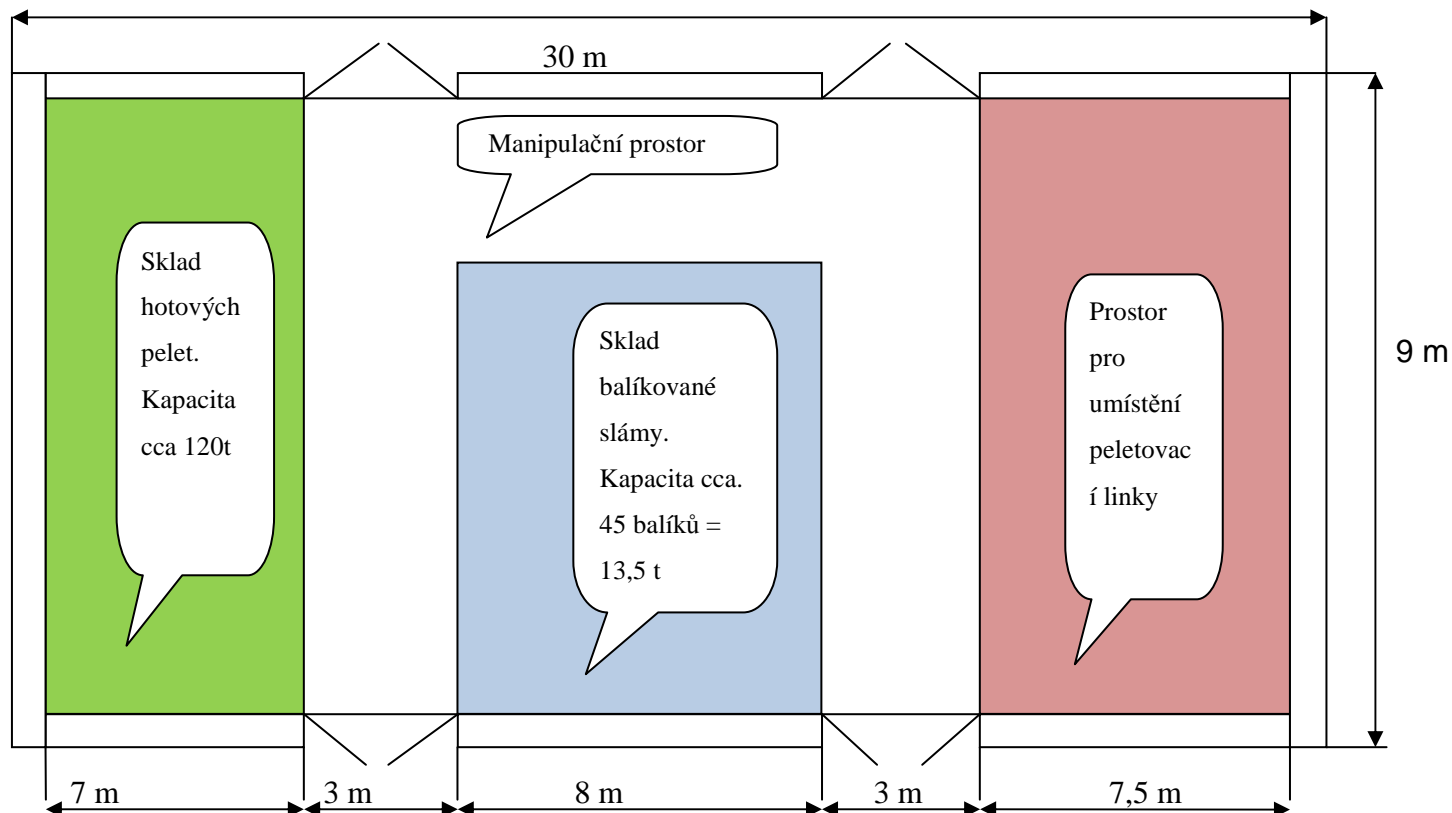
Patro	číslo balíku	Vlhkost vzorku (%)
1. patro	první balík	15,12
	Druhý balík	15,96
	Třetí balík	17,35
	Čtvrtý balík	16,87
	Pátý balík	14,63
2. patro	šestý balík	13,26
	sedmý balík	10,00
	osmý balík	7,89
	devátý balík	12,45
3. patro	desátý balík	11,24
	jedenáctý balík	9,89
	dvanáctý balík	12,13
4. patro	třináctý balík	11,21
	čtrnáctý balík	12,43
5. patro	patnáctý balík	11,95
<b>PRŮMĚR</b>		<b>12,83</b>

Z výsledku je patrný rozdíl vlhkosti jednotlivých balíků, dle jejich umístění v profilu stohu. Je vidět, že při hezkém počasí získává sláma vlhkost převážně z půdy, a proto jsou balíky v dolním patře nejvlhčí. Z výsledků je ale vidět, že takto uložená sláma lze peletovat bez nutnosti dosoušení, neboť její průměrná vlhkost je 12,83 %, což plně vyhovuje granulačnímu lisu. Samozřejmostí je, že pokud by byl stoh v době měření vystaven vytrvalým dešťům, bude výsledek o poznání horší. Tento aspekt lze v navrhované lince eliminovat možností příručního skladu suroviny přímo v budově výrobní linky.

### 3.3.2 Stavební úpravy

jak bylo zmíněno výše, linka bude instalována do budovy bývalé stodoly. Půdorys stavby s návrhem jeho dalšího využití je znázorněn na obr. 27.

Obr.27. Půdorys objektu bývalé stodoly s návrhem jejího dalšího využití



Co se stavebních uprav týče, bude největší investicí vybetonování části podlahy pod zamýšlenou peletovací linkou. Zbylá hliněná podlaha bude prozatím ponechána v současném stavu. Dále je nutné provést novou elektroinstalaci a jelikož bude mít linka celkový příkon pohybující se okolo 50 kW je nutné instalovat nový přívodní kabel odpovídajícího průřezu. Ke zvýšení příkonu se vztahuje i povolení od distributora ČEZ na zvýšení hlavních jističů.

Protože živnostenský úřad požaduje zřízení provozovny, je nezbytné doložit vyjádření stavebního úřadu. K tomuto vyjádření je nutné doložit stanovisko hasičů, hygieny a distributora elektrické energie.

Tab.6. Investiční náklady spojené se staveními úpravami

<b>Investiční akce</b>	<b>Cena</b>
Vyjádření požárního technika	5 000 Kč
Navýšení jističů na požadovaný příkon	15 600 Kč
Instalace přívodního kabalů a vodovodu	21 500 Kč
Elektrický rozvod	16 200 Kč
Potřebné požární zabezpečení	2 500 Kč
Betonáž podlahy	47 000 Kč
Rozšíření živnosti	1 000 Kč
<b>Celkem</b>	<b>108 800 Kč</b>

*zdroj: (Dodavatelské smlouvy a obchodní nabídky)*

Náklady uvedené v tab. 6. jsou nezávislé na výběru konkrétní linky s hodinovou výkonností pohybující se kolem 500 kg. V případě výkonnější linky, by bylo nutné počítat s nárůstem ceny za navýšení jističů, která v tuto chvíli odpovídá jističům 3x32 A s charakteristikou C. Zbylé ceny jsou podloženy fakturami k již realizovaným úkonům. V případě betonáže podlahy je vycházeno z cen dřívějších nákupů betonové směsi a dopravy na stavbu.

## **4 Návrh vlastní linky**

Návrh linky je založen na optimálním skloubení komerčně dostupných komponentů do jednoho celku. Jedná se o komponenty tuzemských i zahraničních výrobců se snahou získat linku s nižším příkonem, než je u linek dostupných. Linka je koncipována jako přímý konkurent linky MGL 400, plus dalších potřebných komponentů od firmy Kovo Novák. Základní stroj, tedy granulátor, z této linky také pochází. Hlavním cílem je dokázat, že lze snížit energetickou náročnost výroby pelet ze slámy se současným nezvyšováním investičních nákladů. V ideálním případě by se mělo ukázat, že i potřebnou investici do strojního zařízení lze snížit.

### **4.1 Popis jednotlivých členů navržené linky**

Linka je navržena tak, aby k obsluze postačil jeden člověk. Proto na sebe jednotlivé uzle navazují tak, aby bylo možné veškerou manipulaci provádět pomocí stacionárních dopravníků. Linka začíná dávkovacím stolem, který dopravuje balíky k rozdrůžovači, za kterým následuje drtič, který nadrcený materiál následovně dopravuje do zásobníků, odkud je drť přesně dávkována pomocí šnekového dopravníku do granulačního lisu. Pelety jsou ihned po lisování tříděny a chlazeny a takto ošetřené pelety putují pásovým dopravníkem, obr. 28., do zásobníku pelet. Konečné balení v tak malém objemu výroby bohužel nelze z ekonomického hlediska automatizovat, a proto jej musí obsluhovat obsluha linky. Ovládání linky je sdruženo na jeden pult, tak aby měla obsluha vše pod kontrolou a v případě nenadálé situace bylo možné rychle vypnout všechny stroje.

