

JIHOČESKÁ UNIVERZITA v ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Obor: Zemědělství

Profilace: TUSHK

Katedra rostlinné výroby a agroekologie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Konopí seté (*Cannabis sativa*) jako energetická rostlina

Vedoucí práce:

doc. Ing. Jana Pexová Kalinová, Ph.D.

Autor práce:

Miroslava Boudová

2011

Prohlášení:

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma „Konopí seté (*Cannabis sativa*) jako energetická rostlina“ jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne

.....

podpis autora

Poděkování:

Především bych chtěla poděkovat paní doc. Ing. Pexové Kalinové, Ph.D., za metodické, odborné vedení a čas který mi věnovala při tvorbě mé bakalářské práce.

ABSTRAKT

Jedním z hlavních důvodů zhoršování životního prostředí je spalování fosilních paliv, proto je nezbytné, aby lidstvo začalo využívat přírodní obnovitelné zdroje místo vyčerpatelných fosilních paliv. Mezi tyto přírodní obnovitelné zdroje řadíme i energetické plodiny. Jednou z energetických plodin je konopí seté (*Canabis sativa*). Výhodou této olejnopřadné rostliny je možnost jejího celkového využití. Cílem této bakalářské práce bylo formou literární rešerše shrnout informace o konopí jako o energetické rostlině. Ve výnosech biomasy dosahuje konopí velmi dobrých výsledků. Konopí seté je možné spalovat, ať už celé rostliny či pazdeří, a vyrábět z něj pelety a brikety k následnému spalování. Výhřevnost pelet a briket se vyrovná hnědému uhlí. Olej vylisovaný z konopných semen je možné použít jako palivo přímo v případě úpravy motoru, nebo je surovinou pro výrobu bionafty. Další možností energetického využití konopí je produkce bioetanolu. Vhodná technologie pro využití konopí je ve fázi výzkumu. Podle studií prováděných ve světě, je konopí svým složením vhodné k výrobě bioplynu. Toto využití je ale stále ve fázích výzkumu. Ačkoliv by se dalo říci, že v ČR není zas až tak zanedbatelné množství bioplynových stanic, tyto stanice spíše než energetické rostliny využívají pro výrobu bioplynu organické živočišné odpady. Jediné kdy v ČR dochází k využití konopí jako energetické plodiny je při spalování ve formě pelet a briket.

Klíčová slova: konopí seté (*Canabis sativa*), biomasa, biopaliva

ABSTRACT

One of the main problems of the living environment deterioration is combustion of fossil fuels. It is necessary that people should start using natural renewable resources instead of already abandoned fossil fuels. Energy plants belong those natural renewable resources. One of the energy plants is hemp (*Canabis sativa*). The advantage of this oil-fibre plant is the possibility of its general usage. The aim of this theses was to sum up the informations about the hemp as an energy plant. In the hemp biomass yield reaches very good results. The hemp is possible to combust as a whole plant or even as hurds or make pellets and briquettes from these materials for the following burning. The heating power of pellets and briquettes compares to the brown coal. The oil extracted from the hemp seeds is possible to use as a fuel in the case of engine conditioning or it can be used as a raw material for the biodiesel production. The other possibility of the hemp energy usage is the production of bioethanol. The appropriate technology for bioethanol production is in progress. According to the forein studies, hemp is suitable due to composition of the biomass for the biogas production. This usage is still in progress. In the Czech Republic there are not so many negligible biogas stations, but these stations use organic animal salvage for the production of the biogas rather than energy plants. In the Czech Republic, hemp is used as the energy plant only for combustionis in the form of pellets or briquettes.

Key words: hemp (*Canabis sativa*), biomass, biofuel

OBSAH

| | |
|---------------------------------|----|
| 1. ÚVOD | 8 |
| 2. CÍL | 9 |
| 3. LITERÁRNÍ REŠERŠE | 10 |
| 3.1. HISTORIE | 10 |
| 3.2. PRODUKCE KONOPÍ V ČR | 10 |
| 3.3. VYUŽITÍ KONOPÍ SETÉHO | 12 |
| 3.4. BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA | 14 |
| 3.4.1. Kořenový systém | 16 |
| 3.4.2. Stonek | 17 |
| 3.4.3. Listy | 17 |
| 3.4.4. Květ | 18 |
| 3.4.5. Plod | 18 |
| 3.5. RŮST A VÝVOJ KONOPÍ SETÉHO | 18 |
| 3.6. NÁROKY NA PROSTŘEDÍ | 19 |
| 3.7. ZÁSADY PRO PĚSTVÁNÍ | 20 |
| 3.7.1. Předseťová příprava půdy | 20 |
| 3.7.2. Osevní postup | 20 |
| 3.7.3. Odrůdy | 21 |
| 3.7.4. Setí | 22 |
| 3.7.5. Výživa a hnojení | 22 |
| 3.7.6. Zásahy během vegetace | 23 |
| 3.7.7. Sklizeň | 24 |
| 3.7.7.1. Sklizeň stonku | 24 |
| 3.7.7.2. Sklizeň semena | 25 |
| 3.7.7.3. Sklizeň pro biomasu | 26 |
| 3.8. SLOŽENÍ BIOMASY | 26 |
| 3.9. VÝNOS | 28 |
| 3.10. SPALOVÁNÍ BIOMASY | 30 |
| 3.11. PYROLÝZA | 33 |
| 3.12. BIOPALIVA | 34 |

| | |
|--|----|
| 3.12.1. Pelety a brikety | 34 |
| 3.12.2. Konopný olej | 37 |
| 3.12.3. Bionafta | 38 |
| 3.12.4. Bioplyn | 41 |
| 3.12. 5. Etanol | 44 |
| 3.13. EKONOMIKA PĚSTOVÁNÍ KONOPÍ | 47 |
| 3.14. DOTAČNÍ POLITIKA | 48 |
| 3.15. LEGISLATIVNÍ OPATŘENÍ PŘI PĚSTOVÁNÍ KONOPÍ | 49 |
| 4. ZÁVĚR | 50 |
| 5. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 52 |
| 6. PŘÍLOHA | 59 |

1. ÚVOD

Již před lety došlo v atmosféře k alarmujícímu zvýšení množství „skleníkových plynů“. Toto stoupající znečištění je přímým důsledkem spalováním nafty, uhlí, nebo-li většiny fosilních paliv. Ze spalování fosilních paliv vznikají další odpady, které obsahují monoxidy uhlíku, což je známý karcinogen. Dále vznikají dva oxidy, které jsou součástí kyselých dešťů, oxid uhličitý a oxid dusnatý. Oba tyto oxidy způsobují ekologické škody, ale i vážné poškození plic.

Fosilní paliva obsahují síru, pokud shoří, jejich kouř obsahuje oxid siřičitý. Jestliže oxid siřičitý smícháme s dešťovou vodou, vznikne kyselina siřičitá, která je obvykle původní formou kyselých dešťů. Kyselé deště ničí pole, lesy, památky a stavby. V důsledku kyselých dešťů dochází ke změně chemické rovnováhy v půdě.

Zde nastává otázka, zda se s tím skutečně nedá něco dělat? Sama příroda přišla na efektivní způsob čištění ovzduší. Rostlinná fotosyntéza funguje tak, že rostliny přijímají CO₂, oddělují atom uhlíku a užívají ho pro tvorbu sacharidů a navracejí kyslík zpět do vzduchu.

Jedním z dalších možných řešení je spalování biopaliv, která neobsahují síru ani olovo. V České republice se nachází asi okolo 1 milion hektarů půdy nevyužívané pro produkci potravin, proto by bylo výhodným řešením využívat tuto půdu pro pěstování biomasy. Biomasu můžeme využívat jak odpadní tak i záměrně pěstovanou.

Jednou s velmi užitečných energetických plodin je konopí, které bylo již před staletím využíváno jako zdroj energie. Množství dřevité hmoty, tedy odpadu, získané z 1 ha konopí setého, které má vegetační období cca 90 – 120 dní, je minimálně dvaapůlkrát více, než z 1 ha lesa, který roste desítky let. Konopí je ideální pro výrobu paliv. Na jejich výrobu můžeme použít odpadový materiál, který vzniká při výrobě konopného papíru a textilu.

Literatura uvádí, že z konopí se dá vyrobit až 25 tisíc druhů výrobků, které jsou 100% recyklovatelné. Konopí vytváří větší množství rostlinného materiálu než kterákoliv jiná plodina. Již během svého růstu vyprodukuje více kyslíku, než jaké je množství CO₂, které vznikne při jejím spálení. Z konopného semene se získává konopný olej, který nachází uplatnění v různých odvětví průmyslu (kosmetickém, farmaceutickém, potravinářském, chemickém aj.). Olej lze také využít jako palivo. Konopí je prostě ideální plodinou pro lepší život.

„Konopí můžeme používat jako obnovitelný materiál. Otázkou není, zda to budeme dělat, ale kdy to začneme dělat.“ (Robinson 1998)

2. CÍL

Cílem práce je formou literární rešerše shrnout informace o možnostech využití konopí, technologii pěstování a zpracování pro energetické účely, vlastnostech konopí z pohledu energetického využití rostliny, vlivech na energetickou výtěžnost a zhodnocení stavu v ČR z pohledu využití konopí jako energetické rostliny.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1. HISTORIE

Konopí je prastarou kulturní rostlinou. Počátky pěstování sahají do oblastí Střední Asie, Číny a Indie, kde se pěstovalo již od 3. tisíciletí před naším letopočtem (Šnobl 2004).

Do Evropy, na území jižního Ruska, přinesli konopí seté Skytové v 7.stol. př.n.l., odkud se jeho pěstování rozšířilo severní cestou přes Litvu, Švédsko a Nizozemí do Anglie, jižní cestou přes Malou Asii do Řecka, Itálie, Francie a Španělska, z Itálie do Severní Afriky a zásluhou španělských kolonistů do Ameriky (zač. 17. stol.). Důvod jeho masivního rozšíření do celého světa je především jeho vysoká schopnost adaptace a jedním z dalších důvodů byl bezesporu užitek z jeho pěstování (Trantírka, Stehlík 1971, Miovský a kol. 2008).

Největší rozkvět na několika stech tisících hektarech doznalo pěstování konopí od počátku 17. do poloviny 19.století s největší spotřebou vlákna na lanoví lodí, plachty a potřeby armády. Po II. Světové válce nastal velký úpadek, v důsledku převahy bavlny a umělých vláken. V ČSR se konopí pěstovalo zejména na Slovensku (asi na 10 000 ha), v 19. stol. často i v Čechách a na Moravě (Sladký 2004).

Ve světě se konopí pěstovalo bez omezení až do třicátých let. V roce 1937 byl v USA prosazen zákaz pěstování, tento zákon změnil konopí na plodinu zakázanou. Poté postupně zakazovaly pěstování konopí i další země. V současné době se objevuje nový pohled na pěstování konopí, ve většině zemí se mění legislativa ve prospěch konopí (Kára a kol. 2005).

Konopí bylo v bývalém Československu pěstováno na větších plochách než v současné době. Jen pro příklad v roce 1921 bylo konopí pěstováno na ploše přes 12 000 ha, jeho plocha se v následujících letech neustále zmenšovala v roce 1979 dosahovala osetá plocha 2 172 ha (Kára a kol. 2005).

Přibližně po r.1995 zaznamenává konopí v České republice renesanci svého pěstování, své uplatnění by mělo sehrát v souvislosti s „přebytkem půdy“, při využití této půdy pro nepotravinářské účely, nebo-li pěstování pro technické účely (vlákno, semeno) a ve fyooenergetice (Šnobl 2004).

3.2. PRODUKCE KONOPÍ V ČR

V ČR se v roce 1998 znovu začalo ověřovat konopí seté, jako významný zdroj přírodních vláken, organické hmoty možné k technickému využití a také možnost jeho

energetického využití. V roce 1997 a 1998 šlo pouze o experimentální plochy s výměrou do 2 ha (Tošovská, Buchtová 2009).

V roce 2001 bylo oseto 29 ha pro textilní zpracování a pro energetické využití 20 ha. Postupně docházelo k rozšiřování osevních ploch konopí setého (tabulka č. 1). V roce 2006 pěstovalo konopí 25 pěstitelů na ploše 1155 ha a v roce 2007 na ploše 1538 ha. Bohužel hospodářská krize se promítla i do cen krátkého vlákna a to vedlo ke snížení ploch konopí na 228 ha v roce 2009 (Klvaňová 2007, Tošovská, Buchtová 2009).

Tab. č. 1 Plochy a produkce konopí setého v ČR (Šafařík a kol. 2007)

| Rok | | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Osevní plocha | ha | 129 | 29 | 91 | 115 | 307 | 156 | 1155 | 1538 | 518 | 228 | 130 |
| Výnosy semene | t/ha | 0,8 | 0,8 | 0,85 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | |
| Výnos stonku | t/ha | 9,0 | 9,0 | 9,5 | 9,0 | 9,0 | 9,0 | 8,6 | 6,0 | 8 | 8 | |
| Výnos vlákna | t/ha | 2,25 | 2,25 | 2,35 | 1,55 | 1,45 | 1,50 | 1,9 | 1,8 | 1,6 | 1,6 | |
| Výnos hmoty pro energetické využití | t/ha | 10,0 | 10,0 | 10,5 | 10,0 | 10,0 | 8,5 | 9,5 | 8,5 | 6,5 | 7 | |

Konopí seté (obr. č. 1) se v současnosti v ČR pěstuje hlavně pro produkci přírodního vlákna, k technickému, nebo k energetickému využití, pro papírenský a automobilový průmysl a pro stavební účely. Většina pěstitelů pěstuje technické konopí kombinovanou metodou, jak na vlákno, tak i pro semeno (Tošovská, Buchtová 2009).

V roce 2009 klesla pěstitelská plocha nejen v ČR., ale i v EU na pouhých 14 544 ha. Pěstitelské plochy se zvýšili jen ve Francii, Německu a Nizozemsku (Tošovská, Buchtová 2009).

Jeden z hlavních problémů, proč nedochází ke zvyšování ploch konopí je, že od počátku chybí prvozpracovatelský článek mezi pěstováním konopí a produkcí konopných výrobků, nebo-li tůren. V roce 2002 byla desetimilionová dotace ministerstva průmyslu a obchodu poskytnuta na nákup představené linky, pro prvotní zpracování konopného stonku z kulatých balíků, linku zakoupil závod Lenka Kácov. Výkupní podmínky určené vedením podniku dále odrazují případné zájemce o pěstování. Ze vzdálenosti větší než 30 km se pěstitelům prodej materiálu do Lenky Kácov nevyplatí. V současné době jsou v ČR dva akreditovaní zpracovatelé LENKA Kácov a Josef Benedikt, jejichž zpracovatelská kapacita je

19 tis. t stonků a 3 852 t konopných vláken. V roce 2009 ukončila provoz tírna Benešová Bžany, takže v nepravidelném režimu pracují pouze dva zpracovatelé (Tošovská, Buchtová 2009).

Další problém tak jak pěstitelské praxe ukázaly je dostupnost spolehlivé sklizňové techniky. V roce 2007 byly zaznamenány první větší úspěchy se sklizňovou technikou, práce na vývoji mobilního dekortikátoru, technologie vynalezené Georgem W. Schlichtenem počátkem 20. století v USA (Ruman, Klvaňová 2008, Miovský a kol. 2008).

Obr. č. 1 a) samičí květenství, b) samčí květenství, c) prašnické kvítky, d) pestíkové kvítky, e) pestíkové kvítky, f) semeno (Trantírka, Stehlík 1971)



3.3. VYUŽITÍ KONOPÍ SETÉHO

Konopí je považováno za perspektivní obnovitelnou surovinu. Skoro všechny jeho části jsou využitelné. Rostlina je snadno biologicky rozložitelná, nestaví nás před problém likvidace odpadu, hlubší kořenový systém kypří půdu a brání erozi na svazích. Dovede též

absorbovat těžké kovy z kontaminovaných půd. Listy konopí odpadlé při dozrávání podporují rozvoj bakterií v půdě (Šnobl 2004, Kára a kol. 2005).

Konopné semeno se využívá v různých průmyslech. V chemickém průmyslu je možno využívat produkty ze semen při výrobě mýdel, barev, laků. Semena konopí je možno přidávat do ptačího zobu, uvádí se, že ptáci s konopnými semeny v potravě žijí o 10-20 % déle. Konopná semena jsou výborným zdrojem bílkovin, v semenech je také obsažen vzácný vitamín K. Konopné semeno proto nachází uplatnění v potravinářství, u rybářů a chovatelů ptactva (Kára a kol. 2005, Petříková a kol. 2006, Miovský a kol. 2008).

Některé látky získané z konopí jako např. fytylin se používá v lékařství k léčbě chudokrevnosti, v lékařství se také používá konopná pryskyřice, která je vylučována především na samičích květech. Čistá pryskyřice obsahuje THC, éterické oleje, různé cukry, flavonoidy a alkaloidy (Kára a kol. 2005, Petříková a kol. 2006, Miovský a kol. 2008).

Konopný olej, získaný lisováním z konopných semen, lze využít jako motorové palivo. Pokrutiny, které zůstanou po lisování semene, se využívají jako dietetické krmivo pro hospodářská zvířata, nebo jako palivo (Kára a kol. 2005, Petříková a kol. 2006, Miovský a kol. 2008).

Stejně jako semeno konopí, tak i stonky mají velmi široké využití, v textilním průmyslu se z něj vyrábí svrchní oblečení, teplé povlečení, tapety, koberce. Konopná vlákna se používají pro výrobu lan, provazů, popruhů, nití, plachet, tepelné izolace, nábytkové látky. Z konopného pazdeří se vyrábí papír (Petříková a kol. 2006).

Konopí je praktický, levný stavební materiál s dobrými tepelnými a zvukově izolačními schopnostmi. Už i u nás je pár těchto domů. Pokud na rostlinné vlákno působíme teplem a tlakem, je možné z něj vyrábět ohnivzdorné pevné stavební panely, které nahrazují suché zdi a překližku. Z konopné buničiny může být vyrobeno plastové vodovodní potrubí (Kára a kol. 2005).

Vedle již zažitých možností využití, se konopí postupně začíná využívat, jako energetická surovina. Celé rostliny nebo vedlejší produkty z jiných výrob, hlavně pazdeří, se mohou přímo spalovat (Kára a kol. 2005). Konopný olej je možno využívat k výrobě bionafty, tato výroba je spíše stále ve stavu výzkumu. Konopí je možno využívat i při výrobě bioplynu a ethanolu (Kára a kol. 2005, Sladký 2004).

Pro domácnosti jsou významné konopné pelety a brikety, které se lisují z pazdeří a pokrutin bez pojiva za působení vysokého tlaku. Jako palivo lze využít i celulózní odpady z výroby přeměněné na etanol nebo pyrolytický olej (Petříková a kol. 2006).

