



VŠB - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
VÝZKUMNÉ ENERGETICKÉ CENTRUM



Tadeáš Ochodek, Jan Kolonicny, Pavel Janásek

# Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy

## STUDIE

v rámci projektu

Možnosti lokálního vytápení a výroby elektriny z biomasy

Projekt je spolufinancován Evropskou unií v rámci programu INTERREG IIIA



VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Výzkumné energetické centrum



**Studie**

# **„Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy ”**

**Tadeáš Ochodek, Jan Koloničný, Pavel Janásek**

v rámci projektu

***„Možnosti lokálního vytápění a výroby elektřiny z biomasy”***

Projekt je spolufinancován Evropskou unií v rámci programu  
INTERREG IIIA

**Ostrava 2006**

**ISBN**

**80-248-1207-X**

**Obsah:**

<b>1. Úvod</b> .....	<b>7</b>
<b>1.1. Pojmosloví biomasy a její definice</b> .....	<b>7</b>
<b>1.2. Možnosti energetického využití biomasy</b> .....	<b>12</b>
1.2.1. Principy získávání energie z biomasy .....	14
<b>1.3. Zdroje energetické biomasy v ČR</b> .....	<b>15</b>
<b>1.4. Zdroje energetické biomasy v SR</b> .....	<b>18</b>
1.4.1. Lesy a lesní hospodářství ve Slovenské republice.....	19
1.4.2. Lesní biomasa .....	21
1.4.3. Biomasa z energetických plantáží .....	23
1.4.4. Roční energetický potenciál lesní biomasy a biomasy z energetických plantáží	23
1.4.5. Produkce biomasy z dřevozpracujícího průmyslu .....	24
1.4.6. Využívání lesní štěrky pro energetické účely.....	25
<b>2. Druhy biomasy</b> .....	<b>27</b>
<b>2.1. Formy biomasy</b> .....	<b>27</b>
<b>2.2. Rostliny vhodné pro pěstování k energetickému využití</b> .....	<b>30</b>
2.2.1. Podpora pěstování energetických rostlin.....	31
2.2.2. Rostliny jednoleté .....	33
2.2.3. Rostliny víceleté a vytrvalé .....	38
2.2.4. Energetické trávy.....	41
2.2.5. Rychlerostoucí dřeviny .....	46
<b>2.3. Odpadní biomasa</b> .....	<b>48</b>
2.3.1. Rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby .....	49
2.3.2. Energetické využití odpadů .....	51
2.3.3. Nakládání s odpady.....	53
2.3.4. Shromažďování a sběr odpadů .....	53
2.3.5. Třídění odpadů .....	53
2.3.6. Úprava odpadů .....	54
2.3.7. Využívání odpadů.....	54
2.3.8. Odstraňování odpadů .....	54
<b>2.4. Komunální odpady (včetně čistírenských kalů)</b> .....	<b>58</b>
2.4.1. Čistírenské kalý .....	58
2.4.2. Podmínky pro energetické využívání čistírenských kalů a jeho výhody ....	62
2.4.3. Výhody energetického využívání kalů .....	64
2.4.4. Současný stav produkce a nakládání s kalý v ČR.....	65
<b>2.5. Průmyslové odpady</b> .....	<b>68</b>
<b>2.6. Pelety a brikety</b> .....	<b>73</b>
2.6.1. Lisování .....	76
2.6.2. Lisovací stroje.....	77
2.6.3. Využití biomasy v procesech peletizace a briketování .....	82

