

Vysoká škola: Česká zemědělská univerzita v Praze	Fakulta: technická
Katedra: technologických zařízení staveb	Akademický rok: 2006/2007

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant: **Urban Lukáš**

Studijní obor: Technologie a technika zpracování odpadů

Studijní zaměření:

Název práce: **Návrh inovace strojní linky pro výrobu standardizovaných tuhých paliv na bázi biomasy s vhodnými aditivami se zřetelem na marketing**

Zásady pro vypracování:

Cíl práce: Vypracovat návrh inovace strojní linky pro výrobu standardizovaných paliv z vhodné biomasy s efektivním uplatněním na trhu

Osnova práce:

1. Úvod
2. Aktuální přehled o současném stavu a blízké budoucnosti řešené problematiky
3. Výchozí podmínky zvoleného podniku pro návrh inovace
4. Návrh inovace strojní linky nebo provozního souboru standardizovaných biopaliv
5. Měření související s linkou nebo strojním zařízením pro výrobu standardizovaných paliv
6. Teoretický rozbor související s linkou nebo strojním zařízením pro výrobu standardizovaných paliv
7. Ekonomické posouzení navržené inovace
8. Diskuse a závěr

Metodika práce:

1. Studium a vyhodnocení dostupných informací o řešené problematice zahrnující i zvolený podnik.
2. Vypracování návrhu inovace strojní linky při zohlednění požadavků na obchodovatelné formy tuhých paliv a technické normy
3. Příprava a vyhodnocení měření zvoleného provozního souboru strojní linky nebo kvality paliva, ev. surovin, pro výrobu s teoretickým rozbohem
4. Posouzení efektivnosti a nákladovosti výroby standardizovaných paliv na bázi biomasy a vhodných aditiv

Rozsah práce: 50 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Seznam doporučené odborné literatury:

Sladký, V., Dvořák, J., Andert, D.: Obnovitelné zdroje energie – fytopaliva. 1 vyd. Praha, č. 2, VÚZT Praha, 2002, 64 s.

Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P.: Biomasa – obnovitelný zdroj energie. 1. vyd. FCC Public Praha, 2004, 286 s.

Jevič, P., Hutla, P., Šedivá, Z., Příkryl, M.: Třídění kvality a specifikace tuhých biopaliv. In: 4. Zemědělská technika o biomase 2005. VÚZT Praha, MZe ČR 2005, s. 120 - 126

Předběžná česká technická norma ČSN P CEN/TS 14558 (83 8200): Tuhá biopaliva – Terminologie, definice a popis. ČNI, 2005, 63 s.

Předběžná česká technická norma ČSN P CEN/TS 14961 (83 8202): Tuhá biopaliva – Specifikace a třídy paliv. ČNI, 2005, 46 s.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Jevič, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 11.12.2006

Termín odevzdání diplomové práce: 30. 4. 2008



doc. Ing. Miroslav Příkryl, CSc.

vedoucí katedry

prof. Ing. Jiří Klíma, CSc.

děkan

V Praze dne 11.12.2006



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

TECHNICKÁ FAKULTA

KATEDRA TECHNOLOGICKÝCH ZAŘÍZENÍ STAVEB

NÁVRH INOVACE STROJNÍ LINKY PRO
VÝROBU STANDARDIZOVANÝCH TUHÝCH
PALIV NA BÁZI BIOMASY S VHODNÝMI
ADITIVY SE ZŘETEM NA MARKETING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

VEDOUCÍ: Ing. Petr Jevič, CSc.

DIPLOMANT: Lukáš Urban

PRAHA 2008

Autorský referát

Tato práce je zaměřena na inovaci strojní linky na výrobu topných pelet z předřezané slámy. V části teoretické je zevrubně rozebrána biomasa jako alternativní zdroj energie. Jsou zde zmíněny i jednotlivé technologie a postupy umožňující její energetické využití. Teoretická část jako celek tvoří introdukci do technologického odvětví kterého se týká obsah vlastní práce. Vlastní práce navazuje na introdukci zhodnocením dosavadní výroby ve zvoleném podniku. Je obecně zhodnocena ekonomická i výkonová efektivita stávající linky a okolnosti jejího umístění v areálu firmy. Dále jsou konkrétně specifikována slabá místa linky limitující výkonnost celého provozu. V následující části je podrobně rozveden inovační návrh linky obsahující popis, technologické určení a okolnosti provozu navrhované podoby linky.

Na základě výběrového řízení je předpokládáno využití granulačního lisu s deskovou maticí, jenž vykazoval při hodnocení kritérií výběrového řízení lepší výsledky než konkurenční stroj. Granulačním lisům je věnována i část zabývající se teoretickým rozborem zařízení souvisejícího s linkou.

V rámci vlastního měření byly zjištěny nejen hodnoty otěru u různých vzorků, ale také byla porovnána přesnost obou měřících metod. Dále byla v rámci měření zjišťována hygroskopicita.

Část ekonomická je věnována zhodnocení investičního záměru realizujícího inovaci. Na základě výpočtů je stanovena ekonomická efektivita záměru vyjádřená čistou současnou hodnotou, vnitřním výnosovým procentem a dobou návratnosti investice. Jako doplňující ukazatel je uvedena roční rentabilita investice v %.

V poslední části práce je zmíněn pozitivní vliv podobných projektů na rozšiřování využívání alternativních zdrojů energie a návrh je zde celkově hodnocen jako reálný a ekonomicky efektivní.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Návrh inovace strojní linky pro výrobu standardizovaných tuhých paliv na bázi biomasy s vhodnými aditivami se zřetelem na marketing“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

V Praze, dne

.....

podpis diplomanta

Poděkování

Tímto bych rád vyjádřil díky Ing. Petru Jevičovi CSc. za vedení diplomové práce a za poskytnutí drahocenných materiálů a rad. Dále děkuji Ing. Milanu Knotkovi za umožnění návštěvy firmy Atea Praha s.r.o. a v neposlední řadě též Ing. Luboši Passianovi za poskytnutí materiálů. Bez těchto osob bych mohl jen stěží dosíci konečného výsledku, děkuji všem.

OBSAH

1.	SLOVO ÚVODEM.....	1
2.	BIOMASA A BIOENERGETIKA.....	2
2.1	OBECNÉ POJEDNÁNÍ O BIOMASE.....	2
2.2	VYUŽITÍ BIOMASY K ENERGETICKÝM ÚČELŮM	4
2.2.1	BIOMASA VYUŽITELNÁ K ENERGETICKÝM ÚČELŮM	5
2.2.2	ZPŮSOBY VYUŽITÍ BIOMASY K ENERGETICKÝM ÚČELŮM	7
2.3	FORMY FYTOPALIV.....	9
2.3.1	KAPALNÁ FYTOPALIVA.....	9
2.3.2	PLYNNÁ FYTOPALIVA	12
2.3.3	PEVNÁ FYTOPALIVA	14
2.4	MECHANICKÁ ÚPRAVA PEVNÝCH BIOPALIV	19
2.4.1	ŠTĚPKOVÁNÍ A DRCENÍ	20
2.4.2	PAKETOVÁNÍ.....	22
2.4.3	KOMPAKTOVÁNÍ.....	22
2.4.4	BRIKETOVÁNÍ A PELETOVÁNÍ.....	23
3.	VÝCHOZÍ PODMÍNKY PODNIKU, POSTUPY A METODY ŘEŠENÍ ...	32
3.1	ANALÝZA ÚKOLU	32
3.2	CHARAKTERISTIKA DOSAVADNÍ VÝROBY PELET.....	33
3.3	USPOŘÁDÁNÍ STÁVÁJÍCÍ LINKY	34
3.4	NEDOSTATKY STÁVÁJÍCÍ LINKY	35

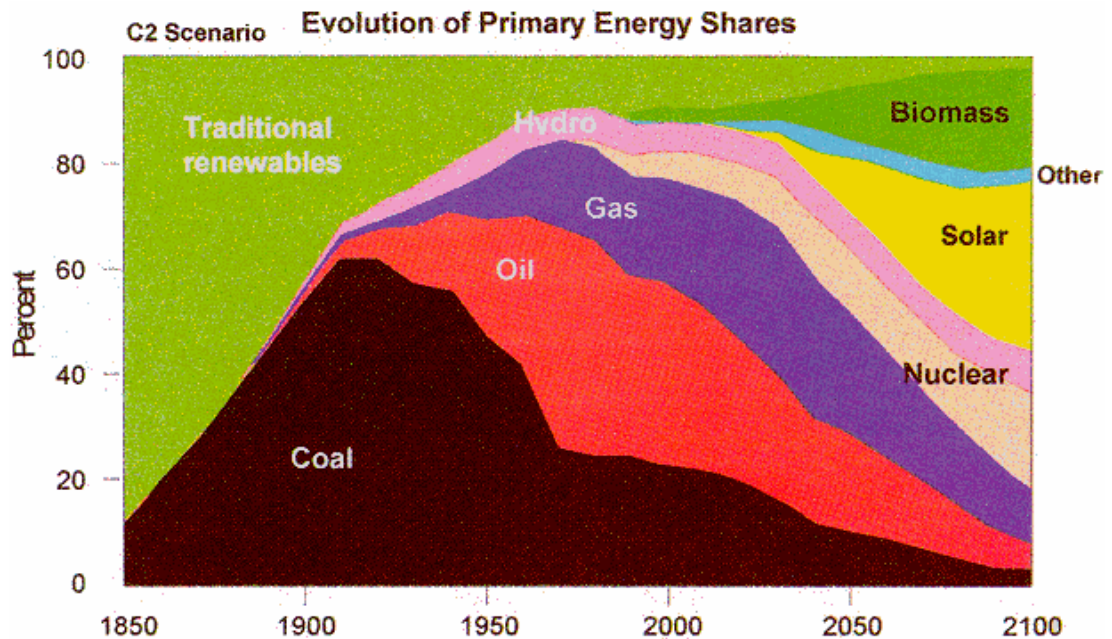
4.	NÁVRH ŘEŠENÍ A DOSAŽENÉ VÝSLEDKY	35
4.1	URČENÍ INOVAČNÍHO NÁVRHU	35
4.1.1	ŘEŠENÍ INOVACE	36
4.1.2	VÝBĚROVÉ ŘÍZENÍ NA DODÁVKU PELETOVACÍHO – GRANULAČNÍHO LISU.....	38
4.1.3	POPIS A ZNÁZORNĚNÍ NAVRHOVANÉHO ŘEŠENÍ	41
4.1.4	SPECIFIKACE DODÁVEK, PRACÍ A ORIENTAČNÍ ROZPOČET STAVBY	43
4.2	VLASTNÍ MĚŘENÍ.....	45
4.2.1	VÝBĚR SLEDOVANÝCH PARAMETRŮ.....	45
4.2.2	POSTUP MĚŘENÍ A MĚŘICÍ PŘÍSTROJE.....	45
4.2.3	VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ.....	49
4.3	ROZBOR TECHNOLOGICKÉHO ZAŘÍZENÍ SOUVISEJÍCÍHO S NÁVRHEM	54
4.3.1	PELETOVACÍ – GRANULAČNÍ LISY.....	54
4.3.2	URČENÍ RYCHLOSTNÍHO POLE v_r POHYBU ČÁSTIC MATERIÁLU V ZÓNĚ KOMPRESSE	56
4.4	EKONOMICKÉ POSOUZENÍ NÁVRHU	58
4.4.1	NÁVRH EKONOMICKÉHO HODNOCENÍ	58
4.4.2	NÁVRH CELKOVÝCH INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ.....	59
4.4.3	PROPOČET NÁKLADŮ A VÝNOSŮ	60
4.4.4	HODNOCENÍ UKAZATELŮ A ZÁVĚR	67
5.	DISKUSE A ZÁVĚR.....	67
	PŘÍLOHA - TABULKOVÁ ČÁST	
	PŘÍLOHA - OBRAZOVÁ ČÁST	

1. SLOVO ÚVODEM

Vážení čtenáři, žijeme v době, jež je z hlediska rozvoje lidské společnosti a s ním souvisejícího technického pokroku v pravdě zcela zlomová. V posledním období se totiž lidská populace začala potýkat s problémem, jenž byl ještě donedávna pro společnost, alespoň v dnešní míře, věcí zcela neznámou. Je možno říci, že lidstvo nedisponuje takovou historickou zkušeností, již by bylo možno úspěšně aplikovat k řešení problému stále častěji zmiňovaného. Tím je zvyšování podílu skleníkových plynů, v čele s oxidem uhličitým (CO₂). Podle převládajícího názoru dnešní společnosti údajně způsobují tzv. globální oteplování a v důsledku toho i změnu klimatu na Zemi. Bez ohledu na to, jak dalece působí člověk emisí skleníkových plynů na změny podnebí, či jak dalece jsou výsledkem přirozeného průběhu vývoje teplot na Zemi, je patrně omezování využívání fosilních paliv krokem správným směrem a to i z důvodu ztenčujících se zásob ropy a zemního plynu. Většina států si tyto aspekty uvědomuje a uzavírá dohody k omezování emisí skleníkových plynů z fosilních paliv. Jedním z opatření kromě energetických úspor je náhrada těchto zdrojů palivy ze stále se obnovujících, narůstajících biomasy. Každoroční nárůst biomasy představující zachycenou sluneční energii asi desetkrát převyšuje současné potřeby lidské společnosti, ale kryje jen asi 10 – 20 % potřeb. Je třeba mít na zřeteli, že energetický potenciál biomasy v ČR je velký a jeho rozšiřování bude v budoucnu stále více podporováno z různých vládních i celoevropských programů jako nutná reakce na tlak ze strany EU. Vždyť požadavkem EU na členské státy bylo zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie na celkové spotřebě primární energie, v roce 2005 na 8 % a v roce 2010 na 12 až 15 %. Toto bude v podmínkách ČR splnitelné především díky využití biomasy.

Příznivou budoucnost biomasy jako zdroje energie predikuje i v roce 1998 vypracovaná společná studie k budoucímu rozvoji energetiky, na níž se podílela Energetická rada (WEC) a Mezinárodní ústav pro aplikované systémové analýzy (IIASA), která vytvořila scénáře možného vývoje spotřeby

elektrické energie a jejích jednotlivých zdrojů. Jeden z možných scénářů ukazuje graf na obr.1.



Obr.1: Možný vývoj spotřeby elektrické energie a jejích jednotlivých zdrojů (Kobylka, Matějka, 2007)

2. BIOMASA A BIOENERGETIKA

2.1. OBECNÉ POJEDNÁNÍ O BIOMASE

Biomasa je definována jako substance biologického původu (pěstování rostlin v půdě nebo ve vodě, chov živočichů, produkce organického původu, organické odpady). Biomasa je buď záměrně získávána jako výsledek výrobní činnosti, nebo se jedná o využití odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, z komunálního hospodářství, z údržby krajiny a péče o ni. (Pastorek, Kára, Jevič, 2004).

Z hlediska energetického využití má největší význam biomasa rostlinného původu, tzv. fytomasa.

Do pojmu fytomasa (biomasa) patří veškeré organické látky rostlinného původu vznikající v přírodě v průběhu fotosyntézy, tj. při zachycování části na Zemi dopadající sluneční energie – části slunečního krátkovlnného záření ve vlnových délkách 400 – 700 nm procesem tvorby organických sloučenin představovaných zejména glukózou z oxidu uhličitého (CO_2) a vody (H_2O) a určitého množství anorganických živin jako je draslík (K), vápník (Ca), fosfor (P), dusík (N) a dalších stopových prvků. Fytomasa patří do souhrnného pojmu biomasa, kam kromě rostlin náleží i živočichové, jejichž význam pro energetiku je mnohem menší a které jsou spíše využívány energeticky jako zdroj potravin a tažná síla.

Naprostá většina fosilních paliv má ovšem svůj původ také v pradávné fytomase – (biomase), ale od současného pojmu fytomasa se liší formou, složením, hustotou energie a zejména faktem, že jejich zásoby v zemské kůře jsou vyčerpatelné, narozdíl od současně se stále tvořící živé fytomasy, jejíž obsah energie se stále obnovuje.

Základním fenoménem fotosyntézy je organické zelené barvivo chlorofyl, které v listech a jehličí rostlin působí jako katalyzátor umožňující rostlinným buňkám vázat CO_2 a vodu spolu s jímáním sluneční energie do rostlinných tkání, tvořených pak celulózou, hemicelulózou, ligninem, škroby, cukry a dalšími organickými látkami s vysokým obsahem snadno uvolnitelné energie.

Praktickým výsledkem fotosyntézy je jednak vytvoření organické hmoty, jednak uvolňování vznikajícího kyslíku do ovzduší, což umožňuje život všem živočichům na něm závislým.

Z celkového množství CO_2 v ovzduší je každoročně vázáno rostlinami asi 10 % a stejné množství se po spálení nebo shnití rostlin opět do atmosféry vrací – při současném uvolnění předtím jímané sluneční energie. Této energie je přibližně 18 až 20 MJ na 1 kg sušiny rostlin. Na Zemi bylo až dosud identifikováno přes 450 000 různých rostlin, z nichž asi 3000 slouží člověku, ale jenom 300 je účelově pěstováno. Pouze však 60 druhů rostlin má výjimečný hospodářský význam. (Sladký, Dvořák, Andert, 2002)

Produkty z fytomasy obsahují proměnlivé množství vody a proto se někdy údaje uvádějí v bezvodém stavu, tj. v sušině. Množství biomasy se odhaduje na $1837 \cdot 10^9$ t (sušina), která se nachází na pevninách, jejichž celková plocha je $149 \cdot 10^6$ km². Toto množství každoročně vyprodukuje $117,5 \cdot 10^9$ t sušiny fytomasy. Vodní plochy mají rozlohu asi $361 \cdot 10^6$ km², obsahují $3,9 \cdot 10^9$ t a vyprodukují za rok $55 \cdot 10^9$ t nové biomasy, všechny údaje jsou vztažené na sušinu. Z kontinentální fytomasy největší produkci mají pralesy. Celoroční produkce fytomasy vyjádřená energeticky je $29 \cdot 10^{17}$ kJ, zatímco energetická spotřeba je asi $4 - 5 \cdot 10^{17}$ kJ. Fytomasa pěstovaná pro lidskou výživu činí jen asi 8 % a z toho jen jedna desetina se spotřebuje přímo jako potrava. (Jiríček, Rábl, 2005).

2.2. VYUŽITÍ BIOMASY K ENERGETICKÝM ÚČELŮM

Faktory limitující využití biomasy k energetickým účelům a tím i možné vyřešení jednoho z globálních problémů lidstva jsou následující:

- Produkce biomasy pro energetické účely konkuruje dalším způsobům využití biomasy (např. k potravinářským a krmivářským účelům, zajištění surovin pro průmyslové účely, uplatnění mimoprodukční funkce biomasy),
- Zvyšování produkce biomasy vyžaduje rozšiřovat produkční plochy nebo zvyšovat intenzitu výroby biomasy, což přináší potřebu zvyšovat investice do výroby biomasy,
- Získávání energie z biomasy (mimo palivového dřeva) v současných podmínkách s obtížemi ekonomicky konkuruje využití klasických energetických zdrojů. Tato skutečnost může být postupně měněna tlakem ekologické legislativy,
- Maximální využití zdrojů biomasy k energetickým účelům z celosvětového hlediska je problematické vzhledem k rozmístění

zdrojů biomasy a spotřebičů energie, vzhledem k potížím s akumulací, transportem a distribucí získané energie.

Na druhé straně existují nesporné výhody využití biomasy k energetickým účelům:

- jsou menší negativní dopady na životní prostředí,
- zdroj energie má obnovitelný charakter,
- jde o tuzemský zdroj energie, snižuje se spotřeba dovážených energetických zdrojů, zvyšuje se energetická soběstačnost státu,
- zdroje biomasy nejsou lokálně omezeny,
- účelně se využijí spalitelné, někdy i toxické odpady,
- řízená produkce biomasy přispívá k vytváření krajiny a péči o ni.

Až do padesátých let dvacátého století si zemědělství a venkovská sídla zajišťovaly z větší části své energetické potřeby využitím biomasy z vlastních zdrojů. Pro tyto účely bylo určeno odhadem až 40 % zemědělské půdy.

Technický rozvoj a zvyšující se vstupy „cizí“ energie umožnily zlepšit využití produkčního potenciálu nových druhů rostlin a živočichů a plně využít zemědělskou půdu pro produkci potravin. Současná nadprodukce potravin vyvolává možnost vrátit část zemědělské půdy původnímu účelu, tj. krytí části energetických potřeb zemědělství a venkova. Ekologie a bioenergetika se stávají středem pozornosti podnikatelských subjektů na venkově. (Pastorek, Kára, Jevič, 2004)

2.2.1. BIOMASA VYUŽITELNÁ K ENERGETICKÝM ÚČELŮM

Třebaže pěstování zemědělských plodin pro energetické účely vypadá lákavě, je vždy třeba porovnávat energii vloženou (obdělávání půdy, hnojiva, herbicidy, svoz a skladování sklizně, zpracování na finální produkt) s energií získanou - spalné teplo konečného produktu.

Osévání velkých ploch určitými plodinami je omezeno nutnou rotací plodin na půdách, protože na stejném pozemku není možné stále pěstovat jen jednu plodinu. Pěstování monokultur na velkých plochách může ovlivňovat další flóru a faunu a to někdy i negativně. (Jiříček, Rábl, 2005).

Energetickou biomasu můžeme rozdělit do pěti základních skupin:

1. fytomasa s vysokým obsahem lignocelulózy,
2. fytomasa olejnatých plodin,
3. fytomasa s vysokým obsahem škrobu a cukru,
4. organické odpady a vedlejší produkty živočišného původu,
5. směsi různých organických odpadů.