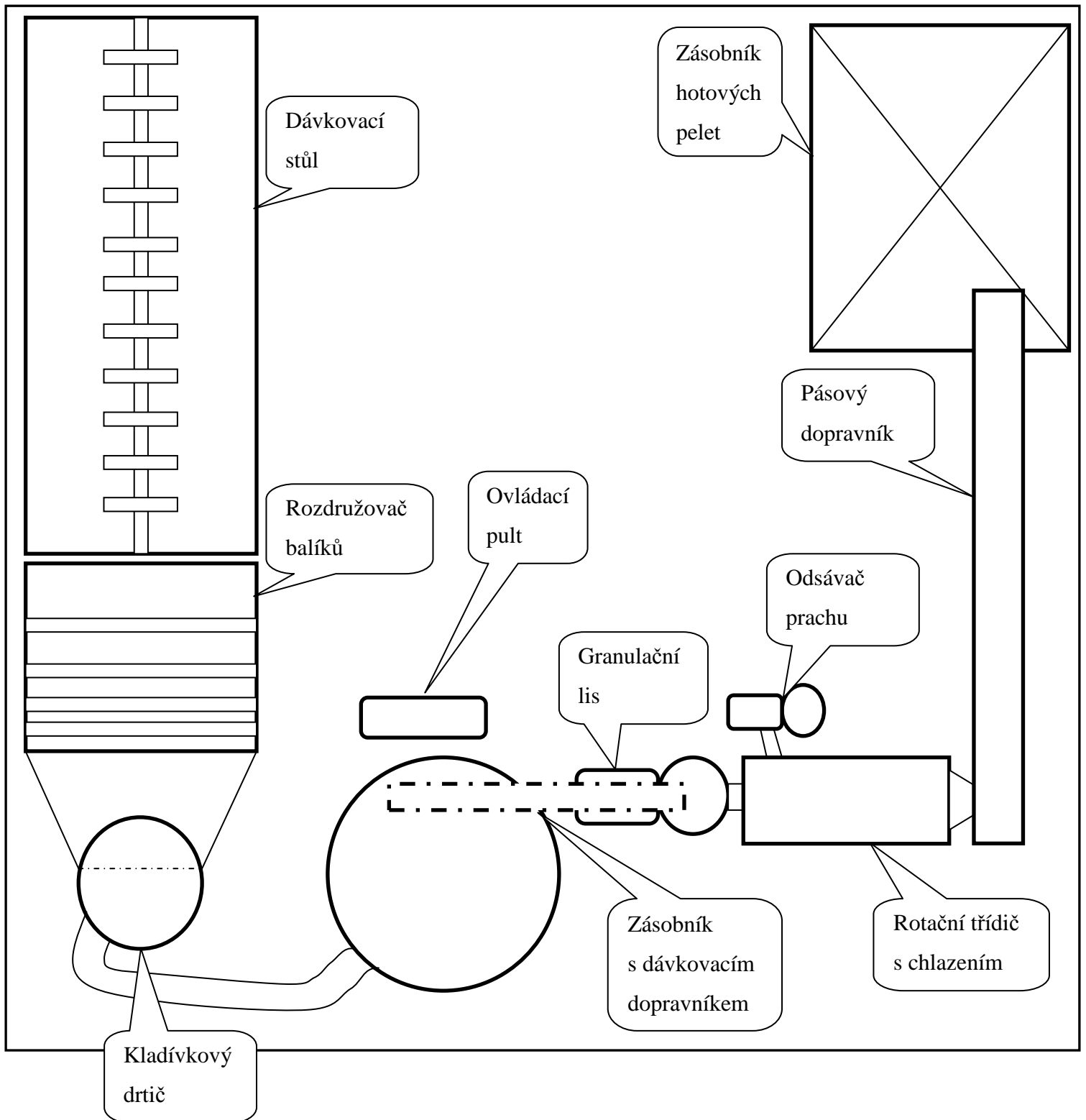
Obr.28. Pásový dopravník s příčkami a zásobník hotových pelet



*zdroj: (Beneš 2013, archiv autora)*

Obsluha v úvodu pomocí smykem řízeného nakladače umístí válcové balíky na dávkovací stůl, na který lze i s balíkem vloženým již do rozdružovače umístit celkem 4 balíky, což představuje hmotu postačující na cca 4 hodinový provoz linky. Proto se během této doby může obsluha věnovat plnění expedičních obalů hotovými peletami. Celá linka je navržena do konkrétního případu, aby ideálně využila prostor a byl zajištěn dobrý přístup smykovým nakladačem k dávkovacímu stolu i pod zásobník hotových pelet. Schéma linky je znázorněno na obr. 29.

Obr.29. Schéma navrhované linky



#### 4.1.1 Rozdružovač slámy

Jako rozdružovač slámy byl zvolen velice energeticky úsporný odvíjecí rozdružovač. Jedná se o rozdružovač od zahraniční firmy Petex-Service Spółka Ekspertów Sp. z o.o. Jde o podlahový řetězový dopravník, jehož příčky jsou osazeny hroty, které vyčesávají stébla slámy z balíku. Rozdružovač je znázorněn na obr. 30. O pohon se stará elektrický asynchronní motor s příkonem pouhých 0,55 kW. Motor je osazen šnekovou převodovkou, čímž bylo dosaženo potřebného kroutícího momentu na pohonné hřídeli rozdružovače. Dále je zde namontován frekvenční měnič, který slouží k regulaci otáček motoru, čímž je přímo ovlivňována rychlost posunu řetězového dopravníku, na které závisí množství rozdružené slámy dávkované do kladívkového drtiče. Cena tohoto stroje je stanovena výrobcem na 17 000 PLN, což při současném kurzu 6,20 Kč za PLN odpovídá 105 400 Kč. Rozměry stroje jsou d. 2700 mm x v. 2000 mm x š. 1650 mm. Pracovní šířka stroje je 1570 mm a je určen pro válcové balíky do průměru 1500 mm. (*biopaliwa.p-x.pl*)

Obr.30. Rozdružovač balíků slámy



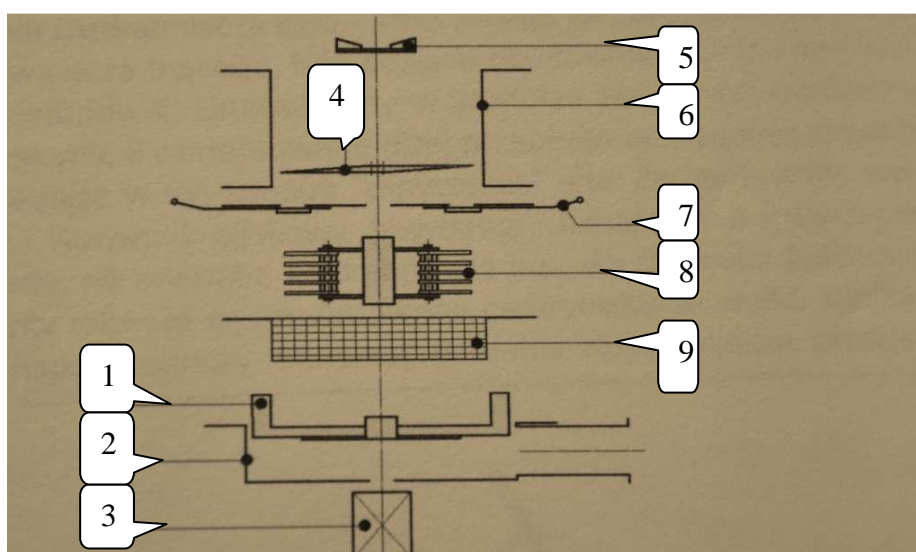
zdroj: ([http://www.biopaliwa.p-x.pl/rozwijarka\\_bel\\_slomy.html](http://www.biopaliwa.p-x.pl/rozwijarka_bel_slomy.html))

#### 4.1.2 Drtič slámy

Linka bude osazena kladívkovým drtičem s předřezem od firmy ALUHAUS Lukasz Hause. Jde o polského výrobce, který dodává stroje do linek na zpracování biomasy a dále stroje určené do segmentu rostlinné a živočišné výroby. Firma byla oslovena převážně pro svou rychlost realizace, cenově výhodnou nabídku a možnost přizpůsobit jednotlivé stroje potřebám zákazníka.