2.6.4.	Peletizace a briketování rostlinných a odpadních materiálů pro energetické účely	84
<b>3.</b>	<b>Fyzikální a chemické vlastnosti biomasy</b>	<b>89</b>
3.1.	Obsah vody - vlhkost biomasy	89
3.2.	Výhřevnost a spalné teplo	92
3.3.	Obsah popela	94
3.4.	Elementární složení hořlaviny paliva	96
3.5.	Objemová měrná hmotnost	98
<b>4.</b>	<b>Způsoby skladování a transportu biomasy</b>	<b>101</b>
<b>5.</b>	<b>Úprava biomasy</b>	<b>102</b>
5.1.	Stanovení obsahu vody	102
5.1.1.	Váhová zkouška a analyzátor vlhkosti	102
5.1.2.	Elektrický vlhkoměr	103
5.1.3.	Odporový vlhkoměr	104
5.1.4.	Kapacitní vlhkoměr	104
5.1.5.	Extrakční způsob	105
5.1.6.	Vakuový způsob	105
5.2.	Sušení	105
5.3.	Mechanická úprava pevných biopaliv	106
5.3.1.	Stříhací zařízení	106
5.3.2.	Sekačky	107
5.3.3.	Drtiče	111
5.3.4.	Zařízení na paketování	111
5.3.5.	Zařízení na briketování a peletování	112
5.4.	Mechanická úprava energetických stébelnin	113
5.4.1.	Sběrací vozy	113
5.4.2.	Sběrací lisy	113
5.4.3.	Lisy na válcové balíky	114
5.4.4.	Lisy na hranaté balíky	114
5.5.	Briketování a peletování suchých stébelnin	116
5.6.	Mechanická úprava rychlerostoucích dřevin	116
5.6.1.	Stroje na sklizeň rychlerostoucích dřevin	117
5.7.	Tepelná přeměna biomasy	117
<b>6.</b>	<b>Pěstování energetických plodin</b>	<b>120</b>
6.1.	Nároky na pěstování (požadované pěstební podmínky, výnosy a technologická náročnost)	120
<b>7.</b>	<b>Bilance zdrojů a možnosti jejich rozšíření</b>	<b>138</b>
7.1.	Potenciál biomasy v regionu Moravskoslezském	138
7.1.1.	Disponibilita energetických systémů	138
7.1.2.	Dostupný potenciál biomasy	142
7.1.3.	Hodnocení využitelnosti biomasy	142
7.1.4.	Opatření k využití obnovitelných zdrojů energie (biomasy)	143

7.1.5.	Reálný potenciál biomasy do roku 2022.....	144
<b>7.2.</b>	<b>Potenciál biomasy v regionu Zlínském .....</b>	<b>145</b>
7.2.1.	Současný stav ve využití OZE .....	146
7.2.2.	Stanovení současného využití energie biomasy .....	147
7.2.3.	Dostupný potenciál biomasy.....	149
<b>7.3.</b>	<b>Potenciál biomasy v Žilinském a Trenčianském regionu .....</b>	<b>154</b>
7.3.1.	Dosavadní zkušenosti s využitím biomasy .....	154
7.3.2.	Zásoby dřevní suroviny a těžba dřeva.....	156
7.3.3.	Palivové dřevo .....	160
7.3.4.	Lesní biomasa .....	161
7.3.5.	Potenciál biomasy z dřevozpracujícího průmyslu.....	163
<b>8.</b>	<b>Politika ve vztahu k biomase .....</b>	<b>165</b>
8.1.	Hierarchie právních a technických norem .....	165
8.2.	Realizační program pro biologicky rozložitelné odpady (BRO).....	166
8.3.	Složkové zákony a související normy mající významný vztah k využití biomasy k energetickým účelům jako podnikatelské činnosti .....	167
8.4.	Seznam dotčených směrnic ES .....	170
8.5.	Hodnocení a normalizace biopaliv .....	171
8.5.1.	Současné národní normy pro biopaliva .....	174
<b>9.</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>178</b>

## 1. Úvod

V období průmyslového rozvoje v posledních dvou stoletích došlo k intenzivnímu využívání fosilních paliv, což vede k navyšování koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře. Spálením 1 kg černého uhlí vzniká 2,56 kg CO<sub>2</sub>, spálením 1 kg motorové nafty se uvolní 3,12 kg CO<sub>2</sub> a spálením 1 m<sup>3</sup> zemního plynu 2,75 kg CO<sub>2</sub>.

Při spalování rostlinné biomasy (také fytomasa) rovněž vzniká oxid uhličitý, který však skleníkový efekt nenavyšuje, protože rostliny za svého růstu odebírají z ovzduší CO, a při spalování ho do ovzduší opět vracejí. Vzhledem k tomu, že průměrná délka života rostlinné biomasy je asi deset let a podzemní části rostlin obvykle zadržují přeměněný CO mnohem déle (jako kořeny nebo jako půdní organická hmota), představuje pěstování energetické fytomasy významné vázání (sekvestraci) oxidu uhličitého z atmosféry.