3.4. BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA

Zpočátku bylo konopí řazeno do řádu kopřivovité (*Urticaceae*), starší klasifikace řadí konopí do čeledi morušivotých (*Moraceae*). Následující výzkumy, ale vedly k vytvoření samostatné čeledi konopovité (*Cannabaceae*). Do této čeledi řadíme spolu s konopím již pouze jeho jediného nejbližšího příbuzného, kterým je chmel (*Humulus Lupulus*) (Miovský a kol. 2008).

Rod konopí zahrnuje tři samostatné druhy (obr. č. 2):

Konopí indické (*Cannabis indica* Lam)

- Je jednoletá dvoudomá rostlina, jejíž stonek dorůstá do výšky 1,5 m a značně se větví. Listy jsou dlanitě dělené, 9 – 12četné, lístky čárkovitě kopinaté. Tento druh se pěstuje pro omamné látky obsažené v zelených částech rostliny v Indii, Iránu, Turecku, Sýrii, v Severní Americe (Šnobl 2004).

Konopí plané (*Cannabis ruderalis*)

- Je jednoletý plevel, přizpůsobený k samovýsevu, rostliny jsou velmi malé (60 cm), mají tenký, slabě vláknovitý stonek, listoví není příliš husté, listy jsou poměrně velké, obsah psychoaktivních látek je malý až střední. Je nenáročný na půdu a klima, odolný proti chorobám a škůdcům (Moudrý 1999, Šnobl 2004, Miovský a kol. 2008).

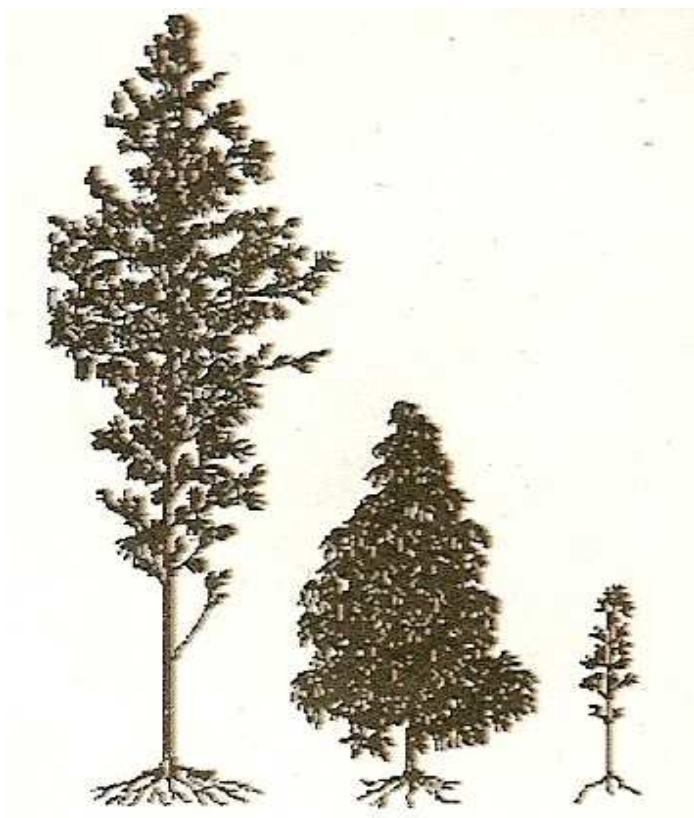
Konopí seté (*Cannabis sativa*)

- Je jednoleté a je nejrozšířenějším druhem konopí. Rostliny dorůstají do značné výšky (až 4 m), jsou málo rozdvojeny a mají řidší listoví. 3-30 mm silný stonek má v lýkové části 13,5-19,5 % vláknina, která zvyšují pevnost stonku. Semeno je větší než u planých forem s méně výraznou kresbou, má vyšší nároky na pěstování a nižší odolnost proti chorobám (Moudrý 1999, Šnobl 2004, Miovský a kol. 2008).
- Sladký (2004) uvádí u konopí setého jen tři formy severní (*Borealis*), jižní (*Australis*) a přechodný, někdy též nazývaný středoruský (*Medioruthenica*) typ. O těchto třech skupinách by se dalo říci, že čím kratší je vegetační doba, tím kratší je stonek a internodia, z čehož vyplývá nižší výnos stonků, hrubší, méně kvalitní vlákno, sevřenější a podstatně menší květenství i menší listy, květy a semena (Miovský a kol. 2008).
- Šnobl (2004) dělí konopí seté na 4 geografické skupiny (tabulka č.2).

Tab. č. 2 Charakteristika geografických skupin konopí setého(Šnobl 2004).

| Geografická skupina | Vegetační období (dnů) | Stonky | Listy | Semeno | Rozšíření | Výnos |
|---------------------|------------------------|---|--|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Severní | 60 – 80 | do 0,8 m, málo větvené, s krátkými internodii | malé, 3 – 5četné | malé, HTS 7-16g | sever Ruska, Finsko | malý |
| Středoruské | 90 – 120 | do 2 m, více nebo méně rozvětvené | středně velké 3 – 9četné, široké | středně velké, HTS 14-18 g | střední – východní Evropa | vysoký vlákna, menší semena |
| Jižní | 120 – 165 | 2 – 4 m, málo větvené | velké, 9 – 13četné | velké, kulaté HTS 16-26g | teplejší oblasti | středně vysoký vlákna, menší semena |
| Hašišné | 130 - 150 | 1,1-1,15m, bohatě větvené | velké, široké, 9-13četné, používané pro získání hašiše | malé, oválného tvaru | Indie, Afganistan, severní Afrika | vlákna malý, semena stření |

Obr. č. 2 Konopí seté, indické a rumištní – tři základní druhy rodu konopí (Ruman, Klvaňová 2008)



Z hlediska výrobní praxe má zemědělský význam zejména konopí jižní a středoruské, které reprezentuje více než 90 % všech světových pěstitelských ploch (Šnobl 2004).

Mezi odborníky převládá názor, že konopí je polytypický druh, neboť rostliny konopí si velice rychle zvykají na nové podmínky a z botanického hlediska je tudíž označujeme za vysoce adaptabilní (Miovský a kol. 2008).

Konopí je jednoletá dvoudomá nebo jednodomá rostlina (Trantírka, Stehlík 1971).

Jednodomé odrůdy konopí vytváří na každé rostlině květenství samčí i samičí, ojedinele se mohou vyskytovat i typy hermafroditní, které jsou neplodné (Šnobl 2004).

Dvoudomé odrůdy konopí vytváří na jedné rostlině konopí samčí květenství a na druhé rostlině samičí květenství. Zastoupení samčích a samičích rostlin v porostu není ustálené, přibližně 53 % : 47 % (Šnobl 2004).

Samčí rostliny – (tzv. konopí poskonné) – mají vyšší štíhlejší stonek, méně olistěný, listy jsou světlejší a méně četné, květenství je řídké u vrcholu rostliny (Šnobl 2004). Květy mají žlutavé pětičetné okvětí a pět tyčinek se žlutými prašníky uspořádané v latách (Trantírka, Stehlík 1971, Šnobl 2004).

Pyl se přenáší větrem na vzdálenost 10-12 km, konopí je tedy rostlinou cizosprašnou (Trantírka, Stehlík 1971). Samčí rostliny kvetou o 2-6 týdnů dříve než samičí rostliny a i dříve dozrávají (Šnobl 2004, Moudrý 1999). Ve stonku mají více vláknů a vyšší kvality než rostliny samičí (Šnobl 2004). Samčí rostliny po odkvětu odumírají (Stehlík, Trantírka 1971).

Samičí rostliny – jsou nižší, mají mohutnější stonek, jsou více olistěné a mají delší vegetační dobu. Květy jsou soustředěny v klubkách na delší části stonku (Šnobl 2004). Po odkvětu dále rostou až do vytvoření a vyzrání semena (Váša 1965).

3.4.1. Kořenový systém

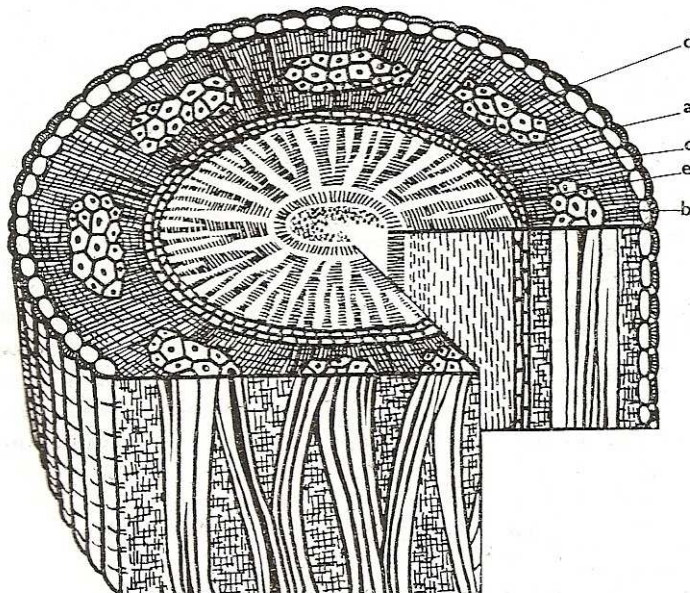
Rostlina vytváří vřetenovitý kořen sahající běžně do hloubky 30-40 cm (Šnobl 2004). Pokud se konopí pěstuje na hlubokých naplavených půdách s nízkou hladinou podzemní vody, proniká až do 2m (Trantírka, Stehlík 1971). Je však málo rozvětvený, jen s menším množstvím jemných vlásenčitých kořínků. Tato skutečnost pak vyžaduje úrodnější půdy s větší pohotovou zásobou živin. Postranní kořeny mají převážně vodorovný růst. Částečně lze považovat konopí za aridní rostlinu, do určité míry odolnou proti suchu (Šnobl 2004), ačkoliv je značně náročné na dostatek vody v období největšího růstu (Sladký 2004). Kořenový systém se mění podle typu, botanické skupiny, odrůdy, podmínek prostředí a agrotechniky (Váša 1965).

3.4.2. Stonek

Stonek je přímá lodyha, dorůstá průměrně výšky kolem 2 m až 4 m, někdy může dosahovat délky až 6 m. V prvních fázích růstu je měkký, dužnatý, později odspodu dřevnatí. Zelená barva stonku v období plného vegetačního růstu přechází v plné zralosti do citronově zelené, později začíná stonek dřevnatět a při přezrání dochází vlivem povětrnostních podmínek k hnědnutí. Obsahuje 13,5-19,5 % vláknů. Je dutý často podélně rýhovaný, rozdělen na 7-15 internodií. Čím je menší počet internodií a jejich větší délka, je vlákno kvalitnější (Šnobl 2004, Moudrý 1999, Miovský a kol. 2005).

Na rozdíl od lnu jsou svazky vláken ve stonku konopí rozmístěny nepravidelně, vytváří se primární i sekundární vlákna. Primární vlákna jsou uložena ve vnějším kruhu lýkových svazků, sekundární vlákna ve vnitřním kruhu lýkových svazků (obr. č. 3). Na spodní části stonku jsou převážně sekundární vlákna, ve vrchní části stonku jsou převážně primární vlákna. Sekundární vlákna jsou horší jakosti (kratší, dřevnatější, méně elasticke). Konopné vlákno je pevné, avšak méně pružné (Šnobl 2004). Lýko, dřevo a dřev jsou hlavní části stonku (Miovský a kol. 2005).

Obr. č. 3 Stavba stonku na příčném řezu a) pokožka, b) parenchym, c) kambium, e) dřevovina (Šnobl 2004)



3.4.3. Listy

Děložní listy jsou jednoduché, podlouhle oválné. Pravé listy jsou lichočetné, 3-13 četné, protáhlé, na konci zašpičatělé, s pilovitým okrajem, krátce po vzejití opadávají a tvoří na lodyze první kolénko. Když rostlina začne dozrávat, listy odspodu k vrcholu žloutnou, odumírají a opadávají (Šnobl 2004, Miovský a kol. 2008).

3.4.4. Květ

Formování květenství konopí začíná ve 4. etapě organogeneze. Rostliny tehdy mají 4-5 párů pravých listů (Váša 1965). Kvete 15-30 dní a nejvíce mezi 12.-13. hodinou (Trantírka, Stehlík 1971).

Květenství samčích rostlin je seskupeno v úžlabních latách na dlouhých stopkách vyrůstajících z úžlabí listů. Každý kvítek má 5 žlutozelených květních šupinek a 5 tyčinek. (Šnobl 2004).

3.4.5. Plod

Plodem je vejčitá jednosemenná nažka (semeno). Délka 2-5 mm, šířka 2-4 mm, tloušťka 2,3-2,8 mm (Šnobl 2004).

Barva semene je šedozelená či tmavohnědá s jemným mramorováním (Šnobl 2004, Trantírka, Stehlík 1971).

Hmotnost tisíce semen u českých odrůd konopí se pohybuje od 16 do 23 g. Hmotnost semen je genotypickým projevem, je však velmi ovlivněna klimatickými a půdními podmínkami a jinými vnějšími okolnostmi (Váša 1965). Semena brzy ztrácí klíčivost. Třetím rokem je klíčivost nižší o 30-40 % (Šnobl 2004).

Semeno obsahuje 30-35 % vysychavého oleje s vysokým zastoupením mastných kyselin (tabulka č. 3), vitamin E, 17-22 % bílkovin, 15-21 % bezdusíkatých látek, 13 % vlákniny, 4 % popelovin (Šnobl 2004).

Tab. č. 3. Procentický obsah jednotlivých mastných kyselin v oleji semene (Stražil 2011)

| Typ mastné kyseliny | % obsah mastných kyselin v oleji |
|---------------------|----------------------------------|
| Palmitová | 6,6 |
| Stearová | 2,6 |
| Olejová | 14,9 |
| Linolová | 56,7 |
| Linolenová | 19,2 |

3.5. RŮST A VÝVOJ KONOPÍ SETÉHO

Vzcházení konopí trvá v rozmezí 3-15 dnů, za teploty 2-5°C (Trantírka, Stehlík 1971). Konopné semeno klíčí, má-li k nabobtnání 53 % z váhy sušiny (Váša 1965). Vyznačuje se pomalejším růstem lodyhy a silnějším růstem kořenů, nepříznivě jej ovlivňuje nedostatek vody, nízká teplota a půdní škraloup (Šnobl 2004).

Z hlediska dosahování vysokých výnosů stonků a vlákna je nejdůležitější fáze rychlého růstu (Váša 1965). Trvá od vytvoření 3. páru pravých listů až do začátku tvorby květních pupenů, nastává silný růst lodyhy a zapojení porostu (Šnobl 2004). Jeho průběh a doba závisí na délce dne (Trantírka, Stehlík 1971).

V době nasazování pupenů dochází rovněž k největším přírůstkům lodyhy do délky (Šnobl 2004). V této fázi se diferencuje pohlaví (Váša 1965).

V době kvetení se nejprve u samčího květenství otvírají první květy a postupně dozrávají prašníky (Šnobl 2004). Jejich vlákna postupně dřevnatějí a ztrácejí na kvalitě (Váša 1965). U samičího květenství vyrůstají 1-2 mm dlouhé blizny z plodolistu. V této růstové fázi se tvoří maximální množství vlákna (Šnobl 2004).

Zrání semene začíná po oplodnění blizny samičích rostlin, semeno dozrává odspodu k vrcholu květenství 30-40 dnů (Šnobl 2004).

3.6. NÁROKY NA PROSTŘEDÍ

Konopí je teplomilná plodina, vegetační termická konstanta při pěstování na vlákno je 1 800-2 000 °C, na semeno 2 200-2 500 °C (Šnobl 2004). Požadavky při pěstování na energetické účely se příliš neliší od pěstování na vlákno či na semeno. Sladký (2004) uvádí že jižní forma potřebuje roční sumu teplot 2200 až 2800 °C, kterých nemusí být u nás dosaženo v každém roce ani v nejnižších polohách, proto se pro naše i středoevropské podmínky spíše počítá s uplatněním konopí přechodného typu.

V době vzcházení je konopí odolné krátkotrvajícím jarním mrazíkům až do – 6 °C. Při optimální teplotě během vegetace mohou denní přírůstky rostlin činit až 12-14 cm (Šnobl 2004).

Konopí je náročné na vláhu, neboť potřebuje jedenapůl až dvakrát více vody než obilniny (Trantírka, Stehlík 1971). V prvních 80 dnech se vyznačuje velkým přírůstkem biomasy. Na vytvoření 1 kg sušiny nadzemní části rostliny spotřebuje 600-700 l vody. Největší požadavek na vodu spadá do období před a v období květu, s procesem dozrávání potřeba vody klesá. Krátkodobě dovede odolávat i přísuškům. Celoroční úhrn srážek v oblasti pěstování by neměl klesnout pod 500 mm. V průběhu vegetačního období (120-130 dnů) potřebuje konopí 250-300 mm srážek (Šnobl 2004).

Konopí pěstované u nás je rostlinou krátkého dne, to znamená, že vývojová stádia probíhají rychleji v oblastech s kratším dnem, jedná se o oblasti se dnem kratším méně jak 14 hodin (Šnobl 2004, Kára a kol. 2005).

Konopí má na půdu značné nároky. Nejvhodnější jsou půdy úrodné, hluboké, hlinité, písčitohlinité s nízkou spodní vodou, bohatě zásobené humusem s dobrou zásobou dusíku a fosforu (Moudrý 1999, Šnobl 2004). Konopí citlivě reaguje na kvalitu půdy, slouží jako indikátor vyrovnanosti půdy. Nedoporučuje se pěstovat na půdách kyselých, mělkých, kamenitých, písčitých, jílovitých. Není vhodné pěstovat konopí na nechráněných místech, kde se vyskytují silné větry, které způsobují vysoušení půdy i samotné rostliny. Dobré jsou půdy neutrální až slabě zásadité (pH 7-7,6) (Sladký 2004, Kára a kol. 2005). Relativně dobrých výsledků bylo dosaženo i na rekultivovaných půdách při pěstování na biomasu pro energetické účely. Konopí lze sít i na zúrodněných slatinách, rozoraných loukách nebo vysušených rybnících, lze ho pěstovat i s úspěchem až do 450 m nadmořské výšky (Šnobl 2004, Kára a kol. 2005).