Jedná se o drtič s továrním označením MRS s elektrickým třífázovým motorem o příkonu 18,5 kW. Motor je chráněn proti přetížení termistorem. Jde o válcový drtič, který je rozdělen na dvě komory, jehož části jsou vyobrazené na obr. 31. V horní, dávkovači, je umístěna dvojice předřezávacích nožů, které dělí materiál na řezanku délky do 80 mm, která je následně proudem vzduchu vyvolaným od otáčejících se nožů a odmítacího kola vtahována regulovatelnými otvory do hlavní drtící komory, kde je umístěno 40 nožů (kladívek), které drtí materiál na potřebnou frakci, ovlivněnou volbou instalovaného síta. V konkrétním případě je drtič osazen sítem s oky o průměru 6 mm. Celý stroj jak je ukázán na obr. 32 má rozměry v. 1570 mm x š. 1000 mm x d. 1400 mm. Cena tohoto stroje je 7500 PLN, což v přepočtu je 46 500 Kč. (ALUHAUS, 2012, *technická dokumentace*)

Obr.31. Pohled na jednotlivé části drtiče MRS



zdroj: (ALUHAUS; 2012, *technická dokumentace*)



Legenda obr. 31.

- |                           |                               |
|---------------------------|-------------------------------|
| 1. odmítací kolo          | 6. válcová násypka            |
| 2. komora odmítacího kola | 7. regulátor vstupních otvorů |
| 3. elektrický motor       | 8. unášec s drtícími nože     |
| 4. předřezávací nůž       | 9. síto                       |
| 5. ventilátor             |                               |

(ALUHAUS; 2012, technická dokumentace)

Obr.32. Celkový pohled na drtič MRS a pohled na předřezávací nůž



zdroj: (Beneš; 2013, archiv autora)

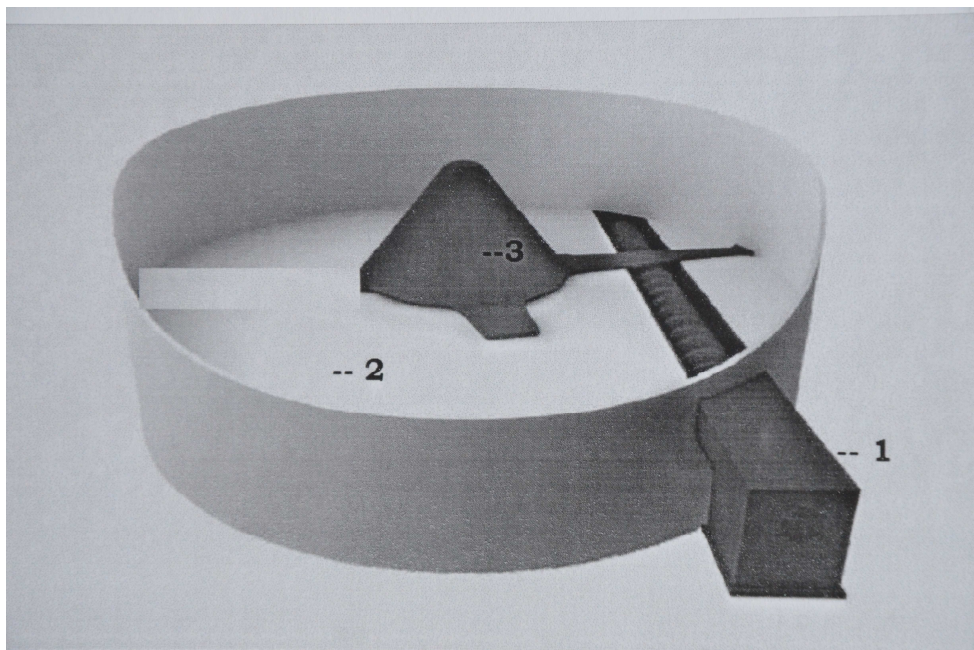
#### 4.1.3 Mezizásobník s dávkovačem

Zásobník nadrcené slámy spojný s dávkovacím šnekem ZDT-2000, obr. 34, je dodáván stejným výrobcem jako drtič. Jedná se o válcový zásobník o objemu 2000 dm<sup>-3</sup>, v jehož horní části je umístěn přívodní otvor kruhového průřezu, na který je nasazena antistatická hadice PVC o průměru 160 mm, která vede z drtiče. Jelikož je materiál dopravován pneumaticky, je třeba filtrovat velké množství vzduchu od prachu a zbytků nadrcené slámy. K těmto účelům slouží tři rukávce umístěné

v horním víku zásobníku o rozměrech  $\varnothing$  250 mm x v. 1400 mm. Celková plocha filtru je cca. 3,45 m<sup>2</sup>.

O vyprazdňování a dávkování nadrcené slámy do granulačního lisu se stará šnekový dopravník umístěný pod dnem zásobníku, jak je patrné z obr. 33. O pohon dopravníku se stará asynchronní třífázový motor o příkonu 1,1 kW, který je na vstupu osazen frekvenčním měničem LG série iC5, kterým lze plynule měnit otáčky šnekového dopravníku a tím korigovat dávku dopravovanou do granulačního lisu. Dále lze tuto dávku ještě upravovat šoupětem umístěným nad šnekovým dopravníkem, ve dnu zásobníku. Je známo, že nadrcená fytohmota má tendenci tvořit v zásobnících klenbu, a proto je v zásobníku umístěn čehrač, který tomuto efektu zabraňuje. Celkový příkon zásobníku s dávkovačem je 2,2 kW. Rozměry jsou v. 4500 mm x d. 2500 mm x š. 1400 mm. Pořizovací cena stroje činí 7000 PLN, což v přepočtu je 44 640 Kč. (ALUHAUS; 2012, *technická dokumentace*)

Obr.33. Dno zásobníku a dávkovače



zdroj: (ALUHAUS; 2012, *technická dokumentace*)

Legenda k obr. 33.:

1. Šnekový dopravník se šoupětem,
2. Dno zásobníku,
3. Čehrač.

Obr.34. Mezizásobník s dávkovačem



*zdroj: (Beneš; 2013, archiv autora)*

#### **4.1.4 Granulační lis**

Granulační lis, obr. 35., je převzat z linky MGL 400 dodávané tuzemskou firmou KOVO Novák. Jde o granulátor s plochou matricí průměru 250mm a dvěma rolnami, obr. 36. Matrice je poháněna elektrickým třífázovým motorem o příkonu 15 kW, přes kuželovou převodovku. Průchodnost tohoto lisu je až  $600 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$  kde je ovšem uvažovaná celková průchodnost, do které spadá i odrol a prach. Výkonnost vytříděných pelet udává výrobce u své linky kolem  $300 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ , při peletování slámy. Pořizovací cena lisu je 137 879 Kč

Obr.35. Granulační lis KOVO Novák



zdroj: (Beneš; 2013, archiv autora)

Obr.36. Matrice lisu s rolnami



zdroj: (Beneš; 2013, archiv autora)

#### **4.1.5 Třídič s chlazením**

Třídič je převzat opět z linky MGL 400. Jedná se o rotační třídič s válcovým sítem, které má nastavitelnou osu rotace od vodorovné osy o  $\pm 10^\circ$ . Síto má průměr 500 mm a délku 1000 mm. Otvory v sítu jsou čtvercové se stranou 5 mm. O pohon se stará jednofázový motor s příkonem 0,025 kW osazený převodovkou s čelním ozubením s koncovými otáčkami síta 6 ot.min<sup>-1</sup>. Případný odrol je dopravován šnekovým dopravníkem s obvodovou šnekovicí zpět do zásobníku nadrcené slámy odkud opět směřuje ke granulačnímu lisu. Tento dopravník je poháněn jednofázovým motorem o příkonu 0,55 kW. O chlazení se stará odsávač prachu KH - 3121, který



zároveň odvádí teplo z pelet. Sací výkon tohoto odsavače činí 1.80 kPa a maximální filtrační plocha je 2,8 m<sup>2</sup>. Příkon odsavače je 1,5 kW. Cena odsavače je 6 249 Kč a třídiče 28 900 Kč.

## **4.2 Porovnání navržené linky s komerčně dostupnou linkou**

Linka bude porovnávána s linkou MGL 400 plus všemi potřebnými stroji určenými k dosažení výroby pelet z obilné slámy dodávanými od firmy KOVO Novák. Jelikož je linka osazena stejným granulátorem, který v obou případech je nejslabším článkem celého kompletu, a tudíž ovlivňuje výkonnost celé linky, je tato výkonnost obou linek totožná. Výkonnost je tedy stanovena na ideální případ a činí 300 kg hotových pelet za hodinu. Při tomto porovnání lze tedy snadno posoudit, která ze zmíněných dvou variant je efektivnější, ekologicky šetrnější a v neposlední řadě, která linka přináší lepší ekonomické výsledky.

Vzhledem k tomu, že jde o návrh linky, která je v tuto chvíli ve stádiu instalace, nebylo možné posoudit provozní údaje v reálu, a proto je zde vycházeno pouze z údajů uvedených výrobcí. Lze tedy konstatovat, že se jedná o ideální případ provozu, ale jelikož je tomu tak v obou případech, lze ono porovnání považovat za objektivní.

