



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Pedagogická fakulta
Katedra aplikované fyziky a techniky

Bakalářská práce

Zařízení na výrobu pelet z papíru

Vypracoval: Lukáš Hejhal
Vedoucí práce: PaedDr. Bedřich Veselý, Ph.D.

České Budějovice 2022

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích 4. července 2022

Lukáš Hejhal

Poděkování

Touto cestou velice děkuji PaedDr. Bedřichu Veselému, Ph.D. za pomoc, velkou ochotu a cenné rady, které mi v průběhu psaní bakalářské práce poskytoval. Dále velké poděkování patří celé mé rodině, kamarádům a přátelům za podporu, kterou mi vyjadřovali.

ANOTACE

Úvod a teoretická část vymezuje základní pojmy týkající se briket, pelet, drcení, skartace a lisování. Navazující kapitoly popisují obecně systém drcení a lisování. Praktická část popisuje konstrukční řešení strojů k drcení a lisování. V experimentální části je uvedena metodika provedeného experimentu a dosažené výsledky.

Klíčová slova:

Brikety, Pelety, Drcení, Skartování, Drcení, Lisování, Topivo

ANNOTATION

The introduction and the theoretical part define basic concepts related to briquettes, pellets, crushing, shredding and pressing. Subsequent chapters describe crushing and pressing system in general. The practical part describes the design of crushing and pressing machines. In the experimental part, the methodology of the experiment and the obtained results are presented.

Keywords:

Briquettes, Pellets, Shredding, Shredding, Pressing, Fuel

OBSAH:

ÚVOD	7
A. CÍLE PRÁCE	9
B. TEORETICKÁ ČÁST	10
1 PŘEHLED DOSAVADNÍCH ZPŮSOBŮ ZPRACOVÁNÍ	10
1.1 DRCENÍ / SKARTOVÁNÍ	10
1.1.1 Skartovačka na klasický kancelářský papír.....	10
1.1.2 Drtička na karton.....	12
1.1.3 Drtička na štěpku	13
1.2 LIŠOVÁNÍ.....	14
1.3 PELETY	15
1.3.1 DRUHY PELET	16
a. Dřevěné pelety.....	16
b. Pelety ze stébelnin.....	18
1.3.2 SKLADOVÁNÍ PELET	19
1.4 BRIKETY	20
1.4.1 DRUHY BRIKET	21
a. Dřevěné brikety.....	22
b. Brikety ze stébelnin.....	23
c. Brikety z papíru	24
d. Brikety z lidských a zvířecích exkrementů	25
1.5 PELETY A BRIKETY VYRÁBĚNÉ Z NEODPADOVÝCH ZDROJŮ	27
1.5.1 Rašelinové pelety a brikety	27
C. PRAKTICKÁ ČÁST	29
KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ DRTIČEK.....	29
1. Skartovačka na klasický kancelářský papír.....	29
2. Drtička na štěpku	32
a. Drtič s rotujícími noži.....	32
b. Frézový drtič	33
c. Drcení pomocí ozubených válců	34
LIŠOVÁNÍ	35

1. Typy lisů v praxi	35
a. Pístový lis s hydraulickým pohonem	35
b. Pístový lis s klikovým pohonem	36
c. Šnekový lis s <i>dotlakem</i>	38
d. Matricový lis	39
2. Způsoby lisování	40
EXPERIMENT	43
D. ZÁVĚR.....	48
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	49

ÚVOD

Tato práce řeší i environmentální problém s papírem. Papír řadíme mezi velkoobjemové suroviny, tedy nastává problém s jeho skladováním. V nedávné době byly výkupní ceny papíru velice nízké nebo žádné. Mohli jsme se setkat i s případem, kdy se za odvoz papíru platilo. Problém s výkupem papíru sahá do začátku 90. let.

Na počátku 20. století byl papír velice vzácnou komoditou, tudíž s výkupem nebyl problém. V průběhu 2. světové války bylo papíru velice málo, veškeré dostupné prostředky se vynakládaly do válečného průmyslu. Tento problém se podařilo vyřešit až několik let po válce. Poté až do 90. let nebyly s výkupem papíru větší starosti. Velký problém nastal v 90. letech. Na výrobě papíru se začalo šetřit. V důsledku toho se do papíru začínaly ve velkém přidávat i jiné suroviny. Tak nám vznikly různé typy papíru a mnohé z nich už nelze dále recyklovat. Jako příklad si můžeme uvést reklamní letáky. Těch se na konci minulého století začalo objevovat mnoho a tento stav trvá do dnešní doby. Právě tyto letáky mají povrchovou úpravu nevhodnou pro další recyklaci. Mezi další produkty, které nelze recyklovat, můžeme zařadit obaly od knížek, ve kterých se vyskytují plastové komponenty.

Další papír, který nelze dále použít, je již několikrát recyklovaný papír. Jako příklad si můžeme uvést plata od vajíček atd. I problém tohoto papírového odpadu tato práce řeší.

Dalším problémem, proč se papír tolik nevykupuje, jsou poměrně velké zpracovatelské náklady. V podstatě se dá říci, že se finančně vyplatí porazit strom, ze kterého se následně vyrobí papír, než použít již existující papírový odpad.

Tento problém v 90. letech nebyl tak zásadní a prakticky se neřešil. Většina vykoupeného papíru putovala do Čínské lidové republiky, kde se dále zpracovával. Čínská lidová republika za daný papír velice dobře platila. Problém s odbytem do Číny můžeme pozorovat od začátku milénia. V té době začaly politické problémy Číny a zbytku světa. V důsledku těchto problémů Čína zastavila výkup papíru.

Nápad věnovat se této problematice se mi začal v hlavě utvářet při jedné mé návštěvě supermarketu. Všiml jsem si naplněných vozíků s použitým kartonem a začal přemýšlet, kam všechn ten karton mizí. Trochu jsem zapátral a vzpomněl jsem si i na film Vratné láhve, kde se tento papírový odpad lisuje a poté putuje do sběrných míst, kde se dále třídí. Použitelná část papírového odpadu jde do papíren a zbytek odpadu se skládkuje, nebo pálí ve spalovnách. Po zjištění těchto informací jsem začal přemýšlet, jak by šlo využít 100 % papírového odpadu.

Po dlouhodobějších úvahách o této problematice mě napadlo téma mé bakalářské práce – pokusit se navrhnout zařízení, pomoci kterého lze vyrábět pelety/brikety z odpadového papíru použitelné jako palivo.

Po bližším seznámení s touto problematikou jsem zjistil, že podobné zařízení, které by bylo masově užívané, na našem trhu není. Převážně se vyrábějí stroje na jednu operaci, a to na drcení a lisování. Proto mne oslovila možnost navrhnout předběžnou koncepci stroje, který bude papír drtit a zároveň i lisovat. Navržená koncepce by mohla pomoci vyřešit nejen problém velkých supermarketů, ale i malých obchodů, kam s papírovým odpadem. Dalším přínosem by mohlo být, že by se vyrobené pelety mohly případně i prodávat.

A. CÍLE PRÁCE

Teoretické cíle:

- Prostudovat literaturu týkající se zvoleného tématu a zpracovat její rešerši
- Popsat dosavadní strukturu a rozdělení zařízení, zabývajících se drcením, lisováním, peletizací, briketováním a dalšími technikami zpracování.
- Výběr vhodných technologií a zařízení

Praktické cíle:

- Pokusit se o návrh koncepce zařízení pro výrobu pelet z papíroviny, vhodných k použití jako palivo
- Pokusit se o konstrukční řešení takového zařízení a ověření správnosti zvolené technologie praktickým experimentem

Didaktické cíle:

- Didakticky pojatou formou celé práce s názornými vyobrazeními a vysvětlujícími texty vytvořit ve vyučovací praxi dobře použitelný výukový materiál.

B. TEORETICKÁ ČÁST

1 PŘEHLED DOSAVADNÍCH ZPŮSOBŮ ZPRACOVÁNÍ

1.1 DRCENÍ / SKARTOVÁNÍ

1.1.1 Skartovačka na klasický kancelářský papír

Pokud budeme brát v úvahu klasická skartovací zařízení, určená primárně ke skartaci běžného kancelářského papíru, nikoliv velkých kartonů a krabic, můžeme tato zařízení rozdělit do 7 bezpečnostních kategorií. Kategorie utajení definuje evropská norma DIN 66399, která nám určuje konečnou velikost skartovaného materiálu z jedné stránky formátu A4.

Jednotlivé bezpečnostní kategorie jsou značeny následovně P-1 až P-7.

Obrázek č. 1 Stupně bezpečnosti DIN 66399

DIN 66399	NBÚ	Velikost odpadu	Použití	Ilustrační obrázek
P - 1	neklasifikován	proužek max. 12 mm (plocha max. 2000 mm ²)	katalogy, brožury	
P - 2	typ 1 vyhrazené	proužek max. 6 mm (plocha max. 800 mm ²)	běžné firemní dokumenty	
P - 3	neklasifikován	proužek max. 2 mm (plocha max. 320 mm ²)	důvěrné firemní dokumenty, dokumenty s osobními údaji	
P - 4	typ 2 důvěrné	částice max. 160 mm ² (např. řez 4x40 mm)	strategických dokumenty	
P - 5	typ 3 tajné	částice max. 30 mm ² (např. řez 2x15 mm)	přísně tajné dokumenty	
P - 6	typ 4 přísně tajné	částice max. 10 mm ² (např. řez 0,8x12 mm)	dokumenty vyžadující přísná opatření	
P - 7	neklasifikován	částice max. 5 mm ² (např. řez 0,8x5 mm)	dokumenty vyžadující mimořádné opatření (armáda, tajné služby)	

- Pro kategorii P-1 platí nejnižší bezpečnostní požadavky. Z listu A4 vytvoří 40 částic papíru ve formě proužků s šířkou max. 12 mm. Délka proužků není limitovaná. Tento typ skartovacích zařízení se využívá k likvidaci neméně důležitých dat. Nehrozí zde riziko zneužití druhou osobou.
- Naopak kategorie P-7 se používá u dokumentů nejvyšší utajenosti s extrémně vysokým stupněm zabezpečení. Zde je požadováno udělat z jedné stránky A4 minimálně 13 000 částic papíru o šířce pod 1 mm.