Pro získávání energie se využívá:

- a) Biomasa záměrně pěstovaná k tomuto účelu: cukrová řepa, obilí, brambory, cukrová třtina (pro výrobu etylalkoholu), olejniný (z nich nejvýznamnější je řepka olejná pro výrobu surových olejů a metylesterů), energetické dřeviny (vrby, topoly, olše, akáty a další stromové a keřovité dřeviny).
- b) Biomasa odpadní
 - Rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny: kukuřičná a obilná sláma, řepková sláma, zbytky z lučních a pastevních areálů, zbytky po likvidaci křovin a lesních náletů, odpady ze sadů a vinic.
 - Odpady z živočišné výroby: exkrementy z chovů hospodářských zvířat, zbytky krmiv, odpady mléčnic, odpady z přidružených zpracovatelských kapacit.
 - Komunální organické odpady z venkovských sídel: kaly z odpadních vod, organický podíl tuhých komunálních odpadů, odpadní organické zbytky z údržby zeleně a travnatých ploch.
 - Organické odpady z potravinářských a průmyslových výrob: odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce, odpady z jatek, odpady z mlékáren, odpady z lihovarů a konzerváren, odpady z vinařských provozoven, odpady z dřevařských provozoven (odřezky, hoblíny, piliny).

- Lesní odpady (dendromasa): dřevní hmota z lesních probírek, kůra, větve, pařezy, kořeny po těžbě dřeva, palivové dřevo, manipulační odřezky, klest. (Pastorek, Kára, Jevič, 2004)

2.2.2. ZPŮSOBY VYUŽITÍ BIOMASY K ENERGETICKÝM ÚČELŮM

Způsob využití biomasy k energetickým účelům je do značné míry předurčen fyzikálními a chemickými vlastnostmi biomasy. Velmi důležitým parametrem je vlhkost, resp. obsah sušiny v biomase. Hodnota 50 % sušiny je přibližná hranice mezi mokrymi procesy (obsah sušiny je menší než 50 %) a suchými procesy (obsah sušiny je větší než 50 %).

(Pastorek, Kára, Jevič, 2004)

Pro zpracování biomasy můžeme využít procesy:

a) Termochemické:

- spalování
- zplyňování
- pyrolýza

b) Biochemické:

- alkoholové kvašení
- methanové kvašení

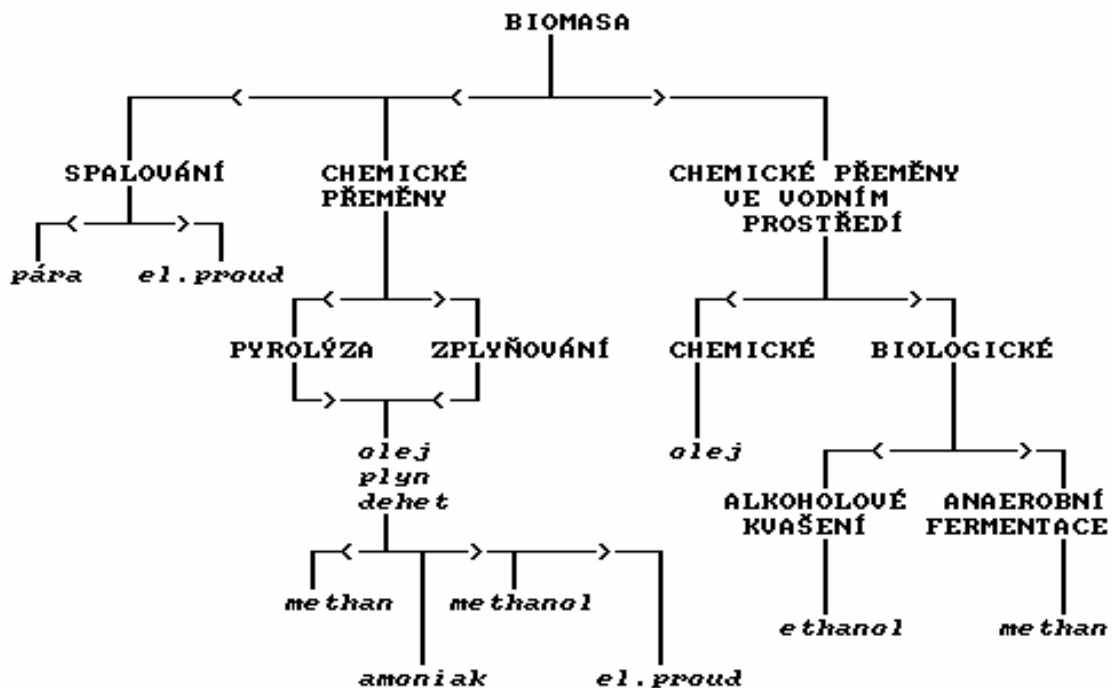
c) Fyzikální:

- mechanické (štipání, drcení, lisování, briketování, peletování, mletí)

d) Chemické:

- Esterifikace rostlinných olejů
- Oleochemie

Dále je možné využívat odpadní teplo ze zpracování biomasy (kompostování, anaerobní zpracování odpadů, větrání stájí, ochlazování nadojeného mléka apod.) (Jiříček, Rábl, 2005).



Obr. 2: Schéma energetického využití biomasy (Jiříček, Rábl, 2005)

Přestože existuje více způsobů využití biomasy k energetickým účelům, v praxi převládá ze suchých procesů spalování biomasy, z mokrých procesů výroba bioplynu anaerobní fermentací. Z ostatních způsobů dominuje výroba metylesteru kyselin bioolejů, získávaných v surovém stavu ze semen olejnatých rostlin.

K energetickým účelům lze využít v ČR asi 8 mil. t biomasy (viz tab.1)

Tab.1: Zdroje energ. využitelné biomasy v ČR (Pastorek, Kára, Jevič, 2004)

Biopalivo	mil. t
odpadní a palivové dřevo	1,7
obilní a řepková sláma	2,7
rychle rostoucí dřeviny a energetické plodiny	1,0
komunální odpad	1,5
spalitelný odpad z průmyslové výroby	1,0
celkem	7,9

Do celkové bilance biopaliv je nutné připočítat i bionaftu. V nejbližší době se předpokládá roční produkce 120 tis. tun (maximální množství asi 180 tis. t) bionafty a asi 22 mil. m³ bioplynu. (Pastorek, Kára, Jevič, 2004)

2.3. FORMY FYTOPALIV

Rostliny určené k energetickému využití poskytují surovinu pro prakticky všechny formy paliv jako paliva fosilní, vždyť i fosilní paliva jsou vlastně organického původu jen s tím rozdílem, že byla uložena mnoho milionů let v zemské kůře a podrobena působení značným tlakům a teplotám, které je pozměnily. Snížil se v nich obsah kyslíku, ztratily část plynných látek a zvýšila se jejich hustota. Současné rostliny mohou být po různých úpravách, z nichž hlavní je sušení, využity jako pevné, kapalné a plynné palivo.

(Sladký, Dvořák, Andert, 2002)

2.3.1. KAPALNÁ FYTOPALIVA

V ČR jsou hlavními představiteli kapalných paliv vylisované oleje z olejnin, jako je řepka, hořčice, slunečnice, sezam, amarant a další. Rozhodující podíl pro energetiku má však jenom olej řepkový pro výrobu bionafty, zatímco ostatní mají jiné využití v potravinářství, lékařském průmyslu, farmacii. Výhledově bude významný i etanol.

Řepkový olej

Přefiltrovaný řepkový olej se za určitých podmínek může stát bez dalších úprav motorovou pohonnou látkou – (první Dieselův motor právě na rostlinný olej pracoval), ale pro sjednocení vlastností s běžnou motorovou naftou se řepkový olej chemicky zpracovává esterifikací na metylester řepkového oleje, (tzv. MEŘO), který může plně nahradit fosilní motorovou naftu co do

výhřevnosti, emisí i ceny. V ČR se smíchává 30 % MEŘO s motorovou naftou, směs se označuje jako bionafta a prodává se v důsledku slevy na spotřební dani jako ekologické palivo. Bionafta má výhodnější ekologické vlastnosti, v přírodě se rychleji rozkládá a také emise při spalování jsou přijatelnější. Ve Francii se do veškeré nafty přidává asi 5 % MEŘO a směs se nijak neoznačuje.

České výrobní kapacity pro MEŘO patří k největším na světě, kapacity zajišťují výrobu až 60 000 tun ročně, což umožňuje smíchat až 200 000 tun bionafty, určené především pro městský autobusový provoz a provoz nákladních automobilů ve městech, případně v některých chráněných oblastech, kde jsou zdroje pitné vody i pro zemědělské a lesnické traktory.

Podstatou úpravy řepkového oleje je náhrada glycerinu obsaženého v řepkovém oleji metylalkoholem (o etylalkoholu se uvažuje do budoucna), čímž se dosáhne že kapalina je řidší a netuhne při nižších teplotách jako řepkový olej. V důsledku zavedení výroby bionafty a možností vývozu řepkového oleje a semene do zahraničí (kde z různých důvodů jsou plochy pěstování olejnin limitovány) stoupla plocha pěstování řepky asi trojnásobně během posledních deseti let. Podíl řepky v osevních postupech je však i u nás zejména z hledisek ochrany samotné řepky před nemocemi a škůdci limitován na cca 12,5 % plochy orné půdy, ale i to má značný význam pro využívání půdy vyřazené z výroby potravin. Jen u řepky se jedná o 300 000 ha s potenciálem výnosu asi 300 000 tun oleje, 600 000 tun pokrutin a 1 mil. tun energeticky využitelné slámy v jednom roce.

Významným energetickým zdrojem je vysoce výhřevná řepková sláma, se $14 - 15 \text{ MJ.kg}^{-1}$, čímž se přibližuje lepším druhům hnědému uhlí. Pro ní není prakticky jiné využití než v kotlích. Pro stlaní ani pro zaorání se příliš nehodí, ale dá se v poměrně velmi suchém stavu dobře běžnými stroji sklízet, případně tvarově zpracovat do peletek či briket a spalovat.

Etylalkohol

Etylalkohol (etanol) je kapalné palivo vznikající v lihovarech na základě kvasných procesů cukrů a škrobů a následné destilace. Je to kapalné palivo s výhřevností přibližně poloviční než má benzín nebo nafta, ale je možno jej vyrábět prakticky z každé organické hmoty obsahující cukry, škroby, glukózu, ale i třeba celulózu. Dosavadní „tradiční“ metody výroby etanolu jsou velmi náročné a energetický zisk je malý a při využívání dováženého zemního plynu k jeho destilaci zatím nejsou ekonomické výhody prokázány v plné míře. Z vložené energie do pěstování a zpracování surovin se získává tak jen několik procent navíc. Vývoj však nezůstává stát a připravují se nové metody založené na zplyňování části surovin, které mají být výkonnější, s větším procentem využití organické hmoty a s menšími energetickými vstupy. Etylalkohol umožní pak s řepkovým olejem výrobu EEŘO a nový druh bionafty. Etanol se bude ve větší míře přidávat do benzínu a motorové nafty. Tím by se nadále rozšířila výměra zemědělské půdy pro využití mimo potravinářskou produkci o statisíce hektarů. Jako perspektivní (podle zkušeností z USA) se jeví budování velkých kombinátů na výrobu bioplynu a etanolu, založených na vzájemné výměně surovin i energie.

Dřevní oleje

Dřevní oleje jako produkty pyrolýzy dřevin představují významnou, u nás dosud zcela opomíjenou formu kapalných paliv ze dřeva. Výrobní dřevěného uhlí, kterého se z původního materiálu – dřeva – vyrobí asi jen 20 %, všechen ostatní vzniklý produkt ve formě dehtového plynu zatím jen spalují, mnohdy zcela bez užitku. Ochlazením a kondenzací lze získat zdánlivě nevábnou kapalinu, která ale představuje asi 75 – 80 % hmotnosti použitého dřeva. Kromě dřeva lze prakticky zplyňovat a zkapalňovat jakoukoliv fytomasu. Zplyňování probíhá při různých teplotách podle požadované jakosti výrobku a to bez přístupu vzduchu. (Sladký, Dvořák, Andert, 2002)

2.3.2. PLYNNÁ FYTOPALIVA

Dřevní plyny

Dřevní plyn může být vyráběn dvěma způsoby, jako klasický dřevoplyn, známý z mobilních generátorů používaných za války na vozidlech, vyráběný za omezeného přístupu vzduchu nedokonalým spalováním a nebo plyn pyrolytický získávaný ve stacionárních zařízeních jako v retortách bez přístupu vzduchu podobně jako svítiplyn z uhlí v plynárnách. Obyčejný dřevoplyn má výhřevnost 5 – 6 MJ.m⁻³, kdežto pyrolytický plyn má výhřevnost 15 – 16 MJ.m⁻³, což je asi polovina výhřevnosti zemního plynu. (Sladký, Dvořák, Andert, 2002)

Bioplyn

Při rozkladu organických látek (hnůj, zelené rostliny, kal z čističek) v uzavřených nádržích bez přístupu kyslíku vzniká bioplyn. Tento proces, kdy se organická hmota štěpí na anorganické látky a plyn, vzniká díky bakteriím pracujícím bez přístupu kyslíku (anaerobně). Rozkládání víceméně odpovídá procesům probíhajícím v přírodě s tím rozdílem, že v přírodě probíhají i za přítomnosti kyslíku (aerobní procesy). Proto jsou meziprodukty těchto procesů odlišné a také chemické složení konečných produktů se liší. Zbytky vyhnívacího procesu jsou vysoce hodnotným hnojivem nebo kompostem. Bioplyn obsahuje cca 55 -70 % objemových procent metanu, výhřevnost se proto pohybuje od 19,6 do 25,1 MJ.m⁻³. V zemědělství se v největší míře využívá kejda (tekuté a pevné výkaly hospodářských zvířat promísené s vodou), případně slamnatý hnůj, v menší míře sláma, zbytky travin, stonky kukuřice, bramborová nať (obtížnější zpracování). Bioplynový potenciál v hnoji závisí na obsahu sušiny a na složení a strávení potravy.

V bioplynové stanici se biomasa zahřívá na provozní teplotu ve vzduchotěsném reaktoru, kde zůstává po pevně stanovenou dobu zdržení (většinou experimentálně ověřenou). Optimální teplotní pásma jsou vázána na různé kmeny bakterií. (Kolektiv autorů, 2002)

Bioplyn má nejvíce perspektivní význam ze všech plyných biopaliv. předností všech metod na výrobu bioplynu je, že plní dvě nezastupitelné funkce:

- zpracovávají všechny organické odpady s vyšším obsahem vody, nevhodné pro spalování na kvalitní organické hnojivo, aplikovatelné v jakémkoli požadovaném množství na jakýkoliv pozemek bez škodlivých účinků, jaký mohou mít např. čerstvá kejda, nebo čistírenské kaly, či čerstvý slamnatý hnůj. Odfermentované suroviny ztratily sice část uhlíku a vodíku, ale obsahují jinak všechny aktivní látky, potřebné pro výživu rostlin.
- vytváří vysoce hodnotné plyné palivo – bioplyn s obsahem až 65 % metanu (CH_4) a vodíku (H_2) a s nepatrným množstvím relativně snadno odstranitelného oxidu siřičitého (SO_2), určitým množstvím oxidu uhličitého (CO_2) a vody. Bioplyn se svou výhřevností přibližuje zemnímu plynu, má asi 70 % jeho výhřevnosti s ohledem na určitý podíl CO_2 a vodní páry. Technologicky je možno bioplyn upravit až na čistý metan, čili zemní plyn, ale toto není u nás v praxi zatím využíváno, protože původní výhřevnost postačuje i pro pohon stacionárních motorů. (Ve Švédsku, Švýcarsku i jinde se uplatňuje i v síti).

Podstatou tvorby bioplynu, tj. metanu je organický rozklad hmoty v několika fázových stupních, které mohou v souhrnu trvat asi 1 měsíc, při teplotách kolem $37\text{ }^\circ\text{C}$ (teplota zažívacího traktu živočichů, zejména přežvýkavců, jejichž trávení představuje stejný proces). Podmínkou je nepřítomnost vzduchu a kyslíku. Tuto teplotu je nutno udržet, proto při kapalných procesech, které dnes převládají a s obsahem sušiny 8 – 12 %, je nezbytné reaktory přehřívat. K tomu se v zimě využívá až 30 % vyrobeného tepla. Zkouší se i metody přehřevu teplým generátorovým plynem ze zpracovávaných dřevin. (Sladký, Dvořák, Andert, 2002)

2.3.3. PEVNÁ FYTOPALIVA

Pevná fytopaliva odvozují svůj původ:

- z dřevin – tj. rostlin s dlouholetým životním cyklem s pevnou strukturou narostlé biomasy stromů, dřevin, převážně z účelově pěstovaných lesů, alejí, sadů a rychle rostoucích dřevin pěstovaných na zemědělské půdě, sklizených s obsahem vody kolem 50 %,
- ze stébelnin, tj. rostlin s většinou jednoletým, ale i víceletým životním cyklem, představovaných obilninami, olejinami a dalšími bylinami pěstovaných dosud většinou k potravinářským účelům, ale postupně doplňovaných dalšími, speciálními bylinami s vysokým výnosem hmoty. Mají nízký obsah vody (do 20 %), neboť se sklízí většinou jako vedlejší produkty rostlinné výroby nebo po dosažení zralosti jako skoro suché. (Sladký, Dvořák, Andert, 2002)

Palivové dřevo, polena, polínka

Dřevní palivo ve formě polen a polínek stále převažuje ve vytápění rodinných domků a farem v Rakousku, Bavorsku a Skandinávii. Jejich podíl dosahuje na celkovém množství fytopaliv až 70 % a také v ČR se s rozvojem dřevozplyňujících kotlů (VERNER, ATMOS a dalších) opět stále více používá polínkových forem paliva. V bývalém Československu vykazovaly statistiky spotřebu 250 000 až 500 000 plm (plnometr = 1m² skutečné dřevní hmoty) palivového dříví za rok a to jen dodávaného Státními lesy, když samovýroba nebyla vykazována. Odhaduje se, že je u nás v provozu kolem 40 000 dřevozplyňujících kotlů s roční spotřebou až 15 plm polen na kotel a rok, což představuje dalších 600 000 plm polenového dřeva roční spotřeby, což je zhruba 0,4 mil. tun fytopaliva.

Palivo z kůry jehličnanů

Kůrový obal stromů je nevhodný pro průmyslové zpracování. Velké množství kůry zůstává zejména při zpracování smrku na papír a celulózu,

kdy se před vlastním výrobním procesem odstraňuje různými způsoby i tzv. mokrymi metodami, při kterých kůra vypadává z linky s obsahem vody přes 70 % - přesto je jí možno hodnotit jako palivo – i když se musí nějakým způsobem sušit. U oborového dřeva a listnáčů zůstává kůra na odřezkách a po jejich dalším zpracování se s nimi spaluje. Část kůry se zpracovává na substráty nahrazující rašelinu pro zahradnické účely, přičemž jako přídavek se hodí drůbeží podestýlka nebo odlisovaný substrát z bioplynové stanice. Kůra má s ohledem na vyšší obsah pryskyřic zpravidla nejvyšší výhřevnost – až 19 MJ.kg^{-1} sušiny.

Průmyslová dřevní štěpka

Průmyslová štěpka se odlišuje od lesní štěpky z lesní těžby i od štěpek z dřevního šrotu nebo štěpek z obalů. představuje nakráčené zbytky – vedlejší výrobky základního dřevozpracujícího průmyslu – pil. Pokud se vyrábí z odkorněného dřeva lepší jakosti je sama velmi cenným materiálem, který je škoda spalovat. Zpravidla je ji možno lépe zpeněžit v dalším zpracovatelském průmyslu – celulózkách nebo v průmyslu dřevních desek. Pokud obsahuje kůru, používá se pro spalování. nejkvalitnější štěpku poskytují suché truhlářské odpady, které se však zpravidla na trh nedostanou, neboť je využívají samotné podniky ve kterých vznikly. Měly by se pro svou kvalitu přednostně využívat ve formě pelettek.

Dřevní piliny

Drobné dřevní zbytky pilařské a truhlářské výroby. Rozměr částic od 1 do 3 mm, často s příměsí kůry a větších kousků dřeva, které se někdy vytřídují. piliny ze suchého dřeva z truhlářské výroby mají obsah vody do 15 %, výhřevnost je 15 až 16 MJ.kg^{-1} , piliny z pil mají obsah vody kolem 45 % a výhřevnost kolem 9 MJ.kg^{-1} . Měrná objemová hmotnost u sypaných suchých pilin je kolem 120 kg.sm ($[\text{sm}] = 1 \text{ m}^3$ sypaných pilin) u surových pilin je kolem 150 kg.sm a více. Dřevní piliny jsou užívány pro spalování ve speciálních topeništích nebo jako surovina pro brikety a peletky.

Dřevní hobliny

Suché zbytky z truhlářské výroby s obsahem vody do 15 %, měrná hmotnost kolem 50 kg.sm, výhřevnost kolem 15 MJ.kg⁻¹. Vhodné zapalovací palivo a surovina pro výrobu briket. Velmi jemné hobliny z měkkého dřeva jsou cenným materiálem na podestýlku malých domácích zvířat.