3.7. ZÁSADY PRO PĚSTOVÁNÍ

3.7.1. Předseťová příprava půdy

Pro dosažení vysokých výnosů, je jednou z podmínek důkladná příprava půdy. Po předplodině by jsme měli ihned udělat podmínku, v podzimním období likvidujeme mechanicky nebo chemicky vytrvalé plevele. Dlouhého meziporostového období využijeme pro zelené hnojení a doplnění organické hmoty do půdy. Podzimní orba do hloubky 25-30 cm by se měla provést co nejdříve. Je vhodné částečné urovnání povrchu oranice, což sníží počet pojezdů při jarní přípravě půdy. Zásadou jarní přípravy musí být omezení počtu pojezdů po pozemku, šetření zimní vláhly a co nejmenší utužení půdy. Doporučuje se, jakmile to počasí dovolí půdu smykovat nebo vláčet. Následně poté lze podle potřeby ještě jednou kypřit a současně do půdy zapravujeme průmyslová hnojiva. Pro přípravu rovnoměrného seťového lůžka, jsou vhodné stroje na přípravu seťového lože (kompaktory) (Šnobl 2004, Kára a kol. 2005).

3.7.2. Osevní postup

Nejvhodnějšími předplodinami pro konopí jsou takové plodiny, které zanechávají půdu bez plevelů, kyprou, dobře zásobenou živinami, zejména dusíkem. Nejvíce vyhovují

okopaniny, kukuřice, motýlokvěté rostliny i samotné konopí (Sladký 2004), avšak z hlediska šíření chorob a škůdců to není příliš výhodné. V praxi bude zpravidla ve většině případů přicházet řazení mezi dvě obilniny, při současném doplnění zásoby živin vyšší dávkou průmyslových hnojiv (Šnobl 2004). Časová pauza od posledního pěstování téhož druhu na semeno je minimálně 5 let (Stražil 2011).

Konopí je dobrou předplodinou pro všechny ostatní rostliny, protože zanechává pole s malou zátěží plevelů a škůdců (Sladký 2004).

3.7.3. Odrůdy

V ČR jsou v současnosti registrovány dvě odrůdy konopí setého, Bialobrzeskie a Monoica (tabulka č. 4) jsou povolené odrůdy pro pěstování v ČR (Tošovská, Buchtová 2009).

Bialobrzeskie je raná, až středně raná odrůda jednodomého konopí setého, rostliny jsou středně vysoké až vysoké, příměs samčích rostlin je velmi nízký. Výnos nemáčeného stonku je vysoký. Výnos celkového i dlouhého vlákna je vysoký. Obsah celkového i dlouhého vlákna je středně vysoký. Obsah THC (tetrahydrokanabinolu) je v rostlinách výrazně pod hraničí 0,2% (Holubář a kol. 2010).

Tab. č. 4 Registrované odrůdy konopí setého v ČR (UKZUZ 2011)

| Odrůda | Registrace (REG) | Subjekty |
|---------------|-------------------------------|---|
| Bialobrzeskie | Registrace: 31.01.2008 | Udržovatel: Institut Wlokien Naturalnych i Roslin Zeilarskich, PL REG-Zástupce: AGRITEC, Výzkum, šlechtění a služby, s.r.o. |
| Monoica | Registrace: 16.07.2009 | Udržovatel: Károly Robert Fóscola MFK, Fleischmann Rudolf Kulatónzet, HU REG-Zástupce: AGRITEC, Výzkum, šlechtění a služby, s.r.o. |
| Tygra | Podání žádosti:01.02.2010 | Udržovatel a REG-Žadatel: Institut Wlokien Naturalnych i Roslin Zeilarskich, PL Zástupce: AGRITEC, Výzkum, šlechtění a služby, s.r.o. |
| T2 | Podání žádosti: 18.01.2010 | Udržovatel: Agromag Kft., HU REG-Žadatel: Agromag Kft., HU |

Monoica je pozdní až velmi pozdní odrůda jednodomého konopí setého, rostliny jsou středně vysoké až vysoké. Výnos celkového i dlouhého vlákna nízký až středně vysoký, nízký příměs samčích rostlin. Obsah celkového i dlouhého vlákna je nízký až středně vysoký. Obsah THC (tetrahydrokanabinolu) nepřesahuje povolenou hranici 0,2% (Holubář a kol. 2010).

Mimo registrované odrůdy v ČR je možné pěstovat i další odrůdy ze společného katalogu EU. Odrůdy konopí setého uvedeného ve Společném katalogu EU k 12.12.2009:

Asso, Beniko, Biatobrzieskie, Biolobrzieskie, Cannokomp, Carma, Carmagnola, Chamaeleon, Codimono, CS, Delta-Ilosa, Delta-405, Denise, Diana, Dioica 88, Ypsilon 68, Rasami, Fedora 17, Fédrina 74, Felina 32, Félina 34, Ferimon, Férimon-Ferimon, Férimon 12, Fibranova, Fibrimor, Fibrol, Finola, Futura 75, Futura 77, KC Dóra, Kompolti, Kompolti hybrid TC, Lipko, Lovrin 110, Monoica, Red petiole, Santhica 23, Santhica 27, Santhica 70, Silesia, Silvana, Szarvasi, Tiborszállási, Tygra, Uniko B, Uso-31, Wielkopolskie, Zenit (Holubář a kol. 2010).

3.7.4. Setí

K setí přistupujeme v době, kdy teplota půdy v hloubce setí dosáhla alespoň 8-9 °C (Šnobl 2004). V nížinách sejeme konopí v druhé polovině dubna, až v první polovině května, ve vyšších polohách později (Sladký 2004). Konopí pěstované na vlákno, nebo na biomasu sejeme do širších řádků 20-25 cm, pěstované na semeno do řádků 40-60 cm. Hloubka setí by měla být 2–3 cm dle vlhkosti půdy (v hluboké půdě i hlouběji). Příliš mělké setí zvyšuje nebezpečí poškození rostlin ptactvem při klíčení a vzcházení. Pro setí se nejčastěji používají běžné secí stroje. Po zasetí válíme, aby semeno brzy vzešlo. Při setí do sušší půdy je nutné pozemek uválet Cambridge válci. V širokých řádcích je možno během vegetace plečkovat. Při pěstování na semeno je třeba dbát na to, aby nebyly v okolí porosty s jinými odrůdami (nežádoucí sprášení) (Šnobl 2004, Sladký 2004, Petříková a kol. 2006).

Výsevek závisí na kvalitě použitého osiva a účelu pěstování (Sladký 2004):

1 - 1,5 MKS. ha při pěstování pro semeno

2 – 3 MKS. ha při pěstování pro biomasu k energetickému využití

3.7.5. Výživa a hnojení

Konopí nelze pěstovat na chudých pozemcích s malým výnosovým potenciálem, se kterými se většinou dnes počítá při vyčleňování půdy z výroby potravin. Pěstování konopí je nákladné, výnosy musí být proto co nejvyšší a potřebné dávky hnojiv a ostatní výrobní vstupy je musí vždy zajistit, proto by půda, na které chceme konopí pěstovat, měla být dobře vyhnojena statkovými a průmyslovými hnojivy. Vyrůstnější odrůdy jsou podstatně náročnější na živiny (Sladký 2004, Petříková a kol. 2006).

Dusík výrazně ovlivňuje rychlost růstu. Fosfor působí na množství a jakost semene, urychluje dozrávání. Draslík zlepšuje odolnost proti chorobám. Je dobré přidávat draslo v draselných solí, které nepozměňují půdní reakci a půda po nich nekornatí. Dobrá zásoba hořčíku v půdě podporuje příjem fosforu z půdy. Pro efektivní využití průmyslových hnojiv konopím je důležitý poměr živin N : P : K (Šnobl 2004, Petříkova a kol. 2006) . Literární prameny (Váša 1965) uvádí, že konopí využívá z přímého hnojení jen 50-60 % N, 25-30 % P, 20-40 % K.

Převážnou část P, K a Mg hnojiv je vhodné aplikovat již na podzim (zapravením do půdy), z důvodu delšího potřebného období pro jejich rozklad a větší využitelnost živin rostlinou. Zbytek pak aplikovat na jaře před setím. Dusíkatá hnojiva aplikujeme na jaře před setím, podle potřeby a stavu porostu. Celková dávka N činí přibližně 80-100 kg/ha. Pod konopí lze aplikovat na podzim i chlévský hnůj v dávce 30 t/ha. Nedostatek organických hnojiv můžeme s úspěchem doplňovat i zeleným hnojením. Důležitý je i dostatek Ca v půdě, zaorává se na podzim, nebo již k předplodině. Možno je i dávat ledek vápenatý na list, předtím než rostliny dosáhnou výšky 10-15 cm (Šnobl 2004, Petříková a kol. 2006).

3.7.6. Zásahy během vegetace

Konopí nepotřebuje tak razantní ochranu proti škůdcům a nemocem jako jiné plodiny. Musí být ale zaseto do dobré, nezaplevelené půdy a ve správném čase. Poskytuje určitou ochranu i okolním porostům (Sladký 2004). U konopí mohou být kritické jen takové choroby, které napadají stonky nebo kořeny, jako je plíseň šedá (*Botrytis cinerae* Pers.). Ve vlhčích letech se může vyskytnout plíseň konopí (*Pseudoperenospora cannabina* Otth.) či fuzarioza konopí (*Giberela pulicares* Fr.). Jednou z nejhorších chorob je bílá (sklerociová) hniloba, kterou způsobuje hlízenka obecná (*Sclerotinia sclerotiorum*). Virózy bývají na konopí mnohem významnější oproti lnu, vyznačují se jak tvarovými, tak barevnými změnami, jsou přenášeny mšicí konopnou.

Konopí má mnoho škůdců, ale málokteří jsou specializováni na tuto rostlinu. Hlavním škůdcem je dřepčík chmelový (*Psylliodes attenuata* Koch.), mšice konopná (*Phorodon cannabis* Pass.) či zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis* Hubn.). Jiní brouci škodí na konopí jen zřídka (Rataj 1958, Šnobl 2004, Kára a kol. 2005).

Nejnebezpečnějším škůdcem konopného semene jsou ptáci. Konopí proto nesejeme v těsné blízkosti hospodářských budov, kde vrabci hnízdí (Váša 1965).

Konopí zpočátku roste velmi rychle, a proto brzy dojde k zakrytí povrchu půdy listy, takže růst plevelů je potlačen (Sladký 2004). Zpravidla není nutné provést herbicidní zásah s výjimkou okrajů pole (Šnobl 2004). Vytrvalé a trávovité plevele je nutné likvidovat již v předvegetačním období. Porosty založené v širších řádcích vyžadují zpravidla herbicidní zásah bezprostředně po vzejití. Lze aplikovat půdní herbicid Afalon 850 WP (1,25 kg.ha ve 400 l vody) do 3 dnů po zasetí (Šnobl 2004).

3.7.7. Sklizeň

Sklizeň konopí patří k obtížnějším etapám jeho pěstování. Vyplývá to z několika faktorů jako je délka, tloušťka, tuhost a hustota stébel, podíl předčasně odumřelých samčích rostlin (i v jednodomých odrůdách se objevuje 2 až 10 % samčích rostlin). V současné době se uvažuje o sklizni najednou kombajnem, kdy se rostliny rozsekají v době, když jsou semena ve spodní polovině květenství samičích rostlin v plné zralosti a v horní v mléčné zralosti (Sladký 2004, Kára a kol. 2005, Petříková a kol. 2006).

V rozvojových zemích se sklizeň stále řeší technologií založenou na ruční práci nebo za využívání minima nejjednodušší mechanizace. V zemích EU byla vyvinuta řada mechanizovaných technologií, které vyhovují více potřebám konečného využití.

Velkým problémem při všech mechanizovaných způsobech nakládání s konopím je jeho sklon k namotávání uvolněných vláken na rotující nekryté součástky některých strojů, zejména hřídele. Proto řadu běžných zemědělských sklízečů není možné použít, je nutná jejich technická úprava (Sladký 2004).

3.7.7.1. Sklizeň stonku

Konopí na produkci stonků (vlákna) je obecně sklízeno v okamžiku, kdy jsou samčí rostliny v plném květu a zbavují se pylu nebo po pylovém spadu, když začnou opadávat listy (Moudrý, Stražil 1999). Konopí se nedá sklízet, pro své houževnaté stonky, běžnými sklízecími mechanizmy. U většina sklízecích řezaček, hlavně bubnových dochází k namotávání vlákna. Proto se ve většině států EU osvědčily takové úpravy sklízečů, respektive žacích strojů na konopí, které sklizené stonky nakrátí na délku kolem 60 cm, i když dnes většinou používané sestavy žacích lišt (obr. č.4) krátí stébla na „míru“ i delší (Sladký 2004, Kára a kol. 2005). Takto pokráčené stonky prochází mačkáčimi válci a jsou ukládány na širší řádek (Šnobl 2004), který se každý třetí den po dobu 14 dní obrací (Moudrý, Stražil 1999), vlhkost stonku by měla poklesnout na 15-20 %. Obracení se provádí obracečem, který obrací najednou 3 řádky (Moudrý, Stražil 1999).

Následuje „máčení stonku rosou“, nebo-li „polní máčení“, kdy je stonek na poli vystaven působení deště, rosy a venkovní teploty. Pomocí bakterií se odbourávají tmelící substance ve stonku, uvolňuje se vlákno od dřevní části. „Polní máčení“ je ukončeno, jestliže při promnutí stonku v ruku dochází ke snadnému oddělení vyrosného vlákna od pazdeří. Stonek je nutné pak urychleně sebrat, aby nedocházelo k přerosení a snížení pevnosti vlákna (Šnobl 2004). Řádek se doporučuje obrátit zejména den před sběrem a lisováním z důvodu proschnutí, a aby vlhkost při lisování nepřekročila 12 % (Sladký 2004, Šnobl 2004).

Sběrací lisy na konopí nemají řezací ústrojí, které je dnes běžné při sklizni píce a slámy nebo energetických plodin. Hmotnost válcového balíku vyrosného konopí se pohybuje kolem 300 kg. U nás se nejvíce osvědčily lisy na válcové balíky firem Welger a Deutz-Fahr.

Ekonomika využití soustavy sklizňových strojů bez přebytečných přejezdů vyžaduje, aby plocha konopí byla v daném regionu alespoň 500 ha na blízkých a snadno dosažitelných pozemcích (Sladký 2004).

Pro energetické využití připadá v z této sklizně v úvahu pazdeří získané při zpracování stonků jako odpadní surovina (Klvaňová 2007).

Obr. č. 4 Sklizeň konopí se dvěma výškově stavitelnými žacími lištami na traktoru (Sladký 2004)



3.7.7.2. Sklizeň semena

Konopí na semeno se kosí při plném dozrání plodů v dolní polovině květenství, v tomto období jsou plody v horní části ještě v mléčné zralosti a částečně zelené (Trantírka, Stehlík 1971).

Semena nejprve dozrávají v nejnižších větvích a nejpozději na nejvyšších. Neměli bychom sklízet později, neboť semeno při plné zralosti vypadává (Stražil 2011). Šnobl uvádí že i předčasná sklizeň je špatná, vede ke snížení klíčivosti semene i obsahu oleje (Šnobl 2004). Doporučuje se sklízet brzy ráno, nebo za vlhka, kdy semena tolik nevypadávají (Stražil 2011). Uplatňuje se přímá sklizeň, pro sklizeň se používá sklízecí mlátička, vhodnější je mlátička s jednobubnovým mláticím systémem. Sklizené semeno ihned vyčistíme a podle potřeby dosušíme na vlhkost 8-9 %, musíme zabránit zapaření nebo naplesnivění semen (Šnobl 2004). Pro energetické využití je ideální surovinou konopný olej (Ruman, Klvaňová 2008).

3.7.7.3. Sklizeň pro biomasu

Při výběru doby sklizně je nutné vědět na jaké účely bude sklizená fytomasa využita. Obecně platí, že při podzimní sklizni jsou výnosy nejvyšší, (fytomasa je sklizena předtím, než přes zimu dojde k poléhání, ztrátě listů, polomu větévek či výhonů, a vymrznutí). Takto sklizená biomasa se hodí například pro výrobu bioplynu. Kvůli většímu obsahu vody v tkáních je však nevhodná pro přímé spalování (Slejška 2010).

Ve Švédsku se konopí pro energetické účely, určené k přímému spalování, sklízí na jaře (od února do dubna) rok po výsevu (Kreuger a kol. 2007). Pokud sklídíme konopí brzy na jaře získáme fytomasu, která má v porovnání s podzimním termínem sklizně nízký obsah vody, nižší obsah živin, což je výhodné pro samotné spalování a tvorbu emisí. Přes zimní období dojde opadem a polomem ke ztrátám fytomasy, které u konopí v průměru představují 31 % v porovnání s podzimním termínem sklizně. Nakrácení umožňuje mechanizovanou sklizeň lisy na obří balíky, které se poté dají spalovat ve velkých kotlích (Sladký 2004, Kára a kol. 2005).

3.8. SLOŽENÍ BIOMASY

Pod pojmem biomasa se zahrnují veškeré přírodní produkty, které jsou výsledkem procesu fotosyntézy, schopné zachytit 1-3 % dopadající sluneční energie (Stražil, Moudrý 1998).

Z chemického hlediska je rostlinná biomasa tvořena řadou různých sloučenin. Při využívání biomasy jako zdroje energie mají největší význam celulóza, škrob, lignin, olej a

pryskyřice. Při spalování biomasy je důležitý i obsah vody a nespalitelné anorganické látky tvořící popel (Murtinger, Beranovský 2006).

Celulóza, z chemického hlediska jde o polysacharid složený z velkého počtu navzájem spojených molekul glukózy (Murtinger, Beranovský 2006). Konopné vlákno obsahuje (tab.č. 5) až 74 % celulózy, sekundární vlákno nebo-li koudel obsahuje přibližně 36 % celulózy. Konopné pazdeří je tvořeno ze 2/3 konopného stonku, obsahuje 32-38 % celulózy. Velmi dobře hoří a výhřevností se vyrovná bukovému dřevu (Miovský a kol. 2008).

Hemicelulóza, jde o řadu různých polysacharidů, jejich molekulová váha (velikost molekuly) je zpravidla menší, než je tomu u celulózy, a díky tomu může být mnohem snadněji hydrolyzována (rozložena) na monosacharidy (Murtinger, Beranovský 2006). Konopné vlákno obsahuje 31 % hemicelulózy (Miovský a kol. 2008).

Lignin, z chemického hlediska je komplikovaný polymer, respektive směs polymerů. Není tvořen ze sacharidů jako celulóza, ale převážně z aromatických alkoholů (Murtinger, Beranovský 2006). Obsah ligninu ve stonku konopí je 21-23 % (tabulka č. 5).