### **4.2.1 Technicko-ekonomické porovnání**

V této kapitole budou porovnávány parametry technické, kam se řadí potřebný příkon, zastavěná plocha, potřeba obsluhy, a zároveň parametry ekonomické, které v tuto dobu hrají asi největší význam. Všechny porovnávané parametry jsou uvedeny, pro lepší přehlednost, v tab. 7. Všechny ceny uvedené v tabulce včetně pořizovacích cen jednotlivých strojů jsou uvedeny bez DPH. Cena pořízení vstupní suroviny je brána jako náklady na lisování a svoz balíků. Protože nešlo zjistit konkrétní hodnoty jednotlivých nákladů, je cena 350 Kč stanovena jako cena služby na slisování tuny slámy do válcových balíků. Vzhledem k tomu, že firma si tuto operaci dělá sama, je jasné, že do této hodnoty lze zahrnout i svoz balíků, jelikož dopravní vzdálenost jednotlivých pozemků od stohu nepřesahuje 5 km.

Popis jednotlivých ukazatelů v tab. 7.:

- *Pořizovací cena linky: cena strojního vybavení linky včetně služeb souvisejících s její dodáním (doprava, montáž atd.)*
- *Zbylé strojní zařízení: jedná se o dávkovací stůl, pásový dopravník pelet a zásobník hotových pelet, které byl vyrobeny v posuzované firmě.*
- *Cena stavebních úprav: je to cena za úpravy související se zbudováním provozovny. Rozdílnost této investice u jednotlivých linek je odůvodněna vyšším potřebným příkonem linky MGL, čímž narostou náklady na instalaci silnějšího jističe*
- *Výkonnost: produkce hotových pelet v tunách za hodinu. Vzhledem k tomu, že v obou linkách je instalován totožný granulátor, který je nejslabším článkem linky, je výkonnost obou linek totožná.*
- *Denní nasazení: linka bude provozována pouze v jednosměrném provozu, tedy 8 hodin denně.*
- *Roční nasazení: linka bude v provozu pouze 200 dní v roce a to z důvodu využití obsluhy na polní práce.*
- *Roční výkonnost: je to hodinová výkonnost násobena denním nasazením, krát počet provozních dní*
- *Obsluha: jak již bylo zmíněno výše, k obsluze linky postačí jeden pracovník.*
- *Oprava a údržba: jsou to roční náklady na opravy a údržbu vztažené procentuálně k pořizovací ceně linky. U navrhované linky je počítáno s vyššími náklady na opravy a údržbu, zapříčiněné tím, že se jedná o nezkoušený komplet, který si jistě vyžádá různé úpravy plynoucí z provozu.*
- *Průměrný elektrický příkon: průměrné množství elektrické energie spotřebované za jednu hodinu provozu*
- *Průměrná výhřevnost pelet: množství tepla uvolněné při dokonalém spálení kilogramu pelet při ochlazení spalin na 0 °C.*
- *Měsíční mzdové náklady: superhrubá mzda – celková finanční částka vydaná zaměstnavatelem na jednoho pracovníka měsíčně*

- *Jednotková cena elektrické energie: cena účtována dodavatelem elektřiny průmyslovému odběrateli za jednu kilowatthodinu.*
- *Celkové mzdové náklady: částka odpovídající násobku měsíčních mzdových nákladů počtem měsíců předpokládaného provozu linky, tedy 10 měsíci.*
- *Roční náklady na el. energii: částka získaná vynásobením ročního nasazení linky v hodinách, krát průměrná hodinová spotřeba, krát cena za jednu kilowatthodinu*
- *Roční odpisy: částka odpovídající ročním rovnoměrným účetním odpisům z 2. odpisové skupiny (5 let).*
- *Náklady na ostatní energie: jedná se o částku odpovídající nákladům na pohonné hmoty sloužící k provozu smykového nakladače.*
- *Energie na tunu pelet: vložená el. energie navýšená o ostatní energie potřebné k výrobě jedné tuny pelet.*
- *Údržba a servis: částka odpovídající procentuálnímu vyjádření nákladů na údržbu a servis z pořizovací ceny linky.*
- *Spotřeba surovin: množství zpracované suroviny závislé na roční výkonnosti linky*
- *Jednotkové náklady na surovinu: náklady potřebné na získání jedné tuny slámy ve formě balíků uskladněných ve stohu*
- *Celkové náklady na surovinu: náklady na jednu tunu slámy vynásobené roční spotřebou, která odpovídá roční produkci pelet*
- *Fixní náklady: součet ročních odpisů, mezd, oprav a servisu*  

$$N_f = N_{mzdy} + N_{serv} + N_{odpis} \text{ (Kč.} \cdot \text{r}^{-1}\text{)} \quad /1/$$
- *Variabilní náklady: náklady závislé na produkci. Součet nákladů za energie a nákladů na pořízení surovin.*  

$$N_v = N_{eng-t} + N_{sur-t} + N_{obal-t} \text{ (Kč.} \cdot \text{t}^{-1}\text{)} \quad /2/$$
- *Výrobní náklady na tunu pelet: částka odpovídající nákladům na výrobu jedné tuny pelet*  

$$N_t = \frac{N_f}{w_r} + N_v \text{ (Kč.} \cdot \text{t}^{-1}\text{)} \quad /3/$$
- *Celkové náklady: náklady na výrobu jedné tuny pelet vynásobené celkovou roční produkcí.*

$$N_{\text{celk}} = N_t \cdot W_r \text{ (Kč.} \cdot \text{r}^{-1}\text{)} \quad /4/$$

- *Cena tepla z pelet: odpovídá ceně 1 GJ tepla získaného ideálním spalováním vyprodukovaných pelet*

$$P_{GJ} = \frac{N_t}{Q_i} \text{ (Kč. GJ}^{-1}\text{)} \quad /5/$$

(Martínek, 2010)



Tab.7. Technicko-ekonomické porovnání výrobních linek

Parametr	jednotka	Linka MGL	Navržená linka
Pořizovací cena linky	Kč	704 000	369 568
Zbylé strojní zařízení	Kč	70 000	70 000
Cena stavebních úprav	Kč	115800	108 800
Výkonnost	t.h <sup>-1</sup>	0,3	0,3
Denní nasazení	h.den <sup>-1</sup>	8	8
Roční nasazení	Den.rok <sup>-1</sup>	200	200
Roční výkonnost – $W_r$	t.r <sup>-1</sup>	480	480
Obalový materiál	Kč.t <sup>-1</sup>	350	350
Obsluha	Osob.směna <sup>-1</sup>	1	1
Oprava a údržba	% poř.c.	7	12
Průměrný el. příkon	kW	64+1,5	38,325+1,5
Průměrná výhřevnost pelet – $Q_i$	Mj.kg <sup>-1</sup>	17	17
Měsíční mzdové náklady	Kč.os.měs <sup>-1</sup>	25 000	25 000
Jednotková cena el. energie	Kč.kWh <sup>-1</sup>	3,5	3,5
Roční mzdové náklady – $N_{mzdy}$	Kč.r <sup>-1</sup>	250 000	250 000
Roční náklady na el. energie – $N_{eng}$	Kč.r <sup>-1</sup>	366 800	223 020
Ostatní náklady na energie	Kč.r <sup>-1</sup>	30 000	30 000
Energie na tunu pelet – $N_{eng-t}$	Kč.t <sup>-1</sup>	687,75	402,42
Roční odpis linky – $N_{odpis}$	Kč.r <sup>-1</sup>	177 960	109 674
Údržba servis – $N_{serv}$	Kč.r <sup>-1</sup>	49 280	44 348
Spotřeba suroviny	t.r <sup>-1</sup>	480	480
Jednotkové náklady na surovinu	Kč.t <sup>-1</sup>	350	350
Celkové náklady na surovinu – $N_{sur}$	Kč.r <sup>-1</sup>	168 000	168 000
Fixní náklady – $N_f$	Kč.r <sup>-1</sup>	477 240	404 022
Variabilní náklady – $N_v$	Kč.t <sup>-1</sup>	1 387,75	1 102,42
Celkové náklady – $N_{celk}$	Kč.r <sup>-1</sup>	1 143 360	933 184
Výrobní náklady na tunu pelet – $N_t$	Kč.t <sup>-1</sup>	2 382	1 944
Cena tepla z pelet – $P_{GJ}$	Kč.GJ <sup>-1</sup>	136,1	111,1

Z tab. 7. vyplývá, že náklady na výrobu jedné tuny pelet u linky KOVO Novák MGL 400 činí 2 382 Kč, při roční výkonnosti 480 tun pelet. Tato cena se pohybuje pod průměrnou cenou prodeje agro-pelet v ČR, která činí u balených pelet 3 000 Kč za tunu. V případě provozu této linky je tedy zisk, rov. 6., z vyrobené jedné tuny 618 Kč. Je samozřejmě nutné z této částky odečíst režijní náklady, které nejsou uvažovány, neboť se jedná o přidruženou výrobu k hlavní zemědělské výrobě. (*rostlinne-pelety.cz*)

V případě navržené linky činí náklady na výrobu jedné tuny pelet 1 944 Kč, při roční výkonnosti 480 tun. Zisk z prodeje tuny pelet je v tomto případě tedy 1 056 Kč. Tyto hodnoty jsou pro názornost uvedeny v obr. 37.