Dřevní peletky (pelety)

Mechanicky velkým tlakem zpracovaná suchá, čistá dřevní drť, piliny se 6 – 12 % vody, s malým podílem dřevního prachu do tvaru válečků o průměru 6 až 25 mm (výjimečně do 40 mm), délky od 10 do 50 mm, směrnou objemovou hmotností 1 až 1,4 kg.dm⁻³. Sypná hmotnost je kolem 600 kg.sm⁻¹. Výhřevnost 16,5 až 18,5 MJ.kg⁻¹. Obsah popele v sušině 0,5 až 1,1 %. Povolený max. obsah polutantů, kůry a ekologického pojiva určen normou (do 2 %). Pro dobré sypné a skladové vlastnosti a vysokou koncentraci energie jsou určeny pro automatické kotle pro rodinné a menší obytné domy a lokální automatická kamna pro byty, mohou i doplňovat uhlí v kotelnách. Poměr průměru a délky by neměl být větší než 1:3.

Dřevní brikety

Mechanicky velkým tlakem zpracovaná suchá dřevní drť, piliny a jemné hobliny (6 - 12 % vody) do tvaru válečků, hranolů nebo šestistěnů, o průměru 40 až 100 mm, délky do 300 mm, s objemovou hmotností 1 až 1,4 kg.dm⁻³. Výhřevnost 16,5 až 18,5 MJ.kg⁻¹. Obsah popele v sušině 0,5 až 1,5 %. Povolený obsah polutantů a ekologického pojiva stanovena normou. Použití: do malých topenišť, lokálních kamen, kotlů a krbů s ručním přikládáním. (Sladký, Dvořák, Andert, 2002)

Peletky ze stébelnin

Mechanicky pod velkým tlakem zpracované suché, drcené stébelniny (sláma obilovin, olejnin, travin, energetických bylin, obsah vody 8 až 15 %), do tvaru válečků o průměru 6 až 25 mm (vyjím. hranolů o průměru do 40 mm), délky od 10 do 50 mm s měrnou, objemovou hmotností 1 až 1,2 (1,4) $\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Sypná hmotnost 550 až 600 $\text{kg}\cdot\text{sm}^{-1}$. Výhřevnost 16,5 až 17,5 $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ (ze slámy olejnin až 19 $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$). Obsah popele 5 až 6 %. Povolený obsah polutantů a ekologického pojiva určí norma. Použití: přídavek paliva pro automatické kotle s tepelným výkonem přes 25 kW. (V topeništích s nižším tepelným výkonem mohou vznikat potíže s odhoříváním, popelem a emisemi při spalování peletek s průměry většími než 6 mm).

Brikety ze stébelnin

Mechanicky pod velkým tlakem slisované suché drcené nebo nakrátko řezané stébelniny (sláma obilovin, olejnin, travin a energetických bylin, semena plevelů s obsahem vody 8 až 14 %) do tvaru válečků, hranolů nebo šestistěnnů o průměru 40 až 100 mm, délky do 300 mm s měrnou objemovou hmotností 1 až 1,2 $\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Výhřevnost 16,5 až 17,5 $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, ze slámy olejnin až 19 $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$. Obsah popele 5 až 6 %. Příměsi a ekologické pojivo povoluje norma. Určení: pro kotle, krby a topeniště s ručním přikládáním o tepelném výkonu přes 25 kW.

Slaměné, kůrové a papírové pakety

Směsná, nahrubo drcená biomasa slisovaná středním tlakem (do 250 bar) do tvaru válců o průměru do 150 mm a délky 300 až 500 mm, s objemovou hmotností kolem 0,3 $\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$, obsahem vody do 18 %, výhřevností do 15 $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejsou jednoznačným obchodním palivem, představují produkt technologické úpravy směsného paliva, výrobních zbytků a obalů ve skladech před topeništěm. Účelem úpravy je zvýšení koncentrace energie a úspora skladovacího prostoru. Vhodné pro kotle s výkonem přes 500 kW jako energeticky podpůrné palivo.

Brikety a peletky kompozitní

Mechanicky pod velkým tlakem zpracované suché, drcené substráty s převahou dřevní nebo stébelnaté hmoty s přidavkem normou stanoveného uhelného prachu s nízkým obsahem síry, vápenného prachu, papíru a ekologických pojiv (škrobu, melasy). Vody 8 až 15 %, výhřevnosti do 22 MJ.kg⁻¹. Průměr peletek bývá do 25 mm a délka do 50 mm. Obsah popele do 8 % v sušině. Perspektivní tvarovaná kombinovaná biopaliva pro univerzální použití v automatických kotlích vyššího tepelného výkonu.

Balíky stébelnin

Nízkotlaké s měrnou hmotností kolem 60 kg.m⁻³ a hmotností kusu 3 až 10 kg, vysokotlaké s měrnou hmotností kolem 120 kg.m⁻³ a hmotností kusu 10 až 20 kg, obří válcové s měrnou hmotností kolem 110 kg.m⁻³ a hmotností kusu 200 až 300 kg, obří hranolové s měrnou hmotností kolem 150 kg.m⁻³ a hmotností kusu 300 až 500 kg. (Sladký, Dvořák, Andert, 2002)

Brikety nebo pelety z rostlin (bylin)

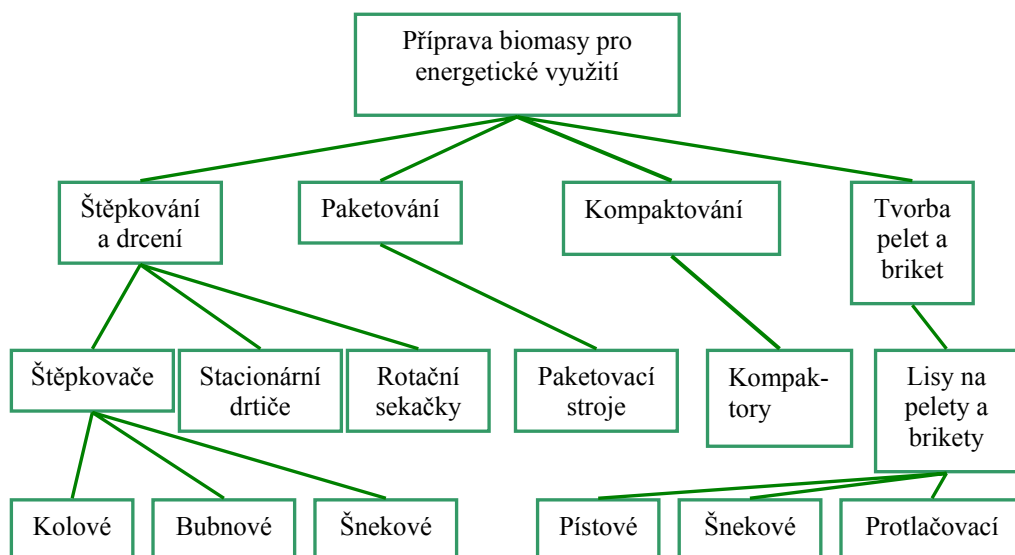
Brikety mají válcový tvar, jsou dlouhé cca 30 cm a lze je s úspěchem použít obvyklým způsobem, jako při užívání polen ze dřeva. Výhřevnost je velmi dobrá, v podstatě se neliší od běžného dřeva. V současné době je cena předběžně stanovená na 2,50 Kč.kg⁻¹, což není o mnoho dražší než hnědé uhlí; oproti uhlí černému (cca 3,50 Kč.kg⁻¹) je tato cena jednoznačně nižší. Brikety se vyrábí lisováním z řezanky přímo sklizené z pole, bez přidavku jiných materiálů. Jedná se tedy o výhradně přírodní materiál. Vedle dlouhých briket lze vyrábět na jiném typu lisu též brikety kratších rozměrů, jako brikety zlomkové. Ty se dají přikládat do kamen obdobně jako kusové uhlí. Na rozdíl od uhlí jsou brikety z biomasy mnohem čistší, nezatěžují okolí škodlivými emisemi a mají oproti uhlí velmi nízký obsah popele. Tento popel lze použít jako hnojivo na zahradu nebo na pole.

Podobné vlastnosti mají i tzv. pelety. Jsou to drobné granule, tvarované v lisech, kde se běžně vyráběly (a někde se ještě paralelně vyrábí) krmné granule pro hospodářská zvířata. Nebo jsou již i u nás vyvinuty speciální lisy,

určené výhradně k výrobě topných pelet z biomasy (zpravidla pro velkokapacitní výrobu). Pelety mají zpravidla průměr 0,8 až 1 cm, dlouhé jsou 1 až 3 (4) cm. Výhodou těchto pelet je možnost jejich automatického přikládání do speciálně konstruovaných kotlíků, což je velmi pohodlný způsob vytápění, blížíci se vytápění např. plynem. Lze je ale používat i bez dokonalé automatizace, jen je k tomu třeba zařízení určené na spalování biopaliv (např. kamna na dřevo). Palivo ve tvaru pelet si mohou ale zajistit také drobní pěstitelé energetických rostlin. (Petříková, 2007)

2.4. MECHANICKÁ ÚPRAVA PEVNÝCH BIOPALIV

Vzhledem k rozmanitosti a navíc i k tvarové a objemové různorodosti biomasy je třeba ji před dalším použitím homogenizovat dezintegrací, popřípadě tříděním. S ohledem na rozdílný charakter nelze použít jedinou univerzální dezintegrační technologii.



Obr. 3: Rozdělení strojů pro úpravu biomasy (Urban, 2007)

2.4.1. ŠTĚPKOVÁNÍ A DRCENÍ

Hlavní technologickou operací pro zpracování energetických dřevin, odpadů z lesní těžby a prořezávek parků, alejí a zahrad, z dřevozpracujícího průmyslu, ale i vyřazených dřevěných obalů, palet apod., je štěpkování a drcení. Zařízeními pro štěpkování a drcení jsou štěpkovače, drtiče a rotační sekačky. Výkon pohonného motoru se pohybuje mezi 4 kW u malých a 250 kW u velkých průmyslových štěpkovačů užívaných pro likvidaci zbytků po velkoplošných lesních těžbách.

Štěpkovače kolové (diskové)

Vyznačují se umístěním nožů na mohutném kole o průměru 1 - 1,5 m, jehož osa otáčení je ve směru pohybu zpracovávaného materiálu a řez se provádí kolmo na směr pohybu materiálu. Na kole bývá 1 - 6 nožů podle výsledné délky štěpky a otáčky kola jsou cca 500 min⁻¹. Mají poháněné nejméně dva vtahovací válce s možností zpětného chodu při přetížení stroje. Větší štěpkovače mají i vkládací dopravník, případně ventilátor na zvýšení odhozu a na třídění těžších a lehčích částic. Menší štěpkovače jsou zcela mechanické, velké jsou vybaveny hydraulikou a drapákovým výložníkovým manipulátorem.

Štěpkovače bubnové

Bubnové štěpkovače mají hlavní pracovní orgán ve tvaru bubnu, na jehož obvodu je umístěno až 6 rovných nebo spirálových nožů. Osa otáčení je kolmá k pohybu zpracovávaného materiálu. U menších štěpkovačů postačuje energie udělená odseknuté štěpce k tomu, aby materiál odlétl až do kontejneru. U větších štěpkovačů pomáhá této dopravě štěpky pomocný ventilátor. Bubnové štěpkovače dosahují nejlepší kvality štěpky co do přesnosti délky a jsou používány na nejkvalitnější materiály, zejména pro papírenskou výrobu. Délky bubnů a tím i šířky vstupních otvorů bývají až 1 m, výška otvoru 0,4 až 0,5 m a průměry bubnů 0,6 až 0,9 m. Otáčky bubnu

jsou vyšší než u kolových štěpkovačů, cca 1000 min^{-1} . Bubnové štěpkovače je nutno pečlivě chránit proti poškození nožů vniknutím kovových předmětů nebo kamenů.

Štěpkovače šnekové

Šnekové štěpkovače jsou jednoduché konstrukce s kónickým řezacím šnekem, zhotoveným ze silného ocelového plechu s naostřenou obvodovou hranou. Šnek má schopnost vtahovat vkládané kmínky a odfrézovat od nich štěpku různé délky, nastavitelné stoupáním výměnných šneků. Šnekové štěpkovače jsou vhodné pro jednotlivé sortimenty palivového dřeva s průměrem 150 až 200 mm bez slabých větví.

Rotační sekačky

Rotační sekačky malých kmínků a větví do průměru 80 mm jsou tvořeny dvojicí křížových nožů umístěných na dvou hřídelích poháněných proti sobě dvojicí ozubených kol. Podobné jsou různé zahradní drtiče rostlinných zbytků včetně slabých větví, které připravují materiál pro kompostování.

Stacionární drtiče

Stacionární drtiče dřevního odpadu jsou podobné bubnovým řezačkám, ale místo rovných nebo spirálových nožů jsou na bubnech opatřeny odřezávacími elementy podobnými pevným, naostřeným kladívkům, často z tvrdokovů, které z vkládaného dřeva odfrézovávají štěpky, hobliny a dř. Tato zařízení bývají opatřena kolem bubnu ve spodní a zadní části umístěnými kalibrovacími sítí, která propustí dále jen materiál potřebné frakce.

2.4.2. PAKETOVÁNÍ

Jednou z metod homogenizace těžebního odpadu je paketování, při kterém se klest lisuje do balíků. Lisovací tlaky jsou podstatně vyšší než u lisů na slámu, protože větve namáhané při lisování na vzpěr kladou lisu velký odpor. S pakety se dále manipuluje na europaletách, na něž je možno uložit dva pakety vedle sebe. Pakety je možné spalovat ve speciálních topeništích nebo jsou používány jako mezioperační zásoba před další dezintegrací. Použití celých paket jako paliva je komplikováno tím, že jejich hoření je nerovnoměrné. (Horáček, 2001)

2.4.3. KOMPAKTOVÁNÍ

V České republice před více než 20 lety rozpracoval systém kompaktování Ing. Lanča pro sklízeč sena. Různá jeho provedení v Německu, ve Francii a dnes již dokonce i v Rumunsku vytvářejí nekonečné svinuté provazce válcového tvaru se značným stupněm stlačení, které je vyšší než u běžných obřích a vysokotlakých lisů a přibližuje se lisům briketovacím. Průměry válců vytvořených svinováním se pohybují od 300 do 800 mm a nekonečně vytvářený válec se přídatnou pilou řeže na potřebné délky. Původní myšlenka směřovala ke zpracování objemných krmiv, tam se však neuplatnila, až teprve možnost energetického využití přebytků stébelnin znovu zájem oživila. Princip využití je jasný, z pole nebo louky se odváží hotový výrobek schopný jakékoliv dopravy, o vysoké měrné hmotnosti, připravený k použití v přizpůsobené kotelně, pokud byl vyroben ze suchého materiálu. (Pastorek a kol., 1999)

2.4.4. BRIKETOVÁNÍ A PELETOVÁNÍ

Energeticky je výroba briket a pelet poměrně náročná, protože vyžaduje vyšší úroveň dezintegrace vstupního materiálu při současném snížení jeho vlhkosti. Výhodná je proto jejich výroba již z materiálu vysušeného a dezintegrováného v průběhu jiného, předcházejícího technologického procesu, např. z pilin a hoblin pocházejících z již vysušeného řeziva při dřevozpracující výrobě. (Horáček, 2001)

Briketování

Technologie briketování využívá mechanických a chemických vlastností materiálů, které se použitím vysokotlakého lisování zhutňují do kompaktních tvarů bez přídavku pojiva s využitím pryskyřic obsažených v materiálu. Působením vysokého tlaku a tepla se uvolní z buněčných struktur dřeva lignin a spojí tak jednotlivé částice do kompaktní brikety. Jiné materiály, například litinové špony nebo papír, působením tlaku nad mezí pevnosti mění svůj tvar a mechanickým zaklíněním jednotlivých částic vytvářejí kompaktní hmotu. Brikety mají definovaný tvar podle použitého způsobu lisování a tvaru raznice.

Pro briketování je vhodná velmi široká paleta materiálů. Omezující podmínkou vlastností materiálu pro zpracování je především vlhkost materiálu, která nesmí přesáhnout 15 hmotnostních procent vody a dále zrnitost materiálu, která nesmí přesáhnout rozměr 15 mm v jednom směru. (Briklis s.r.o., 2005)

Peletování

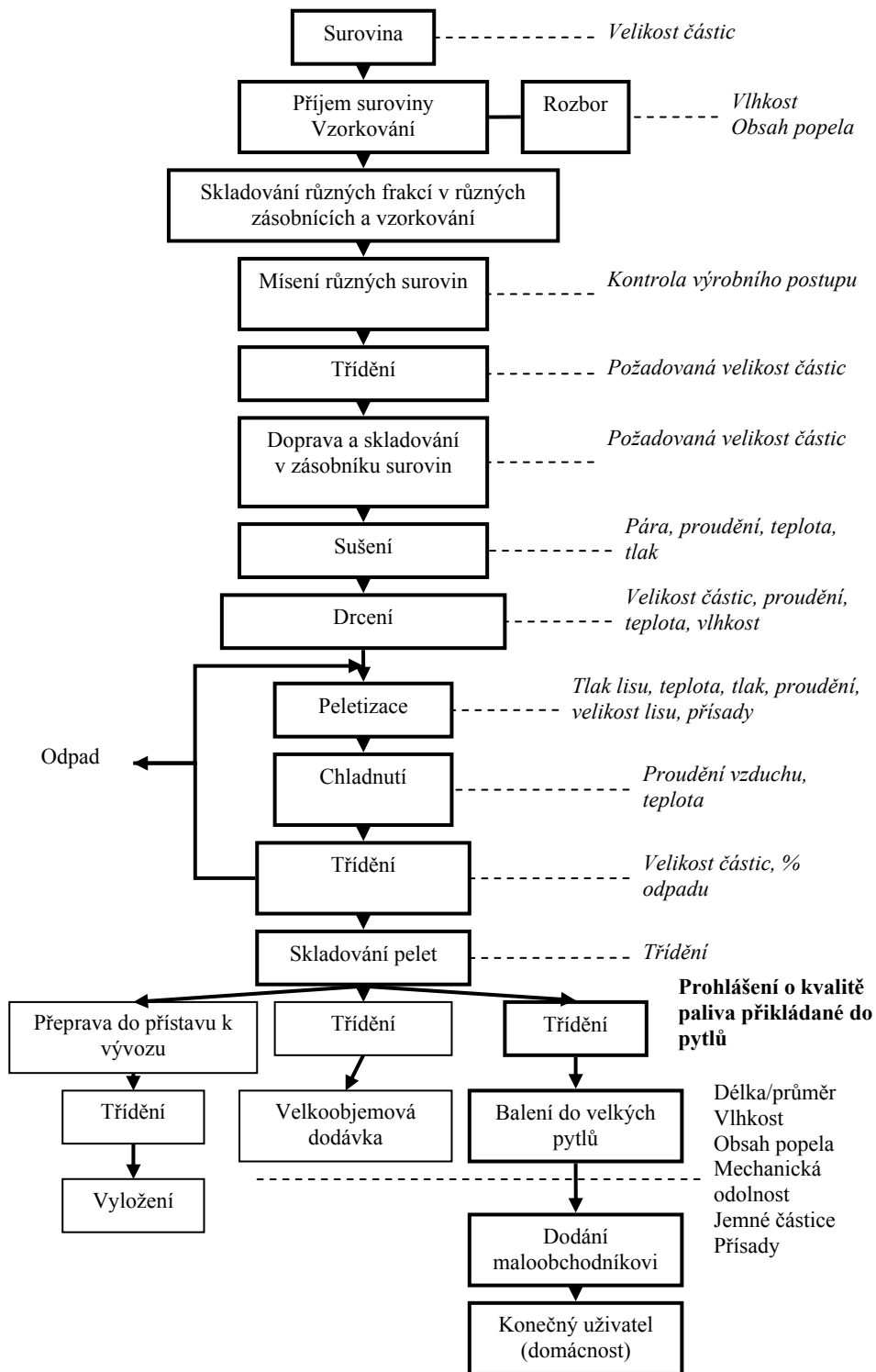
Technologie výroby a vytápění dřevními peletami byla přibližně před 30 léty vyvinuta v USA firmou Whitfield, doznávala však zpočátku, stejně jako ve skandinávských zemích, jen malého rozšíření. V Rakousku, kde mělo vytápění dřevem vzhledem k velkému lesnímu bohatství tradici, se vytápění peletami razantněji uplatnilo počátkem 90. let a bylo dále rozvíjeno pro

všechny systémy vytápění, zejména však pro rodinné domky. Pelety díky své vysoké energetické hustotě a sypkosti nabízejí srovnatelný komfort jako systémy používající lehký topný olej nebo zemní plyn.

Dřevní pelety jsou malé, válcovité tyčinky nyní většinou o průměru 6-8 mm, s délkou 20 až 30 mm, které se vyrábějí lisováním z dřevních odpadů, (piliny, hobliny, obrusný prach). Tyto suroviny musí být v přírodním stavu bez jakýchkoliv škodlivých příměsí. Nesmí obsahovat syntetická pojiva a těžké kovy. Dřevní pelety se vyrábějí lisováním v protlačovacích lisech.

Výrobní proces peletování je znám již 100 let v krmivářském průmyslu. Pro soudržnost pelet má kromě tlaku význam hlavně obsah ligninu a pryskyřic ve dřevě. Pro zlepšení jakosti se někdy k surovině přidává 1 - 2 % pomocných organických látek jako je melasa, škrob atp. Peletováním vzniká zcela nový druh dřevního paliva s vysokou energetickou hustotou, dobrými palivářskými vlastnostmi a vynikajícími vlastnostmi z hlediska dopravy a manipulace, které umožňují ekonomické skladování, předzásobení a automatický přívod paliva k topeništi.