Lze předvídat, že nárůst spotřeby energie bude perspektivně dále pokračovat nejen v průmyslově vyspělých zemích, ale dojde i ke zvyšování spotřeby energie v rozvojových zemích (v současné době je asi 80 % světové spotřeby energie využíváno 30 % obyvatel ve vyspělých zemích). Energetika v současné době prochází obdobím velkých změn. Zaváděním trhu s energií ve většině průmyslových států vyžaduje zajištění dostatku energie pro udržení požadovaného růstu a pokroku. Technická a ekonomická kritéria jsou prvořadá, uplatňují se ve volbě technologie zdroje, avšak ekonomická kritéria začínají převládat nad technickými kritérii. Zvyšují se nároky na ochranu životního prostředí. Řada problémů se znečištěním životního prostředí toxickými látkami z energetických výroben byla z větší části vyřešena, do popředí se dostává hrozba dodatečného skleníkového efektu, k čemuž významnou měrou přispívá CO<sub>2</sub> a další plyny (metan, oxidy dusíku, freony, ozón, termoemise). Zvyšující se koncentrace těchto skleníkových plynů v atmosféře omezuje vyzařování nahromaděného tepla zpět do vesmíru, což může mít vliv globální oteplování a změny klimatu. Lidstvo si začíná stále více uvědomovat, že tradiční zdroje primární energie začínají být omezenější a především dražší a při rychlému rozvoji spotřeby energie je vhodné hledat její další možné zdroje.

Proto je jedním z aktuálních úkolů současné doby rozšíření využívání obnovitelných zdrojů energie. Pro podmínky v České republice je jednou z významných možností využívání spalování obnovitelné energetické biomasy.

### 1.1. Pojmosloví biomasy a její definice

V České republice je vlivem místních podmínek relativně nízký využitelný potenciál energie větru (15 PJ/rok) i nových vodních elektráren (2 PJ/rok). Slibný může být potenciál sluneční energie, pokud ji dokážeme využívat s vyšší účinností (asi 100 PJ), případně geotermální energie. Oproti tomu je využitelný potenciál v energeticky využitelné biomase podstatně vyšší (280 PJ) a představuje tak více než 80 % v současnosti dostupného potenciálu všech obnovitelných zdrojů energií.

Tento využitelný potenciál zahrnuje využití dřevního odpadu z pěstování, těžby a zpracování dřeva, slámy obilnin a olejnin, využívání cíleně pěstovaných energetických

roślin na nepotřebné zemědělské půdě, připravovanou výrobu a využití motorových biopaliv (bionafta, biooleje, bioetanol) a také velmi nezbytné využívání bioplynu. Nejvyšší položka využitelného potenciálu biomasy v České republice je biomasa získaná pěstováním energetických rostlin na půdě nepotřebné pro produkci potravin a na půdách antropogenních. Zatím je využitelný potenciál vztahován k 45 % rozlohy nepotřebných ploch, což představuje zhruba 450 000 ha.

V České republice je v oblasti obnovitelných zdrojů energií nutné splnit indikativní i závazné cíle, které nám byly stanoveny směrnicemi EU. Podle státní politiky životního prostředí a státní energetické koncepce by měl být v roce 2010 podíl obnovitelných energií na primární spotřebě energetických zdrojů 6%, tj. zhruba 105 PJ. Podíl obnovitelné elektřiny by měl v té době na základě požadavků směrnice č. 2001 /77/EC, o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů, představovat 8% z celkové hrubé spotřeby elektrické energie. Podíl biomasy jako obnovitelné energie ve stávajících scénářích v České republice stále stoupá a v roce 2010 by měl představovat 81,7 % ze všech obnovitelných zdrojů energií, tj. 96,1 PJ. Na základě statistických výkazů ČSÚ představovala celková spotřeba obnovitelných paliv v České republice na výrobu tepla a elektřiny v roce 2003 16,4 PJ. V této statistice však nejsou zahrnuta motorová biopaliva - 4,4 PJ a spotřeba biomasy v lokálních topeništích - zhruba 7 PJ. Celkové energetické využití biomasy představuje tedy asi 28 PJ, což je 27 % indikativního cíle pro rok 2010. Podle statistiky ministerstva průmyslu a obchodu (MPO) bylo v roce 2004 k výrobě tepla a elektřiny využito 18,5 GJ energie z biomasy. Spotřeba biomasy v domácnostech představovala asi 19,5 PJ.

Biomasa má význam nejen jako zdroj obnovitelné energie a průmyslových surovin, ale je rozhodující rovněž z hlediska sociálně ekonomických aspektů. Zejména na venkově lze nastartovat zcela nový zajímavý program pro zemědělce, kteří v současné době prožívají velmi svízelnou situaci. Dalším přínosem je vytvoření nových pracovních příležitostí a v neposlední řadě se účelným pěstováním tzv. „zelené energie“ na přebytečné půdě zajistí údržba venkovské krajiny.