Celý provoz je vyhodnocen v obr. 38. a 39., ze kterých je patrný i bod zvratu, který činí u linky MGL 400 296 t, zatím co u navržené linky jen 213 t. Bod zvratu vychází z následující rovnice 7. (*beneslenka.webnode.cz*)

$$Z = p - N_t \quad /6/$$

p: prodejní cena jedné tuny pelet

$N_t$ : celkové náklady na tunu pelet

$$q(BZ) = \frac{N_f}{p - N_v} \quad /7/$$

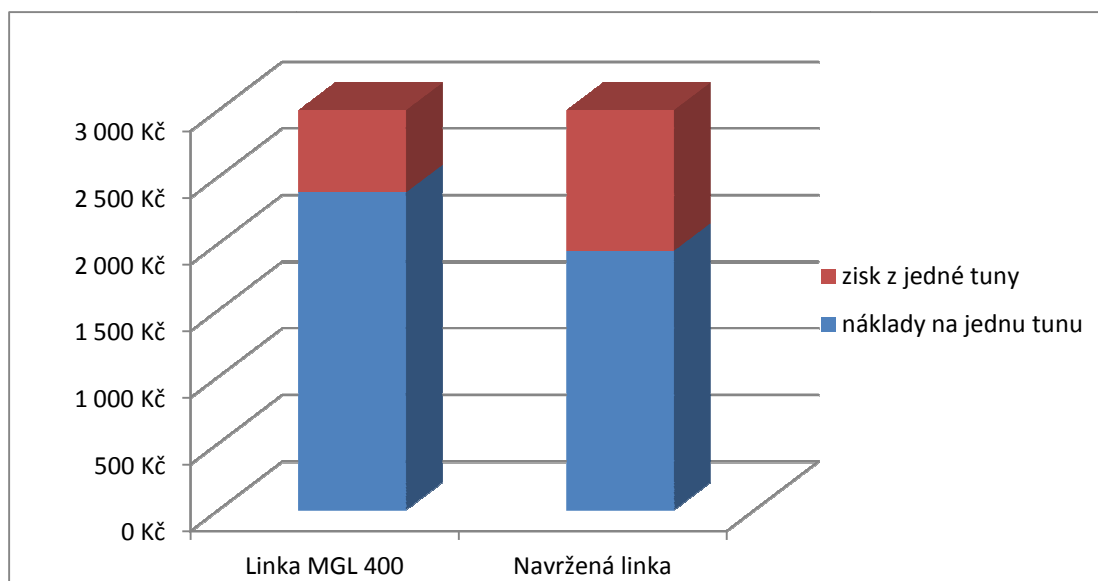
q(BZ): velikost produkce v bodu zvratu

$N_f$ : fixní náklady

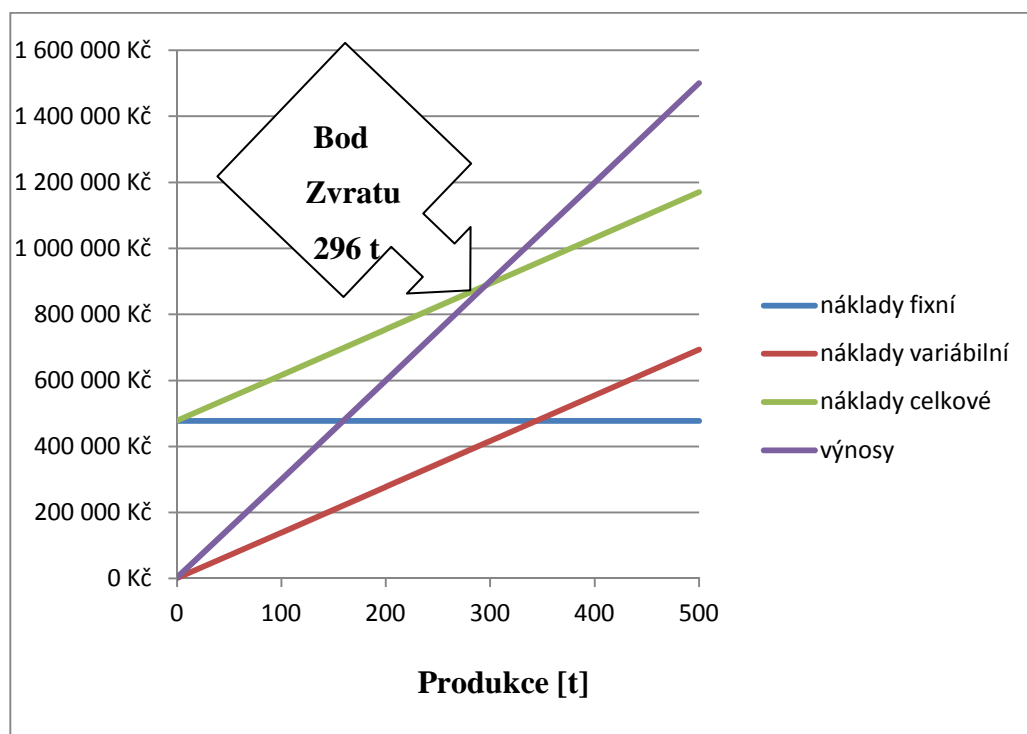
$N_v$ : variabilní náklady na jednu tunu pelet

(*beneslenka.webnode.cz*)

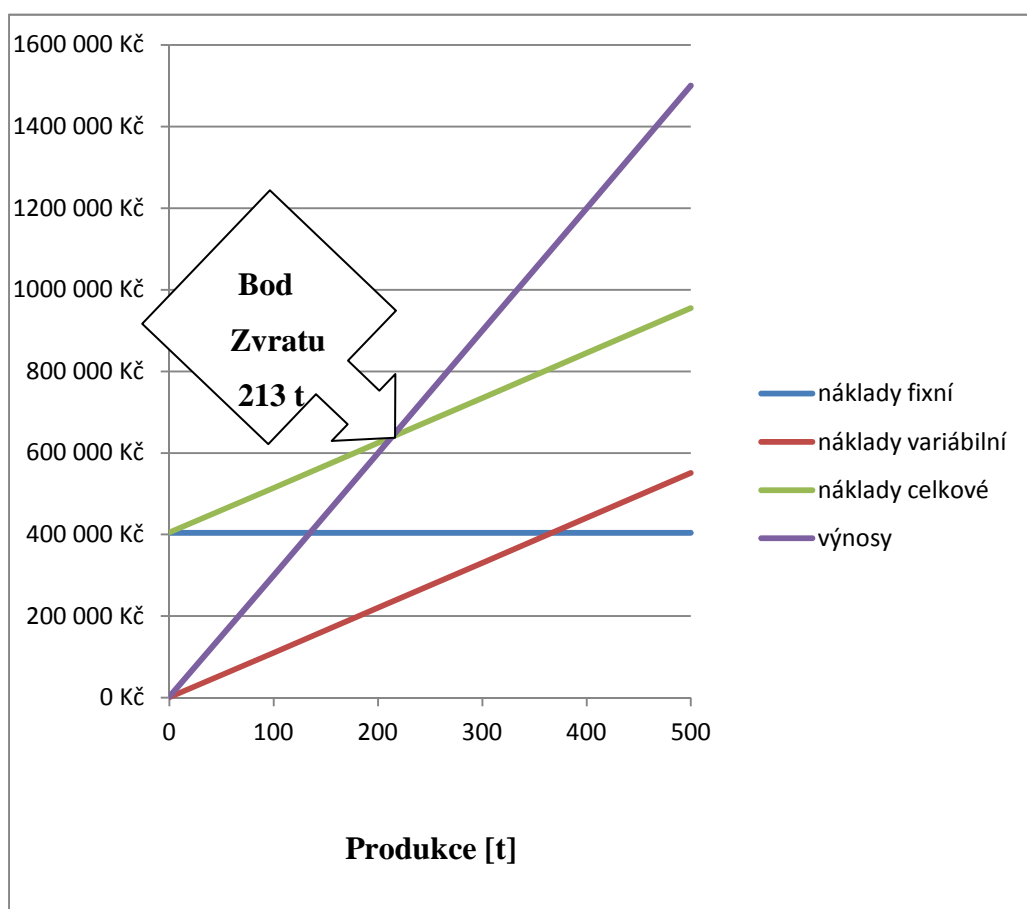
Obr.37. Graf nákladů a zisků z jedné tuny