Nutno podotknout, že kategorie P-6 a P-7 se prakticky moc nevyskytuje. Nejčastěji se můžeme setkat se skartovacím zařízením kategorie P-4 nebo P-5.

P-4 dokáže rozdrtit papír na 400 částí a P-5 na 2000 dílků.

Všeobecně zde platí pravidlo: „Čím jsou data více citlivá, tak je lépe volit vyšší kategorii bezpečnosti.“ [1],[2]

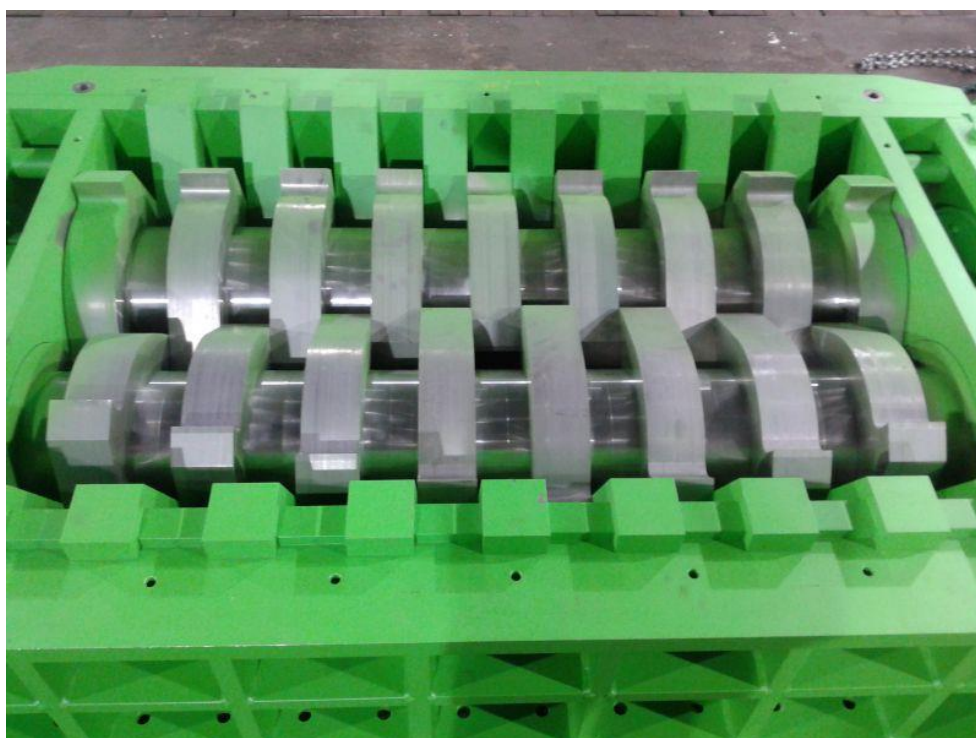
1.1.2 Drtička na karton

Drtičky na karton a všeobecně na velkoobjemový papírový odpad se od klasických kancelářských skartovaček liší v několika věcech. Zjednodušeně by se dalo říct, že jsou ve všech ohledech robustnější.

Nože se vyrábějí zásadně z tlustých plechů, kde šířka nože začíná na 10 mm a dle potřeby se navyšuje. Skartovačky jsou zpravidla široké minimálně 500 mm. Nože se zde používají výhradně s křížovým ostřím. Díky tomu můžeme skartovat de facto cokoliv bez rizika zaseknutí odpadu v těle skartovačky. Konstrukce nože rozdrť a vyhodí vše, co se dostane do soukolí.

U těchto typů skartovacích zařízení se musí dbát zvýšené bezpečnosti. Obsluha musí být důkladně proškolená. V opačném případě hrozí nebezpečí těžkého úrazu. Z konstrukčního hlediska musí být skartovač osazen bezpečnostním prvkem, který v případě vyhození nežádoucího předmětu zastaví stroj. V tomto případě se může jednat o vhození předmětu, který by mohl poškodit nože. Tomuto nežádoucímu poškození můžeme zabránit nainstalováním střižného kolíku či jiného pasivního bezpečnostního prvku, který v případě překročení dimenzované síly praskne a zastaví stroj. Střižný kolík zpravidla montujeme na hřídel, která ústí do převodovky, nebo přímo do motoru.

Obrázek č. 2 Drtič na karton



1.1.3 Drtička na štěpku

Drtička na štěpku se vyrábí v různých typech provedení. Může se jednat o malý stroj, určený k domácímu drcení suchých větví, nebo naopak o velké stroje, které zvládají drtit velké kmeny. Úplně speciální kapitolou jsou stroje zabývající se drcením zbylých pařezů v zemi. V tomto případě se ovšem jedná spíše o frézování, nikoliv o drcení v pravém slova smyslu. Touto speciální kapitolou se ovšem zabývat nebudeme. Nyní si popíšeme technické parametry domácích drtiček.

Většina domácích drtiček používá pro svůj pohon elektrický motor, což má celou řadu výhod, ale také i nevýhod. Mezi hlavní výhody patří bezpochyby cena. Elektrické motory jsou oproti spalovacím motorům levnější, nikoliv však výkonnější. To nás limituje v drcení větších průměrů větví/kmenů. Štípačky s příkonem do 1200 W zvládnou drtit větve do průměru 35 mm. Pokud bychom chtěli drtit kmeny od průměru 35 mm do 45 mm, budeme volit drtičku s příkonem 2500 W. Při zpracovávání větších průměrů je nutné zvolit profesionální drtičku s benzínovým motorem. Hmotnost těchto domácích strojů se pohybuje od cca 20 do 30 kg. Drtič může být osazen podstavcem, který se dá ručně přenášet, nebo na něj může být namontován dvoukolový podvozek. Mobilní drtičky velmi často využívají vyvedeného náhonu tažných strojů (např. u traktorů).

Obrázek č. 3 Mobilní drtič



1.2 LISOVÁNÍ

Po procesu drcení je lisování druhá nejdůležitější operace při výrobě briket/pelet. Lisování můžeme provádět na různých typech strojů, které používají rozdílné mechanismy a druhy pohonů. Mechanismy a pohony můžeme ve většině případů libovolně kombinovat. Mezi nejčastěji používané pohony řadíme pohon přímočarý, který je vykonáván hydraulickým válcem, a pohon točivý, který vzniká točením elektrického/spalovacího motoru. [17]

1.3 PELETY

Pelety jsou granule válcového tvaru o průměru 6 až 14 mm s délkou od 1 do 50 mm. Nejčastěji se vyrábí z dřevěného odpadu a to zejména z pilin. Pelety se za použití vysokého tlaku lisují v různých typech lisu. Jako příklad můžeme uvést matricový lis. Pelety se vyznačují vysokou mírou výhřevnosti, mohou dosáhnout až 18,5 MJ/kg. Obsah vody se pohybuje okolo 10 %, což má pozitivní vliv na výhřevnost. Dále spalováním pelet nevzniká velké množství ekologicky přijatelného popela, na rozdíl od topení uhlím. Z tohoto důvodu řadíme pelety k ekologickým zdrojům vytápění. V dlouhodobém horizontu mají na rozdíl od fosilních paliv, jako je uhlí, zelenou a můžeme je považovat za palivo budoucnosti. [5]

Pelety se spalují ve speciálně vyvinutých kotlích. Pro celoroční provoz se využívají automatické kotle s násypkou. Na sezónní topení se mohou využít i krbová kamna s vestavěným zásobníkem. Při správném používání vydrží tato kamna naplněná i několik dnů. Automatické kotle se hodí do větších rodinných domků jako primární zdroj vytápění. Krbová kamna se u rodinných domků vyplatí spíše jako sekundární nebo terciální zdroj vytápění. Více se hodí do sezónních objektů, jako jsou různé chalupy, chatky a menší objekty. [6]

V dnešní době se těší velké oblibě mezi lidmi automatické kotle. Na tento typ kotlů je možno získat dotace z projektu: „Nová zelená úspora“ nebo „Kotlíkové dotace.“ Z programu „Kotlíkové dotace“ lze získat příspěvek do výše 95 % všech nákladů. U kotlů na biomasu je tento příspěvek zastropován na 130 000 Kč. U projektu „Nová zelená úspora“ lze získat podporu ve výši až 50 % všech nákladů. Tato podpora je stejně jako u předchozího programu zastropována, zde na 80 000 Kč. [11]

V České republice brání masivnějšímu používání kotlů na pelety tyto parametry:

- Vysoká cena pelet v porovnání s fosilními palivy
- Vysoké vstupní pořizovací náklady
- Málo rozvinutý distribuční trh
- Malá informovanost veřejnosti

Charakteristické znaky a výhody, které nám pelety v praxi přinášejí, jsou tyto:

- Obnovitelný zdroj vytápění
- Vysoká výhřevnost
- Nízký obsah popelovin
- Nízký obsah vody
- Nízký obsah emisí
- Perspektivní ekologické palivo budoucnosti

1.3.1 DRUHY PELET

Jak je již uvedeno v úvodu, nejčastějším materiálem, který se používá k výrobě pelet, je měkké i tvrdé dřevo. Z ekonomického a ekologického hlediska používáme k výrobě pouze dřevěný odpad, jako jsou suché hobliny, piliny, kůry od stromů, ale třeba i lesní štěpku. Pelety můžeme vyrábět i ze slámy – nebo sběrového papíru. Výroba ze slámy se však z ekonomického hlediska nevyplácí.

a. Dřevěné pelety

Výchozí surovinou pro výrobu dřevěných pelet jsou ve většině případů piliny, hobliny a dřevěný prach. Tento dřevěný odpad je poté v drtičce rozdrčen na malé částčky, které putují do lisu. Pomocí vysokého tlaku se pelety lisují v různých typech lisů. Lis musí dosáhnout takového tlaku, aby dřevěné piliny zahřál na teplotu, při níž se ze dřeva začne uvolňovat lignin. Lignin je hlavním pojivem, které drží peletu po vychladnutí v požadovaném tvaru a zabraňuje její destrukci. Zároveň na peletě vytvoří slabý lesklý povlak, který ji chrání před vnikáním vlhkosti při skladování.