Pelety ze stébelnin se zatím nestaly běžným tržním palivem. V porovnání s dřevěnými peletami, kterých se produkuje miliony tun, se u pelet ze stébelnin, zejména ze slámy jedná řádově o stovky tun. Technologie jejich výroby se liší. Stébelninám chybí dostatečné množství základní pojivové látky — ligninu a proto se ke slámě musí přidávat různá aditiva. To nejen pro zvýšení jejich soudržnosti, ale také i výhřevnosti. Výzkumem výroby a využití topných pelet ze stébelnin se zabývá zejména VÚZT Praha Ruzyně, VÚHU Most a v zahraničí Technické univerzity v Drážďanech a Lipsku. Z aditiv lze jmenovat především prach z hnědého uhlí, škrob, vápenný prach, které v podílu do 2 až 10 % podstatně zvyšují pevnost a odolnost proti otěru pelet ze stébelnin a zejména brání měknutí, lepení a spékání popele už při teplotách kolem 800 °C. Ukazuje se, že pelety ze stébelnin se budou vyrábět s většími průměry (20 mm) než pelety dřevní (6 - 8 mm). Ty budou spalovány také v jiných, podstatně výkonnějších topeništích (přes 200 kW), často spolu s uhlím. Výrobní řetězec pelet jako proces je určen normou (viz obr. 4).



Obr. 4: Výrobní řetězec pelet (ČSN P CEN/TS 15234)

Jednotlivé procesy peletizace:

Sušení je nezbytné u všech druhů dřevních surovin, které mají vyšší obsah vody než je potřebných 12 — 14 %. Dodávané piliny (od katru) obsahují zpravidla až 50 i více % vody. Sušení je energeticky náročné (až 5 MJ.kg⁻¹ odpařené vody) a tím také nákladné. Rekuperací tepla z chlazení a z odpařené vody (kondenzací) zpět do sušícího vzduchu je možno náklady na sušení suroviny výrazně snížit. (Andert, Sladký, Abraham, 2006)

Vlhké piliny se zpravidla suší v bubnových sušárnách přímo spalínami, ale v poslední době zahraniční zákazníci vyžadují sušení horkým vzduchem, čili přes výměník a to ještě s teplotami do 160 °C, aby nedocházelo ke ztrátě spalitelných těkavých látek, ale odstranila se jen přebytečná voda. Potom také nedochází k náhodnému připalování nebo dokonce k zahoření sušárny, ale sušící zařízení je o investici do výměníku nákladnější. Výkonnost sušícího zařízení je zpravidla o něco větší než výkonnost hlavního peletovacího stroje, ale nerovnoměrnost výkonů stejně vyrovnává chladicí mezizásobník suché suroviny. S ohledem na stupeň technické dokonalosti je spotřeba tepla na odpar 4 až 5 MJ.kg⁻¹ vody a podle obsahu vody vstupní suroviny do sušárny se stanoví potřeba paliva pro ohřev sušícího vzduchu. To odpovídá spotřebě asi 0,5 kg odpadového dřeva, nebo 0,12 kg LTO na kg vody. (Pharaoh s.r.o., 2003)

Mletí - drcení na kladívkových drtičích (mlýnech) s kalibrovacím protisítem je nezbytné u suroviny, která obsahuje větší kousky dřeva přicházejícího z hlavní, např. truhlářské nebo tesařské výroby. Je to proto, aby byl získán homogenní, stejnozrný, jemný materiál. Drtičem se také zpracovávají veškeré stébelniny určené k peletizaci. (Andert, Sladký, Abraham, 2006)

Do výrobního procesu většinou nepřichází surovina v optimálním tvaru, ale jako piliny, hobliny, kousky dřeva, a proto je ji třeba před vlastní peletizací homogenizovat, upravit částice na vhodnou velikost. To se zajišťuje výkonným kladívkovým drtičem, zpravidla před peletizátorem. Jen výjimečně se tento stroj vynechává a nahrazuje třídičem. Příkon drtiče je několik desítek

kW a svou spotřebou se přibližuje spotřebě peletizátoru. Pokud technologický stav suroviny dovoluje homogénizátor vynechat, docílí se značných úspor, investičních i provozních nákladů. Při dostatku suroviny postačuje k její úpravě vhodná soustava sít. (Pharaoh s.r.o., 2003)

Napařování suroviny před peletovacím lisem je nedílnou, ale často u malých výroben pelet ke škodě opomíjenou operací. Jeho účelem je změkčení suroviny, její povrchové ovlhčení tak, aby lisovací proces probíhal snáze, nedocházelo k nadměrnému opotřebením pracovních orgánů (u menších lisů je surovina jen pokropena vodou). Kondicionování suroviny snižuje tření a šetří energii při peletování. Přídavek vody ve formě páry v množství kolem 2 % hmotnosti suroviny se při lisování a následném ochlazování pelet vypaří a obsah vody je upraven na 11 až 14 %. Do pracovního prostoru peletovacího lisu se surovina od kondicionéru přivádí výhradně šnekovým, dávkovacím dopravníkem, jeho otáčky a tedy výkon je plynule řízen. Do míchacího prostoru před lisem, který je vybaven dostatečně dimenzovaným šnekovým dopravníkem, jsou kromě hlavní suroviny přiváděny vedle páry i potřebná aditiva. Kvalita, vzhled a pevnost pelet vyrobených z napařované suroviny jsou mnohem lepší než ze suroviny takto neošetřené. Technologie přípravy suroviny bývají výrobním tajemstvím producenta. Celý provoz je v praxi hlídán počítačem s velmi propracovaným programem a u elektromotoru jsou použity frekvenční měniče.

Peletování jako nejdůležitější operace probíhá v peletovacích - granulačních lisech. Pro vyšší výrobní výkony (5 až 10 t.h⁻¹) se používají lisy s prstencovou maticí s mnoha přesně vyrobenými otvory. Matrice otáčející se kolem vodorovné osy na čepu je obklopena pláštěm. Ve vnitřním prostoru matrice jsou umístěny na čepěch v přesné vzdálenosti zpravidla dvě otáčivé válcové rolny, kterými se zpracováváný materiál otvory matrice protlačuje. Na vnější straně matrice je umístěn nůž, který vyrobené pelety odřezává na stanovenou délku. Pro nižší výkony se používají peletovací lisy s plochou, talířovou maticí s vertikálním středovým čepem, na které se odvalují

3 - 4 konické rolny s protlačovací funkcí. Vzdálenost mezi rourami a matricemi je přesně dána, protože jejich otáčení je vyvozováno pouze třením mezi matricí, lisovaným materiálem a rolnou. Oba typy protlačovacích matric jsou vybaveny určitým počtem přesně vyvrtaných otvorů, jejichž průměr odpovídá požadovanému průměru vyráběných pelet. V současné době se dřevní pelety nejčastěji vyrábějí s průměrem 6 nebo 8 mm a délkou do 10 - 30 mm. Tyto jsou určeny pro malá topeniště s výkonem do 25 kW. Pelety ze stébelnin, případně s určitými aditivami (uhelný nebo vápenný prach) se zkušebně vyrábějí s průměrem 20 mm a jsou určeny pro větší topeniště s výkonem přes 100 kW, spíše však přes 500 kW).

Chlazení a skladování: Na konci výrobní operace musí být pelety o teplotě až 90 °C ochlazeny, teprve potom získají pelety dostatečnou pevnost a odolnost proti odrolu. I toto odpadní teplo se doporučuje využít např. pro předsušení suroviny.

Pozn.: Pro výrobu jedné tuny pelet (1,7 m³) je zapotřebí 5 až 8 m³ dřevních pilin. Samotné peletování suché suroviny vyžaduje pozoruhodně malý podíl energie v porovnání k obsahu energie v peletách. Např. tuna dřevních pelet obsahuje 5000 až 5500 MWh, zatímco peletizace 1 tuny vyžaduje jen 70 až 100 kWh elektrické energie. (Andert, Sladký, Abraham, 2006)

Chlazení peletek po výstupu z peletizátoru je zásadní nezbytností. Teprve potom peletka dostává potřebnou pevnost a trvanlivost neboť zatuhne lignin a případné pojivo. Použitý chladič musí mít odpovídající výkonnost, musí zajišťovat plynulý průtok značného množství materiálu bez toho, aby ještě málo pevné peletky poškozoval. Proto chladič patří nejen k objemově největším zařízením výrobní linky, ale bývá také po sušárně, drtiči a peletizátoru nejnákladnější. (Pharaoh s.r.o., 2003)

Balení a expedice: Při expedici v menších množstvích, zejména pro uživatele lokálních kamen, se plní pelety do pytlů do hmotnosti 25 kg. Při větším množství se pelety dopravují v cisternových automobilech o nosnosti cca

6 — 7 tun a pneumaticky dodávají odběrateli přímo do jeho skladu v blízkosti kotle nebo nad kotlem. Pelety se dodávají na přání zákazníka i v obřích vacích s obsahem až 1 tuny. U kotle se vaky zavěšují na speciální stojany a napojují na dopravníky pelet ke kotli. (Andert, Sladký, Abraham, 2006)

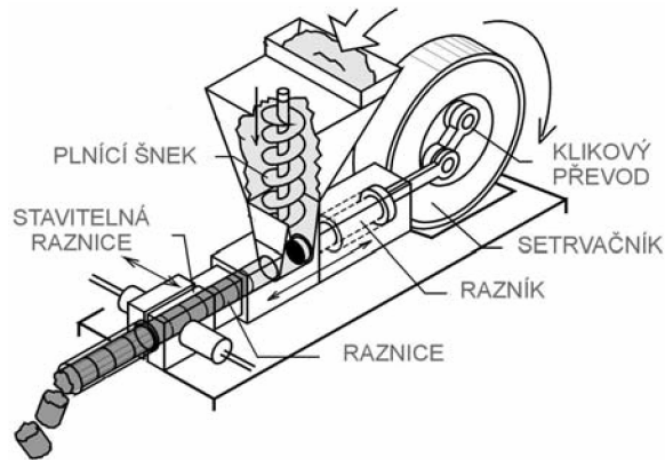
Tok vyrobených peletek směřuje buď přímo do expediční váhy nebo do koncového zásobníku. Všechny výrobní prvky peletárny propojuje soustava horizontálních a vertikálních dopravníků mechanických nebo vzduchotlakových. U vzduchotlakových je nezbytné použití rotačních uzávěrů - turniketů. K dopravním systémům se zařazuje odlučovač prachu a před expedicí je ještě zařazeno vibrační ploché nebo rotační síto, které z finálního výrobku odstraňuje prach a zlomky pelet. (Pharaoh s.r.o., 2003)

Briketovací a peletovací - granulační lisy

Z hlediska perspektivy rozvoje standardizovaných fytopaliv představují nejdůležitější stroje briketovací a peletovací lisy. Vytvářejí standardní trvalé formy fytopaliv, schopné dopravy na velké vzdálenosti, optimální pro skladování a pro automatické přikládání při provozu kotlů a různých topenišť. Vyrábějí se s výkonností od $0,1 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ (pro menší dřevozpracující truhlářské výrobní) až po výkonnost $10 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ pro velké peletárny navazující i na velké elektrárny a teplárny. Rozlišují se v podstatě tři systémy briketovacích lisů a tři systémy peletovacích lisů:

Briketovací lisy

- mechanické pístové, které pracují na principu klikového mechanismu s mohutnými setrvačníky (viz obr. 5). Vyznačují se nejvyššími tlaky v lisovací komoře, kterou opouští nekonečně dlouhá briketa, přesně krácená za výstupem odřezávací pilou. Výkonnost lisu bývá zpravidla kolem $1 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$, tvar briket je většinou válcový, ale vyrábějí se i se šestihranných průřezem nebo brikety ve tvaru hranolu. Nejžádanějšími briketami jsou válcové brikety s vnitřní dírou. Lépe odhořívají, protože je dispozici více povrchu pro nahřívání a okysličování,



Obr. 5: Klikový lis pro výrobu briket (Andert, Sladký, Abraham, 2006)

- hydraulické pístové, které pracují s menšími tlaky než mechanické, jsou levnější, ale výkonnost je nižší - od 0,05 do 0,5 t.h⁻¹. Jsou vhodné pro briketování stébelnin nebo směsi stébelnin a pilin. Brikety z hydraulických lisů mají poněkud menší soudržnost než z mechanických lisů a proto jsou určeny především pro užití v blízkosti výroby bez časté manipulace,
- šnekové, kde se potřebný lisovací tlak vytváří otáčením lisovacího šneku v konické komoře. Soudržnost briket je velmi dobrá, neboť vysoké tlaky a tření materiálu na šneku výrazně ohřívá ve dřevě obsažený lignin a ten působí jako pojivo. Povrch těchto briket je po vychlazení pokryt utuhlým vosku podobným ligninem a je tak chráněn proti vlhkosti. Nevýhodou těchto lisů je značné opotřebování lisovacích šneků a komor, jestliže surovina obsahuje písek. Výhodou však je, že kromě briket je možno po výměně výstupní matrice u některých typu vyrábět i peletky.

Peletovací - granulační lisy

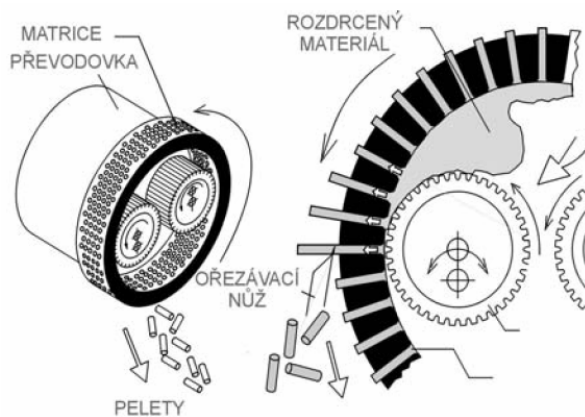
Peletovací - granulační lisy se od běžných briketovacích lisů liší tím, že je na nich uplatněn jiný způsob lisování a to princip protlačování suroviny maticí pomocí tlačných rolen otáčejících se v těsné blízkosti nad otvory matrice. Tyto lisy byly odvozeny od lisu na výrobu tvarovaných krmiv a jsou v podstatě dvojího typu:

- s vodorovnou, talířovou rotační matricí a systémem otáčivých roln, které se odvalují po kruhové, talířové matrici a protlačují surovinu dolů otvory v matrici (viz obr. 6),



Obr. 6: Peletovací lis na drcené stébelniny a piliny TL 700
(Andert, Sladký, Abraham, 2006)

- s prstencovou matricí otáčející se na horizontální ose a s volně na pevných čepech se otáčejícími lisovacími rolnami systém CPM (USA) (viz obr. 7).



Obr. 7: Prstencový lis (Andert, Sladký, Abraham, 2006)

První systém dosahuje zpravidla výkonnosti 0,5 až 1,5 t.h⁻¹, druhý až 5 t.h⁻¹. Příkon peletovacích - granulačních lisů se pohybuje od cca 40 do 100 i více kW, spotřeba energie činí asi 3 - 5 % energetického obsahu pelet, (vyjádřeno v Kč je to až 20 % nákladů) a specifická spotřeba se pohybuje od 50 do 80 kWh.t⁻¹. U nových technologií se očekává snížení potřebného příkonu. (Sladký, Dvořák, Andert, 2002)

3. VÝCHOZÍ PODMÍNKY PODNIKU, POSTUPY A METODY ŘEŠENÍ

3.1. ANALÝZA ÚKOLU

Po konzultacích s vedoucím práce doplněných návštěvou areálu firmy Atea Praha s.r.o., kde jsme hovořili se zástupcem firmy, jsme došli ke konsenzu ve smyslu cíle práce. Cílem práce bude nahradit stávající linku na výrobu pelet jako celek linkou novou, umístěnou v nově vybudované hale v areálu firmy.

Informace o společnosti Atea Praha s.r.o.

Společnost Atea Praha s.r.o. je soukromá firma bez účasti státu, obce, či zahraničního kapitálu. Firma sídlí v průmyslovém areálu (původně areálu zemědělské výroby) v Chrášťanech u Prahy spolu s několika dalšími firmami. Areál se nachází v katastrálním území obce Rudná, Chrášťany v okrese Praha – západ v bezprostřední blízkosti „Pražského okruhu“ a dálnice D1. Dopravní obslužnost je zde tedy vynikající, což bude mít pozitivní vliv na dodávky materiálů i ochotu odběratelů přijet si pro volně ložené pelety.

Předmět podnikání firmy dle obchodního rejstříku:

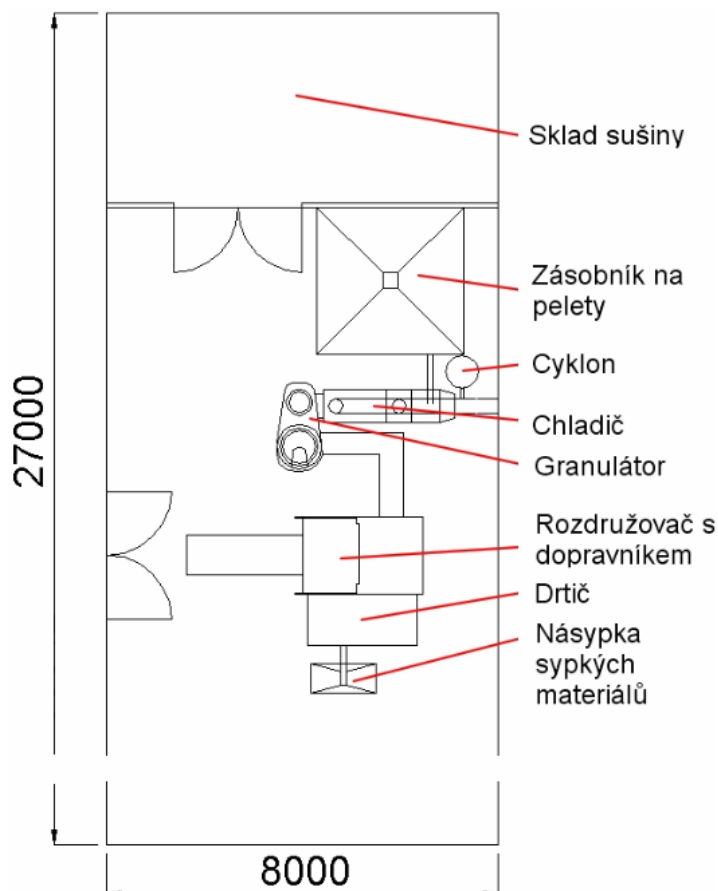
- koupě zboží za účelem jeho dalšího prodeje a prodej
- činnost organizačních a ekonomických poradců
- poskytování služeb pro zemědělství a zahradnictví
- nakládání s odpady (vyjma nebezpečných)
- přípravné práce pro stavby
- inženýrská činnost v investiční výstavbě
- zprostředkování obchodu
- provozování čerpacích stanic s palivy a mazivy
- pronájem a půjčování věcí movitých
- silniční motorová doprava nákladní
- výzkum a vývoj v oblasti přírodních a technických věd nebo společenských věd
- ošetřování rostlin, rostlinných produktů, objektů a půdy proti škodlivým organismům přípravky na ochranu rostlin

3.2. CHARAKTERISTIKA DOSAVADNÍ VÝROBY PELET

Balíky slámy jsou skladovány zčásti na hromadě před výrobní halou a zčásti v okolních krytých místech a ve skladu sušiny přímo v hale. Odtud jsou nakladačem přemísťovány na odpojitelný podávací dopravník balíků slámy, který se umísťuje před podávací dopravník rozdužovače tak, že prochází vraty haly ven, a to z důvodu nedostatečných rozměrů haly a zvětšení manipulačního prostoru. Balíky jsou rozduženy a materiál putuje do drtiče, kde je dezintegrován na požadovanou frakci. Za drtičem vyúsťuje také přívod od násypky předem rozdrcených materiálů. Od drtiče je materiál dopravován šnekovým dopravníkem ke granulačnímu lisu. Přímo do granulačního lisu také ústí přívod od zásobníku pro aditiva. Po zpracování granulačním lisem prochází materiál chladícím dopravníkem, kde je chlazen

proudem vzduchu tvořeným cyklonem. Zároveň je z materiálu odpařována voda. Dále je zde odloučen odrol, který je vynášen dopravníkem ven do nádoby a prachové částice jsou vynášeny proudem vzduchu mimo halu. Ochlazené pelety jsou transportovány korečkovým dopravníkem do zásobníku. K němu se přidávají další zařízení podle potřeby balení: buď balicí váha pro balení do 15 kg pytlů, nebo rám na plnění „big-bagů“, popřípadě nádoba na volně ložené pelety. Stávající linka využívá přibližně asi jednu polovinu plochy haly v níž je umístěna. Druhá polovina je příležitostně využívána k výrobním aktivitám firmy (viz obr. 8).

3.3. USPOŘÁDÁNÍ STÁVAJÍCÍ LINKY



Obr. 8: Schéma půdorysu stávající linky

3.4. NEDOSTATKY STÁVAJÍCÍ LINKY

Nedostatky stávající linky lze shrnout do několika základních bodů. Vedle samotného stárí strojů zvyšujícího energetickou náročnost výroby, je to zejména nepraktické rozmístění jednotlivých částí linky v rámci haly, dále nedořešené skladování balíků, jakož i ne zrovna šťastné umístění samotné haly v rámci areálu. Z technologických nedostatků je to zejména hůře dostupný zásobník hotových pelet, nutnost ruční manipulace s odrolem při vracení zpět do procesu a s ním zvýšená prašnost a konečně nutnost připojování podávacího dopravníku při nakládce.