Obr.38. Graf hospodářského výsledku linky MGL 400

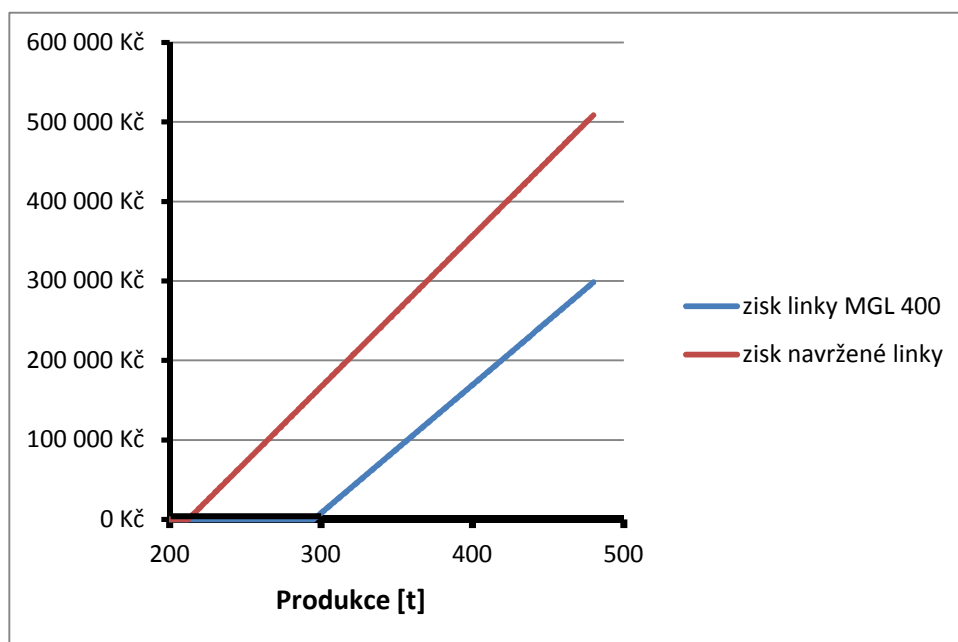


Obr.39. Graf hospodářského výsledku navrhované linky



Jak z uvedeného porovnání vyplývá, lze vhodným zvolením strojů dosáhnout značného snížení nákladů na výrobu jedné tuny pelet, a tím zvýšit roční zisk z 296 640 Kč, jak je tomu u MGL 400 provozované za stanovených podmínek na 506 880 Kč dosahovaného u navrhované linky. Tento nárůst je znázorněn na následujícím obr. 40. Tohoto zvýšení zisku bylo dosaženo nižšími pořizovacími náklady jednotlivých komponentů a hlavně, což je pro provoz podstatnější, snížením potřebného vstupního příkonu celé linky. Právě snížení energetické náročnosti výroby bylo hlavním cílem této diplomové práce a toto snížení je patrné z následujícího obr. 41., kdy vhodným spojením jednotlivých strojů byla snížena roční spotřeba elektrické energie o celých 12,32 MWh, z 31,44 MWh u linky MGL 400 na 19,12 MWh u navrhované linky.

Obr.40. Graf ročních zisků závislých na velikosti produkce



Co se samotné návratnosti vynaložené investice týká, je možné jí zjistit z výpočtu výnosnosti, nebo-li rentability zamýšlené investice dle rov. 9.

$$Z_{\text{cel}} = Z \cdot W_r \quad /8/$$

$Z_{\text{cel}}$ : celkový roční zisk

$$ROI = \frac{Z_{cel}}{IN}$$

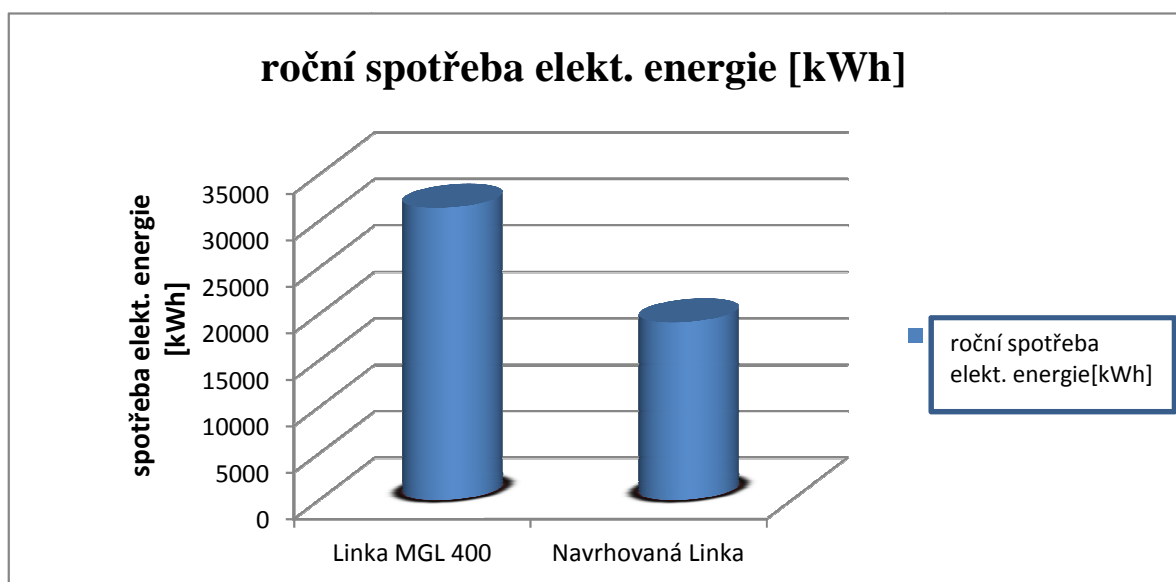
/9/

IN: celkové investiční náklady

(Hašek)

Z výpočtu vyplývá, že investice vynaložená do pořízení a zprovoznění navržené linky se během ročního provozu vrátí z 92,4 %, což je podstatně vyšší rychlost návratnosti investice oproti lince MGL 400, ze které se během prvního roku provozu vrátí pouze 33,3 % prvotních investic.

Obr.41. Graf roční spotřeby elektr. energie při uvažované produkci 480 t pelet.



## 5 Závěr

Výroba topných pelet ze slámy a odpadů ze zemědělské výroby se těší stále větší oblibě. Velkou zásluhu na tomto faktu má bohužel stále se snižující stavy hospodářských zvířat a tím snížený zájem o slámu pro chov těchto zvířat. Proto se jeví sláma jako levný zdroj suroviny pro výrobu topných pelet, který zůstává nevyužitý ležet na sklizených pozemcích. Právě na její „nevyužití“ slámy je nahlíženo ze dvou zcela odlišných pohledů. Skupina odborníků se přiklání k názoru, že sláma se stává jedinou organickou hmotou zůstávající na pozemku a má významný vliv na zachování úrodnosti a struktury orné půdy. Proti tomuto názoru ale stojí řada výzkumů, která přikládá negativní vliv zachování rozdrčené slámy na pozemku např. při pěstování řepky olejné. A právě na tomto faktoru je postaveno využití odpadní slámy k výrobě topných pelet. Je sice pravda, že tímto postupem je odváženo z pole mnoho organických zbytků, ale zdá se být výhodnější tuto ztrátu dohnat vhodně zvolenou meziplodinou, která je na pozemku pěstována záměrně jako zelené hnojivo a slámu lze v plné míře využít k energetickým účelům.

Díky těmto aspektům se rozrůstá i dostupnost peletovacích linek. Tyto linky lze rozdělit do dvou základních kategorií. Na linky velké s hodinovou výkonností i několik tun a linky menší, občas nazývané linkami granulačními s výkonností v řádech stovek kilogramů hotových pelet za hodinu. U velkých linek vzhledem k tomu, že se jedná o velice investičně nákladné strojní zařízení, je v tuto chvíli vysoká konkurence a záleží jen na samotném zákazníkovi, pro který celek se rozhodne. Ve valné většině případů se jedná o velmi propracované strojní celky, které jsou svým charakterem určené pro zpracování právě odpadního materiálu ze zemědělství, a proto v tomto provozu splňují požadavky na ně kladené.

U menších linek je situace podstatně horší. Investice do tohoto zařízení již není v řádech několika miliónů, a proto i výrobců je podstatně méně než u výše zmiňované větší kategorie. Pominou-li se linky, či pouze jednotlivé stroje, dodávané z asijských států, s nevalnou kvalitou, je jen velmi málo evropských, či dokonce tuzemských výrobců. Tato malá konkurence se promítá v ne příliš propracovaném řešení, kdy není kladen důraz na co nejnižší provozní náklady a zároveň v nárůstu pořizovací ceny, kdy v poměru cena-výkon je hodnota podstatně méně příznivá než u linek vyšších výkonností.