Jako další organická pojiva lze v menších množstvích použít melasu nebo kukuřičné mouky.

Pelety se zpravidla lisují do válečkového tvaru s průměrem od 6 do 25 mm. Ve výjimečných případech může průměr dosáhnout 40 mm. Délka se pohybuje do 50 mm. Obsah vody ve výchozí surovině by se měl pohybovat v rozmezí od 6 do 12 %.

Při nesplnění této podmínky nelze zaručit udávané technické parametry výrobku. Výhřevnost pelet se udává podle výchozího materiálu od 16,5 do 18,5 MJ/kg. Obsah vyprodukovaného popela by neměl při optimálním hoření přesáhnout 1,1 %. [5] [6]

Tabulka č. 1 Nejčastější organické a chemické složení dřevěných pelet

Organické složení pelet:		Chemické složení pelet:	
celulóza	40 – 55 %	uhlík	51 %
lignin	200 – 35 %	kyslík	42 %
glycidy	18 – 25 %	vodík	6 %
popel	0,3 – 0,8 %	dusík	1 %

Obrázek č. 4 Dřevěné pelety



b. Pelety ze stébelnin

Výchozím materiálem pro výrobu pelet ze stébelnin jsou řezané nebo drcené kousky slámy, obilovin, olejnin a energetických bylin. Před samotným procesem lisování by obsah vody ve slámě neměl překročit 14 %. Pelety se lisují pomocí vysokého mechanického tlaku do tvaru válečků, které mají průměr od 10 do 25 mm, v některých případech do hranolů o šířce 40 mm. Délka se standardně pohybuje do 50 mm. U slámy, obilovin a energetických bylin se výhřevnost pohybuje v rozmezí od 16,5 do 17,5 MJ/kg. Prvenství ve výhřevnosti ze všech používaných odpadových materiálů určených k peletování drží sláma z olejnin. Zde dosahuje výhřevnost až 19 MJ/kg. Obsah popela se pohybuje od 5 do 6 %. [6]

Obrázek č. 5 Pelety z řepkové slámy



1.3.2 SKLADOVÁNÍ PELET

Skladování pelet zabírá v porovnání s ostatními tuhými palivy méně prostoru. Pelety jsou však velice náchylné na vlhkost. Z toho důvodu se nesmí skladovat ve vlhkém prostředí. Při dlouhodobém uskladnění v nevyhovujících podmínkách hrozí trvalá deformace. Pelety nemusíme uchovávat jen v klasických zděných skladech. Můžeme si například pořídit pytlivé silo, do kterého je zavedený šnekový dopravník, pomocí kterého dopravujeme topný materiál přímo do kotle.

Pelety nám stejně jako uhlí mohou přivést nákladním autem nebo cisternou, z níž se poté nafoukají do skladu pelet.

Pokud není spotřeba pelet vysoká, lze si je kupovat i v pytlích. [5]

1.4 BRIKETY

Brikety jsou „větší granule“ zpracované do válcového, hranolového nebo šestistěnného tvaru. Některé větší válcové brikety mají uprostřed otvor. Rozměry se pohybují u válcového tvaru od 40 do 100 mm s maximální délkou 300 mm. U briket hranolového a šestistěnného tvaru jsou rozměry obdobné. Šířka a délka briket je pouze orientační. Každý výrobce si konečnou délku a šířku určuje sám, což je nevýhodou pro použití dávkovačů paliva. Nejčastější surovinou pro výrobu briket je uhelný prach a dřevo.

Předmětem této práce jsou však neuhelné brikety. Většinou se jedná o dřevěné piliny, hobliny, části kůry, které jsou vedlejším produktem dřevozpracujícího průmyslu. Hobliny a kousky kůry se následně nadrtí na jemné segmenty. Potom se nadrcený dřevěný odpad nechá vysušit na minimální vlhkost. Proces sušení může probíhat přirozeně, ale i technicky za pomoci sušícího zařízení. Při zvolení přirozeného sušení lze ušetřit nemalé částky za energie. Nevýhodou této metody je dlouhá doba sušení. Proto se ve většině případů, kdy je nutno dřevěný odpad sušit, používají sušící zařízení. Suchý dřevěný odpad není nutné sušit.

Po procesu sušení následuje vysokotlaké lisování v různých typech lisů. Lisování se provádí bez použití pojiv za vysokého tlaku, při kterém následně vzniká v lisovaném materiálu teplo, což má za následek jeho spečení.

Brikety lze použít do všech typů kamen a kotlů na tuhá paliva.

Z energetického, potažmo i ekonomického pohledu jsou brikety nejvhodnějším palivem pro kotle na dřevoplyn. V těchto typech kotlů se palivo nejprve zplynuje, následně se s účinností blížící k 90 % vytvořený plyn spaluje. Mezi velké výhody briket patří nízké procento vyprodukovaného popele. [6]

1.4.1 DRUHY BRIKET

Jak již bylo zmíněno v úvodním textu, brikety se primárně vyrábí z dřevěného odpadu jako je kůra, hobliny a piliny. Materiálů, které se dají briketovat, je ovšem mnohem více. Může se jednat o stébelniny, lidské nebo zvířecí exkrementy a v neposlední řadě i o papírový odpad. Pro všechny tyto materiály platí pár základních podmínek, při jejichž splnění vzniknou kvalitní brikety. U všech surovin, které se budou briketovat, by neměla vlhkost přesáhnout 15 %. To jinými slovy znamená, že by v materiálu nemělo být více než 15 % vody. Tato podmínka primárně platí pro dřevěný odpad. U ostatních surovin tento problém ve většině případů nenastane.

Pro docílení dokonalé celistvosti briket platí následující poučka: Čím menší částčky dřeva či papíru budeme lisovat, o to pevnější a houževnatější výsledná briketa bude. Převážná většina briketovacích lisů je konstruována na velikost částček do 15 mm. Ideální tvar je tenký čtvereček o tloušťce jedné hobliny.

Pokud se budeme bavit o slámě, zde by neměla délka drcené slámy překročit 30 mm. V případě překročení hrozí namotávání stébel na rotační části v násypce, nebo může dojít k úplnému ucpání dávkovacího dopravníku.

Mezi další nástrahy úspěšného briketování patří mechanické znečištění briketovaného materiálu. Zjednodušeně se dá říci, že i odpad, který chceme briketovat, musí být čistý. V dřevěném odpadu by například neměly být hřebíky, železné špony, kousky lepidla či betonu atd. Proto se nedoporučuje dávat do drtiče to, co zameteme z podlahy v dílně. Ideálně by měla mít každá dílna nějaký typ odsávacího zařízení, které se poté může vyprázdnit do drtiče. Drcená kůra by zase neměla obsahovat kousky bahna a kamení.

Při nerespektování těchto zásad může při nejhorším scénáři dojít k poškození drtiče a lisu na brikety. Kromě mechanického znečištění může nastat problém také v chemickém složení lisovaného materiálu.

Velice špatně se lisuje papírový odpad vytvořený pouze z letáků nebo časopisů. [8]

a. Dřevěné brikety

Pomocí vysokého mechanického tlaku lisujeme dřevěný prach, kusy rozdrčené kůry, piliny a hobliny. Všechn dřevěný odpad by měl obsahovat maximálně 6 až 12 % vody. V případě větší nebo menší koncentrace vody nelze garantovat udávané technické parametry, jako je tepelná výhřevnost a množství vyprodukovaného popela. Dřevěné brikety se vyrábějí většinou ve tvaru válečků o průměru 40 až 100 mm. Délka u některých typů může dosáhnout až 300 mm. Dále se můžeme setkat s briketou ve tvaru hranolů nebo šestistěnnů.

Výhřevnost se pohybuje od 16,5 do 18,5 MJ/kg. Obsah popela se udává 0,5 až 1,1 %.

Obrázek č.6 Brikety ze dřeva



b. Brikety ze stébelnin

Pomocí vysokého mechanického tlaku lisujeme drcené nebo krátko řezané stébelniny. Nejčastěji lisovanými stébelninami je sláma z obilovin a olejnin, dále zde máme traviny a energetické byliny. Při lisování je velice důležité, aby stébelniny byly suché. Množství vody by se mělo pohybovat okolo 8 až 14 %. Méně i více vody by mělo za následek horší tepelnou výhřevnost a s tím spojenou větší ekonomickou náročnost. Stébelniny se nejčastěji lisují do válečků o průměru 40 až 100 mm o délce do 300 mm. V méně častých případech se můžeme setkat i s briketou o průměru do 40 mm. V některých případech může mít výslednou podobu hranolů a šestistěnů. Výhřevnost u stébelnin je 16,5 až 17,5 MJ/kg. Množství popela se pohybuje od 5 do 6 %. [6]

Obrázek č.7 Brikety ze slámy



c. Brikety z papíru

Výroba briket z papíru se rozšířila nejvíce v posledních letech. Hlavním důvodem byla nízká cena výkupu papíru způsobená snížením poptávky na globálním trhu. Největším odběratelem papírového odpadu byly tradičně asijské státy v čele s Čínskou lidovou republikou.