Olej, obvykle jde o sloučeniny mastných kyselin, jako je kyselina palmitová, olejová (Murtinger, Beranovský 2006). V mnoha aspektech předčí konopný olej ropné produkty. Chemickou extrakcí je možné zpracovat až 40 % objemu semene na olej (Robinson 2004). Konopná semena obsahují 30-35 % vysychavého oleje s vysokým zastoupením mastných kyselin (palmitová, stearová, olejová, linolová, linolenová), vitamín E, 15-22 % bílkoviny, 15-21 % bezdusíkatých látek, 13 % vlákniny a 4 % popelovin (Šíroková 2009).

Škrob, z chemického hlediska je to polysacharid tvořený ze stejných základních jednotek jako celulóza. Na rozdíl od celulózy je však snadno enzymaticky štěpitelný na jednoduché cukry, které lze dále přeměnit například kvašením na etanol (Murtinger, Beranovský 2006). Celulózu a hemicelulózu ve dřevě konopného stonku, je možné enzymaticky nebo bakteriologicky rozložit na škroby, které můžeme následnou fermentací přeměnit na alkoholová paliva nebo dále na metanol, etanol či plynný metan (Robinson 2004).

Tab. č. 5 Chemické vlastnosti konopí (Sladký 2004)

| | Pazdeří | Primární vlákno |
|------------------|---------|-----------------|
| Celulóza (%) | 60-72 | 34-41 |
| Hemicelulóza (%) | 11-19 | 31-37 |
| Lignin (%) | 2,3 | 19-21 |

Zpracováním biomasy můžeme získat: pevná paliva (pelety, brikety, kůra a piliny), kapalná paliva (metanol, etanol, oleje) či plynná paliva (bioplyn-CH₄, pyrolýzní plyn, syntézní plyn) (Kára a kol. 2005).

3.9. VÝNOS

Velikost výnosů je důležitá pro celkovou ekonomiku pěstování energetických rostlin. Pro přímé spalování jsou efektivní rostliny, které dosahují výnosu kolem 10 t suché hmoty z 1 ha, což konopí je (Petříkova 2005).

Z globálního hlediska bylo dokázáno, že konopí je nejvýhodnějším zdrojem biomasy (lepší než kukuřice či stromy), uplatníme-li kritéria ekologické udržitelnosti.

Tato kritéria si žádají následující:

- Vyloučení všech chemických pesticidů, herbicidů, hnojiv a ostatních toxinů.
- Omezení pěstování na přirozené, organické metody.
- Využití jak kvalitní, tak i marginální zemědělské půdy a omezení patogenů.
- Poměření objemu produkce spotřebou vody.
- Střídavé pěstování plodin za účelem udržení úrodnosti půdy a omezení patogenů.
- Započítání veškerých výdajů během procesu pěstování a zpracování plodiny.
- Odstranění všech subvencí a ekologických daňových úlev.
- Započítání veškerých výdajů za napravení ekologických škod vzniklých v souvislosti s výrobou elektrické energie (jako např. znečištění ovzduší, vyčerpání půdy a splavování chemikálií) (anonym 1 2011).

Současný průměrný výnos konopných ploch v ČR se pohybuje v rozmezí 6-10,5 (až 13) t/ha v sušině (tabulka č. 6). Výběrem vhodných rostlin lze dosáhnout výnosy suchých stonků až 12 t/ha (Klvaňová 2007). Z pazdeří (dřevnitě hmoty stonku-vedlejšího produktu zpracování stonků v tírně) získáme 1,5-5 t/ha a semene mezi 0,6-1,5 t/ha. (Klvaňová 2007).

Tab. č. 6 Průměrné výnosy suché biomasy (t/ha) některých jednoletých rostlin při různých termínech sklizně na odlišných stanovištích při dávce 60 kg/ha N (Stražil, Šimon 2009)

| Energetická rostlina | Termín sklizně | Stanoviště | | | |
|----------------------|----------------|------------|---------|----------|----------|
| | | Ruzyně | Lukavec | Chomutov | Troubsko |
| Konopí seté | Podzim | 11,50 | 7,95 | - | - |
| | Jaro | 7,94 | 4,77 | - | - |
| Čirok zrnový | Podzim | 12,36 | 8,48 | 14,65 | 31,24 |
| | Jaro | 7,42 | 5,04 | 8,79 | 13,13 |
| Čirok „Hyso“ | Podzim | 11,93 | 8,30 | 14,71 | 27,17 |
| | Jaro | 7,16 | 4,98 | 8,83 | 11,40 |
| Súdánská tráva | Podzim | 9,39 | - | 13,93 | 26,66 |
| | Jaro | 5,63 | - | 8,36 | 11,76 |

Průměrné výnosy dosažené v pokusech VÚRV na podzim v závislosti na stanovištích a podmínkách pěstování uvádí tabulka č. 7. Průměrný výnos sušiny fytomasy za sledované období byl 9 t/ha (Petříková a kol. 2006, Kára a kol. 2005).

Tab. č. 7 Výnos sušiny nadzemní fytomasy konopí na sledovaných stanovištích za období let 2001 – 2004 (t/ha) (Petříková a kol. 2006)

| Stanoviště/ukazatel | 0kg N | 60kg N | 120kg N | 40 r./m ² | 80 r./m ² | Průměr |
|---------------------|-------|--------|---------|----------------------|----------------------|--------|
| Lukavec | 5,255 | 7,745 | 7,947 | 7,122 | 5,494 | 7,071 |
| Ruzyně | 9,937 | 10,148 | 11,428 | 9,480 | 11,479 | 10,505 |
| Průměr | 7,930 | 9,118 | 9,936 | 8,301 | 8,486 | 9,033 |

Pro dosahování vysokých výnosů je třeba dodržovat některé podmínky. Po vytipování vhodného stanoviště je třeba plánovat vhodné osevní postupy. Týká se to spíše půd, které již začaly být zemědělsky využívány (Slejška 2010).

Obecně lze energetické plodiny, mezi které patří i konopí seté, označit jako nenáročné, ale rozhodně by tím neměl vznikat dojem, že se může jednat o bezúdržbové plodiny. Všechny plodiny potřebují svou péči, ochranu před chorobami, škůdci a plevely. Z hlediska ochrany rostlin je důležité jejich sázení na nezaplevelených pozemcích, protože aplikace zvyšuje ekonomické náklady. Aplikace herbicidů se proto většinou omezuje pouze na první fáze růstu porostů (Slejška 2010).

Je nutné zajištění dostatečného množství přístupných živin, ale i předseťovou přípravu pozemku a správné založení porostu, jinak se dočkáme jen velmi nízkých výnosů (Petříková 2006). Na hnojení dusíkem reaguje konopí příznivě. Dávka N 60 kg/ha zvyšovala

v průměru výnosy fytomasy o 15 %, dávka 120 g/ha o 25,3 % v porovnání s nehnojeno variantou (Petříková a kol. 2006).

Většinou platí, že výnosy biomasy pro energetické účely jsou vyšší s větší hustotou výsevku či zvolenou odrůdou (tabulka č. 9 a 10) (Slejška 2010). Z tabulky č. 8 je patrné že nejvyšších výnosů bylo dosaženo při výsevku v březnu. Výnos biomasy ovlivní i doba sklizně, čím později byla sklizeň provedena, tím byl výnos nižší (Rice 2008).

Tab. č. 8 Porovnání výnosů vzhledem k době setí, použita odrůda Fedora 19 (Rice 2008)

| Čas setí | Koncem března | V polovině dubna | Začátkem května | V polovině května |
|-------------------|---------------|------------------|-----------------|-------------------|
| Výnos t/ha sušiny | 13,9 | 11,1 | 9,4 | 7,5 |

Tab. č. 9 Porovnání výnosů vzhledem k množství použitého osiva, odrůda Fedora 19 (Rice 2008)

| Osivo sadba | 20 | 30 | 40 | 50 |
|-------------------|------|------|------|------|
| Výnos t/ha sušiny | 13,5 | 13,8 | 13,1 | 12,6 |

Tab.č. 10 Výnosy nejvýnosnějších odrůdy (Rice 2008)

| Druh odrůdy | Kompolti | Ferimon | Fedrina 74 |
|-------------------|----------|---------|------------|
| Výnos t/ha sušiny | 12,6 | 11,7 | 11,6 |

3.10. SPALOVÁNÍ BIOMASY

Již v 19. století byly energetické potřeby lidské činnosti kryty spalováním biomasy a to nejen pro účely vytápění, ale také jako surovina pro řadu řemesel na venkově. V následujících letech nahradily postupně biomasu fosilní paliva. Biomasa, jako historicky první zdroj energie, se v dnešní době navrácí k energetickému využití (Součková 2005).

Se zvyšujícím se počtem obyvatel prudce začala narůstat i spotřeba energie. Jen pro příklad dnešní Evropan spotřebovává dvacetkrát a Američan dokonce třicetkrát více energie než tomu bylo ve středověku (Sladký 1998).

Omezené zásoby nejvýznamnějšího zdroje energie, jímž jsou fosilní paliva, vedou v současné době k hledání dalších zdrojů, aby i nadále bylo možné zajišťovat strmě narůstající trend spotřeby energie. Mezi těmito zdroji patří k nejvýznamnějším biomasa. Její předností je zejména obnovitelnost, ale také dostupnost a možnost poskytnout výsledné produkty jejího zpracování do řady průmyslových sektorů. Biomasa od ostatních zdrojů energie vyniká tím, že její podstatná část představuje nejrůznější odpady a její využívání jako zdroje energie je

ohleduplné k životnímu prostředí. Je to dáno tím, že aktivními prvky hořlaviny je uhlík a vodík, proto plynné produkty spalování představují oxid uhličitý a vodní páry ve spalinách. Přitom množství oxidu uhličitého přibližně odpovídá množství uhlíku spotřebovaného při růstu biomasy v relativně krátkém období (Noskovič a kol. 1996).

Již počátkem 20. století Henry Ford a jiní futurističtí géniové, pochopili velmi důležitou věc, že až 90 % používaných fosilních paliv využívaných dnes ve světě, mělo být dávno nahrazeno biomasou, jako je konopí, kukuřice, rychlorostoucí dřeviny, odpadový materiál a jiné materiály možné k využívání (Herer 1994).

Spalování je nejjednodušší metodou pro termickou přeměnu obnovitelných paliv za dostatečného přístupu kyslíku na tepelnou energii. Získaná tepelná energie se následně využije pro vytápění, technologické procesy, nebo pro výrobu elektrické energie (Šafařík a kol. 2007).

K nejdůležitějším vlastnostem biomasy z hlediska energetického využití patří:

Výhřevnost - množství tepla uvolněného dokonalým spálením, přičemž vodní pára ve spalinách nezkondenzuje, obvykle se udává v [MJ/kg].

Splané teplo - množství tepla uvolněného dokonalým spálením, přičemž se využije kondenzační teplo vodní páry ve spalinách, obvykle se udává v [MJ/kg] (Součková 2005).

Tab. č. 11 Spalné teplo u různých plodin a paliv (Součková, Moudrý 2006)

| Plodina (100% sušina) | MJ/kg | Dřevní štěpky dle vlhkosti | MJ/kg |
|------------------------|--------------|----------------------------|-------------|
| Amaranthus | 16,16 | Lesní štěpka o vlhkosti 60 | 9,20 |
| Konopí seté | 18,06 | Lesní štěpka o vlhkosti 40 | 10,10 |
| Koriandr-celé rostlina | 18,88 | Lesní štěpka o vlhkosti 30 | 12,20 |
| Křídlatka | 19,44 | Lesní štěpka o vlhkosti 20 | 14,30 |
| Len-sláma | 18,58 | Fosilní paliva | |
| Lnička | 18,84 | | |
| Růže (Rosa sp.R-03) | 16,24 | Hnědé uhlí | 14,50-16,50 |
| Řepka ozimá-sláma | 17,48 | Brikety | 22,00 |
| Súdánská tráva-Hyso | 18,06 | Černé uhlí | 28,00 |
| Topol štěpka | 18,07-19,02 | Koks | 26,00 |
| Vrba štěpka | 18,02-19,00 | Zemní plyn | 33,50 |

Jak, ukazuje tabulka č. 11 výhřevnost konopí dosahuje až 18 MJ. kg⁻¹ a je tedy v průměru o 20 % vyšší než u běžného hnědého uhlí. Hoření je čistší než u fosilních paliv. Při spalování hnědého uhlí vzniká až 18 % popela oproti 1-4 % popela ze spálené biomasy. Oproti uhlí obsahují rostlinné zdroje minimální množství síry a jiných škodlivin. Účinnost spalování dosahuje u moderních kotlů spalující biomasa až 89 % (Ruman, Klvaňová 2007).

Teplotní bod spékání pro konopí (tabulka č. 12) je podobný dřevu, což signalizuje, že by neměly vznikat problémy při spalování konopí za normálních podmínek (Rice 2008).

Tab. č. 12 Tavení konopí (počítáno z analýz provedených na vzorcích Teagasc) a jiné biomasy (Rice 2008)

| Materiál | Bod spékavosti (°C) | Bod tekutosti (°C) |
|----------------|---------------------|--------------------|
| Konopí | 1240 | 1420 |
| Pšeničná sláma | 1000 | 1250 |
| Dřevní zbytky | 1250 | 1500 |

Poškozováním tepelných povrchů při spalování biomasy dochází především při vysokém obsahu chlóru, draslíku a sodíku ve spalované hmotě. Obsah chlóru a sodíku v konopí je nízký, obsah draslíku je vyšší než u dřeva (tabulka č. 13), ale podobný obsahu ve slámě mnoha rostlin (Rice 2008). Protože, konopí má schopnost absorbovat z kontaminovaných půd těžké kovy, může vzniknou následný problém při spalování konopí, které bylo pěstováno na kontaminovaných půdách (Ranalli 1999). Při spalování konopí vzniká velmi malé množství popela, oproti uhlí (Petříková 2007). Popel vzniklý při spalování je výborným hnojivem (Ruman, Klvaňová 2008). Složení konopného popela je uvedeno v tabulce č.14.

Tab. č. 13 Chemické složení vzorku konopí (stanovené Teagasc analýzou) ve srovnání se slámou (Rice 2008)

| Prvek | C | H | N | K | S | Cl |
|----------------|------|-----|------|-----|------|------|
| Konopí | 43,1 | 5,6 | 0,74 | 1,5 | 0,08 | 0,03 |
| Pšeničná sláma | 42 | 5,0 | 0,35 | 1,4 | 0,16 | 0,75 |

Tab. č. 14 Složení konopného popela (obsah popela ve vzorku 3,4 %) (Rice 2008)

| Prvek | Si | Al | P | S | Ca | Mg | Na | K |
|--------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| Hmotnost (%) | 4,8 | 0,40 | 2,95 | 0,72 | 24,8 | 4,27 | 0,17 | 6,85 |

Konopné pazdeří je možno spalovat. Konopné pazdeří má charakter hrubých dřevních pilin s příměsí krátkých vláken, které se v případě potřeby dají snadno odstranit, což při použití pazdeří jako paliva není nutné. Konopné pazdeří je kvalitním materiálem pro proces spalování, neboť obsahuje vysoké množství celulózy, ale i hemicelulózu a lignin (Sladký 2004). Výhřevnost pazdeří dosahuje 18GJ/t. Nejčastěji se používá lisované do briket či pelet. Brikety a pelety mají vyšší výhřevnost, než když dochází ke spalování samotného pazdeří. Při

průměrné spotřebě 80 GJ tepla za rok může jeden hektar konopí zajistit topivo na sezónu pro jeden rodinný dům (Ruman, Klvaňová 2008).

| | |
|---------------|--------|
| Výnos pazdeří | 6 t/ha |
| Výhřevnost | 18 GJ |
| Energie z ha | 84 GJ |

V současnosti patří konopí mezi energetické rostliny využívané pro spalování například ve Švédsku (tabulka č. 15).

Tab. č. 15 Přehled zemědělských energetických plodin pěstovaných ve Švédsku v roce 2006 (Gissen a kol. 2007)

| Surovina | Aplikace | Plocha [ha] | Množství [t] |
|----------------------|------------------|-------------|--------------------|
| Řepka olejka | RME | 2 000 | 2-300 000 |
| Obiloviny | Ethanol | 25-30 000 | 150 000 |
| Obiloviny | Spalování | 3-10 000 | 20-50 000 |
| Chrastice rákosovitá | Spalování | 600 | 4-5 000 |
| Konopí | Spalování | 550 | 2 000-5 500 |

3.11. PYROLÝZA

Zplyňování je proces, který přeměňuje organické materiály na hořlavé plyny (Šafařík a kol. 2007). Konopí pěstováno pro biomasu, může být přeměněno pyrolýzou na dřevěné uhlí. Tímto palivem pak můžeme nahradit energetické produkty fosilních paliv (Herer 1994).

Rychlá pyrolýza je jedním z nejnovějších procesů ve skupině technologií, které mění biomasu na produkty s vyšší měrnou hustotou energie. Jejím primárním energetickým produktem je kapalina – bioolej, kterou lze snadno skladovat a přepravovat. Produkci kapalného a plynného paliva pyrolýzou, lze uskutečnit z libovolného biopaliva (Šafařík a kol. 2007).

Při pyrolýze vznikají vedlejší produkty jako je dehet, asphalt, i tyto produkty mají široké uplatnění v průmyslové výrobě (Miovský a kol. 2008).

Celulózu z konopí lze přeměnit na etanol, tuto přeměnu lze provést několika způsoby, jedním z nich je zplyňování (Castleman 2006). Také pazdeří může být použito v procesu pyrolytické destilace nebo-li zplyňování (Ruman, Klvaňová 2008).

3. 12. BIOPALIVA

Biomasu lze zpracovat na širokou škálu kapalných, pevných a plyných paliv, které mohou být dále přeměněny v elektrickou energii. Celkem vzato výhody biopaliv, vysoce převažují nad nevýhodami. Když už je rostlina přeměněna v palivo, plně zapadá do stávajícího systému distribuce a využití (tankerů, potrubí, skladovacích zařízení). Existující infrastruktura dokáže zpracovat, skladovat a distribuovat biopaliva bez dalekosáhlých úprav (Robinson 2004, Herer 1994).

Biopaliva mají oproti fosilním palivům několik výhod. Rostliny mají téměř nulový obsah síry a dalších znečišťujících látek, nabízí nové pracovní možnosti a pomáhají posilovat regionální ekonomickou nezávislost a soběstačnost. Sklizení plodin nevyžaduje dolování, povrchovou těžbou ani vrty a nevede k naftovým haváriím. Zemědělské plodiny jsou trvale udržitelnými zdroji paliv (Benhaim 2001).

Biopaliva mají i své negativní stránky a těmi jsou: roční plodiny jsou sklizeny sezónně, ne celoročně, biomasa je poměrně objemná, což vyžaduje lisování, zvýšené výdaje za skladování a přepravou. Dále je nutné vynaložit značné finanční prostředky na vývoj spalovacích zařízení (Robinson 2004).