Proto se tato práce zaměřila právě na segment granulačních linek do výkonností 500 kg pelet za hodinu. Jak z navržené linky vyplývá, lze vhodným spojením jednotlivých komponentů výrazně snížit pořizovací náklady na celou linku a hlavně lze navrhnout linku s podstatně výhodnějším poměrem mezi vloženou energií a energií získanou. Jak je patrné z porovnání linky navrhované a linky MGL 400 dodávané firmou KOVO Novák, lze snížit spotřebu elektrické energie potřebné na výrobu jedné tuny pelet z 218 kWh na 133 kWh a to při současném snížení investičních nákladů, které u linky MGL 400 s potřebnými dalšími komponenty od firmy KOVO Novák činily 704 000 Kč, na investici ve výši 369 568 Kč potřebnou na pořízení navrhované linky. Z uvedeného je jasně patrné, že i ekonomika provozu musí u navrhované linky vycházet podstatně lépe, a to i přes uvažované vyšší náklady na údržbu vzhledem k tomu, že linka dosud není zcela odzkoušená.

Jak je ze srovnání vidět, lze vhodným zvolením jednotlivých strojních zařízení postavit linku, která svým provozem výrazně méně zatěžuje životní prostředí, což je v tuto dobu asi nejpádnější argument, který se může plně rovnat i ekonomickým výsledkům provozu, které také jasně hovoří v prospěch navrhované linky.

## 6 Použitá literatura

### Knižní zdroje:

- *Andert, D.; Sladký, V.; Abrham, Z.: Energetické využití pevné biomasy. Výzkumný ústav zemědělské techniky v Praze, Praha 2006, 59 s. ISBN 80-86884-19-8*
- *Beneš, J.: Zařízení pro výrobu pelet z biomasy pro energetické účely, teoretické principy a komerční zařízení. Bakalářská práce, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha 2011*
- *CZ Biolines, firemní podklady*
- *Hall, D. O.; Overend, R. P.: Biomass regenerable energy, John Wiley & Sons Ltd. Great Britain 1987, ISBN 0-47-1-90919-X*
- *Havlíčková, K.; Weger, J.; Možnosti pěstování energetických dřevin v ČR a jejich ekonomika, VÚKOZ Průhonice, oddělení fytoenergetiky*
- *Holz, T.: Topíme dřevěnými peletami. Grada Publishing, a.s. Praha 2007, 140 s. ISBN 978-80-247-1634-3*
- *Janíček, F.; Daruľa, I.; a kolektiv: Obnovitelné zdroje energie 1, Technológie pre udržateľnú budúcnosť, LiV Elektra, Bratislava 2007, ISBN 978-80-969777-0-3*
- *Jevič, P.; a kolektiv: Udržitelná výroba a řízení jakosti tuhých paliv na bázi agrárních bioproduktů. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha, ISBN 978-80-86884-42-4*
- *Klobušník, L.: Pelety – palivo budoucnosti, sdružení harmonie, České Budějovice 2003, 111 s.*
- *KOVO Novák, firemní podklady*
- *Lyčka, Z.: Dřevní peleta aneb peleta mýtů zbavená, LING Vydavatelství s.r.o. Krnov 2011, 66 s. ISBN 978-80-904914-0-3*
- *Malat'ák, J.; Vaculík, P.: Biomasa pro výrobu energie. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha 2008, 206 s. ISBN 978-80-213-1810-6*
- *Marešová, H.; Verner, L.: Výroba pelet přispívá ke zlepšení kvality půdy, publikace v časopise Energie 21, vydání 3, ročník 2012*



- *Martinek, J.: Zhodnocení výrobních linek na lisovaná biopaliva a určení jakosti výsledných produktů, Diplomová práce, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha 2010*
- *Noskievič, P. a kolektiv: Biomasa a její energetické využití. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Česká republika 1996, 68 s. ISBN 80-7078-367-2*
- *Pastorek, Z.; Kára, J.; Jevič, P. : Biomasa - obnovitelný zdroj energie.FCC PUBLIC s.r.o. Praha, Praha 2004, 288 s. ISBN 80-86534-06-5*
- *Stražil, Z.; Šimon, J.: Současné zdroje a možnosti využití rostlinné biomasy v energetice, publikace v časopise AGRO, ročník 7, číslo 4, duben 2006*

#### **Internetové zdroje:**

- *Agrall zemědělská technika a.s., firemní podklady. [online], dostupné z WWW: <http://www.agrall.cz/produkt/78/quadrant-3200>*
- *Agropelety s.r.o., firemní podklady. [online], dostupné z WWW: <http://www.rostlinne-pelety.cz/cena-a-doprava.html>*
- *Akční plán pro biomasu pro ČR na období 2009 – 2011. [online], dostupné z WWW: [http://eagri.cz/public/web/file/73553/AP\\_biomasa\\_09\\_01.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/73553/AP_biomasa_09_01.pdf)*
- *Amandus Kahl GmbH & Co. KG, firemní podklady. [online] Dostupné z WWW: [http://www.akahl.de/akahl/de/produkte/biomasse\\_pelletierung/pelletpressen/](http://www.akahl.de/akahl/de/produkte/biomasse_pelletierung/pelletpressen/)*
- *Analyzátor vlhkosti MB23/MB25; Návod k obsluze. [online], dostupné z WWW: [vahy-mb.cz/sys/file.php?id=1068](http://vahy-mb.cz/sys/file.php?id=1068)*
- *Anonym 1: Peletování obecně. [online], Dostupné z WWW: [http://www.ebiomasa.cz/?page\\_id=137](http://www.ebiomasa.cz/?page_id=137)*
- *Anonym 2: Energetické byliny. [online], Dostupné z WWW: [http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/energeticke\\_byliny.html](http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/energeticke_byliny.html)*
- *Ball Brno s.r.o., firemní podklady. [online], Dostupné z WWW: [http://www.ballbrno.cz/html\\_cz/produkty-lpbbv2.html](http://www.ballbrno.cz/html_cz/produkty-lpbbv2.html)*
- *Bednár, J.: Podpora pěstování energetické biomasy v ČR a v kontextu s EU. [online], dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/podpora-pestovani-energeticke-biomasy-v-cr-a-v-kontextu-s-eu>.*

- Benešová, L: *Bod zvratu a jeho výpočet*. [online], dostupné z WWW: <http://beneslenka.webnode.cz/statnice-2011/okruhy-otazek-k-szz/b-podnikova-ekonomika-a-finance-podniku/a3-vynosove-a-nakladove-souvislosti-tvorby-hospodarskeho-vysledku-podniku-tvorba-a-regulace-cen-naklady-zpusoby-cleneni-nakladu-kalkulace-nakladu-/bod-zvratu-a-jeho-vypocet/>
- *Biom.cz*. [online], dostupné z WWW: [http://biom.cz/upload/5486a293bfb9575ea2532df5855e2c6a/420\\_thumb.jpg](http://biom.cz/upload/5486a293bfb9575ea2532df5855e2c6a/420_thumb.jpg)
- *Bufka, A.:* *Pevná paliva - Brikety a pelety v roce 2011*. [online], Dostupné z WWW: <download.mpo.cz/get/47484/53550/594507/priloha001.pdf>
- *Denas Energy s.r.o. firemní podklady*. [online] Dostupné z WWW: <http://www.peletybrikety.cz/index.php>
- *Edoc*. [online], Dostupné z WWW: <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/gebreselassie-mulaw-2000-12-13/HTML/N1751F.html>
- *Efficient pelleting technology for profitable waste material refinement*. [online], Dostupné z WWW: <http://www.qalovis.com/en/pelletizer-biogas-production/>
- *Ekoeffect Bulharsko LTD, firemní podklady*. [online], Dostupné z WWW: <http://www.ekoeffect.com/lmg1400.html>
- *Epimer s.r.o., firemní podklady*. [online], Dostupné WWW: <http://www.epimex.cz>
- *Fagus Praha, firemní podklady*. [online], Dostupné z WWW: <http://www.faguspraha.cz/zemedelska-technika/samonakladaci-vozy-plegmatic.htm>
- *Gama – Pardubice, firemní podklady*. [online], Dostupné z WWW: (<http://www.gama-pardubice.cz/granulator-tl-700.html>)
- *Green Energy Machine, firemní podklady* [online] Dostupné z WWW: <http://zelenausporam.eu/resources-view/druhy-materialu/>
- *Hašek, J: Metody Hodnocení Investic*. [online], Dostupné z WWW: <old.icm.uh.cz/soubor.py/FIL5092>
- *High production, mobile modular wood pelleting plants*. [online] Dostupné z WWW: <http://www.renewabletechnologydesign.com/products-and-services/high-production-mobile-modular-wood-pelleting-plants/>