V dnešní době jsou opět výkupní ceny papíru na vzestupu. I proto se z ekonomického hlediska vyplatí spalovat pouze papírový odpad, který nelze již recyklovat. Ekonomický důvod není ovšem jediný, druhý důvod je environmentální.

Ne každý papírový odpad je vhodný k briketování. Nevhodné jsou takové materiály, které obsahují různá plnidla, barvy a další chemické příměsi. Z tohoto důvodu se velice problematicky briketují časopisy, letáky z obchodních domů a třeba i moderní vazby knih.

Problém však nenastává jen u briketování, to se dá za určitých podmínek velice dobře zvládnout. Mnohem problematičtější je následné samotné spalování briket vyrobených z těchto nevhodných materiálů. U velkých kotlů větší problémy nezaznamenáme, ty si s podobnými látkami dokážou poradit. Ale i zde musíme počítat s horším hořením a větším množstvím vyprodukovaného popela.

Mnohem horší je použití těchto briket u domácích kamen, kde hrozí nepříjemné zakouření místností a horší hoření v závislosti na objemu kamen.

Kromě těchto případů je spalování papírových briket srovnatelné se spalováním dřevěných briket jak z hlediska environmentálního, tak i ekonomického.

Při zkouškách, které v roce 2005 provedla Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, bylo zjištěno, že vyprodukované emise jsou srovnatelné s vyprodukovanými emisemi, které vznikají při spalování dřevěných briket. Výhřevnost 1 kg sběrného papíru je 12 až 15 MJ, což je obdobná hodnota, která se udává u spalování dřevěných briket. (16,5 až 18,5 MJ/kg)

Nejvhodnějším papírovým odpadem k briketování jsou noviny, kartony, balicí papíry, plata od vajec atd. Balicí papíry, které jsou potaženy jemnou plastovou folií, nepředstavují v tomto množství výraznější environmentální problém, ba naopak zvyšují celkovou výhřevnost briket.

Výroba papírových pelet začíná operací nazývanou skartace. Papírový odpad vložíme do skartovacího zařízení neboli drtičky, kde dojde k rozdrcení papíru. Poté následuje

proces lisování. Lisovat můžeme na více typech lisů od malých ručních až po velké automatické lisy. Hlavním parametrem, který musí takový lis splňovat, je schopnost dosahovat vysokých tlaků/síly.

Minimální síla nutná ke zhutnění se pohybuje okolo 40 000 N. [9]

Obrázek č.8 Brikety z papíru



d. Brikety z lidských a zvířecích exkrementů

I z lidských exkrementů se dá vyrábět ekologické palivo. V tomto případě se jedná o brikety. Tento způsob výroby ekologického paliva se již několik let úspěšně používá v Keni. Keňa je stát ležící ve východní Africe, který můžeme zařadit k více rozvinutým státům v této oblasti. I proto se zde místní vláda snaží podporovat ekologické projekty zaměřené nejen na vytápění rodinných domů, ale i průmyslových podniků, ve snaze o snížení produkce oxidu uhelnatého. V případě Keňské republiky, tak zní její oficiální název, je na spalování dřevěného uhlí závislých okolo 82 % městské populace a cca 34 % lidí žijících na venkově a v příměstských oblastech.

Samotný technologický postup výroby je následující: Z jímky nebo též ze žumpy vysaje fekální vůz její obsah. Ten pak putuje do závodů, kde se nacházejí obrovské pece. V nich je za pomoci vysokých teplot zbaven všech škodlivin, jako jsou bakterie a různé jiné látky. Po této operaci následuje vysokotlaké lisování a balení do pytlů. Mezi velké výhody briket z lidských exkrementů oproti klasickým dřevěným briketám můžeme zařadit mnohem lepší spalování a tím i menší produkci kouře při hoření. Z lékařského hlediska jsou pro lidi, kteří s nimi topí, méně škodlivé než klasické dřevěné brikety nebo dřevěné uhlí, a to i tím, že produkují méně oxidu uhelnatého. V neposlední řadě chráníme i krajinu, zbytečně nekácíme zdravé lesy, ale spalujeme vlastně odpad, který by ve většině případů neměl využití.

Do budoucnosti by se Keňská republika chtěla úplně zbavit spalování fosilních paliv a 100 % přejít na ekologické vytápění s velkým procentem kotlů či kamen na brikety. Závěrem bych jenom dodal, že brikety vyrobené tímto způsobem jsou absolutně neškodné. Lze je využít i k venkovnímu grilování, bez jakéhokoliv zdravotního rizika. [7]

Kromě lidských exkrementů můžeme vyrábět brikety i ze zvířecího trusu. Velice dobře se v tomto ohledu osvědčil velbloudí trus, který nahrazuje nedostatek dřeva v některých oblastech Afriky. Zde se velbloudí trus systematicky sbírá, následně vysušuje a poté dále zpracovává.

Jako palivo lze použít i trus od divoké zvěře. V některých státech, jako je třeba Mongolsko se na tento druh topiva spoléhají celé národy. V Mongolsku, kde jsou velké rozlehlé pastviny, které jsou ovšem úplně holé, jsou exkrementy, vyprodukované tamním dobyt看, jediným zdrojem topiva. [12],[13]

1.5 PELETY A BRIKETY VYRÁBĚNÉ Z NEODPADOVÝCH ZDROJŮ

1.5.1 Rašelinové pelety a brikety

Na rašelinové pelety a brikety v dnešní době narazíme spíše výjimečně.

Před více než 120 lety se rašelina jako topivo využívala zcela běžně. V oblastech, kde se rašelina vyskytovala, se běžně používala jako topivo do 30. let 20. století. Na přelomu 30. let 20. století se začala hojně využívat v zemědělství, zahradnictví, a z toho důvodu se od rašeliny jako topiva začalo u nás upouštět. Přesto i dnes v zemích bohatých na výskyt rašeliny je tento druh topiva velice populární. Rašelinové pelety a brikety se lisují za velmi vysokého tlaku. Po vylisování následuje proces důkladného sušení horkým vzduchem. Do rašeliny, která se vytěží a je určena k výrobě briket a pelet, se nepřidávají žádná pojiva ani jiné chemické látky. Ač se to na první pohled nemusí úplně zdát, jedná se o univerzální topivo. S rašelinovými briketami a peletami lze topit v krbech, kamnech a samozřejmě i v kotlech na uhlí a dřevo. Velkou výhodou při topení rašelinou je její obrovská výhřevnost, kterou lze srovnat s hnědým uhlím. Kromě vynikající výhřevnosti je rašelinové palivo schopno dlouhodobě žhnout, což se hodí v případech, kdy není žádoucí nechat kamna nebo kotel přes noc vyhasnout. I proto se tomuto topivu někdy říká „noční briketa.“ Rašelinové brikety jsou také velice dobře skladné a lze je skladovat i ve venkovních přístřešcích. Vlhkost, která se zde vyskytuje, jim na rozdíl od dřevěných a papírových briket nevadí. Tyto brikety při samotném spalování nezanášejí komín dehtem jako tomu bývá u jiných fosilních paliv. V rašelině se nachází okolo 55 % spalitelných látek. Z cenového hlediska je topení rašelinou ve srovnání s jinými topivy výhodné.

I přes tyto nesporné výhody se topení rašelinovým topivem masivněji nerozšířilo. Důvod, proč tomu tak je, jsem nastínil již v úvodu. Na rozdíl od dřevěných, papírových a jiných odpadových materiálů není rašelina odpadová surovina, kterou nelze již dál zpracovat, ale naopak: Jedná se o velice kvalitní surovinu, která se ve velké míře využívá v zahradnictví a zemědělství. Rašelinové oblasti velmi dobře zadržují v krajině vodu, která je velice důležitá pro mnohé živočichy a klima dané oblasti. Při velkém vytěžování rašelinišť hrozí v mnoha případech jejich úplný zánik a následná obnova je mnohdy zcela nemožná a ekonomicky náročná. Z těchto důvodů se v horizontu několika let uvažuje o úplném zákazu používání rašeliny jako topného materiálu.

Topení rašelinovými briketami a peletami je nejvíce rozšířené v severských zemích, jako je například Finsko, ale také Skotsko a Irsko.

Z historického hlediska se rašelina jako topivo používá již od středověku. [14], [15], [16]

C. PRAKTICKÁ ČÁST

KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ DRTIČEK

1. Skartovačka na klasický kancelářský papír

Papír, který vložíme do skartovacího zařízení, si přeberou dva skartovací válce, které do sebe vzájemně zapadají.

Válec se skládá z jedné hřídele, na které jsou navlečeny slabší železné plechy kruhového tvaru, tzv. nože. Nože plní řezací funkci. Tloušťka nožů závisí na požadavcích, které na zařízení máme. Čím více papíru budeme chtít najednou skartovat, o to by měla být tloušťka řezacích nožů/kotoučů větší. Mezera mezi jednotlivými na sebe naskládanými noži se musí rovnat tloušťce nože + tolerance. Tolerance zajišťuje plynulý provoz zařízení. Pokud by tolerance úplně chyběla, docházelo by k nežádoucímu tření mezi otáčejícími se řeznými noži. To by mělo negativní vliv na životnost nožů. Nože mohou být k hřídeli přivařené, nebo se mohou pouze nasadit. V tomto případě je většinou hřídel vyrobena z tisícíhranu a je nutné mezi nože vložit vymezovací podložky.