3.12.1. Pelety a brikety

Brikety se vyrábí lisováním z řezanky přímo sklizené z pole, bez přídavku jiných materiálů. Jedná se tedy výhradně o přírodní materiál. Brikety mají válcovitý tvar, jsou dlouhé cca 30 cm a lze je s úspěchem použít obvyklým způsobem, jako při přikládání polen ze dřeva. Na rozdíl od uhlí jsou brikety z biomasy mnohem čistší, nezatěžují okolí škodlivými emisemi a mají oproti uhlí velmi nízký obsah popele (Petříková 2007).

Podobné vlastnosti mají i pelety. Jsou to drobné granule, tvarované na lisech, kde se běžně vyráběly (a nyní ještě stále vyrábí) krmné granule pro hospodářská zvířata. Nebo jsou již u nás vyvinuty speciální lis, určené výhradně k výrobě topných pelet z biomasy. 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, blízký se vytápění např. plynem. Lze je používat i bez dokonalé automatizace, jen je k tomu třeba zařízení určené na spalování biopaliv (Petříková 2007).

Pelety dělíme na dřevní, vyrábí se ze suché dřevní hmoty, dřevní se dále dělí na bílé, které se vyrábí z čisté dřevní hmoty a tmavé, ty se vyrábí z pilin smíchaných s kůrou. Dále můžeme mít pelety alternativní, které se vyrábí lisováním rostlin, nebo jejich částí a ty se dále

dělí na agropelety, které se vyrábí z energetických rostlin a ostatní, které se vyrábí lisováním různých, jinak obtížně využitelných materiálů. Konopné pelety řadíme do alternativních agropelet (Verner 2007).

Jednou z hlavních věcí při výrobě pelet a briket je si uvědomit, na jakou frakci je třeba připravit vstupní fytomasu, aby se daly lisovat pelety a brikety. U pelet se musí vstupní frakce připravit na rozměr max. 8 mm délky. To je dáno velikostí produkovaných pelet, jejichž průměr bývá obvykle 6 mm. Tato velikost je dána požadavky na dopravní cesty ze skladovacího prostoru do hořáku kotle. U briket postačuje vstupní frakce ve velikosti částic max 200 mm (Plíštil 2004).

Na mechanické vlastnosti briket má značný vliv ještě další parametry:

Čistota materiálu - tím se rozumí materiál bez nečistot, kterým je u fytomasy zemina.

Vlhkost - pokud fytomasa obsahuje více jak 20 % vody, tak brikety nelze lisovat, protože se rozpadají. U pelet na vlhkosti, až tak nezáleží, protože než se rozdrúžená fytomasa dostane do peletovacího lisu, musí se vlhčit. Z navlhčených pelet se ve stroji kondenzuje vlhkost a ony postupně vyschnout.

Lisovací tlak - při zvyšujícím se tlaku roste hustota briket (Plíštil 2004).

Zařízení na briketování a peletování tvoří buď hydraulické, nebo mechanické lisy jednorázové s průměrem briket 50 až 60 mm, nebo šnekové lisy jednovřetenové nebo dvouvřetenové. Brikety ze šnekových lisů se vyznačují vysokým stupněm stlačení a velkou trvanlivostí. Dalšími systémy na tvarování mohou být protlačovací, nebo granulační lisy, odvozené od granulačních lisů na výrobu tvarovaných krmiv. Rozlišují se dva typy lisů, s kruhovou vertikální maticí a horizontální deskovou maticí (Pastorek a kol. 2004).

Konopné brikety a pelety (obr. č. 5) jsou vhodné pro všechny druhy kamen a kotlů. Výborně hoří také v krbech, krbových kamnech a zejména ve zplyňovacích kotlích na dřevo (anonym 2 2008). Výhřevnost paliva z konopí je 16 - 18 MJ/kg (při vlhkosti 9 %). Pro porovnání, výhřevnost slámy je od 12 do 15 MJ/kg (při obsahu sušiny 80 - 85 %), ozdobnice čínská má výhřevnost 15 MJ/kg (při vlhkosti 8 %), výhřevnost hnědého uhlí je od 13,4 do 18,0 MJ/kg (podle druhu) (Trnavský 2008).

Odpad průmyslového zpracování konopných stonků v tírně – pazdeří (vnitřní dřevitá hmota) je také možné lisovat do topných briket nebo pelet. K výrobě se používají vysokotlakové lisy, které zhutňují materiál do kompaktních tvarů bez přídavku pojiva nebo jen s minimálním přídavkem organického pojiva, např. odpadového škrobu (Ruman,

Klvaňová 2007). Konopné pazdeří obsahuje příměs krátkých vláken. Při zpracování pazdeří do formy briket nebo pelet je určitý obsah vláken z hlediska vyšší pevnosti žádoucí. Vhodný je i přídavek pokrutin z „horké“ lisovny. Jedná se o výborné palivo především pro automatické kotle (Sladký 2004). Důležitou vlastností briket je jejich soudržnost a odolnost proti nárazu, která udává odolnost při dopravě. Druhým parametrem je měrná hmotnost, což je koncentrace energie v prostoru. Vstupní vlhkost konopného pazdeří je 8,6 % (Plíštil 2004).

Cena uhlí šla od počátku roku díky ekologické dani cca o 20 Kč nahoru, takže cena hnědého uhlí se nyní pohybuje mezi 320 – 330 Kč/q. Cena za 1 kg briket lisovaných z konopného pazdeří je 3,50 – 5,30 Kč včetně DPH. U uhlí vznikají při spalování škodliviny, které někdo musí zaplatit, u spalování briket z konopného pazdeří nevznikají (Široká 2009).

Základní výhody konopných pelet a briket

- vysoká výhřevnost (16,5-18 MJ/kg)
- dlouhá doba hoření a žhnutí
- obsah popela v sušině (2,5%), který je zároveň vynikajícím hnojivem. Obsahuje velké množství vápníku, hořčíku, draslíku a fosforu (Ruman, Klvaňová 2007).
- čistota při manipulaci s tímto palivem a jen nepatrné zanášení komínů, kamen a kotlů (anonym 2 2008)

Obr. č. 5 Různé druhy ekologického paliva z konopí (Široká 2009)



3.12.2. Konopný olej

Již v roce 1900 Rudolf Diesel předváděl svůj vynález, model automobilu poháněný ořechovým olejem. Dnešní moderní diesellové motory jsou vyvinuty speciálně na pohon fosilními palivy. Proto používání biopaliv omezuje jejich životnost a dochází k zanášení vstřikovacích trysek. Tudíž existují dvě řešení. Modifikovat motor nebo modifikovat olej. Biopalivo poskytuje naprosto stejný výstupní výkon a spotřebu jako klasická fosilní paliva, ale vytváří méně výfukových plynů, žádné emise kysličníku siřičitého a výrazně méně kysličníku uhelnatého. Následky eventuálních úniků jsou nesrovnatelně mírnější, než u motorové nafty, poněvadž 98 % kapaliny se rozloží do 21 dnů (Benhaim 2001).

Semena konopí obsahují 26 až 37 % vysychavého oleje, jeho složení záleží na klimatických, enviromentálních podmínkách a odrůdě (Peč, Dušek 2005).

Ze semen konopí setého se lisováním nebo extrakcí získává konopný olej. Aby nedocházelo k znehodnocování obsahových látek, jsou nejvýhodnější postupy lisování za studena nebo extrakce za superkritických podmínek. K lisování se běžně používají protlačovací olejářské lisy, stejné jako pro lisování semen řepky. Konopný olej lisovaný za tepla, nebo získaný chemickou extrakcí je vhodnější pro průmyslové použití, naproti tomu konopný olej lisovaný za studena je vhodnější pro potravinářství (Peč, Dušek 2005, Miovský a kol. 2008, Klvaňová 2007, Conrad 2001).

Výtěžnost z 1 tuny konopných semen je cca 250 l oleje. Po lisování za studena se olej nefiltruje, ale nechává se v kádích „sednout“. Po uplynutí 14 dnů se po slití sedliny získá přibližně 210 l velice kvalitního oleje (Klvaňová 2007). Za pokojové teploty se jedná o lepkavou tužší hmotu, která po zahřátí zkapalní (Miovský a kol. 2008). Teplota skladování oleje by se měla pohybovat v rozmezí od 15 do 20 °C. Musí být chráněn před světlem, jinak dochází ke žluknutí. Pokud ale není konopný olej určen pro lidskou spotřebu, ale na výrobu motorového paliva, může být použit i žluklý olej (Peč, Dušek 2005, Robinson 2004).

Vedlejším produktem při lisování oleje jsou pokrutiny, společně se slupkou konopného semena, obsahují 30 až 50 % bílkovin a asi 9 % kvalitního oleje (Klvaňová 2007).

Dříve se konopný olej páčil v lampách, používal pro vytápění a na vaření, později byl v lampách nahrazen petrolejem a naftou (Herer 1994, Robinson 2004). Jediným argumentem proti zpracování konopí na biopalivo by mohla být jeho ostatní hodnotná využití (Robinson 2004).

Konopný olej má hodnoty spalování a viskozity srovnatelné s topným olejem. Je podstatně hustší než rafinované tekuté palivo, proto je možno jeho vlastnosti zlepšit přidáním

malého množství metanolu. Metanol činí z konopného oleje vynikající okysličené kapalné palivo, varnými parametry a viskozitou podobné naftovým palivům (Robinson 2004).

Olej je možné spalovat v mírně upravených naftových motorech. Bez úpravy motorů, by konopný olej, stejně jako ostatní rostlinné oleje, působil nadměrné usazeniny v motoru (Ruman, Klvaňová 2008).

Z výzkumu prováděném v Německu vyplývá, že čistý konopný olej není vhodný jako samostatné palivo, ale pokud by se přidalo 20 % konopného oleje do řepkového oleje zlepšil to tekutost i celkové chování paliva (Gerlach 2008). V obohaceném stavu, však tento hybridní zdroj paliva zajišťuje plný výkon motoru, se sníženou produkcí oxidu uhelnatého, o 75 % nižším množstvím sazí a pevných částic (anonym 1 2011).

Podle Německých testů, kdy byl konopný olej různě zpracovaný (lisovaný za studena, lisovaný za tepla a rafinovaný), splnil prahové hodnoty pro používání jako palivo. Požadavky normy DIN V 51605 na usazeniny po spálení, jodové číslo a stabilita oxidace nebyly splněny. Především zbytky usazenin jsou dvakrát vyšší než z řepkového oleje. Toto by mělo negativní vliv na chod motoru, docházelo by k ukládání ve spalovací komoře, na vstřikovacích tryskách a ventilech. Což by vedlo ke zvýšeným nákladům na údržbu, zhoršení emisních vlastností a docházelo by k neplnohodnotnému chodu motoru (Gerlach a kol. 2007).

Konopný olej je teplotně méně stabilní a je podstatně náchylnější k oxidačním procesům, než řepkový olej. Nižší oxidační stabilita vede k poklesu kvality při dlouhodobém, nebo špatném skladování. Avšak konopný olej prokázal podstatně lepší chování v nízkých teplotách, ve srovnání tekutosti než řepkový olej. Rafinovaný konopný olej prokázal nejlepší vlastnosti jako palivo (Gerlach a kol. 2007).

V České republice je několik případů (pět až sedm traktorů), kdy se využívá konopný olej jako palivo do motorových vozidel. Pro výhodnost paliva svědčí testy, které ukázaly vzrůst výkonu až o 6 pct (Tejkal, Havlíček, 2011). Dnes se především konopný olej z energetického hlediska využívá k výrobě bionafty (Ruman, Klvaňová 2008).

3.12.3. Bionafta

Konopný olej, lze relativně jednoduchým chemickým procesem transesterifikace upravit na palivo, (bionaftu) s téměř identickými vlastnostmi, jako má klasické palivo vyráběné z fosilních paliv. Bionafta je ekologické palivo pro vznětové motory na bázi metylesterů nenasycených mastných kyselin rostlinného původu (Šafařík a kol. 2007). Jedná se o čistý zdroj energie. Bionafta může být použita v konvenčních dieslových motorech, ale také k vytápění (Li a kol. 2010).

Bionafta (obr. č. 6) ve srovnání s motorovou naftou, vyznačuje lepšími pozitivními vlivy na životní prostředí, vykazuje příznivější parametry emisí CO₂, SO₂ a kouřivosti. Rovněž rychlejší biologická odbouratelnost (nad 90 % za 21 dní, ropná nafta 10 %) je významným přínosem pro životní prostředí. Určitým nedostatkem může být nepatrně menší výkonnost motoru a částečně vyšší výrobní cena (Šnobl a kol. 2005, Ruman, Klvaňová 2008).

Výroba bionafty, může být z jakéhokoliv oleje, včetně konopného. Reakce vyžaduje olej, alkohol (většinou metanol) a katalyzátor (obvykle hydroxid sodný). Z reakce vzniká pouze bionafta a menší množství glycerolu (Castleman 2006).

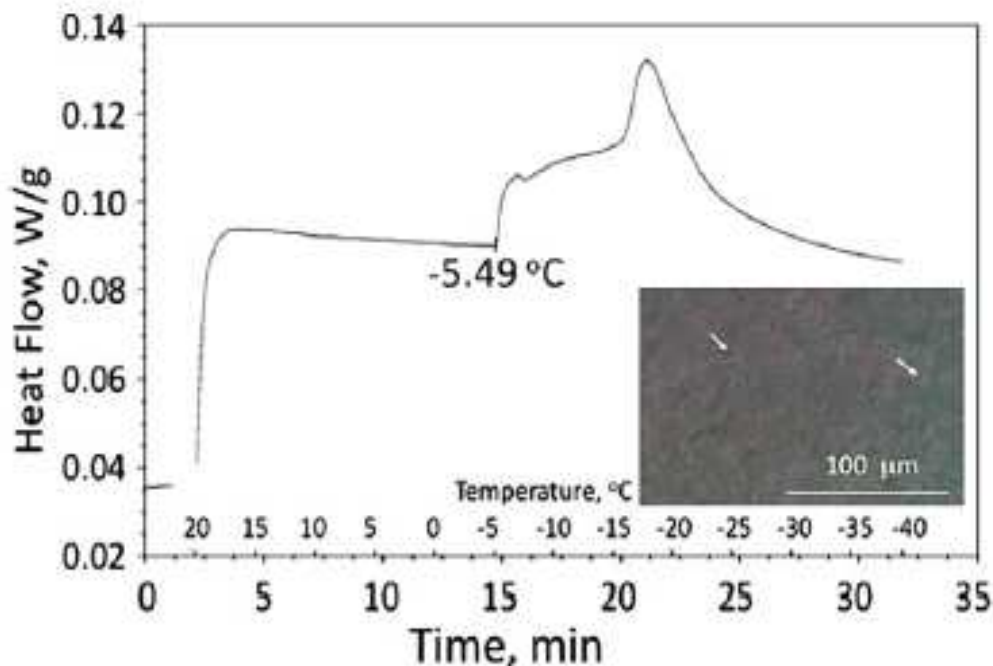
Obr. č. 6 Tmavě zelená kapalina na levé straně je olej ze semen konopí, zatímco světle zelená kapalina na pravé straně je bionafta z konopí (Li a kol. 2010)



Plně rafinovaný olej ze semen konopí je přeměněn na bionaftu díky typické chemické reakci, která se nazývá transesterifikace. Přeměna může probíhat za pomoci enzymatických katalyzátorů, použití speciálních pevných katalyzátorů, nebo bez použití katalyzátorů (Li a kol. 2010).

Bod vzplanutí u konopného oleje a bionafty byly při 232 °C a 162 °C. Obsah síry v palivech je spojen s emisemi síry. Na rozdíl od brukvovitých rostlin nemá konopí vysoký obsah síry. Obsah síry v konopném oleji je 1,6 ppm a obsah síry v bionaftě byl stanoven pouze na 0,4 ppm. Kyselost je velice důležitá, protože pokud je vysoká dochází ke korozi motoru. Zjištěné hodnoty kyselosti byly dobré (Li a kol. 2010).

Obr. č. 7 DSC termogram konopné bionafty označující počátek krystalizace při $-5,49\text{ }^{\circ}\text{C}$, PLM obraz konopné bionafty při $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ilustrující počáteční vznik malých krystalů, s měřítkem $100\text{ }\mu\text{m}$ (Li a kol. 2010)



Roztok bionafty krystalizuje až při teplotě $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (obr. č. 7). Vysoce kvalitní bionafta má bod zákalu mezi $0\text{-}2\text{ }^{\circ}\text{C}$. To naznačuje vysoký potenciál konopného oleje jako suroviny pro výrobu bionafty. Konopná bionafta splňuje normy stanovené ASTM 6571-09 pro výrobu biopaliva (tabulka č. 16). Z výsledků které byly zjištěny se dá předpokládat, že z konopí je možno vyrábět kvalitní potenciální palivo, charakteristické hlavně nízkým bodem zákalu a nízkou kinematickou viskozitou (Li a kol. 2010).

Tab. č. 16 Souhrn specifikací ASTM srovnání fyzikální a chemické vlastnosti konopné bionafty (Li a kol. 2010)

| | Volný glycerin (% hmoty) | Celkový glycerin (% hmoty) | Bod vzplanutí ($^{\circ}\text{C}$) | Kinematická viskozita $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (mm^2/s) | Číslo kyselosti (mg KOH/g oleje) | Hustota (kg/m^3) ^a | Obsah síry (ppm) |
|-------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---|----------------------------------|---|------------------|
| Rafinovaný konopný olej | - | - | 232 | 26,46 | 0,67 | 918 | 1,6 |
| Konopná bionafta | <0.005 | 0.10 | 162 | 3.48 | 0.25 | 884 | 0.4 |
| ASTM specifikace | 0.02 | 0.24 | 130.0 min | 1.9-6.0 | 0.50 max | 860-900 | 15 max |

[-] nevztahuje se, [a] Podle EN1 4214

3.12.4. Bioplyn

Anaerobní fermentace označuje kontrolovanou mikrobiální přeměnu organických látek, bez přístupu vzduchu za vzniku bioplynu a digestátu (Šafařík a kol. 2007). Tento produkt se kromě energeticky využitelného metanu (40-80 %) skládá z oxidu uhličitého (24-44 %), sirovodíku (0,1-1,6 %), vodíku (0,1-3 %), amoniaku a dalších látek. Jen pro srovnání zemní plyn se obvykle skládá až z 99 % metanu (Ust'ák 2005). Anaerobní fermentace (digesce), při které metan vzniká, se účastní mnoho různých typů bakterií (Murtinger, Beranovský 2006).

Zpravidla se uvádějí čtyři fáze přeměny, přičemž vlastní vznik metanu nastává až v poslední z nich.