- *Kott, J: Výroba pelet z biomasy - technické a ekonomické aspekty. Biom.cz. [online]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyroba-pelet-z-biomasy-technicke-a-ekonomicke-aspekty>>. ISSN: 1801-2655.*
- *Merkanta, firemní podklady. [online], dostupné z WWW: <http://www.merkanta.sk/stroje/teagle/>*
- *Mulaw Gebreselassie: Verfahrenstechnische Lösungen für die Milchproduktion bei standortferner Futterstroherzeugung, [online] Dostupné z WWW: <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/gebreselassie-mulaw-2000-12-13/HTML/N1751F.html>*
- *Obnovitelný zdroj energie. [online], Dostupné z WWW: <http://www.wikipedia.cz>*
- *Ochodek, T.; Koloničný, J.; Janásek, P.; Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy. [online], Dostupné z WWW: <http://www.biomasa-info.cz/cs/doc/prirucka1.pdf>*
- *Petex-Service Spółka Ekspertów Sp. z o.o., firemní podklady. [online], Dostupné z WWW: <http://www.biopaliwa.p-x.pl>*
- *Polnohospodárska biomasa; peletovanie. [online], Dostupné z WWW: <http://www.polnohospodarskabiomasa.sk/index.php?c=8.2.2>*
- *Prehľad výrobcov peletovacích lisov. [online], Dostupné z WWW: <http://www.peletky-brikety.sk/peletizatory.html>*
- *Stoza s.r.o., firemní podklady. [online], Dostupné z WWW: <http://www.stoza.cz/page.php?page=2>*
- *Strojírna Vodňany spol. s.r.o. firemní podklady. [online], Dostupné z WWW: <http://www.strojirnavodnany.cz/produkty2.php>*
- *STS Olbramovice spol. s.r.o., firemní podklady. [online], Dostupné z WWW: <http://www.stsolbramovice.cz/cs/vyrobky/stacionarni-rozdruzovac-rbs-3va/fotogalerie/>*
- *Tůma CZ s.r.o., firemní podklady. [online], Dostupné z WWW: <http://www.tumacz.cz/peletizacni-lis>*
- *Verner a.s., firemní podklady. [online], Dostupné z WWW: <http://www.kotle-verner.cz/produkty/automaticke-kotle-pro-spalovani-sypke-odpadni-biomasy>*
- *Vobosystém s.r.o., firemní podklady. [online], Dostupné z WWW: <http://www.vobosystem.cz/lisy-na-kulate-baliky-vario-pack>*

## Seznam obrázků

Obr.1.	Způsoby sklizně fytomasy .....	6
Obr.2.	Samonakládací vůz na hranaté balíky .....	8
Obr.3.	Svinovací lis na válcové balíky .....	9
Obr.4.	Lis na velké hranaté balíky .....	10
Obr.5.	Proces protlačování materiálu skrz matrici .....	11
Obr.6.	Blokové schéma granulační linky.....	14
Obr.7.	Pohled do útroby rozdužovače Tomahawk .....	15
Obr.8.	Rozdužovač balíků od STS Olbramovice .....	15
Obr.9.	Kladívkový drtič stébelnin firmy HIMEL .....	17
Obr.10.	Kladívkový drtič firmy Strojárna Vodňany .....	18
Obr.11.	Dávkování suroviny do granulačního lisu .....	19
Obr.12.	Prstencový granulační lis s mixérem a dávkovačem .....	21
Obr.13.	Pohled na matrici a rolnu u prstencového granulačního lisu .....	21
Obr.14.	Granulátor TL700 .....	22
Obr.15.	Pohled na matrici s rolnami u granulátoru TL700 .....	23
Obr.16.	Mobilní granulační lis .....	24
Obr.17.	Granulační lis Eco Tre Systém .....	25
Obr.18.	pohled na granulační lis linky MGL .....	28
Obr.19.	Schéma granulační linky MGL 400 .....	28
Obr.20.	Linka CZ Biolines s.r.o .....	29
Obr.21.	Peletovací linka LSP 1800 .....	30
Obr.22.	Linka Soma Engineering.....	33
Obr.23.	Schéma mobilní linky BauerPower .....	35
Obr.24.	pohled na jižní a východní stranu stavby stodoly .....	37
Obr.25.	Stohy válcových balíků.....	38

Obr.26.	Pohled na průčelí stohu balíku a jejich označení .....	39
Obr.27.	Půdorys objektu bývalé stodoly s návrhem jejího dalšího využití.....	41
Obr.28.	Pásový dopravník s příčkami a zásobník hotových pelet .....	44
Obr.29.	Schéma navrhované linky .....	45
Obr.30.	Rozdružovač balíků slámy .....	46
Obr.31.	Pohled na jednotlivé části drtiče MRS.....	47
Obr.32.	Celkový pohled na drtič MRS a pohled na předřezávací nůž.....	48
Obr.33.	Dno zásobníku a dávkovače.....	49
Obr.34.	Mezizásobník s dávkovačem .....	50
Obr.35.	Granulační lis KOVO Novák.....	51
Obr.36.	Matrice lisu s rolnami .....	51
Obr.37.	Graf nákladů a zisků z jedné tuny .....	57
Obr.38.	Graf hospodářského výsledku linky MGL 400.....	58
Obr.39.	Graf hospodářského výsledku navrhované linky .....	58
Obr.40.	Graf ročních zisků závislých na velikosti produkce .....	59
Obr.41.	Graf roční spotřeby elektr. energie při uvažované produkci 480 t pelet.....	60

## Seznam tabulek

Tab.1.	Vývoj produkce rostlinných pelet.....	2
Tab.2.	Přehled pěstované fytomasy a její obsah energie vztažený na jeden hektar. ....	5
Tab.3.	Poměr zrna ku slámě u běžně pěstovaných obilovin.....	7
Tab.4.	Parametry linky Soma Engineering.....	34
Tab.5.	Měření vlhkosti stohovaných balíků slámy.....	40
Tab.6.	Investiční náklady spojené se staveními úpravami.....	42
Tab.7.	Technicko-ekonomické porovnání výrobních linek.....	56

## Seznam zkratek a jednotek

ČEZ	Název dodavatele elektrické energie
ČR	Česká republika
ČSN	česká státní norma
DPH	daň z přidané hodnoty
EU	Evropská Unie
HZ1300	tangenciální rozdužovač s drtičem firmy KOVO Novák
iC5	frekvenční měnič firmy LG
J220K	elektrický generátor osazený v lince
KH - 3121	odsavač prachu
LG	název výrobce
LSP 1800	peletovací linka firmy ATEA Praha
MGL	malá granulační linka firmy KOVO Novák
MGL 400	malá granulační linka firmy KOVO Novák
MRS	axiální drtič stébelnin firmy ALUHAUS
OHAUS MB 25	měřicí přístroj vlhkosti
PC	počítač
PLN	polský zlotý
PVC	polyvinylchlorid
RDS 2- 37- 980	tangenciální drtič stébelnin firmy Strojírna Vodňany
RS 750	axiální drtič firmy KOVO Novák
Sp. z o.o.	polská společnost s ručením omezeným
STM 201	axiální drtič stébelnin firmy Himel
STM301	axiální drtič stébelnin firmy Himel
TL700	granulátor s plochou maticí firmy GAMA Pardubice
UNC 061	smykem řízený nakladač firmy Detvan
ZDT-2000	meziásobník s dávkovacím šnekem firmy ALUHAUS
ZETOR 7711	kolový traktor firmy Zetor
d	délka
š	šířka

v	výška
$N_{\text{celk}}$	náklady celkové
$N_{\text{eng-t}}$	náklady na energii na tunu
$N_f$	fixní náklady
$N_{\text{mzdy}}$	mzdové náklady
$N_{\text{obal-t}}$	náklady na obal na tunu
$N_{\text{odpis}}$	náklady na odpisy
$N_{\text{serv}}$	náklady na servis
$N_{\text{sur-t}}$	náklady na surovinu na tunu
$N_t$	náklady na tunu
$N_v$	variabilní náklady
$\text{Den.rok}^{-1}$	dnů v roce
$\text{h.den}^{-1}$	hodin za den
IN	celková investice do pořízení a zprovoznění linky
$\text{Osob.směna}^{-1}$	počet osob na jednu směnu
p	prodejní cena
$P_{\text{GJ}}$	cena tepla z pelet
$q(\text{BZ})$	množství v bodě zvratu
$Q_i$	výhřevnost pelet
ROI	rentabilita
$W_r$	roční výkonnost
Z	zisk z jedné tuny pelet
$Z_{\text{cel}}$	celkový roční zisk
$^{\circ}\text{C}$	stupeň Celsia
h	hodina
Kč	Koruna česká
dB	decibel
$\text{m}^2$	metr čtvereční
$\text{m}^3$	metr krychlový
A	ampér
V	volt
Hz	hertz



t	tuna
ha	hektar
km	kilometr
kW	kilowatt
mm	milimetr
%	procento
Mj	megajoul
GJ	gigajoul
m	metr
kg	kilogram
MPa	megapascal
cm	centimetr
Ø	průměr
°	stupeň
% poř.c.	procent z pořizovací ceny
os.měs <sup>-1</sup>	osob na měsíc
kWh <sup>-1</sup>	kilowatthodina
MWh	megawatthodina