4. NÁVRH ŘEŠENÍ A DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

4.1. URČENÍ INOVAČNÍHO NÁVRHU

Jelikož se firma Atea Praha s.r.o. sama zabývá vývojem, konstrukcí a prodejem paletizačních linek, je nabíledni nahradit stávající peletizační linku novou linkou LSP 1800 vlastní provenience. Pro toto řešení hovoří fakt, že veškeré zkušenosti a poznatky s danou technologií firma získala právě při provozu stávající linky. Lze tedy předpokládat, že je linka LSP 1800 navržena tak, aby především odstraňovala všechny nedostatky linky stávající. Toto řešení v sobě kloubí zásadní nároky na inovační návrh hmotného majetku jako odstranění následků opotřebení a zastarání vlivem technického rozvoje, zvýšení vybavenosti hmotného majetku, popř. rozšíření jeho použitelnosti.

Seznam strojů a technologických zařízení peletizační linky LSP 1800:

1. Podávací dopravník balíků
2. Rozdružovač s dopravníkem
3. Podávací šnek
4. Drtič slámy
5. Míchací + podávací šnekový dopravník
6. Vlhčící a napařovací soustava
7. Hlavní šnekový dopravník granulačního lisu
8. Zásobník pro aditiva
9. Granulační lis s podstavcem
10. Technologický rozvaděč + ovládací panel + rozvody el. energie ke strojům
11. Aspirace zařízení granulačního lisu a chladícího dopravníku pelet
12. Chladící dopravník pelet
13. Cyklon
14. Korečkový dopravník
15. Zásobník pelet o objemu 60 m³
 - Kontinuální systém otáček šnekových dopravníků
 - 2 ks matrice Ø 8 mm
 - Montážní klíč granulačního lisu
 - Vlhkoměr

Základní podmínky pro pořízení linky LSP 1800

- 1) Optimální roční objem zpracovávané slámy pro linku je 5000 tun, což odpovídá sklizeným plodinám (pšenice, řepka) na ploše přibližně 2000 ha.
- 2) Umístění linky do haly vyžaduje prostor o optimálních rozměrech 15 x 60 x 6 m. Vhodná může být i menší hala. Vnitřní prostor pro stac. linku musí být minimálně 15 x 6 m, vnější prostor 15 x 4 m s přístřeškem. Instalovaný příkon 140 kW.
- 3) Plocha pro manipulaci s balíky musí být minimálně 15 x 30 m.

- 4) Počet pracovníků = 2 na směnu + nakladač balíků
- 5) Sklad na 1000 až 2000 tun pelet

4.1.2. VÝBĚROVÉ ŘÍZENÍ NA DODÁVKU PELETOVACÍHO – GRANULAČNÍHO LISU

Granulační lis TL 700, výrobce: GAMA Pardubice s.r.o.

Tvarovací lis TL se používá pro granulování krmných směsí, jejichž podstatnou složku tvoří obilní šroty, mlýnská krmiva a další suroviny (např. sušené pícniny, řepné řízky, sušené piliny), jejichž fyzikálně-mechanické vlastnosti umožňují jejich stmelování. V případě, že by zařízení bylo užito ke zpracování jiné než uvedené suroviny, musí to být odsouhlaseno výrobcem tohoto zařízení.

Parametry suroviny: sušená řezaná píce max. vlhkost 12 - 14 %, moučka ze sušené řezané píce max. vlhkost 12 %, sušené řepné řízky max. vlhkost 14 %, sláma (vlhčená před granulováním) do 17 % vlhkosti - kvalita A, směs pro výrobu tvar. krmiva se 30 % slámy max. vlhkost 18 %, sušená řezaná píce a sláma max. délka 50 mm, moučka ze sušené šrot. píce 100 % propad sítem o průměru ok 5 mm, sušené řepné řízky max. velikost částic 10 x 5 mm, sušené piliny max. vlhkost 12 -14 %, max. podíl pilin z tvrdého dřeva 19 %, před granulování je nutné piliny šrotovat.



Obr. 9: Granulační lis TL 700 (Firemní materiál GAMA Pardubice)

Granulační lis Century 2016-4, výrobce California Pellet Mills Co.

Společnost CPM je americká firma, která vyrábí úplnou řadu granulačních lisů se statickou prstencovou maticí. Jejich modulární konstrukce umožňuje pomocí jednoduché úpravy přeměnit ústrojí lisu. Řada 2000 (Obr.10) může být vybavena různými velikostmi matic, otáčkami rolen, hnacími motory a příslušenstvím. Zařízení je kompaktní, celá sestava je namontována na základní desce, je vybaveno automatickým mazáním za provozu. U lisu je možnost regulace otáček. Skříně jsou vybaveny odnímatelnými kryty k lehké kontrole a údržbě. Součástí zařízení je míchač se šnekovým plničem, vybaven permanentním magnetem v přechodové části mezi šnekem a míchačem k odstranění feromagnetických příměsí. Součástí míchače je seřiditelné čerpadlo a průtokoměr pro dávkování melasy, tuku či jiných kapalin k upravení zpracovávaného materiálu. Servis je v ČR zajišťován firmou Konzix s.r.o., Plzeň.



Obr.10: Granulační lis Century 2016 (Firemní materiál CPM Roskamp Co.)

Hodnocení nabídek

Tab.2: Srovnání parametrů granulačních lisů

Kritéria	TL 700	Century 2016-4
Začlenění do linky	ANO	ANO
Rozměry d x š x v [mm]	2450 x 995 x 1925	2320 x 990 x 2492
Hmotnost [kg]	4400	3475
Snadná výměna matric	ANO *	NE
Bezproblémový přístup	ANO	ANO
Max. vlhkost	14%	15%
Výkon	1,24 t.h ⁻¹	1,5 t.h ⁻¹
Příkon	75 kW	97,7 kW
Měrný příkon	26 – 37 kWh.t ⁻¹	16 – 27 kWh.t ⁻¹
Průměr výlisku	3 – 30 mm	7-14 mm
Rychlost dodání [měsíce]	do 1	4
Servis	do 24 hod	do 24 hod
Cena bez DPH [Kč]	450 000	1 439 806

* - Matrice se musí měnit po 700 , max. 1000 hodinách

Tab.3: Vyhodnocení kritérií granulačních lisů (1 – nejlepší, 5 – nejhorší)

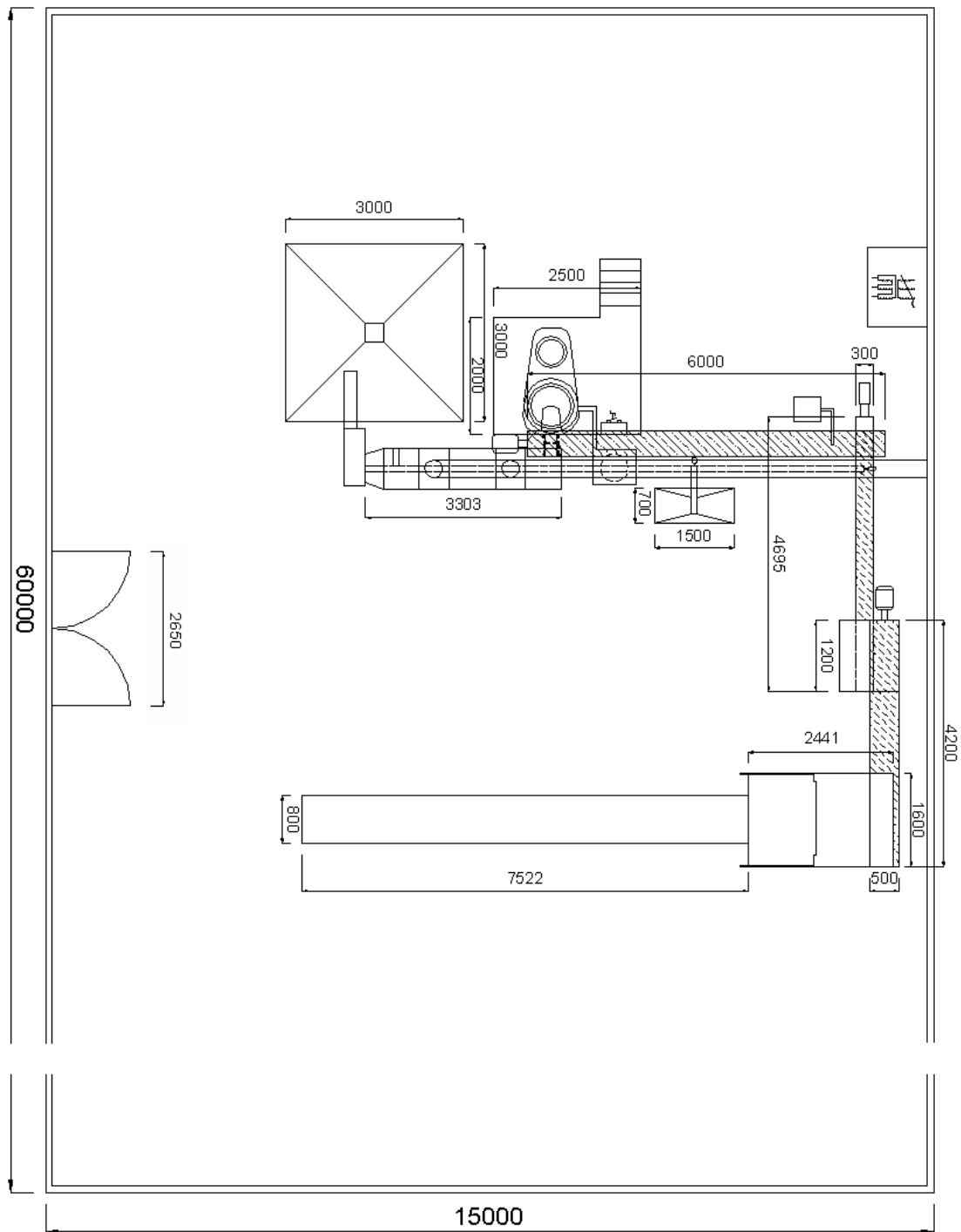
Kritéria	TL 700	Century 2016-4
Začlenění do linky	1	1
Snadná výměna matric	1	3
Bezproblémová údržba	2	1
Max. vlhkost	2	1
Výkon	2	1
Měrný příkon	2	1
Rychlost dodání [měsíce]	1	2
Rychlost servisu	1	1
Cena	1	3
Počet bodů	13	14

Z výběrového řízení na dodavatele peletovacího – granulačního lisu vyšla nejlépe společnost GAMA Pardubice s.r.o. s granulačním lisem TL 700. Kritériem, na nějž byl brán zvláštní zřetel, byla rychlost servisu v případě poruchy, neboť jakékoli prodlevy v provozu linky mají značný ekonomický dopad.

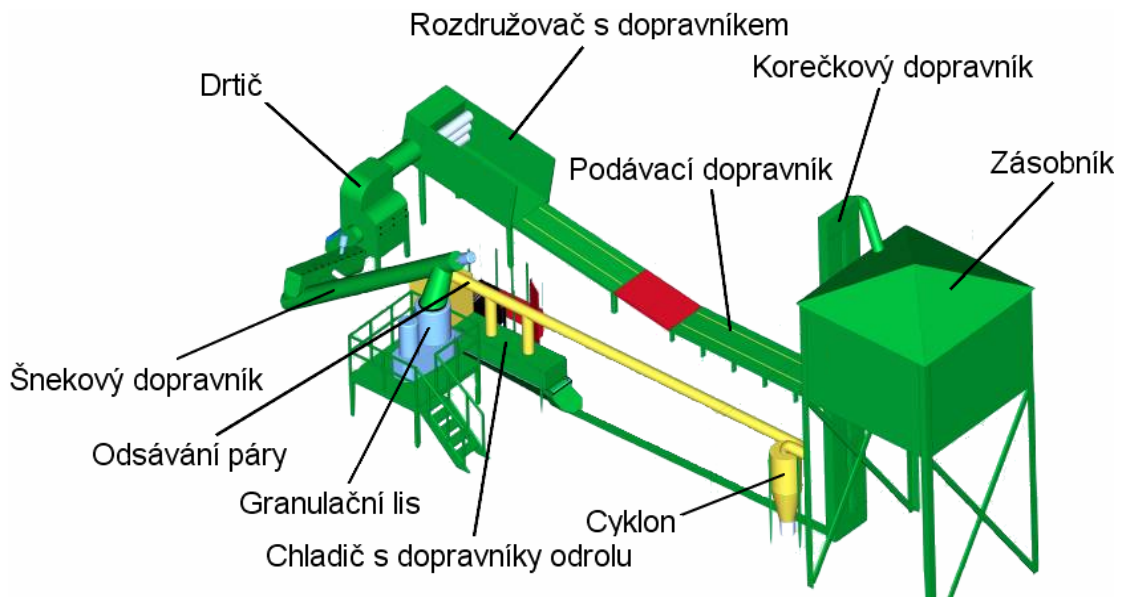
Dalším faktorem, který ovlivnil výsledné rozhodnutí bylo, že se jedná o tuzemského výrobce, jehož výrobky již v minulosti společnost využívala a měla s ním dobré zkušenosti.

4.1.3. POPIS A ZNÁZORNĚNÍ NAVRHOVANÉHO ŘEŠENÍ

Řešení počítá s umístěním peletizační linky do nově zbudované haly o rozměrech 60 x 15 x 6 m, v níž bude umístěn i sklad balíků a sklad hotových pelet. Nová linka se bude vyznačovat zejména novým, praktičtějším uspořádáním jednotlivých částí. V prostoru haly vznikne dostatečný manipulační prostor pro nakladač, čímž odpadne nutnost přídatného podávacího dopravníku. Součástí linky bude i nově řešený protiproudý chladicí dopravník vybavený zpětným dopravníkem odrolu, pomocí nějž je odrol dopravován zpět před granulační lis. Tím se jednak sníží ztráta materiálu v průběhu zpracování a také odpadne nutnost ručního vracení odrolu před granulační lis (celkové uspořádání viz obr.11). Výhledově bude možno linku doplnit o velín s integrovanými ovládacími a měřicími prvky.



Obr.11: Schéma půdorysu linky LSP 1800



Obr.12: Prostorové znázornění navrhované linky (Firemní materiál Atea Praha s.r.o.)

4.1.4. SPECIFIKACE DODÁVEK, PRACÍ A ORIENTAČNÍ ROZPOČET STAVBY

Další podmínky :

- vhodnost objektu a potřebné stavební úpravy posoudí a odsouhlasí dodavatel objednateli před vlastním uzavřením smlouvy na dodávku.
- potřebné stavební úpravy zajistí objednavatel
- objednatel poskytne dodavateli součinnost při ubytování a stravování montážních pracovníků a zajistí sociální zařízení.

Postup při nákupu peletizační linky LSP 1800 :

- objednatel do 10 dnů od doručení kupní smlouvy zašle tuto potvrzenou zpět dodavateli

- dodavatel zašle objednateli po obdržení podepsané kupní smlouvy fakturu na 1. splátku kupní ceny ve výši 80% z celkové kupní ceny, se splatností faktury 14 dní.
- od připsání fakturované částky na účet dodavatele počíná běžet lhůta 4 měsíce na dodání a dokončení montáže linky.
- objekt budovy pro linku bude připraven objednatelem k montáži nejpozději 30 dní před uplynutím čtyřměsíční dodací lhůty.. Stavební připravenost si obě strany potvrdí písemně.
- dodavatel po dodání technologické části a dokončení montáže linky vystaví objednateli fakturu na 2. splátku kupní ceny ve výši 20 % z celkové kupní ceny. Po připsání této částky na účet dodavatele bude celá linka předána objednateli k zahájení provozu. Předání a převzetí linky si obě strany potvrdí písemně. O provedení zkušebního provozu obě strany pořídí zápis.
- vlastnictví k lince přechází na objednatele dnem doplacení celkové kupní ceny dodavateli.

Rozpis ceny (včetně DPH 19 %) :

Technologie rozdružování slámy.....	2 430 tis. Kč
Technologie peletizace.....	2 350 tis. Kč
Technologie úpravy finálního výrobku a skladování.....	1 120 tis. Kč
Technologický rozvaděč + ovládací panel.....	950 tis. Kč
Aspirace technologie.....	800 tis. Kč
Montáž a zaškolení.....	750 tis. Kč
Doprava technologie.....	do 10 tis. Kč

Cena zahrnuje : kompletní dodávku linky na klíč
 dodávku matric o průměru 8 mm na zpracování
 řepkové a pšeničné slámy

Cena nezahrnuje : stavební úpravy objektu
 instalaci přípojky elektrické energie a vody

4.2. VLASTNÍ MĚŘENÍ

4.2.1. VÝBĚR SLEDOVANÝCH PARAMETRŮ

Z hlediska jakosti vyráběných pelet se jako nejdůležitější parametry jeví otěr a hygroskopicitu (jímavost vody). Méně otěru totiž znamená jednak méně prachu ve skladovacích prostorech zákazníků a snížená schopnost suchého paliva přijímat vodu zajišťuje vysokou výhřevnost slaměných pelet. Velký úspěch pelet, které byly zpočátku vyráběny hlavně ze suchých vedlejších produktů, na trhu, podnítil nedostatek surovin, který mnoho podniků donutil ke zpracování vlhké suroviny. Z nezbytného meziskladování a sušení materiálu vyplynuly dodatečné produkční operace, jež ovlivňují jakost pelet.

Hygroskopicitu určuje schopnost pelet odolat vlhkému prostředí, což bezprostředně souvisí s výhřevností, nároky na uskladnění i odolností při mechanickém namáhání. Oba měřené parametry by v případě navrhované linky měly odpovídat nejvyšším standardům.

4.2.2. POSTUP MĚŘENÍ A MĚŘICÍ PŘÍSTROJE

Test otěru

Test byl prováděn oběma nejpoužívanějšími testovacími přístroji pro stanovení odolnosti proti otěru. Za prvé je to tester otěru podle Pfosta, popsáný v US normě ASAE S269.4 a Ligno-tester uváděný jako referenční metoda normou ÖNORM M 7135. Pro testy bylo vzato jedenáct druhů pelet různé velikosti z celého evropského prostoru.

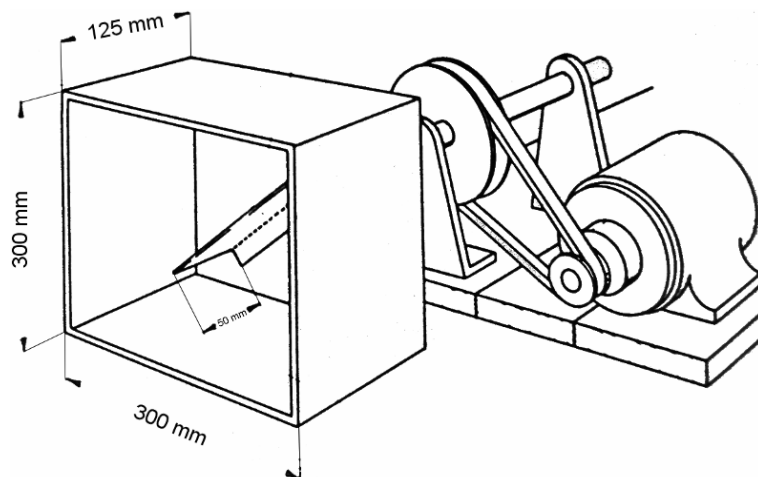
Aby bylo možno lépe popsat různou jakost pelet, byly provedeny síťové analýzy za účelem zkoumání rozdělení velikosti mechanicky zatěžovaných

pelet. Definice otěru byla rozšířena na všechny částice pod 5 mm, což umožní lepší diferenciaci různých druhů pelet.

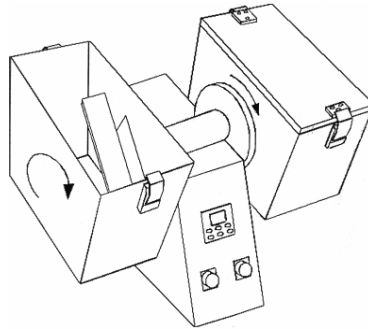
V průběhu testu bylo zkoumáno 11 druhů pelet různé jakosti co do jejich otěru. Každý druh pelety byl testován pětinasobným určováním v Ligno-testeru a rovněž pětinasobným určováním v testeru ASAE (testování jedné šarže trvá cca 40 min.). Byla měřena střední hodnota otěru a směrodatná odchylka z měření otěru. Test také umožnil porovnání jednotlivých metod měření.

Měření mechanické trvanlivosti pelet pomocí ASAE-testeru (ASAE S269.4)

- Princip: Zkušební vzorek je podroben řízeným otřesům vzájemnou kolizí pelet, či proti děrovaným stěnám zkušební komory, v níž jsou stanoveným proudem vzduchu vířeny. Mechanická trvanlivost se vypočítá z hmotnosti vzorku zbývajícího po separaci obroušených a jemných odlomených částic.
- Přístroje: Zkoušeč pelet (viz obr.13,14),
Váha schopná vážení vzorku o hmotnosti od 0,1g.