Typy řezů (nožů)

Podélný řez

Tímto způsobem rozřežeme papír na podélné pruhy. Nože jsou zpravidla vyrobené z tenkého plechu kruhového tvaru. Řezná strana je zakončena vroubkováním. Z provedených zkoušek jsem došel k názoru, že čím menší části papíru máme, o to větší tlak musíme vyvinout ke zhutnění papíru. I tak ale nedosahujeme požadované pevnosti v tlaku. Zde se nabízí dva způsoby řešení:

1. Malé a velké části papíru lisovat společně
2. Do skartovaného papíru přidávat nějaký typ pojiva (Toto řešení je zbytečně složité a přináší nutnost instalace další technologie)

Výhody a nevýhody podélného řezu:

Výhody:

- Větší rychlost skartace
- Jednodušší a levnější způsob výroby
- Pro účely peletování je tento typ skartace žádoucí

Nevýhody:

- Možnost znovusložení skartovaných dokumentů, u tajných dokumentů velice nežádoucí
- Riziko špatné skartace dokumentů při zahlcení skartovačky

Křížový řez

Skartovače tohoto typu jsou vybaveny dvěma noži s křížovým ostřím, které řežou proti sobě. Výsledný skartovaný materiál je nařezán na malé části. Tímto způsobem se skartují velice tajné dokumenty.

Výhody a nevýhody křížového řezu:

Výhody:

- Delší trvanlivost nožů
- Větší odolnost nožů
- Nemožnost znovusložení dokumentů

Nevýhoda:

- Dražší způsob výroby
- Pro účely peletování je tento typ skartace nežádoucí (Nutnost většího tlaku ke zhutnění) [3],[4]

Obrázek č. 9 Proužkový a křížový střih



= proužkový střih



= křížový střih



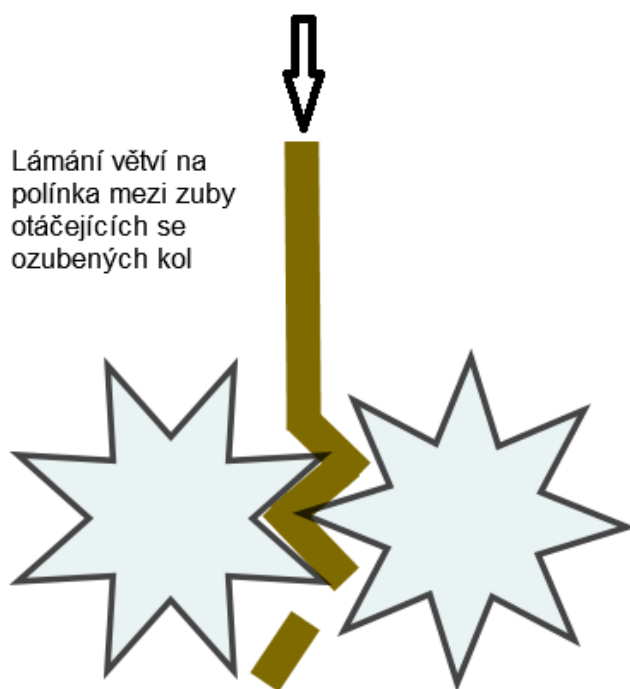
2. Drtička na štěpku

a. Drtič s rotujícími noži

Tento typ drtiče je vhodný ke zpracovávání měkkých druhů dřevin. Zpravidla se jedná o křoví a suché větve. V drtiči se nachází minimálně jeden nůž, který vykonává rotační pohyb. Za pomoci tohoto pohybu nože krouhají větve, které do drtiče vkládáme. Při vkládání větví do drtiče musíme počítat se zpětnými rázy, které se mohou objevit. Zpětné rázy jsou způsobeny technickým řešením drtiče a nelze je 100 % eliminovat. Proto musíme při vkládání zejména silnějších větví s tímto zpětným rázem počítat a danou větev pořádně držet, aby nedošlo ke zranění. Velkou výhodou tohoto drtiče oproti jiným strojům je jeho nižší cena, která vychází z jednoduchosti mechanismu. Pro správný chod stroje je zapotřebí vyvinout vysoké otáčky. Tento technický požadavek však má za následek velkou hlučnost u těchto typů strojů a s tím spojené nevýhody. Hlučnost zde může dosahovat až k 110 dB. Z toho důvodu se nedoporučuje používat tento drtič ve městech a na místech hustější zástavby.

Drtiče s rotujícími noži jsou schopny zpracovat 100 kg větví za hodinu.

Obrázek č. 10 Schéma drtiče s rotujícími noži



Obrázek č. 11 Drtič s rotujícím nožem



b. Frézový drtič

Frézové drtiče jsou oproti strojům s rotujícími noži při provozu mnohem tišší. Dosahují maximálně 84 dB, lze je proto označit za tiché stroje. V drtiči se nachází fréza, která vkládaný dřevěný odpad vtahuje a zároveň drtí na malé kousky. Z tohoto důvodu zde nehrozí zpětný ráz a následné vyhození větve ven. U některých těchto typů lze nastavovat tloušťku drceného materiálu podle našich potřeb. Požadované tloušťky dosáhneme oddalováním/přibližováním nožů umístěných ve frézovací hlavě. Frézová drtička je schopna vyprodukovat 200 kg dřevěného odpadu za hodinu. [10]

Obrázek č. 12 Drtič s osmínožovou frézou



c. Drcení pomocí ozubených válců

Tímto typem stroje dokážeme rozdrtit dřevěný odpad na miniaturní částčky, které jsou poté nejvhodnějším materiálem k lisování. Princip fungování je stejný jako u drcení kartonu a je již popsán v kapitole „Drtička na karton.“

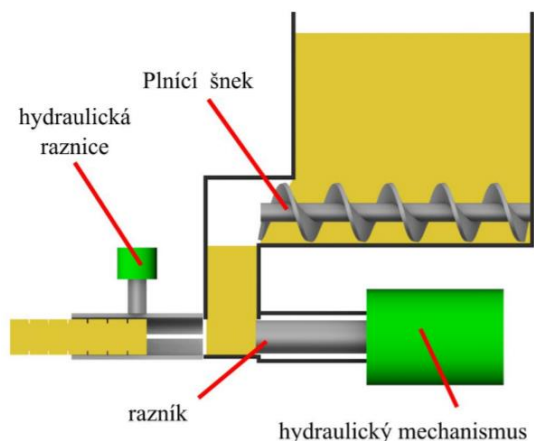
LISOVÁNÍ

1. Typy lisů v praxi

a. Pístový lis s hydraulickým pohonem

Hydraulický lis se skládá z několika částí. Rozdrcený dřevěný nebo papírový odpad se nejprve dostává do zásobníku. Ve spodní části zásobníku se nachází podávací šnek, který dopravuje obsah násypky do lisovacího válce. Šnekový podavač může být v násypce zabudován i ve vertikální poloze. Při zvolení vertikální polohy se podavač umisťuje ke stěně násypky nebo do jejího středu. Vertikální poloha se používá tehdy, pokud chceme mít zařízení co nejužší. Horizontální uložení podávacího šneku využijeme při požadavku na co nejnižší výšku výsledného stroje. Z technologického hlediska nehraje výsledná poloha šneku žádnou roli. Síly působící na šnek jsou v tomto ohledu zanedbatelné. Poté, co šnekový podavač nabere rozdrcený materiál určený k lisování, ten pak putuje do lisovacího válce. Když se lisovací válec zaplní, šnekový podavač vypne a automaticky začíná pracovat hydraulický válec, který začne obsah válce stlačovat. Konec válce je dočasně uzavřen klapkou nebo jako v našem případě hydraulickým pístem, který k lisovacímu válci svírá pravý úhel. Potom, co lisovací válec vyrobí briketu, se klapka nebo hydraulický píst otvírají a hotová briketa je lisovacím válcem vyhozena ven. Válec se pak vrací a celý proces se opakuje. Další způsob lisování je obdobný jako první varianta, ovšem zde nelze k dočasnému uzavření lisovací komory použít klapku, ale pouze hydraulický píst. Píst, jak je zobrazeno na následujícím obrázku, předchozí briketu přidrží a tím docílí uzavření lisovacího prostoru. Tento zjednodušený způsob se využívá v případech, kdy není potřeba dosáhnout vysokých tlaků při lisování.

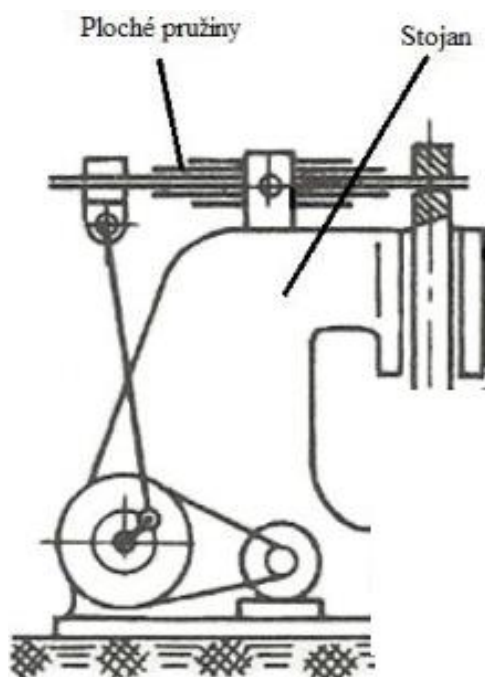
Obrázek č. 13 Pístový lis s hydraulickým pohonem