- 1) Hydrolýza - hydrolytické bakterie svými enzymy rozloží organické látky v biomase na jejich základní stavební kameny (cukry, mastné kyseliny, aminokyseliny). V této fázi nevdá vzdušný kyslík.
- 2) Acidogeneze - působením acidogenních bakterií vznikají mastné kyseliny (kyselina octová, propiová, máselná), a také některé alkoholy. Souběžně vzniká také oxid uhličitý a vodík. V této fázi dojde k vytvoření anaerobního (bezokyslíkatého) prostředí.
- 3) Acetogeneze - z výše uvedených meziproductů kyselina octová, oxid uhličitý a vodík.
- 4) Metanogeneze - z kyseliny octové vzniká působením metanogenních acetotrofních bakterií metan. Další, takzvané hydrogenotrofní bakterie zase vytvářejí metan z dříve vzniklého vodíku a oxidu uhličitého. V této fázi, už musí být prostředí striktně anaerobní, neboť kyslík je pro uvedené bakterie velmi škodlivý (Murtinger, Beranovský 2006).

V dnešní době můžeme nalézt celou řadu různých řešení bioplynových stanic (obr. č 7). V bioplynových stanicích jsou technologie, které můžeme dělit podle způsobu plnění, podle konzistence substrátu a podle toho zda se jedná o jednostupňový či vícestupňový proces (Mužík, Kára 2009). Ačkoli tam jsou podstatné rozdíly mezi typy vyhnívacích nádrží, jejich pracovní princip je velmi shodný. Surovina vstupuje přes přívodní trubky buď přímo, nebo po smíchání dolu do vyhnívací nádrže. Plyny se shromažďují nad materiálem a opouští nádrž přes plynové trubky v horní části krytu (Plöchl, Heiermann 2006).

Před projekcí fytoplynové stanice je třeba vzít v úvahu následující faktory. Teplotu procesu, protože termofilní proces zajišťuje dokonalejší hygienizaci, ale je náročnější na spotřebu tepla, než proces mezofilní. Výťažnost metanu, je pro oba procesy přibližně stejná.

Jelikož u rostlinného materiálu není hygienizace tak důležitá, jako u biodegradabilních odpadů, jeví se mezofilní proces výhodněji (Plöchl, Heiermann 2006).

Obr. č. 8 Bioplynová stanice v Žihle (Mužík, Kára 2009)



Produkce bioplynu z fytomasy je efektivnější než ze zvířecích exkrementů (mrva, kejda, trus drůbeží) o 50-70 %. Spolu s výrobou bioplynu vzniká jako odpad stabilizované organické hnojivo, které se vrací do zemědělského procesu. Zvláště důležité je, že významný podíl uhlíku zůstává v tuhém zbytku, neprochází atmosférou jako při spalování. Tím snižuje množství CO₂ v plyné biosféře (Součková, Moudrý 2006).

Bioplyn má mnohostranné využití. V plynových motorech, kde se dá měnit na elektrický proud. Na pohon tlakových ventilátorů, čerpadel a generátorů. Po malých úpravách i v plynových spotřebičích. Z 1 m³ se vyrobí 1,6-1,9 kWh. V poslední době se konají pokusy s využitím bioplynu na pohon traktorů a automobilů (Stražil, Moudrý 1998).

Pro výrobu bioplynu jsou vhodné rostliny, které se nehodí pro přímé spalování, s vlhkostí nad 45 % a s C/N pod 30/1. Nejvýhodnější rostliny pro výrobu bioplynu jsou ty, které jsou bohaté na snadno odbouratelné sacharidy, jako jsou cukry a bílkoviny (Plöchl, Heiermann 2006). Největší produkce bioplynu, byla sledována při sušině organické hmoty 30-35 % (Slajška 1998). Porovnání složení konopné biomasy v době květu čerstvém i silážovaném stavu uvádí tabulka č.17 (Heiermann a kol. 2009).

Tab. č. 17 Charakteristika konopí jako čerstvé hmoty (FM) a celé rostlinné siláže (S): suché hmoty (DM), sušina biomasy (ODM), těkavé mastné kyseliny (VFA), pH, C: N, dusíkatých látek (XP), vlákniny (XF), surový tuk (XL), cukr a škrob (Heiermann a kol. 2009)

| Plodina | DM [%FM] | ODM [%DM] | VFA [g/kgFM] | pH [-] | C:N [-] | XP [%DM] | XF [%DM] | XL [%DM] | Cukr [%DM] | Škrob [%DM] |
|------------|----------|-----------|--------------|--------|---------|----------|----------|----------|------------|-------------|
| Kvetení FM | 31,1 | 92,2 | 0,7 | 7,6 | 28,8 | 13,1 | 40,9 | 1,2 | 16,2 | 4,8 |
| Kvetení S | 27,8 | 91,9 | 18,0 | 5,5 | 35,2 | 8,5 | 51,0 | 1,1 | 2,4 | 1,1 |

Moderní bioplynové stanice přeměňují konopné pazdeří na metan. Jeho spalováním v kogenerační jednotce lze vyrobit současně teplo i elektrickou energii. Zelené části a odpady z olejové výroby jsou potenciálním zdrojem pro výrobu bioplynu ((Miovský a kol. 2008).

V roce 2006 ve Švédsku byla provedena studie, která se zabývala vlivem doby sklizně konopí, ze kterého bude vyráběn bioplyn. Studie byla provedena ve čtyřech různých časových obdobích od července do října. Byla použita odrůda Futura 75, zaseto bylo 9. května s 20 kg semen, při použití 120 kg N/ha. Vzdálenost mezi řádky byla 12,5 cm. Biomasa byla sklizena 10. července, 30. července, 4. září a 19. října. V tabulce č. 18 jsou uvedeny hodnoty lignocelulózových částí (celulóza, hemicelulóza, lignin), tak jak vzrostli od července do září. U později sklizených vzorků bylo zjištěno zhoršení anaerobních podmínek. Tabulka č. 19 ukazuje výnosy metanu z konopí, z různých období sklizně. Nejvyšší energetický výnos na hektar byl dosažen při sklizni v září a říjnu (Kreuger a kol. 2007).

Tab. č. 18 Složení sušeného konopí, podíl na celkových pevných látek (Kreuger a kol. 2007)

| Datum odebrání vzorku | Celulóza | Hemiceulóza | Lignin | Ostatní |
|-----------------------|----------|-------------|--------|---------|
| 10. července | 46,1 | 18,3 | 17,7 | 17,4 |
| 30. července | 50,8 | 20,4 | 18,6 | 10,4 |
| 4. září | 51,1 | 22,1 | 21,4 | 4,9 |
| 19. října | 53,7 | 21,8 | 22,2 | 1,3 |

Tab. č. 19 Výnos metanu po 3 dnech fermentace, výnos biomasy, metanu a energetický výnos na hektar, hektarový výnos je založen na metanovém hektarovém výnosu: 35,6 MJ / Nm³ (Kreuger a kol. 2007)

| | 10. července | 30.července | 4. září | 19. října |
|--|--------------|-------------|---------|-----------|
| Nm ³ CH ₄ /kg vs | 0,25 | 0,27 | 0,26 | 0,23 |
| Tuna ts/ha | 3,6 | 6,9 | 14,2 | 14,3 |
| GJ CH ₄ /ha | 29 | 62 | 122 | 111 |

Jak ukazují tabulky č. 20 a 21 výnos biomasy u konopí, je oproti ostatním plodinám vysoký, avšak výtěžnost bioplynu a metanu není nijak vysoká. Vzhledem k tomu, že výroba

bioplynu z konopí je stále ve fázích výzkumu, je těžké zhodnotit, zda je to výhodné či nikoli. Průměrný obsahem metanu se pohybuje okolo 50 – 60 % (Plöchl, Heiermann 2006).

Tab. č. 20 Výnos bioplynu z celé sklizně (siláž) po cca. 28 dnech fermentace za mezofilních podmínek (Plöchl, Heiermann 2006)

| Energetické plodiny | Biomasa DM [FM] | Výtěžnost bioplynu [Nm t ODM] | Výnos metanu [Nm t ODM] |
|---------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Konopí | 28-36 | 452-485 | 250-267 |
| Jetel | 9-17 | | 290-390 |
| Vojtěška | 14-35 | 514-737 | 283-405 |
| Kukuřice | 30-48 | | 330-400 |
| Ječmen | 25-38 | 694-920 | 382-506 |
| Žito | 33-46 | 733-734 | 403-404 |
| Cukrová řepa | 22 | 840 | 504 |

DM sušiny, FM čerstvé hmoty, ODM organické sušiny, Nm norma metr krychlový objem je standardizované normy podmínek OC, 1023 mbar tlak vzduchu a 0 % relativní vlhkosti.

Tab. č. 21 Měření výnosů metanu v laboratorních podmínkách a o 20 % snížené výnosy, které mají simulovat podmínky praxe na výrobu bioplynu při optimální sklizni (Plöchl, Heiermann 2009)

| Bioplyn plodin | Laboratorní měřítko výnosu metanu [m ³ CH ₄ kg ODM-1] | Výnos metanu v praxi [m ³ CH ₄ kg ODM-1] |
|----------------------|---|--|
| Ozimé žito | 0,448 | 0,358 |
| Ozimý ječmen | 0,473 | 0,378 |
| tritikale | 0,485 | 0,388 |
| Kukuřičná siláž | 0,507 | 0,406 |
| Konopná siláž | 0,259 | 0,207 |
| Siláž z topinamburu | 0,252 | 0,202 |
| Vojtěšková siláž | 0,353 | 0,282 |

3.12.5. Etanol

Již ve 30. letech Henry Ford ve svých závodech v Michiganu zpracovával biomasu na metanol, asphalt, etylacetát, což jsou dnes základní suroviny ropného průmyslu (Benhaim 2000).

Etanol (etylalkohol) je bezbarvá kapalina s ostrým zápachem, snadno hoří modrým plamenem a je vysoce hydrofobická (Foltýnová, Zedníčková 2008). Alkoholové kvašení je biochemický proces, při kterém jsou rostlinné polysacharidy přeměňovány na alkohol, za přítomnosti kvasinek. Kvasinky přeměňují rostlinné sacharidy na ethanol a oxid uhličitý, za vzniku tepla a energie (Šafařík a kol. 2007).

Tak jak lze pomocí zplyňování přeměnit celulózu z konopí na etanol, tak tuto přeměnu lze provést i pomocí alkoholovému kvašení. Pomocí hydrolýzy a enzymů se celulóza přemění

na glukózu, která pak kvasí a vzniká alkohol. Ke značným úsporám vede přeměna celulózy, pomocí enzymů přímo v alkohol (Castleman 2006, Luo a kol. 2011).

Etanol je vynikající palivo pro automobily. Jeho oktanové číslo je vyšší a tlak výparů nižší než u benzínu, z čehož vyplývá že výparné emise jsou nižší. Je hůře vznětlivý než benzín za přítomnosti vzduchu, což omezuje množství požárů v automobilech (Foltýnová, Zedníčková 2008).

Jednou z výhod konopí, jako k možnému novému palivovému zdroji, je jeho velký nárůst biomasy, která při možném kvašení vytváří nízkouhlíkové paliva jako je bioetanol. Celulózu a hemicelulózu ve dřeni konopného stonku i v semenech, lze chemickou cestou přeměnit na metan, metanol i etanol (obr. č. 8) (Trnavský 2008).

Siláž vyráběná ze zelených rostlin konopí, je nová zajímavá technika využívaná při výrobě bioetanolu. Jedná se o dobře zavedenou a vyspělou technologii, která se používá při tvorbě krmiva pro zvířata. Siláž se skládá z celých rostlin (stonek, listy). Při správném silážování, převládají bakterie mléčného kvašení. Nízké pH zachovalé kvašením a volné cukry zachovávají dostatek živin (Oleskowicz-Popiel a kol. 2011).

Konopná sláma má vysoký obsah celulózy a nízký obsah ligninu, proto je vhodná při výrobě biometanu a bioethanolu (Barta a kol. 2010).

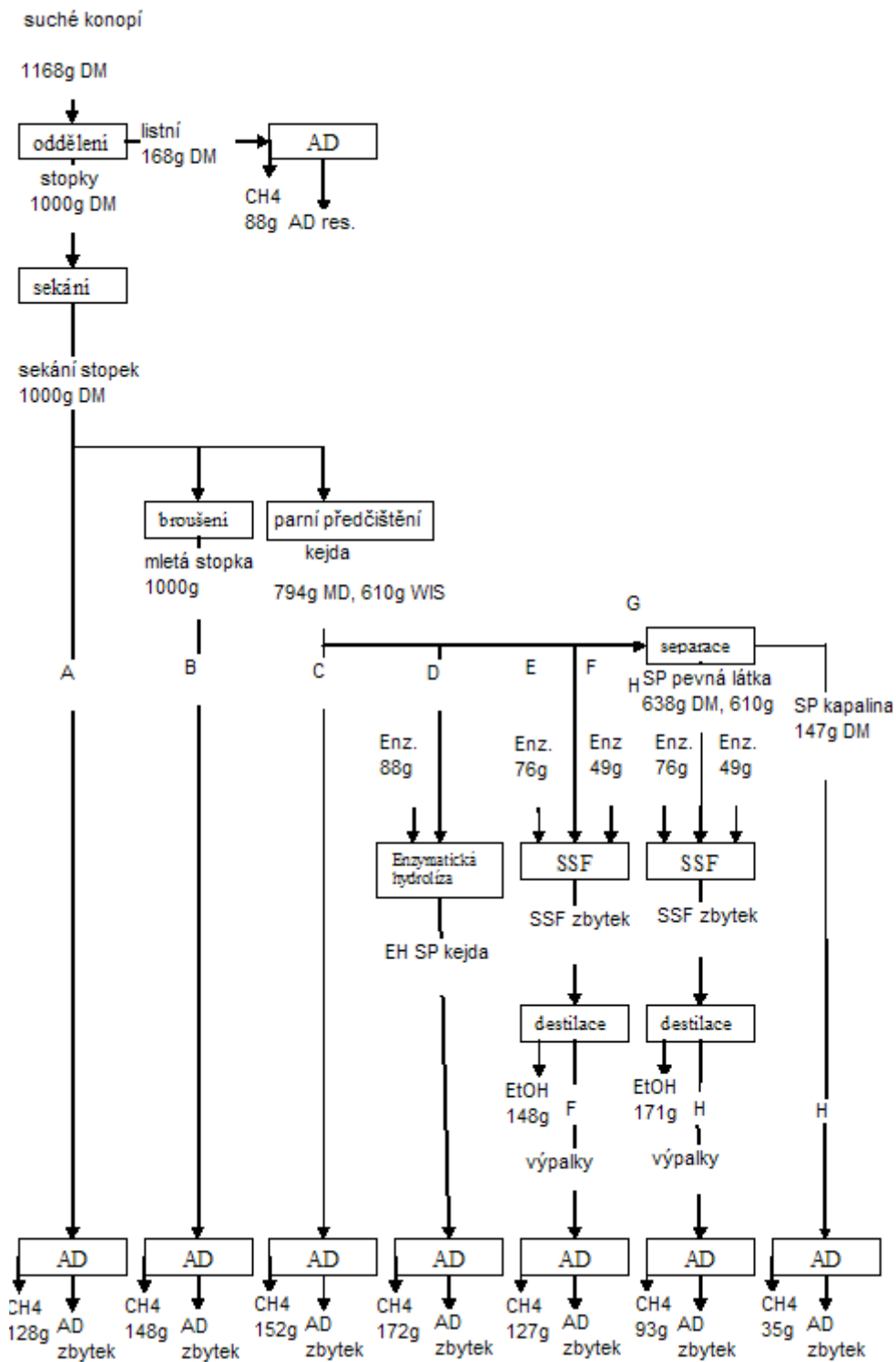
U silážovaného konopí bylo dosaženo nižších výnosů etanolu (71 %) ve srovnání se získáváním ethanolu z nesilážovaného konopí (74 %) (Oleskowicz-Popiel a kol. 2011).

Z 1 tuny konopí je možné získat 250 litů ethanolu (Bakken 2009).

Etanol lze vyrábět i z pazdeří. V surovém pazdeří je nejvíce polysacharidů (glukany, xylany). Konopná celulóza může být přeměněna na zkvasitelnou glukózu pomocí kyselého katalyzátoru, nebo pomocí enzymů. Za účelem získání vhodného polysacharidu, je nutná konverze v enzymatické hydrolyze, tudíž je nutné předčištění. Bylo zjištěno, že nejefektivnější je parní předčištění. Tento proces je založen na tom, že nasekané konopí je vystaveno vysokému tlaku páry v reaktoru, později je tlak okamžitě vypuštěn. Nevýhody parního předčištění spočívají v částečné degradaci hemicelulózy. Nejvyšší celkový výnos glukózy a etanolu ze suchého pazdeří byl získán při teplotě 210 °C (Barta a kol. 2010).

Obr. č. 9 Proces použitý při výrobě ethanolu a metanu z konopí (Kreuger a kol. 2007)
DM – označuje sušinu, WIS – označuje vodě nerozpustné látky
Zkratky procesu: SSF – simultánní zcukření a fermentace, AD – anaerobní digesce

Zkratky použitého materiálu: SP kejda- parní předčištění konopí, kejdy, Enz. – enzymy, Yea. – kvasný extrakt, EH SP kejda – enzymaticky hydrolyzovaná kejda, SP pevná látka – pevná frakce kejdy, SP kapalina – kapalná frakce kejdy



3. 13. EKONOMIKA PĚSTOVÁNÍ KONOPÍ

Základem ekonomicky úspěšného pěstování každé plodiny, tedy i konopí, je zajištění ekonomicky efektivní technologie pro danou produkci. U konopí jsou charakteristické vysoké náklady na osivo a nízké náklady na ochranu. Obecně platí, že chceme-li větší výnos, musíme počítat s vyššími vstupními náklady (Klvaňová 2007).

Ekonomiku pěstování konopí (tabulka č.22) ovlivňují především výnosy, realizační cena energetického produktu a dotační politika státu (Havlíčková a kol. 2007).

Jestliže chceme, aby bylo pěstování konopí setého ekonomicky výhodné, je třeba vycházet z komplexního využití celé rostliny. Pěstování konopí vyžaduje promyšlenou spolupráci pěstitelů, prvotního i koncového zpracovatele v daném regionu. V České republice se daří prosazovat záměr, aby se v jednotlivých regionech pěstovalo konopí seté v okruhu max. do 70-100 km, tím se zamezí zbytečné převážení suroviny na velké vzdálenosti a ušetří se i pohonné hmoty. Zároveň je důležité, aby zde uprostřed tohoto pomyslného kruhu vznikala zpracovatelská centra (Široká 2009).