*Obr.13: Zkoušeč odolnosti pelet Přístrojovou metodou
(Standard ASAE S269.4)*



Obr. 14: Příklad zkoušeče pelet se dvěma komorami
(Standard ASAE S269.4)

- Výpočet:

$$DU = \frac{m_A}{m_E} \times 100$$

kde: DU – mechanická trvanlivost v %

m_E – hmotnost pelet před ošetřením v g

m_A – hmotnost pelet po ošetření v g

Měření mechanické trvanlivosti pelet pomocí Ligno-testeru (ÖNORM M 7135)

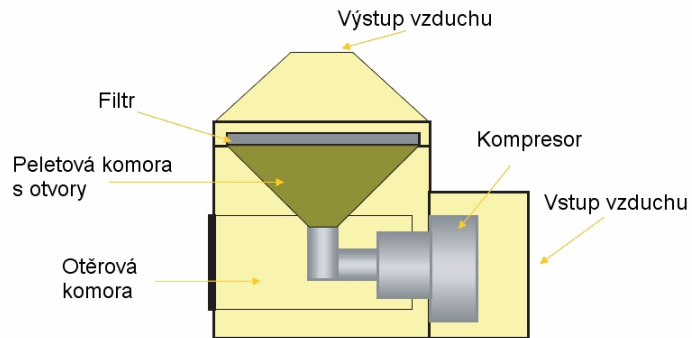
-Princip: Zváží se $100 \pm 0,5$ g pelet a zatěhuje se v Ligno-testeru 60 s při tlaku 70 mbar v proudu vzduchu. Na konci se pelety opět zváží a vypočte se otěr v %. Z výsledku 5 měření se stanoví střední hodnota. Pelety musí být zkoušeny bez jemného podílu. Prachový filtr zkoušeče je třeba nejpozději po každém třetím měření vyměnit.

- Pístroje: Zkoušeč pelet (obr. 15, 16),

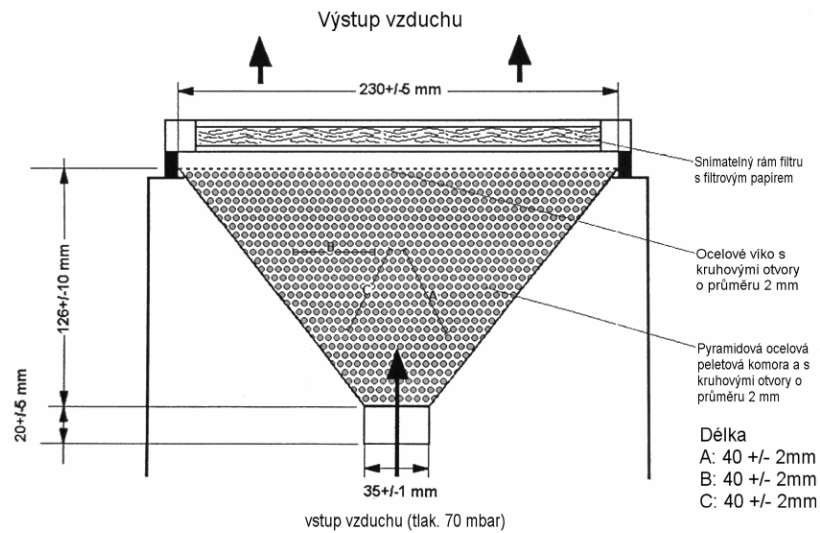
Papírový filtr s dostatečnou prostupností aby umožnil průchod proudu vzduchu,

Sítový analyzátor,

Váha schopná vážení vzorku o hmotnosti od 0,1g.



Obr.15: Ligno-tester (Materiál Agriweb, Holandsko)



Obr.16: Pracovní princip zkoušeče pelet Ligno-tester (CEN/TC 335)

- Výpočet:

$$AR = \frac{m_E - m_A}{m_E} \times 100$$

kde: AR – otěr v %

m_E – hmotnost navážky v g

m_A – hmotnost vyvážky v g

Měření hygroskopicity

Fáze 1: Byly získány dosud poznatky týkající se jímání vody při uskladnění pelet ve vlhkém klimatu ($t = 20 \text{ °C} / \Phi = 80 \%$).

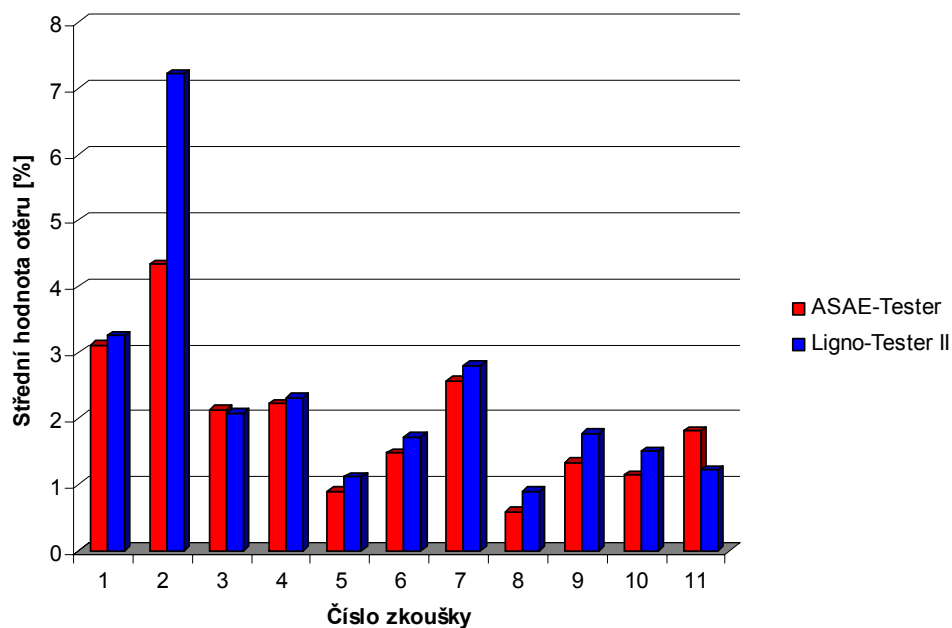
Fáze 2: Dvě rozdílné jakosti pelet (jakost 1 = pelety vyšší jakosti; jakost 2 = pelety nižší jakosti) byly uskladněny střídavě (celkem 4 cykly) v klimatu ($t = 20 \text{ °C} / \Phi = 65 \%$) a ($t = 23 \text{ °C} / \Phi = 50 \%$) až do konstantní hmotnosti. Sleduje se jímání vody v závislosti na čase. V průběhu metody rychlého měření pro hodnocení hygroskopicity byly předběžně kondicionované vzorky dvou různých jakostí pelet po dobu pěti hodin uskladněny v klimatu ($t = 20 \text{ °C} / \Phi = 80 \%$) a bylo sledováno jejich jímání vody. Po následné 24 hodinové fázi kondicionování v klimatu ($t = 23 \text{ °C} / \Phi = 50 \%$) byl změřen otěr vzorků.

4.2.3. VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

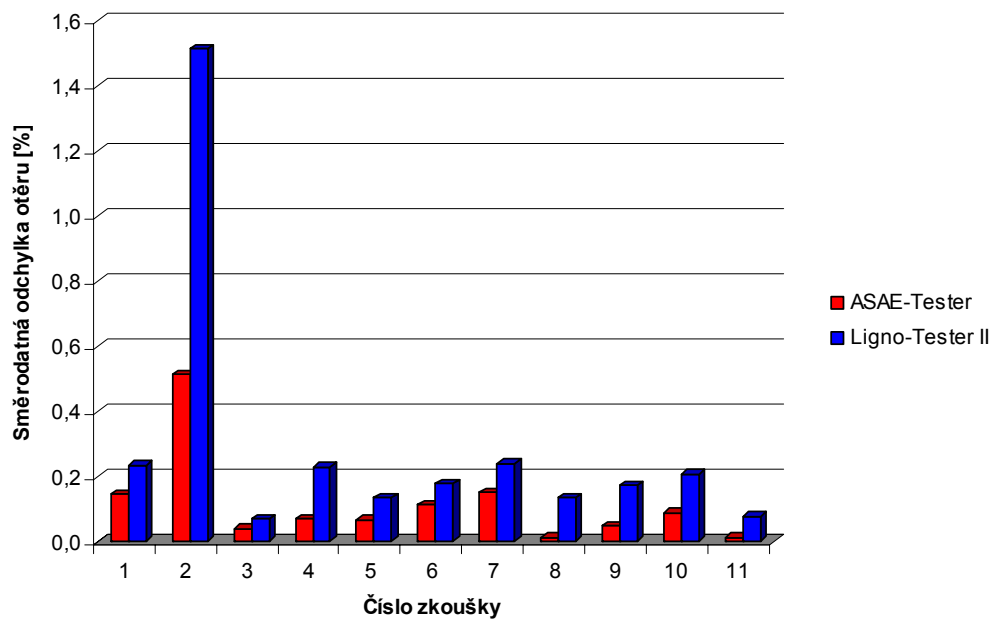
Test otěru

Tab.4 a 5: Střední hodnota otěru a směrodatná odchylka podle testerů ASAE a Ligno

Číslo zkoušky	Střední hodnota otěru [%]		Číslo zkoušky	Směrodatná odchylka [%]	
	ASAE-Tester	Ligno-Tester II		ASAE-Tester	Ligno-Tester II
1	3,11	3,25	1	0,14	0,23
2	4,33	7,22	2	0,51	1,51
3	2,14	2,08	3	0,04	0,07
4	2,22	2,31	4	0,07	0,23
5	0,89	1,11	5	0,07	0,13
6	1,47	1,72	6	0,11	0,18
7	2,58	2,81	7	0,15	0,24
8	0,58	0,89	8	0,01	0,13
9	1,33	1,78	9	0,05	0,17
10	1,14	1,50	10	0,09	0,21
11	1,81	1,22	11	0,01	0,08



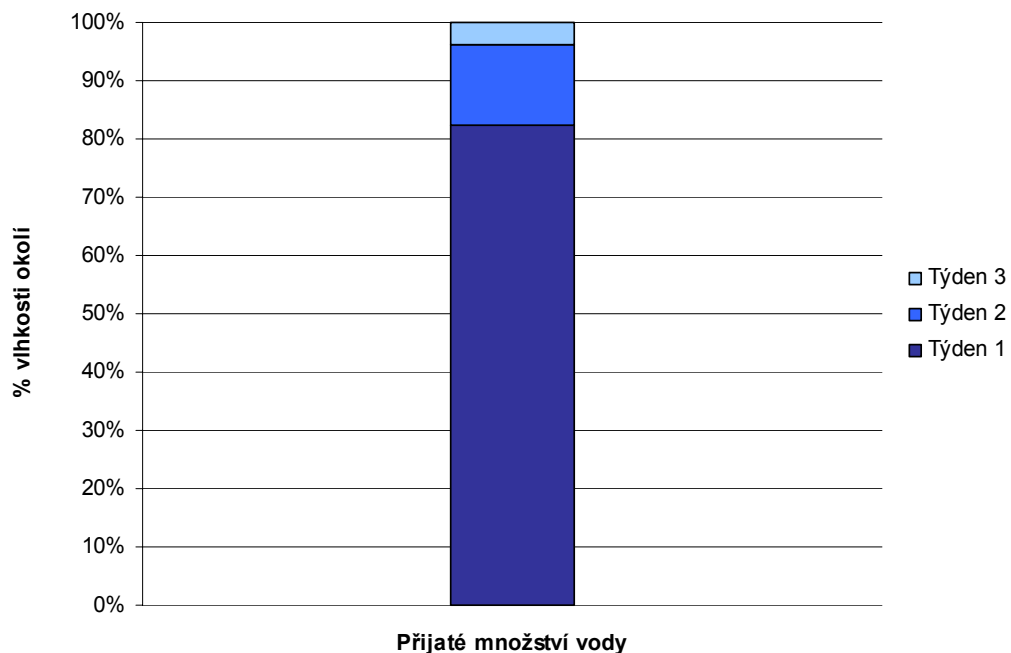
Obr.17: Střední hodnota otěru podle testeru ASAE a Ligno



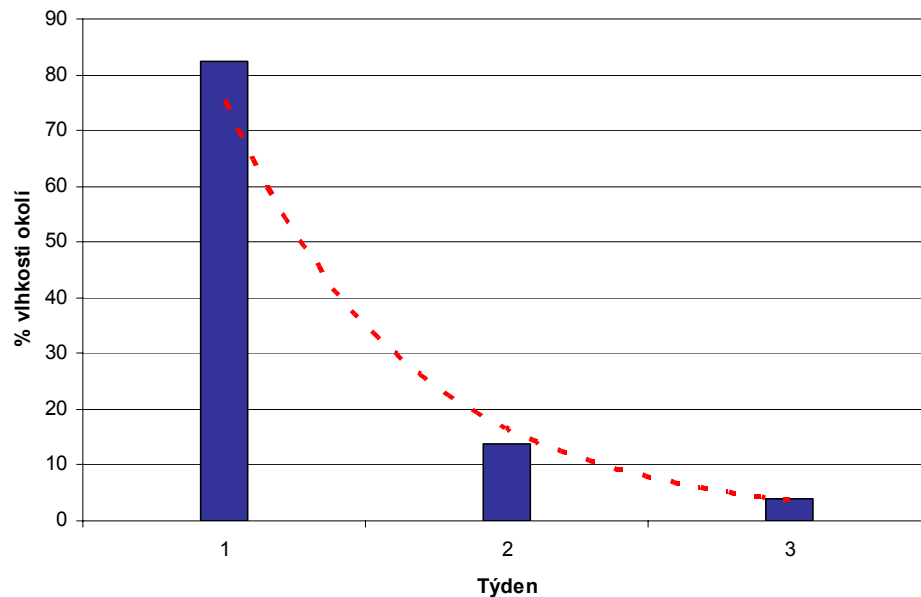
Obr.18: Směrodatná odchylka z měření otěru podle testeru ASAE a Ligno

S výjimkou vzorků 3 a 11 podává Ligno-tester vždy vyšší hodnoty otěru než ASAE-tester. Rozdíly středních hodnot otěru u obou metod jsou u vzorků 1 a 3 – 7 pod 0,31 % a u vzorků 8 – 10 pod 0,45 %. Rozdíl otěru u vzorku 11 je 0,59 %. Největší rozdíl byl naměřen u vzorku 2 a činil 2,89 %. Ligno-tester vykazuje u všech zkoumaných vzorků vyšší, částečně však výrazně vyšší směrodatné odchylky než ASAE-tester. Nejvýrazněji se to projevilo opět u vzorku 2, jehož směrodatná odchylka v případě ASAE metody měla hodnotu kolem 0,51 % absolutně a v případě měření Ligno-testerem kolem 1,51 %. Všechna ostatní měření vykazala hodnoty do 0,15 % absolutně (ASAE-tester), respektive 0,23 % absolutně (Ligno-tester). V průběhu zkoumání byly výsledky vyhodnoceny s ohledem na opakovatelnost a reprodukovatelnost. Výsledky ukazují, že ASAE-tester v obou případech poskytuje jednoznačně lepší výsledky než Ligno-tester.

Měření hygroskopicity – fáze 1.



Obr. 19: Jímání vody v klimatu ($t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ / $\phi = 80 \%$)



Obr. 20: Závislost jímání vody na čase v klimatu ($t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C} / \Phi = 80 \%$)

Ukázalo se, že jímavost vody byla nejvyšší v prvním týdnu. V porovnání s tím dosahovala ve druhém týdnu asi $1/6$, ve třetím týdnu byla přijata $1/21$ množství vody. obsah vody v peletách se tak vyrovnal obsahu v okolí. Absolutně konstantní hmotnosti ovšem nebylo po třech týdnech dosaženo. Dále bylo zjištěno, že se vzhled dřevních pelet při dlouhodobém skladování výrazně mění. Na formálně uzavřeném povrchu pelet vznikaly četné trhliny a docházelo k silným deformacím (rozdrobení) válcových pelet. I při nejnepatrnějším mechanickém namáhání, jako při uchopení pelet na konci rukou a následném zatřepání, docházelo k odlamování.

Měření hygroskopicity – fáze 2.

Tab.6: Vývoj rychlometody hodnocení hygroskopičnosti – určení otěru (Ligno-tester) před a po 24 h působení vlhkého klimatu (Jakost 1 = pelety vyšší jakosti, Jakost 2 = pelety nižší jakosti)

		Před klimatickým skladováním (po kondicionování)	Po skladování 5 h v klimatu (t = 20 °C / Φ = 80 %)	Po dalším 24 h skladování v klimatu (t = 23 °C / Φ = 50 %)
Otěr [%]	Jakost 1	1,60	2,82	1,70
	Jakost 2	7,08	25,15	21,44

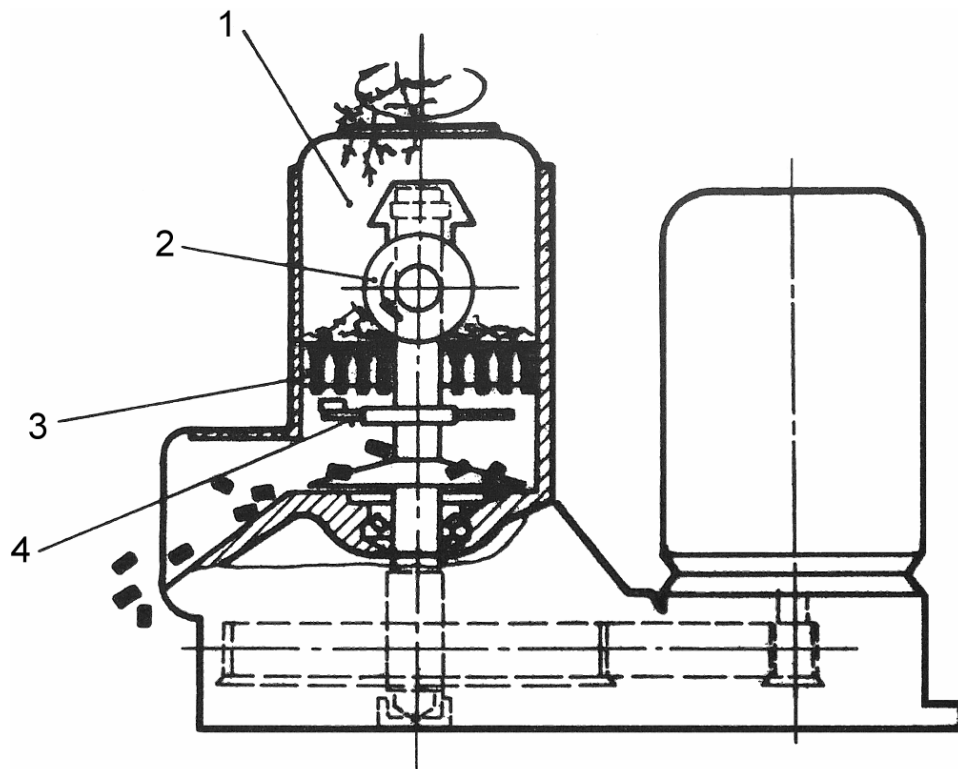
Ukázalo se, že jímání vody u obou jakostí pelet při prvním naskladnění v klimatu (t = 20 °C / Φ = 65 %) je vesměs odlišné. Pelety dobré jakosti (jakost 1) odnímalý z okolí výrazně méně vody než pelety horší jakosti (jakost 2). Při všech následujících změnách klimatu sejevilo jímání vody u obou jakostí pelet přibližně identické. Průměrné hodnoty otěru u kondicionovaných vzorků pelet (odpovídajících jakosti 1) zůstaly po skladování v jednotlivých klimatech téměř konstantní. Jejich celková oblast kolísání se zvětšila na 1,25 – 1,42 %. Již po první hodině byl patrný rozdíl kvalitě obou jakostí pelet. Po pětihodinovém skladování v klimatu (t = 20 °C / Φ = 80 %) vykazovaly pelety jakosti 1 průměrné zvýšení hmotnosti o 23,4 %, zatímco pelety jakosti 2 ztěžkly o asi 37,3 % hmotnosti. Vlivem následného 24 hodinového skladování v klimatu (t = 23 °C / Φ = 50 %) dosáhly vzorky jakosti 1 zhruba 102,4 % své hmotnosti před naskladněním v klimatu (t = 20 °C / Φ = 80 %), vzorky jakosti 2 potom na zhruba 108,4 %. Otěr byl zjišťován na počátku zkoumání, po skladování v klimatu (t = 20 °C / Φ = 80 %) a po skladování v klimatu (t = 23 °C / Φ = 50 %). Zatímco se otěr pelet vysoké jakosti (Jakost 1) zvýšil jen lehce (+0,2 %), vyvolalo klimatické zatěžování ztrojnásobení otěru u pelet horší jakosti (Jakost 2). pozoruhodné je také, že se otěr u obou jakostí opět výrazněji snížil 24 hodinovým skladováním v klimatu (t = 23 °C / Φ = 50 %), než kondicionováním po vlhkém skladování.

4.3. ROZBOR TECHNOLOGICKÉHO ZAŘÍZENÍ SOUVISEJÍCÍHO S NÁVRHEM

4.3.1. PELETOVACÍ – GRANULAČNÍ LISY

Vlastní princip funkce stroje spočívá v přivedení zvlhčené dřevní hmoty do prostoru matrice a rolen. Matrice je opatřena konickými kanály do kterých je postupně vtlačován materiál za pomoci po obvodu obíhajících rolen. Díky konickému tvaru kanálu je materiál stlačován v obou osách souřadné soustavy.