b. Pístový lis s klikovým pohonem

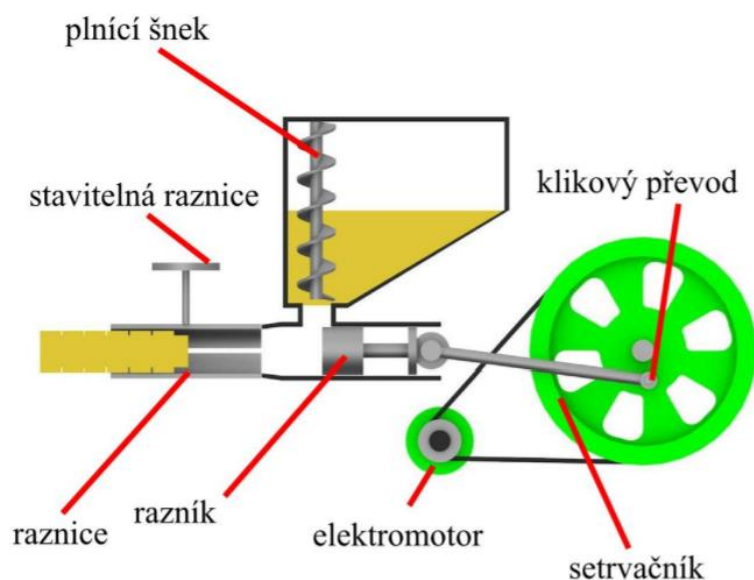
Lis poháněný klikovým mechanismem je principiálně stejný jako hydraulický lis, který je jeho nástupce. Na rozdíl od hydraulického lisu je nutné na klikový lis instalovat velice výkonné motory, pokud chceme dosáhnout odpovídajících tlaků a sil. Klikový mechanismus se také osazuje velkými těžkými setrvačníky, které ulehčují práci elektrickým motorům. V opačném případě by bylo nutné instalovat motor ještě většího výkonu. To by se však z ekonomického hlediska nevyplatilo. Výkon instalovaného motoru je v porovnání výkon/cena dimenzován jako hraniční. Proto se s takovým řešením z konstrukčního hlediska setkáme již jen velmi zřídka. V průběhu minulého století byly ve většině případů klikové mechanismy nahrazeny hydraulickými stroji. Ekonomická nevýhodnost nebyla ovšem jedinou nevýhodou klikových zařízení. Další nevýhodou jsou jejich velké rozměry způsobené obrovským setrvačníkem a velká spotřeba elektrické energie. Chceme-li se vyhnout vzniku možné havárie klikového mechanismu, lze užít k přenosu přímočarého pohybu dvouzvratnou páku s listovým perem (plochou pružinou).

Obrázek č. 14 Dvouzvratná páka s listovým perem



Konstrukce klikového zařízení je podstatou lisování identická s hydraulickou konstrukcí. U hydraulického lisu jsme si popsali technologii lisování pomocí lisovacího válce. Nyní zbývá popsat lisování pomocí pomalu se zmenšujícího kuželového válce. U tohoto způsobu lisování nám odpadá nutnost použití uzavírací klapky nebo pístu. K uzavření lisovacího kuželového válce, jako je to v našem případě, můžeme použít klapku nebo píst, ale z technologického důvodu není při správné délce kuželového válce tento krok nezbytný. Lisováním nám vznikne nekonečně dlouhý válec, který musíme potom nařezat na námi zvolenou délku.

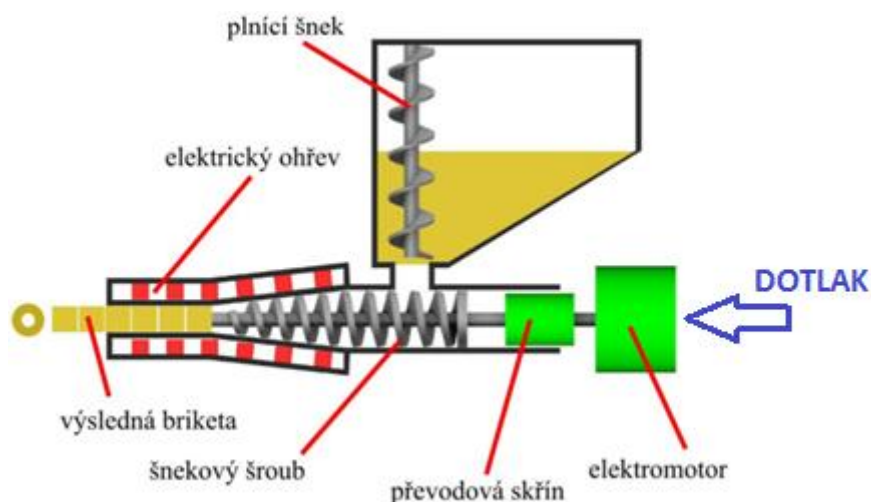
Obrázek č. 15 Pístový lis s klikovým pohonem



c. Šnekový lis s *dotlakem*

Šnekový lis má s klikovým a hydraulickým lisem společné pouze plnění lisovacího prostoru z násypky. V ostatních parametrech se zcela liší. Plnicí šnek dopravuje materiálovou drť určenou k lisování do lisovacího prostoru. Za zmínku stojí, že plnicí šnek není u všech zmíněných lisů nutnou podmínkou. Materiál může padat do lisovacího prostoru na základě gravitace. Tento způsob plnění je ovšem velmi nespolehlivý. Velice často by zde docházelo k ucpávání otvoru drceným odpadem. Proto se tento způsob nevyužívá. Drcený odpad je šnekem dopraven do kuželového šnekového lisu, který drcený materiál postupně lisuje na výsledný tvar. Aby se briketa lépe spojila, často dopomáháme šnekovému lisu zvýšením teploty elektrickou topnou spirálou, která se nachází na konci šneku. Kuželový šnekový lis může být pro efektivnější lisování osazen hydraulickým válcem. V tomto případě budeme kombinovat šnekový a hydraulický lis. Kuželový šnekový lis nabere drcený materiál, který začne lisovat. Na konci šneku je výlisek vyhozen ven do válcového prostoru, který je uzavřen klapkou. Následně se šnekový lis přestává točit a zapíná se hydraulický obvod, jenž pomocí hydraulického mechanismu přemění, svou funkcí, šnek v píst, který již slisovanou briketu dolisuje na konečný tvar. Tento způsob lisování je velice efektivní a výsledné brikety jsou velice houževnaté. Pro komerční použití se ovšem doporučuje používat pouze šnekový mechanismus. Zde se šnek nemusí zastavovat a je tím pádem mnohem více produktivní. Vzniká zde nekonečně dlouhá briketa, u které si můžeme libovolně určovat její délku. [17]

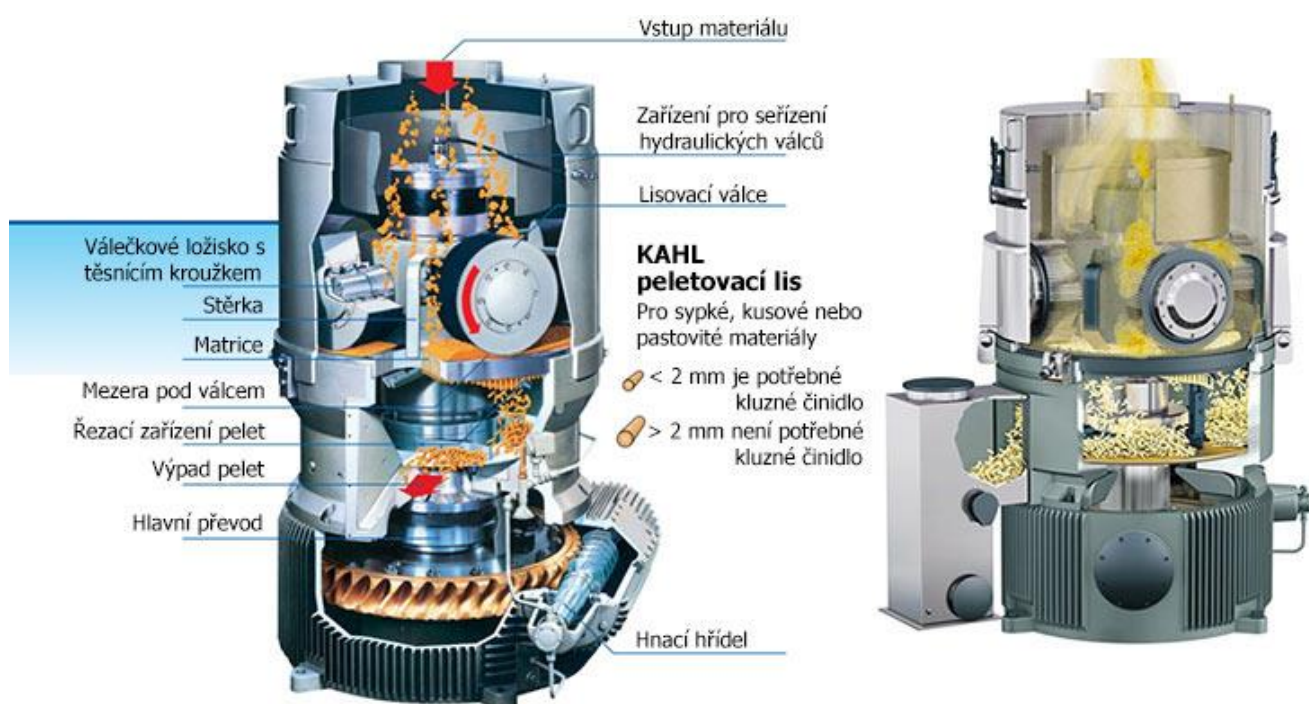
Obrázek č. 16 Šnekový lis s *dotlakem*



d. Matricový lis

Matricový lis se primárně používá k výrobě pelet. Do stroje válcového tvaru je po rozdrcení nasypán materiál určený k lisování. Rozdrcený materiál si přebírá v našem případě jeden z pěti lisovacích válců. Válec poté materiál slisuje pomocí matrice, do které je tento sypký odpad natlačen. Z matrice následně vychází téměř hotová nekonečná peleta, která je pomocí řezacího mechanismu nařezána na požadovanou délku. Takto hotová peleta vypadává ven do připravených nádob či pytlů. [18]