Cenová úroveň biopaliv odráží do značné míry situaci na trhu fosilních paliv. V současnosti je výkupní cena věcí dohody mezi producentem a odběratelem a dosud neexistuje dostatečně likvidní a cenotvorný trh (Fuksa 2009).

Tab. č. 22 Ekonomika pěstování konopí (Havlíčková a kol. 2007)

| Ukazatel | Jednotka | Bramborářská výrobní oblast |
|--|----------|-----------------------------|
| Organická hnojiva | Kč.ha | 765 |
| Průmyslová a vápenatá hnojiva | Kč.ha | 2 796 |
| Osivo (70kg/ha) | Kč.ha | 5 600 |
| Chemické přípravky | Kč.ha | - |
| Materiálové náklady celkem | Kč.ha | 9 161 |
| Mechanizované práce | Kč.ha | 4 281 |
| Spotřeba paliva | l.ha | 75 |
| Potřeba práce | h.ha | 7 |
| Ostatní variabilní náklady (pojištění) | Kč.ha | 428 |
| Variabilní náklady celkem | Kč.ha | 13 870 |
| Fixní náklady celkem | Kč.ha | 4 667 |
| Náklady celkem (variabilní + fixní) | Kč.ha | 18 537 |

3. 14. DOTAČNÍ POLITIKA

Pěstování konopí setého je dotačně podporováno. Od 1.1.2009 je výběr odrůd dán, Nařízením Komise (ES) č.1124/2008. Z něhož vyplývá, že je možno vyplácet podporu na všechny uvedené odrůdy konopí v seznamu „Společném katalogu odrůd druhů zemědělských rostlin“ dne 15. března platného roku, pro který je poskytnuta podpora, s výjimkou odrůd Finola a Tiborszallasi (Holubář a kol. 2010).

Při pěstování konopí pro energetické účely bylo podpořeno v roce 2005-2007 z dotačního programu I.U – Podpora pěstování bylin pro energetické využití. Celkem při pěstování konopí pro energetické účely mohl dostat pěstitel až 4 111 Kč/ha (Tošovská, Buchtová 2009). V roce 2008 byl dotační program I. U zrušen z důvodů nesouladu s právními předpisy EU (Široká 2009). Nově je možné získat dotaci na pěstování konopí v rámci plateb SAPS a TOP-UP. V roce 2009 nebyla vyplacena žádná podpora na konopí pro energetické účely (Tošovská, Buchtová 2009).

Přehled finančních prostředků určených na podporu pěstování konopí pro energetické využití:

V roce 2005:SAPS= 2 110,70 Kč/ha, TOP-UP na ornou půdu= 2 000 Kč/ha.

V roce 2006:SAPS= 2 517,80 Kč/ha, TOP-UP na ornou půdu= 2 000 Kč/ha.

V roce 2007:SAPS= 2 791,50 Kč/ha, TOP-UP na ornou půdu= 3 000 Kč/ha.

V roce 2008:SAPS= 3 072,70 Kč/ha.

V roce 2009:SAPS= 3 710,00 Kč/ha.

(Tošovská, Buchtová 2009)

Pěstitel konopí setého musí splnit některé podmínky, aby mohl obdržet finanční podporu. Zemědělskou půdu, na které v daném roce pěstoval konopí, musí mít vedenou v Evidenci (LPIS), využití zemědělské půdy podle užitelských vztahů, což vyplývá ze zákona č. 252/1997 Sb., o zemědělství v platném znění. V žádosti na jednotnou platbu na plochu musí uvést, že se jedná o plochu osetou konopím setým. Dále musí k žádosti připojit uznávací list o uznání osiva konopí, čestné prohlášení, ve kterém se zavazuje neprodleně oznámit na SZIF začátek kvetení konopí (Tošovská, Buchtová 2009). Je to z důvodu, protože tetrahydrokanabinol je nejvíce obsažen v květenství rostlin, ve stonku a v semeni se téměř nevyskytuje (Tošovská, Buchtová 2009).

Administraci podpory pěstování a zpracování konopí provádí Státní zemědělský intervenční fond (Široká 2009). Žádosti o podporu pěstování konopí se podávají na příslušnou AZV Mze do 15. května příslušného roku (Tošovská, Buchtová 2009).

3. 15. LEGISLATIVNÍ OPATŘENÍ PŘI PĚSTOVÁNÍ KONOPÍ

Pěstování konopí setého je v ČR legislativně ošetřeno zákonem č. 167/1998 Sb., o návykových látkách, v platném znění. V tomto zákoně v § 24, bodu a) se zakazuje pěstovat druhy a odrůdy rostliny konopí (rod *Cannabis*), které mohou obsahovat více než 0,3 % látek ze skupiny tetrahydrokanabinolů. Dále § 29 tohoto zákona ustanovuje ohlašovací povinnost pro osoby pěstující konopí na celkové ploše větší než 100 m². Ohlašovacím místem je místně příslušný územní orgán Ministerstva financí ČR – Generálního ředitelství cel (celní úřad). Nedodržení této povinnosti nebo uvádění nepravdivých a neúplných údajů je finančně sankcionováno (Tošovská, Buchtová 2009).

4. ZÁVĚR

Konopí seté je perspektivní energetická plodina. Výhodou této olejno - přadné rostliny je možnost jejího celkového využití. Protože pěstování konopí je nákladné, je třeba dosahovat co nejvyšších výnosů, zajistit optimální podmínky pro jeho růst a i následnou sklizeň. Důležité jsou dobře vyhnojené pozemky množstvím přístupných živin, ale i správná předseťová příprava pozemku a jeho následné správné založení. Sklizeň sama o sobě je u konopí dosti náročná. Není možné používat běžné sklízecí stroje, je nutná jejich úprava. Při sklizni je důležité vědět na jaké účely bude sklizená fytomasa využita. Při podzimní sklizni jsou výnosy nejvyšší. Biomasa sklizená v tomto období se hodí pro výrobu bioplynu či bioetanolu, jelikož dosahuje vyššího obsahu vody v tkáních a tudíž je nevhodná pro přímé spalování.

Konopí je možné spalovat, ať už jako celé rostliny, či konopné pazdeří. Je možné z nich vyrábět pelety a brikety. Konopné brikety a pelety jsou vhodné pro všechny druhy kamen, kotlů i krbových kamen, zejména dobře hoří ve zplyňujících kotlích. Výhřevnost konopí dosahuje až 18 MJ. kg⁻¹ a je tedy v průměru o 20 % vyšší než u běžného hnědého uhlí. Hoření je čistší než u fosilních paliv, je to dáno podstatně nižším obsahem síry a jiných škodlivin. Popel se dá využít jako dobré hnojivo.

Již kdysi bylo řečeno, že rostlinné oleje jednou předčí ropné produkty v mnoha aspektech a konopné semeno je zdrojem jednoho z nejkvalitnějších přírodních olejů. Semena konopí obsahují 26 až 37 % vysychavého oleje, jeho složení a obsah záleží na klimatických podmínkách, odrůdě a environmentálních podmínkách. Výtěžnost z 1 tuny konopných semen se získá cca 250 l oleje. Konopný olej se ze semen konopí získává lisováním nebo extrakcí. Až 40 % oleje lze získat ze semen chemickou extrakcí. Olej je možné spalovat v mírně upravených naftových motorech. Problém je v přílišném zanášení vstříkovacích trysek a v tom, že je konopný olej méně stabilní a náchylnější k oxidačním procesům, oproti řepkovému. Oxidační nestabilita vede k poklesu kvality při dlouhodobém nebo špatném skladování. Čistý konopný olej není příliš vhodný jako samostatné palivo, ale pokud by se přidalo 20 % konopného oleje do řepkového oleje, zlepšil to tekutost i celkové chování biopaliva. Proto, je konopný olej z energetického hlediska vhodnější využít k výrobě bionafty.

Bionafta je ekologické palivo pro vznětové motory na bázi metylesterů nenasycených mastných kyselin rostlinného původu. Přeměna může probíhat za pomoci enzymatických katalyzátorů, použitím speciálních pevných katalyzátorů, nebo bez použití katalyzátoru.

Z konopí je možno vyrábět kvalitní bionaftu jako potenciální palivo, charakteristické hlavně nízkým bodem zákalu a nízkou kinematickou viskozitou.

Z různých studií prováděných po celém světě vyplývá, že výroba bioplynu z konopí vzhledem k jeho složení je výhodná. I toto využití je, ale stále spíše ve fázích výzkumu. Při posuzování vhodného termínu sklizně konopí na výrobu bioplynu, bylo nejvyššího energetického výnosu na hektar dosaženo při sklizni v září a v říjnu.

Celulózové odpady, které vznikají při zpracování konopí, by bylo možné hydrolýzou přeměnit na etanol. Etanol je mimo jiné i vynikající palivo pro automobily. Jeho oktanové číslo je vyšší a tlak výparů nižší než u benzínu, z čehož vyplývá, že výparné emise jsou nižší. Z 1 tuny sušiny konopí je možné vyprodukovat 250 litrů etanolu

Konopí je perspektivní energetickou plodinou a výnosy biomasy jsou dobré. V ČR je oseto konopím minimálně ploch. V ČR se konopí využívá pro energetické účely jedině ve formě pelet a briket, které jsou určeny k přímému spalování. Nevím, zda je to z důvodů obav českých zemědělců z něčeho nového, nebo proto, že je pro ně lepší pěstovat plodiny, které znají a u kterých mají zaručený odbyt. Problémy bych především spatřovala v dořešení agrotechniky pěstování (především sklizně), zajištění cenově dostupných osiv, vyšší informovanosti o konopí jako takovém a více zařízení pro prvotní zpracování.

5. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ANONYM 1: Konopí – zdroj energie. [online] [cit.2011-03-03]. Dostupné z WWW:<<http://mankyfa.wz.cz/konopi.htm>>.

ANONYM 2: Brikety z pazdeří technického konopí. Biom.cz [online]. 2008-01-16 [cit. 2011-02-14]. Dostupné z WWW: < <http://biom.cz/cz/produkty-a-sluzby/burza-fytoenergetika/brikety-z-pazderi-technickeho-konopi>>.

ANONYM 3: Biomasa [online] [cit. 2011-03-10]. Dostupné z WWW: < <http://cs.wikipedia.org/wiki/Biomasa>>.

BAKKEN E.H.: BioEthanol: Fuel of the future? Háskólinn á Akureyri, university of Akureyri, 2009, 111s.

BARTA Z., OLIVA J.M., BALLESTEROS I., DIENES D., BALLESTEROS M., RÉCZEY K.: Refining hemp hurds into fermentable sugars or ethanol. Chem. Biochem. Eng. Q. 24(3), 2010, 331-339s.

BENHAIM P.: Konopí zdraví na dosah holistická kuchařka. Alpress, s.r.o., Frýdek – Místek, 2001, ISBN 80-7218-605-1, 454s

CONRAD, CH.: Konopí pro zdravý. Pragma, Praha, 2001, ISBN 80-7205-834-7, 210s.

CASTLEMAN T.: Hemp biomass for energy, fuel and fiber company. Fuel and Fibre Company, Mesa, Arizona, USA, 2006, 12s.

FOLTÝNOVÁ I., ZEDNÍČKOVÁ I.: Problematika biopaliv v Brazílii. Praha, Ústav zemědělské ekonomiky a informací, 2008, ISBN 978-80-86671-53-6, 35s.

FUKSA P.: Netradiční využití biomasy v praxi. Biom.cz [online]. 2009-07-15 [cit. 2011-01-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/netradicni-vyuziti-biomasy-v-praxi>>. ISSN: 1801-2655.

GERLACH F.: Hemp oil: Potential fuel for engines adapted to plant oil use? Nova-Institut GmbH, Huerth, Germany, 2008, 2s.

GERLACH F., CARUS M., BREUER T.G.: Examination of hemp oil with regard to its suitability as fuel for engines adapted to pure plant oil use. Nova-Institut GmbH, Huerth, Germany, 2007, 21s.

GISSÉN CH., MATTSSON J.E., SVENSSON S-E., PRADE T.: Bioenergy crops fertilised with urban nutrients. NJF report seminar 405 production and utilization of crops for energy 3, Sweden, 2007, 56-65s.

HAVLÍČKOVÁ K., WEGER J., KONVALINA P., MOUDRÝ J., STRAŠI Z.: Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Průhonice, 2007, ISBN:978-80-85116-00-7,978-80-7040-948-0, 92s.

HAVLÍČKOVÁ K., WEGER J., BOHÁČ J., ŠTĚRBA Z., HUTLA P., KNÁPEK J., VAŠÍČEK J., STRAŠIL Z., KAJAN., M., LHOTSKÝ R.: Rostlinná biomasa jako zdroj energie. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Pelhřimov, 2008, ISBN 978-80-7415-004-3, 83s.

HEIERMANN M., PLÖCHL M., LINKE B., SCHELLE H., HERMANN C.: Biogas crops - specifications and suitability of field crops for anaerobic digestion. CIGR ejournal 11, 2009, 1087-1193s.

HEIERMANN M., PLÖCHL M.: Biogas farming in central and Northern Europe: A strategy for developing countries? CIGR ejournal 8, 2006, 15s.

HERER J.: Spiknutí proti konopí aneb „císař nemá šaty!“. Agentura UTAX, Kojetín, 1994, 141s.

HOLUBÁŘ J., KABRHELOVÁ J., ŘÍHA K., KRAUS P.: Seznam doporučených odrůd lnu olejného a konopí setého. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno, 2010, ISBN 978-80-7401-026-2, 54s.

KÁRA J., STRAŠIL Z., HUTLA P., USŤAK S.: Energetické rostliny technologie pro pěstování a využití, Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha, 2005, ISBN 80-86884-06-6, 81s.

KLVAŇOVÁ L.: Konopí biomasa pro život. Zelená pumpa-Chrástické ekocentrum o.s., Chrástice, 2007, ISBN 978-80-254-1149-0, 26s.

KREUGER E., ESCOBAR F., SVENSSON S.-E., BJÖRNSSON L.: Biomass production from hemp – evaluation of the effect of harvest time on methane yield In: Proceedings of Bioenergy, Poster Session PT01, Brisbane, Australia, 2007, 6s.

LI-SI-YU., STUART J.D., YI LI., PARNAS R.S.: The feasibility of converting Cannabis sativa L. oil into biodiesel. Bioresource Technology, 101, 2010, 8457-8460s.

LUO LIN, VOET E., HUPPES G.: Energy and environmental performance of bioethanol from different lignocelluloses. International Journal of Chemical Engineering, 2011, ID 740962.

MIOVSKÝ M., BLAHA T., DĚDIČOVÁ M., DVOŘÁČEK J., GABRHELÍK R., GABRIELOVÁ H., GAJDOŠÍKOVÁ H., HANUŠ O., HORÁČEK J., KRMENČÍK P., KUBŮ P., MIOVSKÁ L., OUŠTĚCKÁ-NERADOVÁ A.-B., NERAD J.-M. RADIMECKÝ J., RUMAN M., SIVEK V., ŠEJVL J., ŠULCOVÁ A., VACEK J., VOPRAVIL J., VOREL F., ZÁBRANSKÝ T., Konopí a konopné drogy. Grada Publishing, a.s., Praha, 2008, 533s.

MOUDRÝ J., STRAŠIL Z.: Pěstování alternativních plodin. Jihočeská univerzita. Zemědělská fakulta, 1999, ISBN 80-7040-383-7, 165s.

MURTINGER K., BERANOVSKÝ J.: Energie z biomasy. ERY, Brno, 2006, ISBN 9788073660710, 94s.

MUŽÍK O., KÁRA J.: Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR. Biom.cz [online]. 2009-03-04 [cit. 2011-03-09]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>>. ISSN: 1801-2655.

NOSKIEVIČ P., JUCHELKOVÁ D., ČECH B.: Biomasa a její energetické využití. Ministerstvo životního prostředí České republiky, Praha, 1996, ISBN 80-7078-367-2, 68s.

OLESKOWICZ-POPIEL P., THOMSEN A.B., SCHMIDT J.A.: Ensiling e wet-storage method for lignocellulosic biomass for bioethanol production. Biomass & Bioenergy, 2011, 2087-2092s.

PASTOREK Z., KÁRA J., JEVIČ P.: Biomasa obnovitelný zdroj energie. FCC Public, Praha, 2004, ISBN 80-86534-06-5, 286s.

PEČ J., DUŠEK, J.: Složení a využití konopného oleje se zaměřením na terapeutické účinky esenciálních mastných kyselin. Praktické lékárenství, 2, 2008, [online] [cit. 2011-03-09]. Dostupné z WWW: <http://www.praktickelekarenstvi.cz>. 86-89s.

PETŘÍKOVÁ V., SLADKÝ V., STRAŠIL Z., ŠAFAŘÍK M., USTĚÁK S., VÁŇA J.: Energetických plodin. Profi Press, s.r.o. Praha, 2006, ISBN 80-86726-13-4, 127s.

PETŘÍKOVÁ V.: Palivo z rostlin - brikety, pelety. Biom.cz [online]. 2007-01-04 [cit. 2011-02-14]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/palivo-z-rostlin-brikety-pelety>. ISSN: 1801-2655.

PETŘÍKOVÁ V.: Energetická biomasa z polních kultur. Biom.cz [online]. 2005-05-11 [cit. 2011-01-26]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticka-biomasa-z-polnich-kultur>. ISSN: 1801-2655.

PLÍŠTIL D.: Využití technického konopí pro energetické účely. Biom.cz [online]. 2004-11-15 [cit. 2011-02-14]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-technickeho-konopi-pro-energeticke-ucely>. ISSN: 1801-2655.

RANALLI P.: Advances in hemp research. Hawort press, Binghamton USA, 1999, 272s.

RATAJ K.: Atlas chorob a škůdců kulturních rostlin díl IX, Atlas chorob a škůdců prádlných rostlin, 1958, Státní zemědělské nakladatelství, Praha, str.114

RICE B.: Hemp as a feedstock for biomass-to-energy conversion, Journal of Industrial Hemp 13(2), 2008, 145-156s.

ROBINSON R.: Velká kniha o konopí. Volvox Globator, Praha, 2004, ISBN 80-7207-532-2, 281s.

ROBINSON R.: Konopný manifest. Volvox Globator, Praha, 1998, 111s.

RUMAN M., KLVAŇOVÁ L.: Konopí staronový přítel. 2008, Zelená pumpa –Chraštické ekocentrum o.s., Chrástice, 2008, ISBN 978-80-254-1825-3, 31s.

SLADKÝ V.: Biomasa – alternativní zdroj energie. In: Sborník referátů z odborného semináře, Energetické a průmyslové rostliny IV, Chomutov, CZ-Biom, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, 1998, ISBN: 80-238-3490-8, 26-45s.