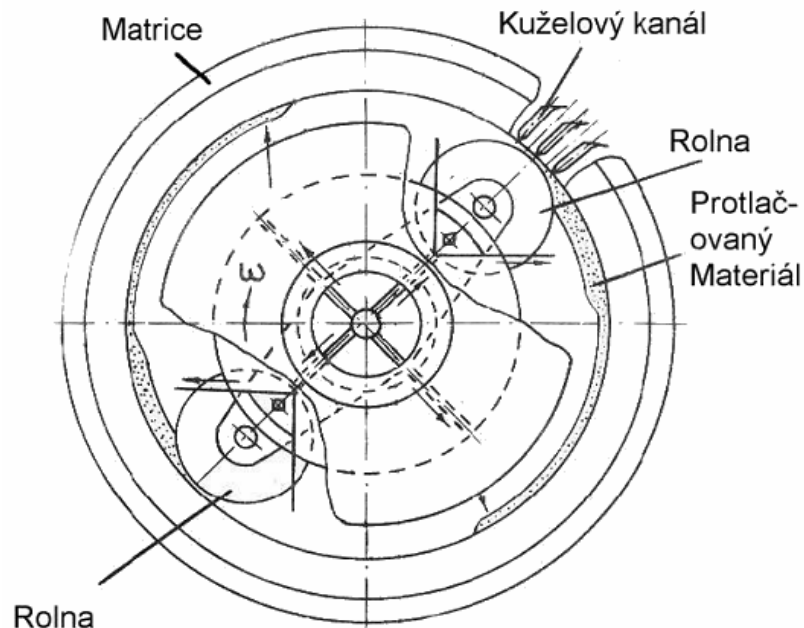
Princip funkce peletovacího - granulačního lisu je patrný na obrázku 21 a 22.



Obr. 21: Schéma lisovacího ústrojí lisu s deskovou (talířovou) maticí

Legenda: 1 – plnicí prostor, 2 – lisovací válečky, 3 – matrice,

4 – odlamovací zařízení. (Materiál VÚZT Praha)



Obr. 22: Schéma lisovacího ústrojí lisu s prstencovou maticí (Pelák, 2001)

Tyto lisy byly původně vyvinuty pro výrobu granulí ze šrotovaných obilovin. Postupem doby se jejich použití s určitými úpravami vlastního lisovacího ústrojí rozšířilo i na tvarování mletých a pořezaných stébelnatých materiálů. Proti granulačním lisům musely být u lisů pro výrobu pelet z pořezaných stébelnatých materiálů zejména zvětšeny vnitřní plnicí prostory, protlačovací otvory v maticích a upraveny plnicí a lisovací mechanismy.

Měrný příkon rotačních tvarovacích lisů s prstencovou a plochou maticí se při lisování pelet z pořezané píce pohybuje v rozmezí 16 až 37 kW.t⁻¹.h, přičemž nižší hodnoty platí pro lis s prstencovou maticí a vyšší hodnoty pro lisy s plochou maticí. Okamžitá výše specifického příkonu je ovšem ovlivněna velikostí otvorů v maticích, skladbou a vlhkostí tvarovaného materiálu, atd.

U lisu navrhovaného k použití do nové linky se měrný příkon pohybuje kolem 33 kWh.t⁻¹

4.3.2. URČENÍ RYCHLOSTNÍHO POLE v_r POHYBU ČÁSTIC MATERIÁLU V ZÓNĚ KOMPRESÉ

Předpokládejme, že v zóně přetváření nedochází k trhlinám (zlomení) materiálu (obr. 23). V takovém případě můžeme rychlostní pole pohybu částic materiálu popsat výrazy [1]:

$$v_r = v_r(r, \theta, \varphi) \quad [\text{m.s}^{-1}]; \quad v_\theta, v_\varphi = 0$$

[1]

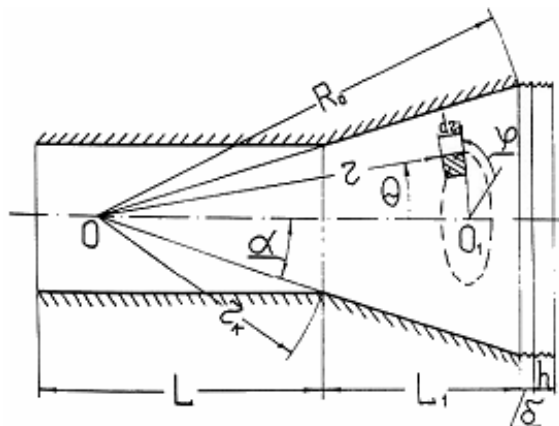
Pozn.: pro matematické vyjádření funkce s fyzikálním významem se fyzikální jednotky neuvádějí.

Ve sférických souřadnicích lze rovnici spjitosti prostředí napsat ve tvaru [2]:

$$\frac{\partial(v_r \rho)}{\partial r} + \frac{2(v_r \rho)}{r} = 0 \quad [2]$$

po úpravě: $\rho \frac{\partial v_r}{\partial r} + 2 \frac{v_r}{r} = -v_r \frac{\partial \delta}{\partial r}$

kde: δ je hustota materiálu [kg.m^{-3}]



Obr.23: Zhutňovací kanál (Pelák, 2001)

Potom platí:
$$\frac{1}{v_r} \cdot \frac{\delta v_r}{\delta r} + \frac{2}{r} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\delta \rho}{\delta r}$$

Po integraci poslední rovnice dostaneme:

$$\ln v_r + 2 \ln r = -\ln \rho + f(\varphi, \theta) \quad [3]$$

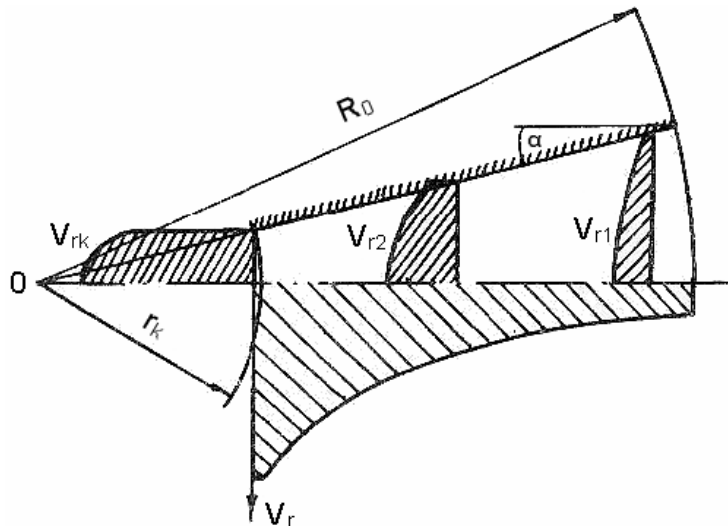
kde: $f(\varphi, \theta)$ je volná funkce určená dle počátečních podmínek

Z rovnice [3]:
$$v_r = \frac{f(\varphi, \theta)}{r^2 \rho_r} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$$

Z počátečních podmínek při $v_H = v_0(t)$ na výstupu do kanálu, kdy v_r se rovná rychlosti zhutňovací plochy přístroje po přetváření, $\rho_H = \rho_0$ a $r_H = R_0$ určíme hodnotu volné funkce $f(\varphi, \theta) = -v_0(t)R_0^2\rho_0$ potom konečně rychlost částic

bude rovna:
$$v_r = -\frac{v_0(t)R_0\rho_0}{r^2\rho_r} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad [4]$$

Začátek a konec přetvoření je určen kulovými segmenty jejichž poloměry se rovnají R_0 a $r = r_k$ (viz obr. 24)



Obr. 24: Schéma rozložení rychlosti pohybu částic lisovaného materiálu během jeho zhutňování v kanálu (Pelák, 2001)

Největší rychlost částice zhutněného materiálu získávají na konci kanálu. Pro výpočet rychlosti pohybu částic materiálu na příčném řezu v dané části kanálu má vzorec následující tvar:

$$v_r = -\frac{v_0(t)R_0^2\rho_0}{r_1^2\rho_{r1}} \cdot \cos^2 \theta \quad [\text{m}\cdot\text{s}^{-1}] \quad [5]$$

kde: r_1 je vzdálenost od počátku souřadné soustavy k místu kde chceme vypočítat neznámou rychlost [m]

ρ_{r1} je hustota zhutněného materiálu [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]

v_0 je rychlost materiálu na začátku kanálu [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

R_0 je vzdálenost od středu křivosti trajektorie [m]

ρ_0 je počáteční hustota materiálu [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]

Pozn.: Parametry náběhového úhlu protlačovacího kanálu α (viz obr. 23) byly v praxi stanoveny experimentální metodou na základě výsledných hodnot algoritmu. Při nulovém nebo malém úhlu α nedochází k lisování materiálu.

4.4. EKONOMICKÉ POSOUZENÍ NÁVRHU

4.4.1. NÁVRH EKONOMICKÉHO HODNOCENÍ

Investiční záměr by měl vést jak ke zvýšení výkonnosti linky, tak ke zvýšení kvality produkovaných pelet a s ním spojenému zvýšení konkurenceschopnosti výrobku na trhu. Efektivnost investice budu hodnotit na základě výpočtu čisté současné hodnoty pro všechny roky hodnoceného období (2009 – 2013). K posouzení vhodnosti je uvedena návratnost a rentabilita. Posledním zjištěným ukazatelem bude vnitřní výnosové procento, které určuje výhodnost investice ve srovnání se zúročením finančních prostředků v bance.

4.4.2. NÁVRH CELKOVÝCH INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ

Předvýrobní kapitálové výdaje

Tab.7: Soupis předvýrobních kapitálových nákladů

Technologie	Části	Cena [Kč]
Rozdružování slámy	Podávací dopravník balíků	2 430 000
	Rozdružovadlo	
	Podávací šnek	
	Drtič slámy	
Peletizace	Míchací šnek + podávací šnek	2 350 000
	Vlhčící a napařovací soustava	
	Hlavní šnekový dopravník granul. lisu	
	Zásobník pro aditiva	
	Granulační lis s podstavcem	
Úpravy finálního výrobku a skladování	Chladicí dopravník pelet	1 120 000
	Cyklon	
	Korečkový dopravník	
	Zásobník pelet o objemu 60 m ³	
Technologický rozvaděč + ovládací panel		950 000
Aspirace technologie		800 000
Doprava, montáž a zaškolení pracovníků		760 000
DPH 19 %		1 341 176
Cena celkem včetně DPH		8 410 000

Stavební investice

Tab.8: Stavební investice

Hala 15 x 60 x 6m	nezateplená	zateplená
Ocelová konstrukce	1 800 800 Kč	1 800 800 Kč
Stěnové opláštění	469 000 Kč	1 278 900 Kč
Střešní opláštění	483 500 Kč	1 275 100 Kč
Vrata dvoukřídlá 3 x 3 m 1 ks	12 900 Kč	21 800 Kč
Okna nebyla zadána k výpočtu	0 Kč	0 Kč
Dveře ocelové 1 x 2m 1 ks	7 700 Kč	9 900 Kč
Žlaby svody Lindab	92 400 Kč	92 400 Kč
Doprava okres Praha západ	8 700 Kč	15 000 Kč
DPH 19%	546 300 Kč	853 800 Kč
Celková cena s DPH	3 421 300 Kč	5 347 700 Kč

Celkové investiční náklady na pořízení budov (byla zvolena nezateplená hala bez oken) a inženýrských sítí včetně projektové dokumentace jsou odhadovány na 3 421 300 Kč. Výše celkových investičních nákladů na stavbu budovy byla odhadnuta na základě nabídek různých stavebních firem.

4.4.3. PROPOČET NÁKLADŮ A VÝNOSŮ

Odpisový plán

Odepisování bude prováděno lineárně.

Pořizovací cena technologické linky je 8 410 000 Kč.

Pořizovací cena budovy je 3 421 300 Kč.

Zařazení:

- Linka: odpisová skupina 2 (doba odepisování je 6 let)
- Roční odpisová sazba je v prvním roce odepisování 8,5 % a 18,3 % v letech dalších.
- Budova: odpisová skupina 5 (doba odepisování 30 let)
- Roční odpisová sazba je v prvním roce odepisování 1,4 % a 3,4 % v letech dalších.

Tab.9: Odpisový plán linky

Rok	Odpis [Kč]	Zůstatková hodnota [Kč]	% opotřebení
1	714 850	7 695 150	16,67
2	1 539 030	6 156 120	33,33
3	1 539 030	4 617 090	50,00
4	1 539 030	3 078 060	66,67
5	1 539 030	1 539 030	83,33
6	1 539 030	0	100,00

Tab.10: Odpisový plán budovy

Rok	Odpis [Kč]	Zůstatková hodnota [Kč]	Stupeň opotřebení [%]
1	47 898	3 373 402	3,33
2	116 324	3 257 078	6,67
3	116 324	3 140 753	10,00
28	116 324	232 648	93,33
29	116 324	116 324	96,67
30	116 324	0	100,00

Financování

Mobilní část linky a poloautomatická balicí linka budou použity ze stávajícího provozu. Výstavba budovy (3 421 300 Kč) bude hrazena z vlastních zdrojů. Na pořízení technologické linky navrhuji využít investiční úvěr ve výši 8 410 000 Kč s následujícími parametry:

- úrok 10,1% p.a.
- čerpání úvěru jednorázově v prosinci 2008
- začátek splácení v lednu 2009
- splácení bude prováděno s konstantní anuitou 1x ročně po dobu 4 let

Tab.11: Splátkový kalendář

Rok	Stav na počátku [Kč]	Úrok [Kč]	Splátka [Kč]	Anuita [Kč]	Stav na konci [Kč]
2010	8 410 000	849 410	1 806 283	2 655 693	6 603 717
2011	6 603 717	666 975	1 988 718	2 655 693	4 614 999
2012	4 614 999	466 115	2 189 578	2 655 693	2 425 420
2013	2 425 420	244 967	2 410 726	2 655 693	0

Tržby (výchozí parametry)

Celá technologická linka se zabývá zpracováním stébelnatého odpadu (zejména z pšeničné a řepkové slámy) na hodnotné palivo ve formě pelet. Očekávaná hodinová produkce pelet je cca 1240 kg.hod⁻¹. Očekávaná denní produkce pelet při dvousměnném provozu postačí na 19,84 t.den⁻¹ při současné průměrné ceně 2650 Kč.t⁻¹ a 252 dnech provozu je očekávaná

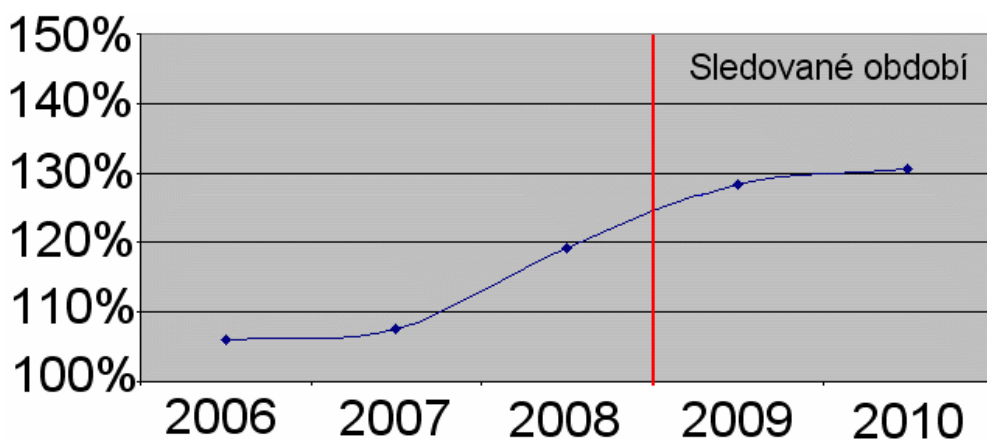
roční produkce 5000 t.rok⁻¹ a 13 250 000 Kč.rok⁻¹. Předpokládaný začátek provozu nové linky je od roku 2009.

Pozn.:V případě prodeje pelet balených v 15ti kg pytlích jsou očekávané tržby 15 500 000 Kč.rok⁻¹, ovšem touto variantou se ekonomické hodnocení nezabývá.

Provozní náklady

Při výrobě slaměných pelet uvažují s následující strukturou výrobních nákladů:

- Náklady na koupi řepkové slámy jsou 300 Kč.t⁻¹, přičemž reálná cena slámy po sklizení a dopravě do skladu se blíží 1200 Kč.t⁻¹.
- Provozní náklady se pohybují kolem 830 Kč.t⁻¹ a náklady na dopravu 400 Kč.t⁻¹
- Celkové náklady na výrobu uvedeného množství včetně nákladů na údržbu linky, nákladů na mzdy a pojištění zaměstnanců (cca 13 000 Kč.měs⁻¹ x 9 pracovníků) a nákladů na pojištění činí 5 650 000 Kč.rok⁻¹.
- Odhadované trendy navyšování nákladů (2009 – 2013): meziroční nárůst ceny vstupní suroviny o 1 %, elektrické energie o 2,8 % (viz obr. 25), nákladů na údržbu 0,5 %. Růst mezd a pojištění zaměstnanců 2 % meziročně.
- Trend nárůstu tržeb je odhadnut na 3 % meziročně.



Obr. 25: Očekávaný vývoj cen elektřiny 2006 až 2010 (Euroanalysis s.r.o.)

Bilance nákladů a výnosů

Tab.12: Celková bilance nákladů a výnosů

Rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Investiční náklady [Kč]	11 831 300	0	0	0	0	0
Výnosy (tržby) celkem [Kč]	7 950 000	13 250 000	13 647 500	14 056 925	14 478 633	14 912 992
Náklady na vstupní surovinu [Kč]	920 700	1 550 000	1 565 500	1 581 155	1 596 967	1 612 936
Elektrická energie (450 MW) [Kč]	486 000	1 125 000	1 440 000	1 843 200	2 359 296	3 019 899
Ostatní mat. a služby [Kč]	1 211 250	1 275 000	1 281 375	1 287 782	1 294 221	1 300 692
Mzdy a pojištění zaměstnanců [Kč]	1 120 000	1 400 000	1 428 000	1 456 560	1 485 691	1 515 405
Pojištění linky [Kč]	300 000	300 000	300 000	300 000	300 000	300 000
Úroky z úvěru [Kč]	0	848 400	665 863	464 891	243 619	0
Odpisy linky [Kč]	0	714 850	1 539 030	1 539 030	1 539 030	1 539 030
Odpisy budovy [Kč]	0	47 898	116 324	116 324	116 324	116 324
Náklady celkem [Kč]	4 037 950	7 261 148	8 336 092	8 588 941	8 935 148	9 404 286
Hospodářský výsledek [Kč]	3 912 050	5 988 852	5 311 408	5 467 984	5 543 485	5 508 706
Hrubý zisk před zdaněním [Kč]	3 912 050	5 226 104	3 656 054	3 812 630	3 888 131	3 853 352
Daň z příjmu (20, 19 %) [Kč]	821 531	1 045 221	694 650	724 400	738 745	732 137
Čistý zisk [Kč]	3 090 520	4 180 883	2 961 403	3 088 230	3 149 386	3 121 215
Kapitálový výdaj [Kč]	7 950 000	14 012 748	15 302 854	15 712 279	16 133 987	16 568 346
Cash flow (přímá metoda) [Kč]	3 090 520	4 943 631	4 616 757	4 743 584	4 804 740	4 776 569

Doba návratnosti investice

Je období, za které se kumulovaný cash flow (viz tab.13) vyrovná počátečnímu kapitálovému výdaji na investici tj. 11 831 300 Kč. Vypočte se nalezením nejbližší nižší hodnoty k hodnotě celkové investice.

Tab.13: Kumulované cash flow

Rok	Cash flow [Kč]	Kumulované Cash flow [Kč]
2009	4 943 631	4 943 631
2010	4 616 757	9 560 389
2011	4 743 584	14 303 973
2012	4 804 740	19 108 713
2013	4 776 569	23 885 281

$$D = 2 + \frac{(11831300 - 9560389)}{4743584} = 2,479 \text{ roku.}$$

Roční rentabilita investice R_i

$$R_i = \frac{z_r}{IN} \cdot 100 \text{ [%]} \quad [6]$$

$$R_i = \frac{3300223}{11831300} \cdot 100 \text{ [%]}$$

$$R_i = 27,89 \text{ %}$$

kde: z_r průměrný čistý zisk plynoucí z investice,
 IN investiční náklady.

Čistá současná hodnota ČSH

Čistá současná hodnota zohledňuje faktor času na rozdíl od ukazatelů statických, tj. nejen absolutní výši kapitálových (investičních) výdajů a příjmů, ale i období, v němž jsou vynaloženy nebo získány. Čistá současná hodnota je definována jako rozdíl mezi současnou hodnotou očekávaných výnosů a nákladů na investici.

$$\check{C}SH = \sum_{n=1}^m \frac{\check{C}V_n}{(1+i)^n} - I \quad [7]$$

kde: $\check{C}V_n$ čistý výnos z investice (cash flow) v jednotlivých letech životnosti,

i požadovaná úroková sazba,

I ... počáteční investovaný kapitál na začátku 1. roku (období),

m doba životnosti.

Současná hodnota cash flow se vypočte dle vzorce:

$$SH = \frac{V_1}{q^1} + \frac{V_2}{q^2} + \frac{V_3}{q^3} + \dots + \frac{V_n}{q^n} \quad [8]$$

kde: V_n roční výnos (cash – flow) [Kč],

q^n ... úročitel (1,1 pro zvolenou roční úrokovou míru 10,1 %),

n doba životnosti stroje.

Tab.14: Hodnoty cash flow, úročitele a SH pro jednotlivé sledované roky

Rok	Cash flow [Kč]	Úročitel q^n	SH
2009	4 943 631	1,10	4 494 210
2010	4 616 757	1,21	3 815 502
2011	4 743 584	1,33	3 563 925
2012	4 804 740	1,46	3 281 702
2013	4 776 569	1,61	2 965 873

Vypočtená současná hodnota dle vzorce [8]. Hodnoty jsou dosazeny z tab.14.

$$SH = \frac{4\,943\,631}{1,1} + \frac{4\,616\,757}{1,21} + \frac{4\,743\,584}{1,33} + \frac{4\,804\,740}{1,46} + \frac{4\,776\,569}{1,61}$$

$$SH = 18\,121\,213 \text{ Kč}$$

Čistá současná hodnota cash flow je pak rozdíl současné hodnoty a investičních nákladů:

$$\check{C}SH = SH - IN \text{ [Kč]} \quad [9]$$

kde: SH současná hodnota cash flow [Kč],

IN ... investiční náklad [Kč].