Obrázek č. 17 Matricový lis

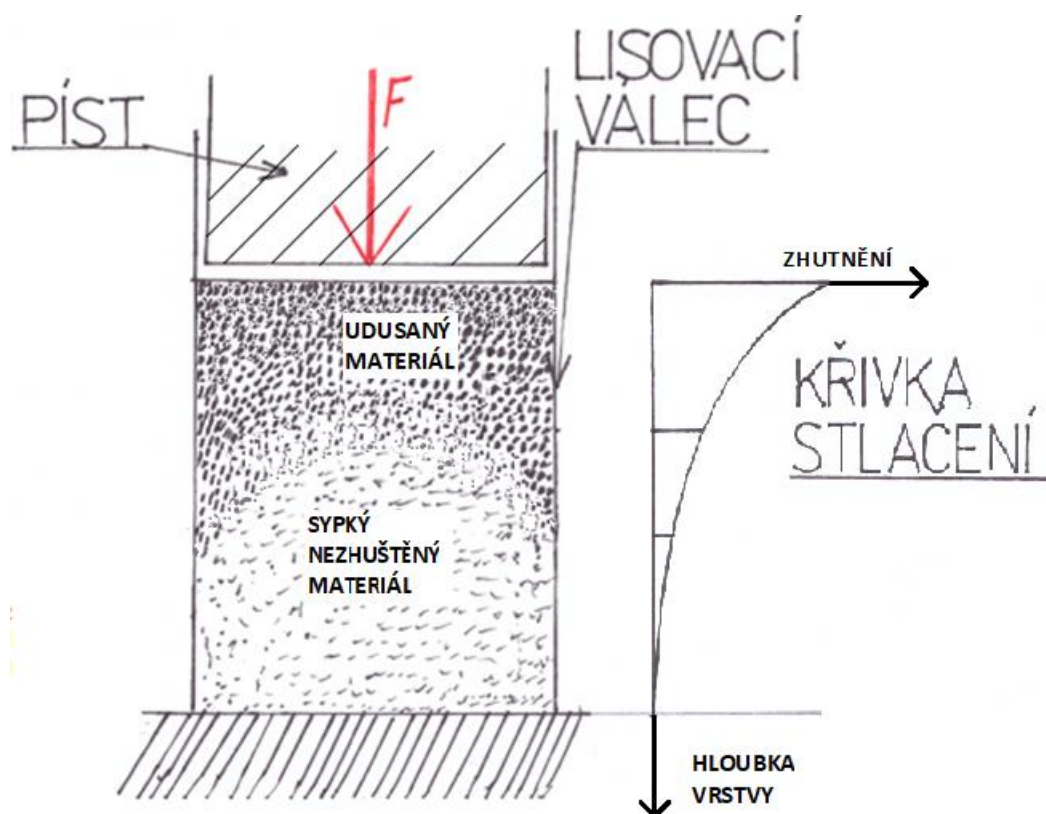


2. Způsoby lisování

a. Jednočinné lisování

U jednočinného lisování působí lisovací píst pouze z jedné strany. Materiál se nejvíce stlačí ze strany, kde bude působit píst, tedy pod pístem.

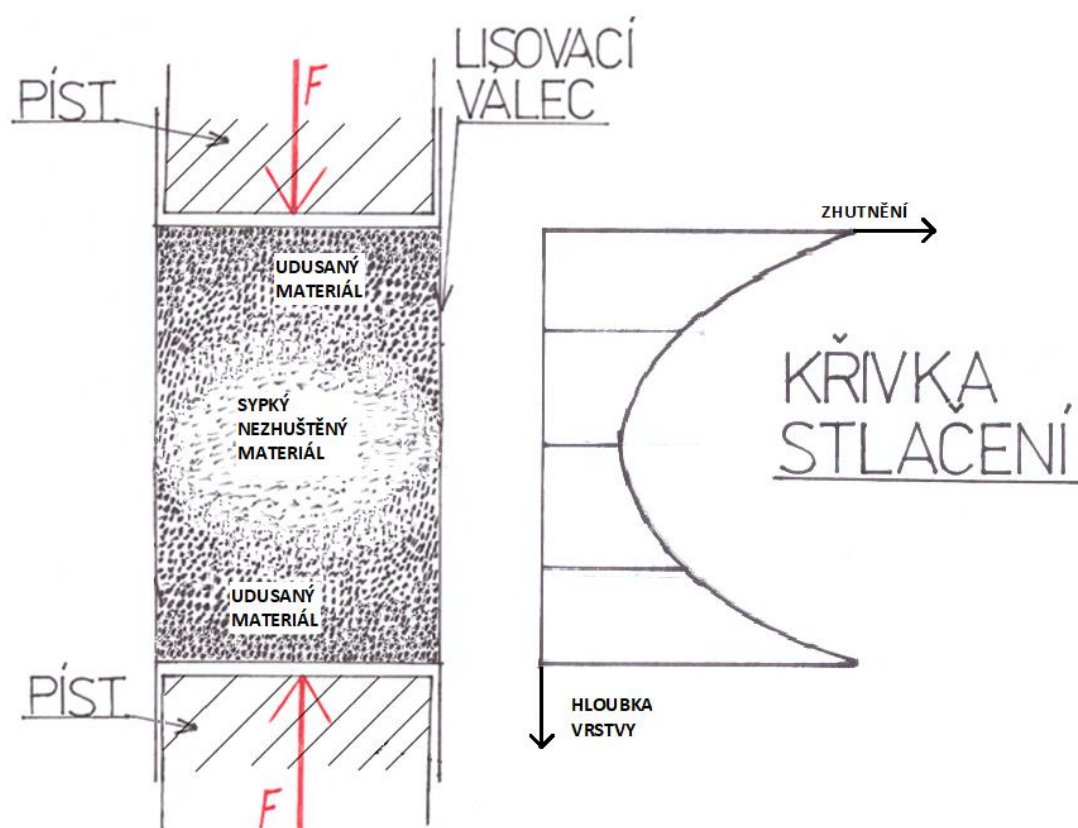
Obrázek č. 18 Jednočinné lisování



b. Dvojčinné lisování

U dvojčinného lisování dojde k rovnoměrnějšímu stlačení drceného materiálu. Peleta bude z obou stran stejně zhuštěná. Pouze ve středu pelety bude dosaženo nižšího, rovnoměrnějšího stlačení.

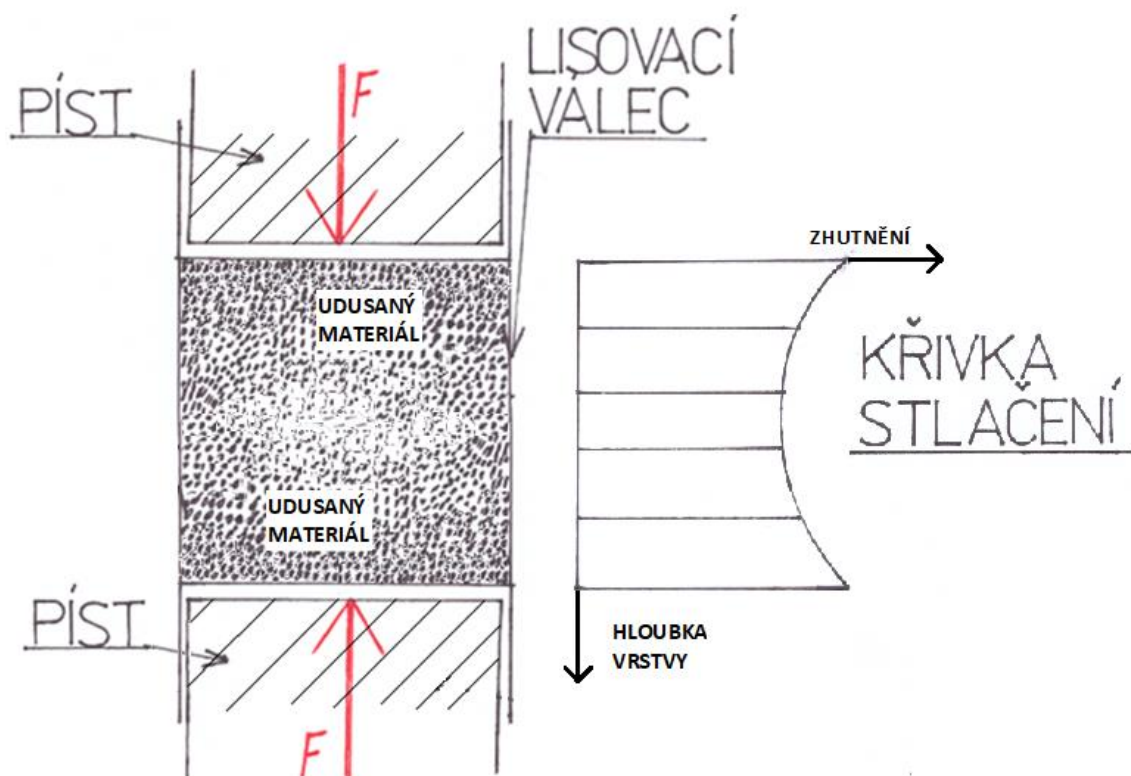
Obrázek č. 19 Dvojčinné lisování



c. Dvojčinné lisování s mazáním

U dvojčinného lisování, při kterém jsou stěny trubky namazány grafitem, dochází k rovnoměrnějšímu stlačení celé pelety vlivem omezení tření materiálu na stěnách válce.

Obrázek č. 20 Dvojčinné lisování s mazáním



EXPERIMENT

Pro ověření naší teorie jsme provedli několik lisovacích pokusů.

Trubku o průměru 50 mm jsme v prvním případě naplnili 55 g skartovaného papíru bezpečnostní kategorie P-1. (proužek max. 12 mm). Následným lisováním jsme vyvinuli tlak 20,4 MPa. Výsledek lisování byl velice uspokojivý. (obrázek č.21) Peleta po vynětí z trubky si poměrně dobře zachovala válcový tvar. Následně jsme si změřili výšku pelety, která byla 5 cm. Poté jsme peletu nechali rok uskladněnou v suchém prostředí. Po uplynutí této doby jsme provedli kontrolní měření se stejným výsledkem. Tímto měřením jsme si ověřili teorii lisování v praxi a správně zvolený tlak minimálně 20,4 MPa.