SLADKÝ V.: Konopí, šance pro zemědělství a průmysl. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 2004, 63s.

SLEJŠKA A.: Bioplyn z rostlin. In: Sborník referátů z odborného semináře, Energetické a průmyslové rostliny IV, Chomutov, CZ-Biom, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, 1998, ISBN 80-238-3490-8, 114-117s.

SLEJŠKA A.: Matematické modely pro pěstování energetických a průmyslových plodin v devastovaných oblastech. Biom.cz [online]. 2010-03-22 [cit. 2011-01-26]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/matematicke-modely-pro-pestovani-energetickych-a-prumyslovych-plodin-v-devastovanych-oblastech>>.

SOUČKOVÁ H.: Hodnocení obnovitelných zdrojů energie s pomocí programu Gemis In: Využití fytomasy pro energetické účely. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, České Budějovice, 2005, ISBN 80-7040-833-2, str.123

SOUČKOVÁ H., MOUDRÝ J.: Nepotravinářské využití fytomasy. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta, České Budějovic, 2006, ISBN 80-7040-857-X, 71s.

STRAŠIL Z., MOUDRÝ J.: Energetické plodiny v ekologickém zemědělství. : Spolek poradců v ekologickém zemědělství : VH Press, Hradec Králové, 1998, 56s.

STRAŠIL Z., ŠIMON J.: Stav a možnosti využití rostlinné biomasy v energetice ČR. Biom.cz [online]. 2009-04-20 [cit. 2011-01-26]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/stav-a-moznosti-vyuziti-rostlinne-biomasy-v-energetice-cr>>. ISSN: 1801-2655.

STRAŠIL Z.: Pěstování a možnosti využití některých netradičních plodin ve fytoenergetice. Biom.cz [online]. [cit. 2011-02-26]. Dostupné z WWW: <http://stary.biom.cz/mag/28.html> Strašil Zdeněk>.

ŠAFAŘÍK M., STUPAVSKÝ V., HABART J., BAČÍK O.: CZ Návrh akčního plánu pro biomasu pro ČR na období 2008-2010. Biom – České sdružení pro biomasu, Praha, 2007, 79s.

ŠIROKÁ M.: Konopí seté – energetická a průmyslová plodina třetího tisíciletí. Biom.cz [online]. 2009-01-26 [cit. 2011-03-09]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/konopi-sete-energiticka-a-prumyslova-plodina-tretiho-tisicileti?all_ids=1>.

ŠNOBL J.: Rostlinná výroba IV. (Chmel, len, konopí, využití biomasy k energetickým účelům), Česká zemědělská univerzita, Praha, 2004, 119s.

ŠNOBL J., PULKRÁBEK J., BARANYK P., FAMĚRA O., FUKSA P., HAKL J., HAMOUZ K., HORÁK L., HOSNEDL V., KOCOURKOVÁ D., KUČTOVÁ P., MRKVIČKA J., NOVÁK D., PETR J., SVOBODOVÁ M., ŠANTRŮČEK J., ŠKODA V., ŠTAUD J., TLUSTOŠ P., VANĚK V., VAŠÁK J., VESELÁ M.: Základy rostlinné produkce. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2005, ISBN 80-213-1340-4, 172s.

TEJKAL L., HAVLÍČEK M.: Traktor na konopný olej. [online] [cit. 2011-03-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.knol.google.com/k/milo%c5%A1/interview-na.html>>.

TOŠOVSKÁ M., BUCHTOVÁ M.: Situační a výhledová zpráva len a konopí. MZe, Praha, 2009, ISBN 978-80-7084-900-7, 47s.

TRANTÍRKA J., STEHLÍK V.: Naučný slovník zemědělský. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 1971, 1253s.

TRNAVSKÝ J.: Konopí seté je plodinou budoucnosti. 2008. [online] [cit.2011-03-03]. Dostupné z WWW:<http://www.uroda.cz/@AGRO/informacni-servis/Konopi-sete-je-plodina-s-budoucnosti__s457x32018.html>.

UKZUZ.: Databáze odrůd. Odbor odrůdového zkušebnictví. Brno. [online] [cit. 2011-02-20]. Dostupné z WWW: <<http://nou.ukzuz.cz/ido/index.html>>.

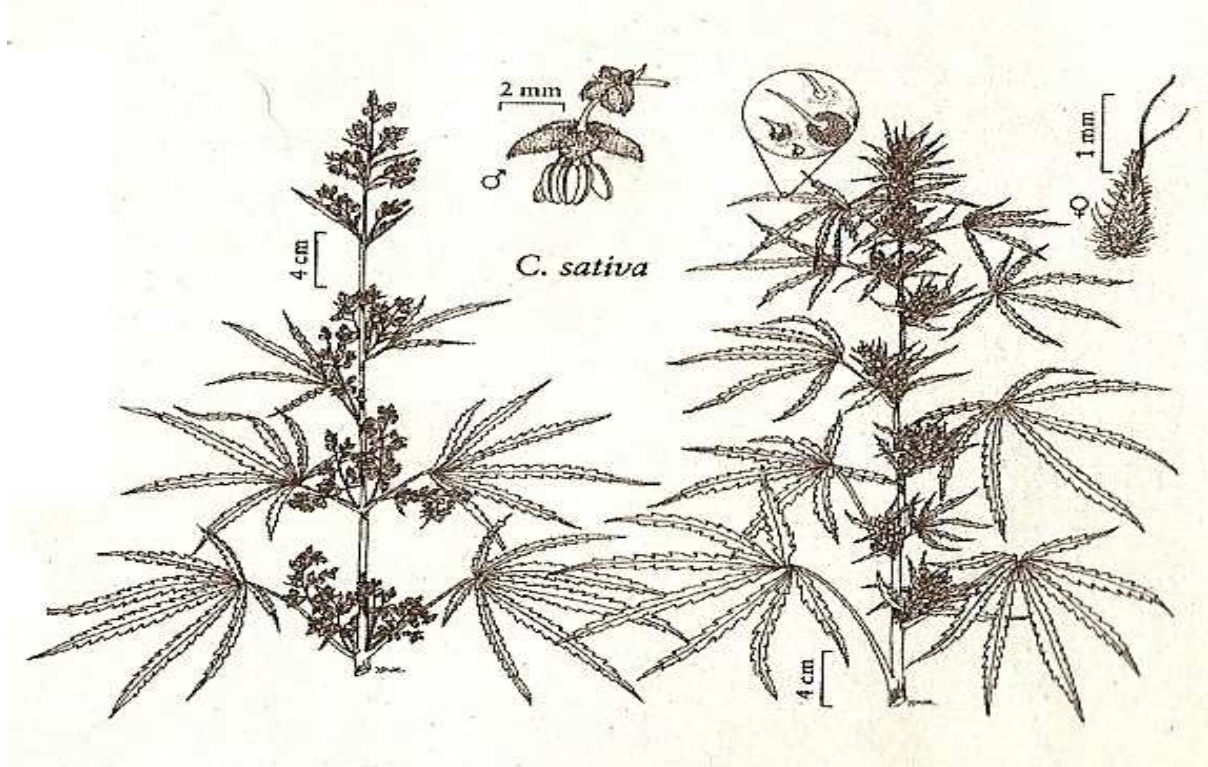
USŤÁK S.: Technické a ekonomické aspekty pěstování a využití biomasy pro energetické a průmyslové účely. In: Zemědělská technika a biomasa, Výzkumný ústav zemědělské techniky Praha, 2005, ISBN 80-86884-07-4, 56-61s.

VÁŠA F.: Prádné rostliny. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 1965, 311s.

VERNER V.: Alternativní pelety. Biom.cz [online]. 2007-12-31 [cit. 2011-02-14]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/alternativni-pelety?sel_ids=1>. ISSN: 1801-2655

6. PŘÍLOHA

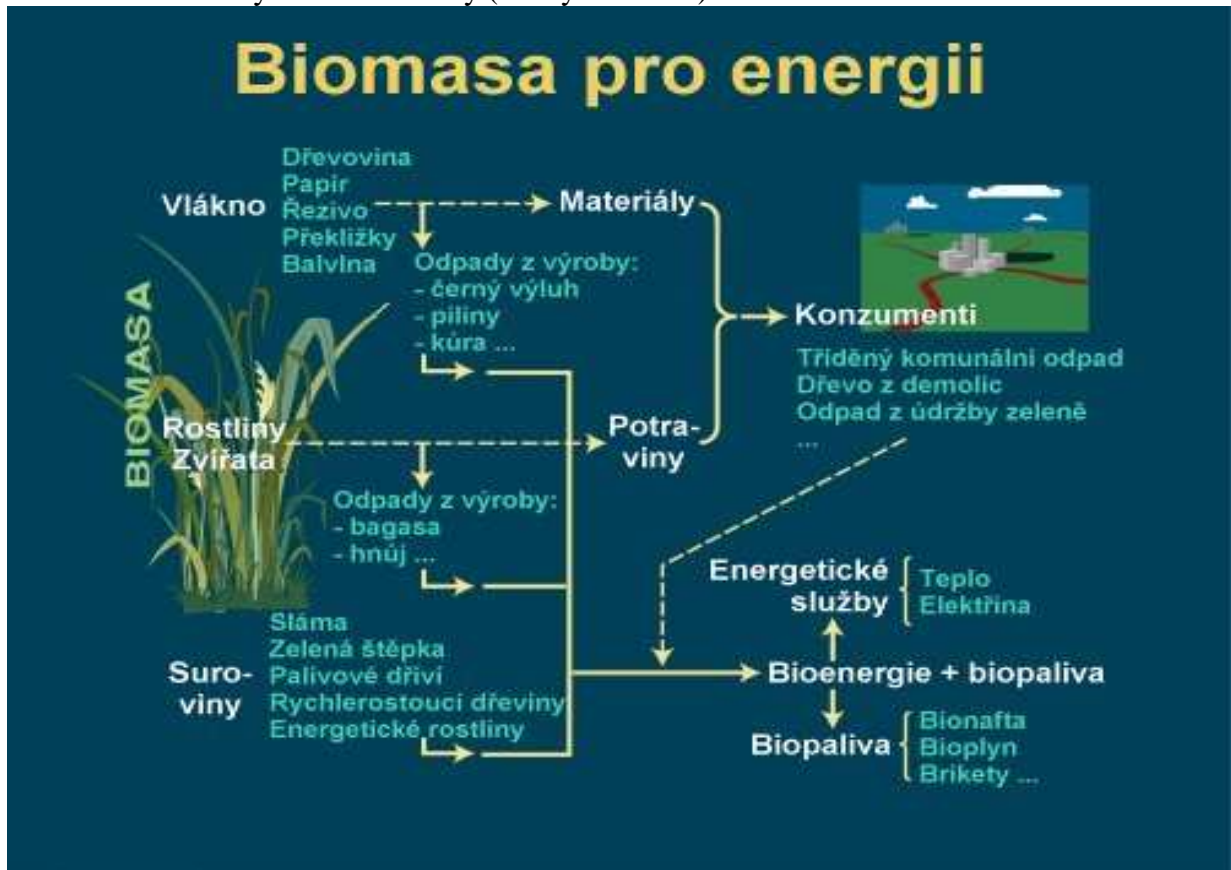
Obr. č. 1 Konopí seté (*Canabis sativa*) samčí a samičí rostlina (Ruman, Klvaňová 2008)



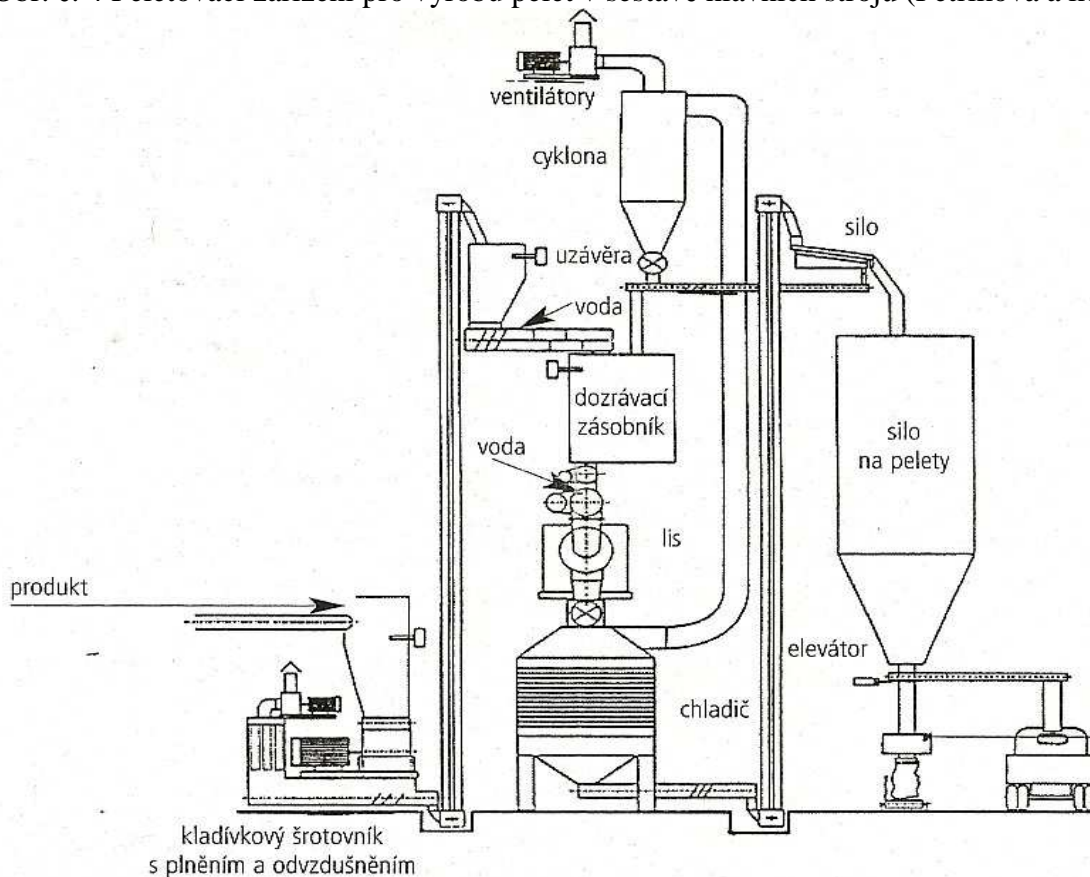
Obr. č. 2 Dvoububnový sklízeč konopí nesený na zádi traktoru, který jezdí pozpátku a krátí stonky na tři díly (Sladký 2004)



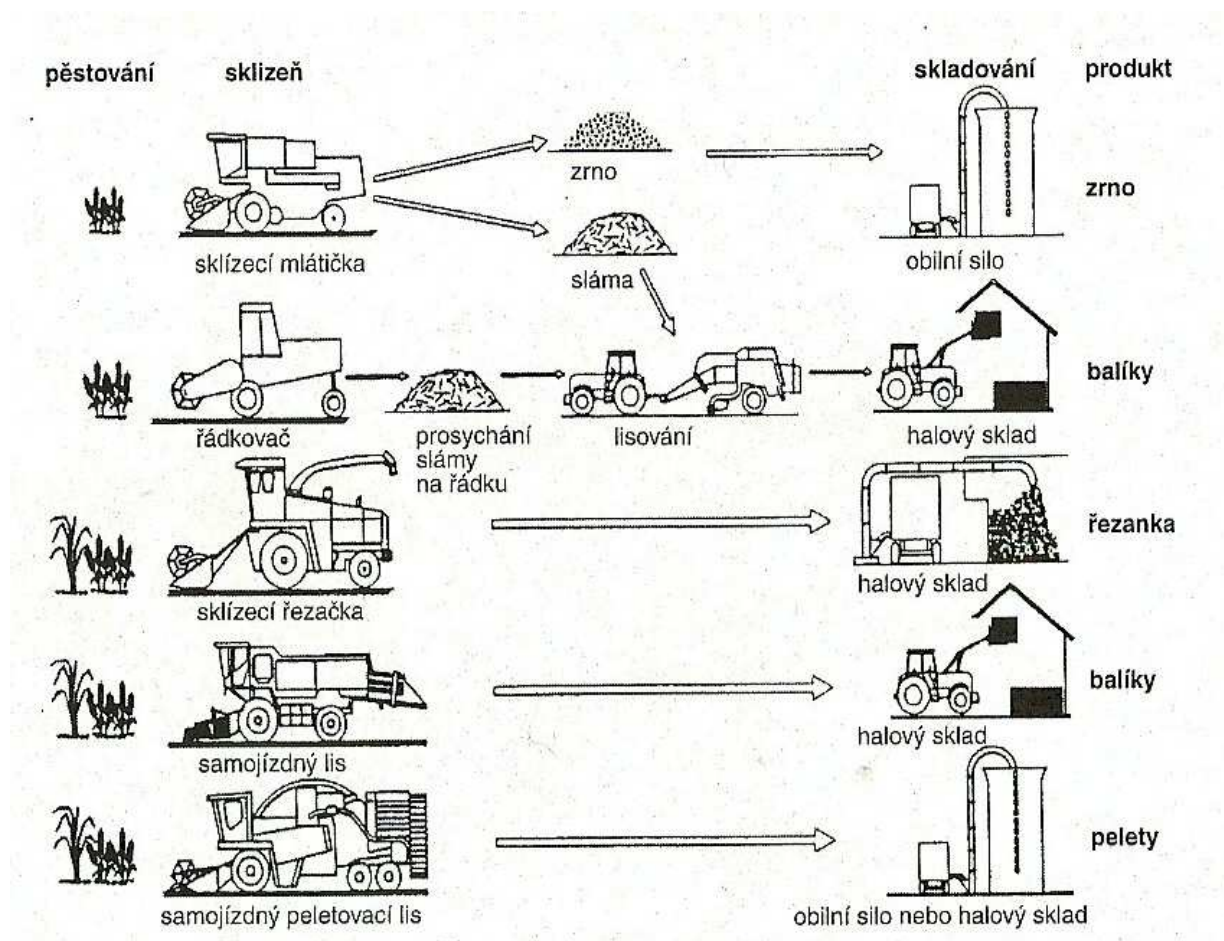
Obr. č. 3 Schéma využívání biomasy (anonym 3 2011)



Obr. č. 4 Peletovací zařízení pro výrobu pelet v sestavě hlavních strojů (Petříková a kol. 2006)



Obr. č. 5 Systém sklizně a úprav energetických plodin (Pastorek a kol. 2004)



Obr. č. 6 Briketa z konopného pazdeří, briketa má průměr 65 mm (Plíštil 2004)



Obr. č. 7 Briketovací lis (Plíštil 2004)



Obr. č. 8 Bioplynová stanice Mimoň (Mužík, Kára 2009)



Obr. č. 9 Konopí seté (Široká 2009)