Dle vzorce [9] je $\check{C}SH = 18\,121\,213 - 11\,831\,300 = 6\,289\,913$ Kč.

Přičemž musí být splněna podmínka efektivnosti investice: $\check{C}SH > 0$

Jelikož $6\,289\,913 > 0$, je tato podmínka splněna a investice může být prohlášena za efektivní!

Vnitřní výnosové procento VVP

je taková hodnota úrokové míry, která použita pro diskontování dává za dobu životnosti právě nulovou hodnotu diskontovaného toku hotovosti.

$$VVP = p_1 + \frac{A}{A + |B|} \times (p_2 - p_1) \quad [10]$$

kde: p_1úrokové procento při kladné $\check{C}SH$

p_2úrokové procento při záporné $\check{C}SH$

Akladná $\check{C}SH$ při úrokovém procentu p_1

Bzáporná $\check{C}SH$ při úrokovém procentu p_2

Vypočtené vnitřní výnosové procento dle vzorce [10]. Hodnoty jsou dosazeny z tab.15.

$$VVP = 10 + \frac{6289913}{6289913 + |-168837|} \times (30 - 10) [\%]$$

$$VVP = 29,48\%$$

Tab.15: Hodnoty pro výpočet vnitřního výnosového procenta

Úrok se zápornou $\check{C}SH$ [%]	30
Úrok s kladnou $\check{C}SH$ [%]	10
$\check{C}SH_{10\%}$ [Kč]	6 289 913
$\check{C}SH_{30\%}$ [Kč]	-168 837
VVP [%]	29,48
Diskontní sazba ČNB [%]	2,75

Jelikož je posuzována pouze jedna investiční varianta, je třeba výsledné VVP porovnat s tržní úrokovou mírou u vkladů, respektive s diskontní sazbou ČNB. Při porovnání je vidět, že výsledná hodnota VVP je výrazně větší než hodnota diskontní sazby (29,48 % >> 2,75 %). Z tohoto porovnání je jasné patrné, že z investičního hlediska je tato varianta velmi výhodná.

4.4.4. HODNOCENÍ UKAZATELŮ A ZÁVĚR

Z vypočtených ekonomických ukazatelů je patrné, že navrhovaná investice je za všech výše uvedených předpokladů reálná a ekonomicky velmi efektivní. Roční rentabilita investice je 27,89 %. Doba návratnosti investice činí 2,479 roku. Hlavní podmínka čisté současné hodnoty, která nesmí vykazovat zápornou hodnotu, je také splněna. Při 10 % roční úrokové sazbě vychází velmi solidní čistá současná hodnota. Dokonce i při navýšení úrokové sazby o téměř 20 % by investice stále ještě vytvářela kladnou současnou hodnotu. Nezbývá tedy než investici z ekonomického hlediska vřele doporučit k přijetí, zvláště pokud o její značné výhodnosti vypovídá i míra vnitřního výnosového procenta, která činí 29,48 %.

5. DISKUSE A ZÁVĚR

Jádrem této práce bylo nahrazení stávající zastaralé linky na výrobu pelet z fytomasy linkou novou. Je nesporné, že uskutečňování podobných projektů povede k dalšímu rozšiřování využívání alternativních zdrojů energie, v němž Česká Republika za nejrozvinutějšími státy stále ještě zaostává.

Přestože je v posledních letech v ČR vidět slibný rozvoj využívání obnovitelných zdrojů energie, je třeba si současně uvědomit i to, co se od nich očekává. Stát má zájem o co největší výrobu "zelené elektřiny", propagována je výstavba decentralizovaných ekologických zdrojů tepla, resp.

náhrada fosilních paliv v komunální energetice. Vysoká je i poptávka po energetické biomase v zahraničí, která se projevuje jejími rostoucími vývozy z ČR.

Z důvodu zlepšení stavu životního prostředí je třeba hledat náhradu za spalování uhlí v domácnostech a malých zdrojích. V domácnostech bude potřeba nahradit celkem asi 2 miliony tun tuhých fosilních paliv! Dalších 1,5 milionu tun uhlí je spotřebováváno mimo velkou energetiku k výrobě tepla. Vzhledem k tomu, že výroba tepelné energie v solárních systémech a tepelných čerpadlech nedokáže tuto potřebu plně pokrýt, nabízí se jako jediná alternativní možnost biomasa. Nelze očekávat, že bude palivového dřeva pro tuto záměnu dostatek (vzhledem k její dnešní ohromné spotřebě), pravděpodobně stejně jako dřevních pelet (vzhledem k zahraniční poptávce). Jako jediná reálná možnost (co do množství) se tak jeví pelety a brikety z rostlinných materiálů. Tato paliva však vyžadují speciální kotle uzpůsobené k jejich spalování. V případě jejich výměny za stávající zařízení v domácnostech je nutno počítat s vysokými náklady na pořízení. Aby rostlinné materiály (pelety) mohly hrát významnější úlohu při vytápění domácností, musela by jejich produkce a dodávka maloodběratelům mnohonásobně vzrůst. Je také nutno připomenout, že není vybudována sofistikovaná distribuční a prodejní síť, jako například v případě tuzemského uhelného obchodu nebo rakouského obchodu s peletami.

Navržena byla inovace celé technologie pro výrobu pelet, které jsou, jak zmíněno, náhradou tuhých fosilních paliv pro topeniště s pevným roštem. Hlavní částí technologické linky je granulační lis, na jehož dodávku bylo vypsáno výběrové řízení, v němž nejlépe obstál lis TL 700 výrobce GAMA Pardubice, s.r.o. Celá technologie je umístěna v nově vybudované hale vybavené vlastní expedicí pelet a skladem sušiny. Výkonnost celé linky, respektive granulačního lisu, je $1,24 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ což je cca 5000 t ročně. Omezením je maximální vlhkost slámy 14 %. Stavba celé linky je z pohledu efektivnosti rentabilní. Doba návratnosti je 2,478 roku, což je vynikající výsledek při roční rentabilitě investice 27,89 % a VVP 29,48 %. Z širšího pohledu jde v dnešní době o výhodnou výrobu biopaliva jak pro domácí tak i mezinárodní trh.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Sladký, V., Dvořák, J., Andert, D.: Obnovitelné zdroje energie – fytopaliva. 1. vydání. VÚZT Praha, 2002, 64 s.
- [2] Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P.: Biomasa - obnovitelný zdroj energie. 1. vydání. FCC Public, 2004, 286 s.
- [3] Jevič, P., Hutla, P., Šedivá, Z., Prikryl, M.: Třídění kvality a specifikace tuhých biopaliv. In: 4. Zemědělská technika o biomase 2005. VÚZT Praha, Mze ČR, 2005, s. 120 – 126.
- [4] Česká technická norma ČSN P CEN/TS 14588 (83 8200):
Tuhá biopaliva – Terminologie, definice a popis. ČNI, 2005, 59 s.
- [5] Předběžná česká technická norma ČSN P CEN/TS 14961 (83 8202):
Tuhá biopaliva - Specifikace a třídy paliv. ČNI, 2005, 46 s.
- [6] Česká technická norma ČSN P CEN/TS 15234 (83 8204):
Tuhá biopaliva - Prokazování kvality paliva. ČNI, 2007, 40 s.
- [7] Vzor pro přípravu norem CEN CEN/TC 335:
Pevná biopaliva – Metoda stanovení mechanické trvanlivosti pelet a briket. CRA, 2003, 8 s.
- [8] Předběžná česká technická norma ČSN P CEN/TS 15210-1 (83 8221):
Tuhá biopaliva – Metody stanovení mechanické odolnosti pelet a briket –
Část 1: Pelety. ČNI, 2006, 8 s.

- [9] Standard ASAE S269.4:
Cubes, Pellets and Crumbles – Definitions and Methods for Determining Density, Durability, and Moisture Content, ASAE, 1996, 3 s.
- [10] Certifikační program DINplus – Dřevěné pelety pro zužitkování v malých spalovnách podle DIN 51731 – HP 5 (ÖNORM M 7135 – HP1), DIN CERTCO, 2002, 8 s.
- [11] Jiříček, I., Rábl, V.: Alternativní zdroje energie (úryvek). VŠCHT Praha, 2005, 39 s.
- [12] Horáček, J.: Zpracovny nekovového odpadu. ČZU v Praze, Praha 2001, 96 s.
- [13] Pastorek, Z., a kol.: Využití odpadní biomasy rostlinného původu. ÚZPI Praha, 1999, 65 s.
- [14] Andert, D., Sladký, V., Abraham, Z.: Energetické využití pevné biomasy. 1. vydání. VÚZT Praha, 2006, 59 s.
- [15] Pelák, J.: Inovace výrobní linky pro zpracování odpadního dřeva a dřevotřísky v dřevozpracujícím družstvu Lukavec. ČZU Praha, 2001, 57 s.
- [16] Firemní materiály a publikace Atea Praha s.r.o.
- [17] Kobyłka, D., Matějka, K.: Budoucnost jaderné energetiky (článek). ČVUT Praha (cit. 19.11.2007). Dostupné z WWW:
<http://sf.zcu.cz/rocnik06/cislozv/budouc2.html>
- [18] Kolektiv autorů: Energie biomasy (článek). EkoWATT Praha, 2002 (cit. 26.11.2007). Dostupné z WWW:
<http://www.ekowatt.cz/library/infolisty/infolisty2002/infolisty2002.pdf>

- [19] Petříková, V.: Palivo z rostlin - brikety, pelety. Biom.cz [online]. 2007-01-04 (cit. 27.11.2007). Dostupné z WWW: <http://biom.cz/index.shtml?x=1954593>
ISSN: 1801-2655.
- [20] Pharaoh s.r.o.: Dřevní peletky – technologie výroby (článek), firemní stránky. Pharaoh s.r.o., 2003 (cit. 27.11.2007). Dostupné z WWW: <http://www.pharaoh.cz/02/index.php?str=peletky&id=technologie>
- [21] Briklis s.r.o.: Brikety – technologie výroby (článek), firemní stránky. Briklis s.r.o., 2005 (cit. 27.11.2007). Dostupné z WWW: http://www.briklis.cz/art_technologie.php
- [22] Euroanalysis s.r.o.: Vývoj cen energií (článek). Dostupné z WWW: <http://www.businessinfo.cz/files/file5779.pdf>

PŘÍLOHA – TABULKOVÁ ČÁST

Produkce biomasy v různých ekosystémech (Jiříček, Rábl, 2005)

Ekosystém	Plocha 10 ⁶ km ²	Produkce biomasy kg/m ²	Celkem biomasy 10 ⁹ t	Procentický podíl
Deštný prales	17	2,2	37,7	38,29
Tropický prales	7,5	1,6	12,0	12,2
Lesy mírného pásma	12,0	1,24	14,9	15,13
Severské lesy	12,0	0,80	9,6	9,75
Savany	15	0,90	13,5	13,71
Obdělávaná půda	14	0,65	9,1	9,24
Pustiny, led, pouště	24,0	0,083	0,07	0,071
Polopouště	18	0,09	1,6	1,62
Celkem	119,5		98,47	99,971

Optimální teplotní pásma anaerobních bakterií. (Kolektiv autorů, 2002)

Druhy bakterií	Teplota fermentovaného materiálu [°C]
Bakterie psychrofilní	15 - 20
Bakterie mezofilní	37 - 43
Bakterie termofilní	55

Orientační výkonové parametry granulačního lisu TL 700 (GAMA, s.r.o.)

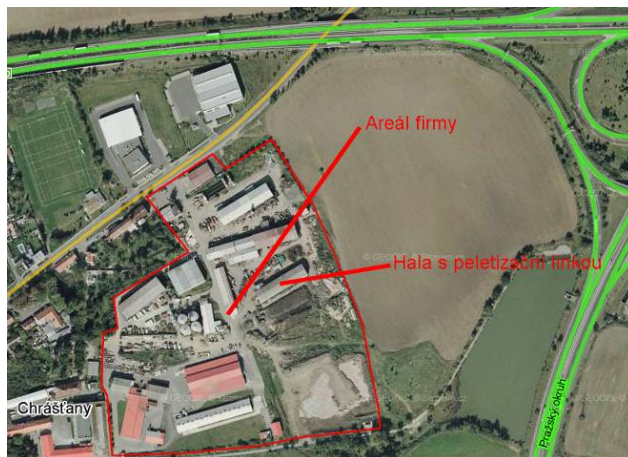
Parametr	Jednotka	Čtyřrolnová lisovací hlava	Třírolnová lisovací hlava	Třírolnová lisovací hlava TL600
Průměr otvorů matrice	mm	5	20	8
Výkon	kg h ⁻¹	5 400	1 800	max. 1200
Příkon	kW	75	75	75
Lisovaná surovina	Složení	napařená směs A3: pokrutiny 3 %, pšenice 47 %, ječmen 47 %, MVKA 33 % . Měrná hmotnost 547 kg m ⁻³ .	30 % drcená sláma, 20 % drcené granulované úsušky, 5 % tekutiny, 45 % šrotované obilí	šrotované sušené piliny max.vlhkost 12-14 %, max. podíl pilin z tvrdého dřeva 19%

Hlavní technické parametry granulačního lisu TL 700 (GAMA, s.r.o.)

Parametr	Jednotka	Hodnota
Příkon	kW	75
Elektromotor VP 280 – M06 – 07T	-	-
Proudové zatížení elektromotoru	A	142
Vstupní teplota napařené suroviny	°C	70 - 80
Výstupní teplota granulí ve výpadu	°C	70 - 85
Tlak suché páry pro napařování suroviny	MPa	0,2 – 0,5
Teplota suché páry pro napařování	°C	120 – 150
Spotřeba páry	kg t ⁻¹ h ⁻¹	50
Hmotnost stroje	kg	4 400
Viskozita materiálu	N.s.m ⁻²	5,5
Teplota materiálu	°C	do 47
Množství vzduchu pro aspiraci	m ³ min ⁻¹	15
Celková tlaková ztráta na přípojovací přírubě	Pa	500
Koncentrace plynných a pevných škodlivin	mg.m ⁻³	200
Teplota odsávaných škodlivin	°C	40 - 50

PŘÍLOHA – OBRAZOVÁ ČÁST

Stávající linka



Sídlo firmy Atea



Hala se současnou linkou



Provizorní skladiště balíků slámy



Přídavný podávací dopravník balíků slámy



Lisovací ústrojí stávajícího granulačního lisu



Dopravník rozdružovače



Násypka sypkých materiálů a pohon drtiče



Detail drtiče



Granulační lis, šnekový dopravník a ovládací panel



Použitá matrice



Chladič



Balící a vážicí zařízení



Vzorek odrolu

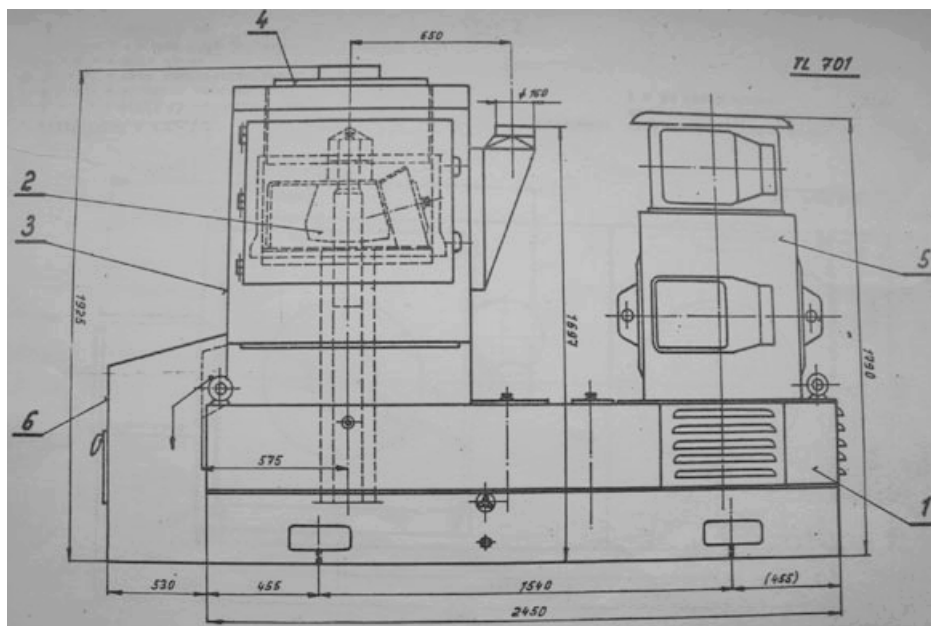


Vzorky pelet z různého obilí

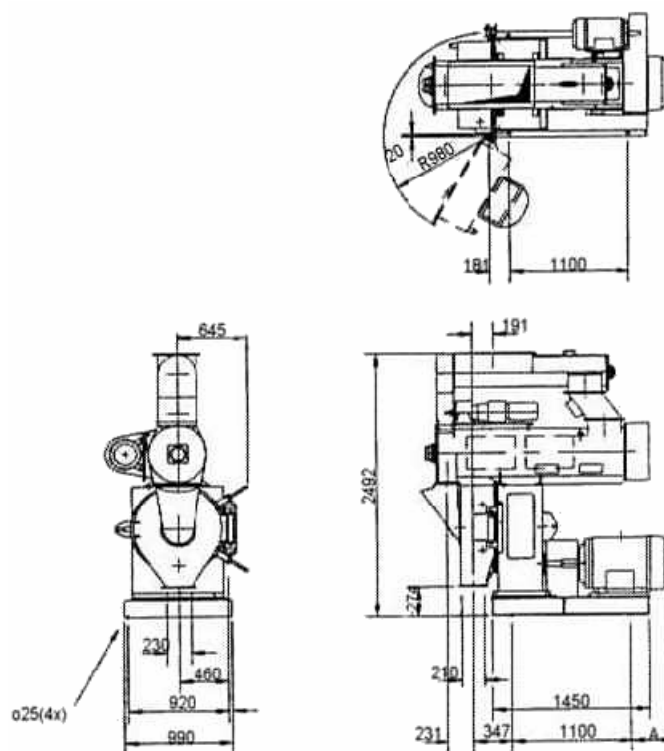


Vzorek pelet maximálně dosažitelného průměru 25 mm

Výběrové řízení



Projektové rozměry granulačního lisu TL 700



Projektové rozměry granulačního lisu Century 2016

Linka LSP 1800



Rozdružovač s podávacím dopravníkem



Drtič



Detail drtiče



Granulační lis TL 700



Chladič



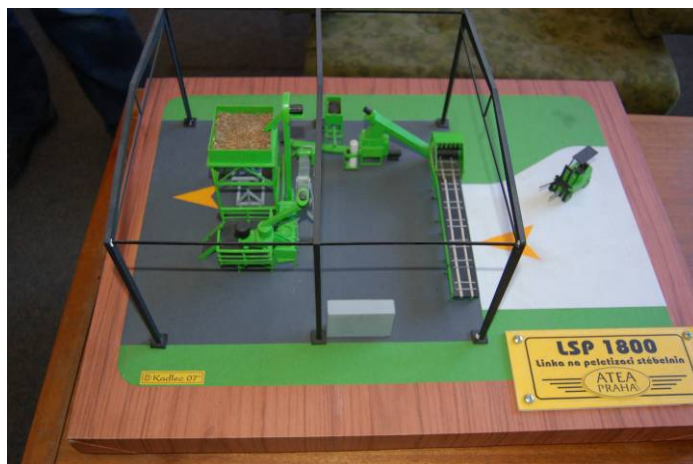
Vnitřek chladiče se zpětným dopravníkem odrolu



Detail chladiče s propadem odrolu



Instalace linky LSP 1800



Model linky LSP 1800

Měření



Zkoušeč pelet Ligno-tester

Summary

This thesis is aimed to innovation of a machine plant for production of heating pellets made from preliminary cut straw. In the theoretical part biomass is circumstantially analysed as an alternative energy source. Individual technologies and procedures allowing energetic usage of biomass are also mentioned here. The theoretical part as an entirety forms the introduction to the technologic branch which is the substantiality of the thesis itself applied to. Thesis itself takes up to the introduction by evaluation of existing production in a selected company. Economic effectivity, output effectivity and circumstances of emplacement of the plant within the frame of the company's area are all generally evaluated. Further, weaknesses of the existing plant limiting output of the whole plant are particularly specified. Innovation concept containing description, technological specification and circumstances of operation of proposed form of plant is closely described in next part.

Pursuant to the selection procedure, we suppose usage of pellet mill with horizontal flat matrix which showed better results during evaluation of the selection procedure criteria than the competitive machine. The part concerning theoretical analysis of the device related to the plant is also devoted to pellet mills.

In terms of measuring itself not only values of abrasion were found, but also the exactness of both of the measuring methods were compared. Further, hygroscopicity was also measured.

The economic part of thesis is devoted to evaluation of the investment plan realizing the innovation. On the basis of calculations is appointed the economic effectivity of the plan expressed by Net Present Value, Internal Rate of Return and Payback Period (in percents).

In the closing part positive influence of the project for wider usage of alternative energy sources is mentioned. Concept is generally valued as real and economically effective.