Obrázek č. 21 Peleta



K druhému lisovacímu pokusu jsme opakovaně použili trubku o průměru 50 mm se stejnou gramáží skartovaného papíru. V tomto případě jsme ale zvolili skartovaný papír ze skartovačky bezpečnostní kategorie P-4. (částice max. 160 mm²) Zde se nám peleta po vynětí z trubky začala ve spodní části časem rozpadat. (obrázek č.22) Částice papíru bezpečnostní kategorie P-4 se při tlaku 20,4 MPa nedokázaly dostatečně slisovat.

Obrázek č. 22 Peleta



V obou případech nebylo užito zvýšení teploty při lisování a stěny trubky nebyly mazány. Stejně jako u prvního pokusu i zde jsme po roce provedli kontrolní měření výšky. I v tomto případě se výška pelety nezměnila. I když kontrolní měření dopadlo dobře, peleta je v druhém případě velice nestabilní, a při sebemenších otřesech se snáze rozpadá. Pro lepší dlouhodobou stabilitu pelet by bylo nutné použít větší lisovací tlak. Zkušební stroj Amsler však vyvine maximální sílu 40 000 N. Při menším průměru trubky by se měrný lisovací tlak zvýšil, ale peleta by měla výrazně nestandardní rozměry.

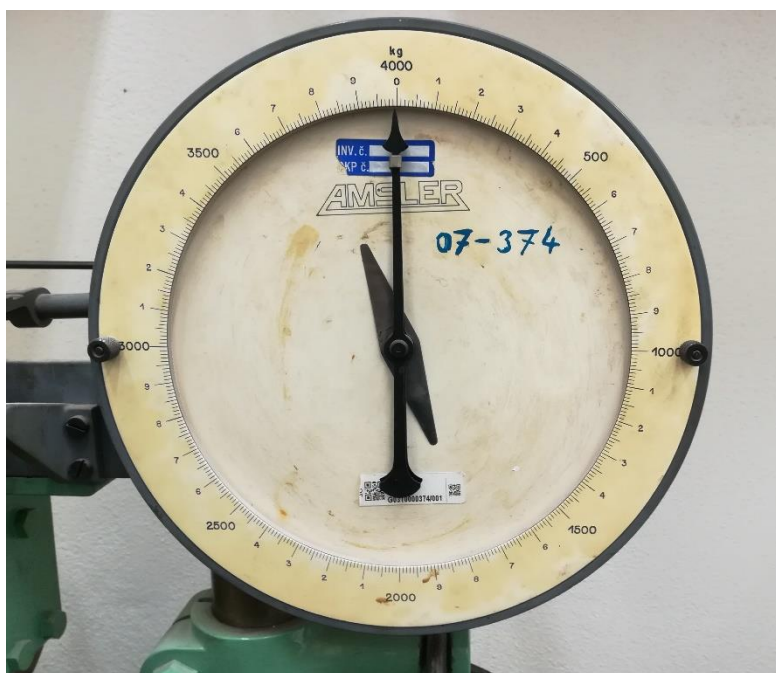
Obrázek č. 23 Lisovací stroj



Obrázek č. 24 Štítek stroje



Obrázek č. 24 Stupnice lisovací síly



Obrázek č. 25 Lisovací nástroj



Obrázek č. 26 Lisování



Výsledky experimentu nás velice mile překvapily. Náš prvotní odhad počítal, že bude potřebné vyvinout tlak 40 až 60 MPa pro dosažení dostatečné soudržnosti pelety.

D. ZÁVĚR

Jak jsem popisoval ve své práci, možnosti ekologických zdrojů vytápění jsou různé. V současné situaci při zvyšujících se cenách uhlí, plynu i elektřiny, lze k vytápění domácností využít i velké množství papírového odpadu, zpracovaného ve formě briket nebo pelet. Kromě finančních nákladů jde o paliva z obnovitelných zdrojů, při jejichž spalování dochází též k menší produkci škodlivých emisí a zbytkového popela.

Mé technické řešení, které vychází ze spojení drtičky a lisovacího zařízení do jednoho stroje, může mít ve svém následku nárůst oblíbenosti obnovitelných zdrojů jako paliva. Domácnosti a firmy by v ideálním případě mohly přeměnit veškerý papírový odpad, který vyprodukují v ekologické palivo pro vytápění.

Z dlouhodobého hlediska má moje práce reálný potenciál přeměnit se z vize na realitu. Veškerá technická řešení popsaná v této práci jsou již úspěšně odzkoušena v různých průmyslových odvětvích. Spojení drtičky a lisovacího zařízení do jednoho stroje bude jen otázka času.

Z ekonomického pohledu se pořízení těchto strojů v první fázi vyplatí velkým firmám, které produkují velké množství papírového odpadu. Dále také sběrným dvorům a všeobecně společností nebo firmám, které se zabývají odpadovým hospodářstvím.

V druhé fázi, kdy pořizovací náklady klesnou, si bude tento produkt moci pořídit třeba i malá prodejna na vesnici, obecní nebo městský úřad a další instituce.

Z konstrukčního hlediska masivnějšímu rozšíření těchto strojů nic nebrání. To dokládá i námi úspěšně provedený experiment, který byl uskutečněn v našich dílnách. U tohoto experimentu byla prověřena vyhovující soudržnost pelet, které lze dosáhnout i pouhým slisováním bez nutnosti použití přídavného pojiva.

Jsem přesvědčen, že i tato práce přispěje k prohloubení zájmu o řešení uvedené problematiky, a to zvláště v současné době kritického nedostatku zdrojů pro výrobu tepelné energie.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Zdroje:

- [1] <https://vas-pomocnik.cz/skartovace/>
- [2] <https://www.pala.cz/stupne-bezpecnosti-din-66399/>
- [3] <https://m.alza.cz/article/g1086.htm>
- [4] http://www.ta.cz/produkty/skartovaci-stroje.html/10_ideal4005-detail
- [5] KLOBUŠNÍK, Lubomír. Pelety palivo budoucnosti. 1. vydání, České Budějovice: Sdružení harmonie, 2003. 112 s. ISBN 80-239-1956-3
- [6] <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/32041/35484/388981/priloha001.pdf>
- [7] <https://ms-my.facebook.com/CT24.cz/videos/ekologick%C3%A9-brikety-z-lidsk%C3%BDch-exkrement%C5%AF/531374398516247/>
- [8] <https://brikliis.cz/briketovani-spalitelných-odpadu/>
- [9] <https://www.enviweb.cz/89418>
- [10] <https://www.chatar-chalupar.cz/nova-generace-zahradnich-drticu/>
- [11] <https://www.sfpz.cz/dotace-a-pujcky/nova-zelena-usporam/>
- [12] <https://fyzmatik.pise.cz/1134-proc-ma-velbloud-hrby.html>
- [13] <http://www.survivalschool.cz/tabornictvi/drevo.php>
- [14] <https://www.raselina.cz/cs/o-nas/historie-soucasnost/>
- [15] <https://www.epet.cz/raselina-levne-a-vyhrevne-palivo-s-kontroverzni-ekologickou-stopou-alt-text-raselina-lze-raselinove-brikety-povazovat-za-ekologicke-palivo-jejich-zastanci-hovori-o-prirodnim-slozeni-a-recyklaci-popela-odpurcum-vadi-umele-drancovani-raselinist-a-pomaly-pro/>
- [16] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ra%C5%A1elina>
- [17] https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=151755
- [18] <https://www.peletovaci-linky.cz/lisovani-pelet.html>

Obrázky:

Obrázek č.1: <https://www.pala.cz/stupne-bezpecnosti-din-66399/>

Obrázek č.2: https://www.deostech.cz/drtice/dvouhridelove_drtice

Obrázek č.3: <https://www.stepkovac-na-vetve.cz/produkty/drtic-vetvi-pirana/drtic-vetvi-pirana-za-traktor/>

Obrázek č.4: <https://ceska-peleta.cz/palivo/pelety/>

Obrázek č.5: <https://www.peletovaci-linky.cz/pelety-z-repkove-slamy.html>

Obrázek č.6: <https://www.hornbach.cz/p/drevene-brikety-biomac-turbo-valcove-z-mekkeho-dreva-10-kg/7269163/>

Obrázek č.7: <https://ceska-peleta.cz/slamove-brikety/>

Obrázek č.8: <https://odpady-online.cz/brikety-ze-stareho-papiru-pro-energeticke-vyuziti/>

Obrázek č.9: http://www.ta.cz/produkty/skartovaci-stroje.html/10_ideal4005-detail

Obrázek č.10: <https://www.okhelp.cz/stroje-naradi/na-jakem-principu-pracuji-drtice-vetvi-id-350/>

Obrázek č.11: <https://zahrada.bydleniprokazdeho.cz/zahradni-technika/vybirame-zahradni-drtice-a-stepkovace.php>

Obrázek č.12: <https://zahrada.bydleniprokazdeho.cz/zahradni-technika/vybirame-zahradni-drtice-a-stepkovace.php>

Obrázek č.13: https://www.vut.cz/www_base/

Obrázek č.14: https://www.vut.cz/www_base/

Obrázek č.15: https://www.vut.cz/www_base/

Obrázek č.16: https://www.vut.cz/www_base/

Obrázek č.17: <https://www.peletovaci-linky.cz/lisovani-pelet.html>

Obrázek č.18: Vlastní zdroj

Obrázek č.19: Vlastní zdroj

Obrázek č.20: Vlastní zdroj

Obrázek č.21: Vlastní zdroj

Obrázek č.22: Vlastní zdroj

Obrázek č.23: Vlastní zdroj

Obrázek č.24: Vlastní zdroj

Obrázek č.25: Vlastní zdroj

Obrázek č.26: Vlastní zdroj

Obrázek č.27: Vlastní zdroj