Z výše uvedených úvah a citovaných skutečností vyplývá nutnost stanovení definice pojmu biomasa. Co je to biomasa? Definice pojmu biomasa se různí podle toho, pro jaký účel je pojem biomasa definován.

Například podle zdroje [65] se „biomasou“ rozumí biologicky rozložitelná část výrobků, odpadů a zbytků ze zemědělství (včetně rostlinných a živočišných látek), lesnictví a souvisejících průmyslových odvětví, a rovněž biologicky rozložitelná část průmyslového a komunálního odpadu.

Podle zdroje [24] je biomasa organická hmota rostlinného nebo živočišného původu. Je buď důsledkem průmyslové nebo zemědělské činnosti (odpad), nebo může být záměrně vyráběna (pěstování energetických dřevin a rostlin).

Podle zdroje [48] je biomasou rostlinný materiál, který lze použít jako palivo pro účely využití jeho energetického obsahu, pokud pochází ze zemědělství, lesnictví, nebo z potravinářského průmyslu, z výroby surové buničiny a z výroby papíru z buničiny, ze zpracování korku, ze zpracování dřeva s výjimkou dřevního odpadu, který obsahuje

halogenované organické sloučeniny nebo těžké kovy v důsledku ošetření látkami na ochranu dřeva nebo nátěrovými hmotami, a dřevní odpad pocházející ze stavebnictví.

Dle zdroje [23] pojem biomasa označuje veškerou organickou hmotu vzniklou prostřednictvím fotosyntézy, nebo hmotu živočišného původu. Tímto pojmem je často označována rostlinná biomasa využitelná pro energetické účely jako obnovitelný zdroj energie.

Skutečným zdrojem většiny obnovitelných energetických zdrojů je sluneční záření. Asi 0,1 % slunečního záření, dopadajícího na zem je přeměněno v chemickou energii rostlin. Souhrnnou definici biomasy lze definovat proto následovně: ***Biomasa je substance biologického původu, která zahrnuje rostlinnou biomasu pěstovanou v půdě a ve vodě, živočišnou biomasu, produkci organického původu a organické odpady*** (biomasa se tedy člení na fytomasu, což je hmota pouze rostlinného původu a biomasu, která v sobě zahrnuje i hmotu živočišného původu, např. kejda hospodářských zvířat apod.).

Rostliny, které se pěstují pro jiné účely než získání potravin a krmiv, jsou nazývány technické plodiny. Pro technické plodiny, které se pěstují za účelem získání energie, se vžil název energetické plodiny. Při současné nadprodukci potravin a výrazné potřebě ekologizace průmyslu a zemědělské výroby významně vzrostla úloha technických a energetických plodin.

Výsledným produktem energetických plodin jsou biopaliva (fytopaliva), která mohou být tuhá (řezanka, balíky, brikety, pelety atd.), tekutá (rostlinné oleje, bionafta, bioetanol) nebo i plynná (bioplyn). Z hlediska energetické bilance představují tuhá fytopaliva nejvyšší energetickou účinnost využití biomasy, což znamená, že energetické vstupy do produkce a zpracování biomasy jsou podstatně nižší, než je obsah disponibilní energie ve výsledné produkci.

Jako technické a energetické rostliny se mohou využívat jak tradiční zemědělské plodiny (většinou jednoleté), tak i netradiční rostliny (všeobecně nezemědělské druhy). Jednoleté energetické rostliny jsou z větší části kulturními rostlinami, které je možné rovněž využívat pro fytoenergetické účely. Existují však i nekulturní (plevelné) druhy jednoletých rostlin, které produkují velké množství biomasy a proto jsou perspektivní pro fytoenergetické využití (např. lebeda, merlík atd.).

Mezi kulturní rostliny, které jsou perspektivní pro energetické využití patří obiloviny, olejniny a pícniny. U obilovin může být využita pro spalování buď jenom sláma nebo i celé rostliny. Olejniny slouží především pro výrobu technických olejů, bionafty a mazadel, ale kvůli vysoké koncentraci energie mohou být celé rostliny použity i pro přímé spalování. Rovněž sláma olejin, která je na rozdíl od obilovin hrubá a nepoužitelná pro krmení zvířat, je velice perspektivní pro energetické využití. Pícniny v zeleném stavu (zvláště při vysokém obsahu dusíku jako u bobovitých) se mohou používat k výrobě bioplynu, v suchém stavu mohou být při obsahu dusíku do 1,5 procenta použity i pro přímé spalování. Pro záměrné získávání biomasy výrobní činností se prosazuje také pěstování rychle rostoucích rostlin. U těchto pěstovaných rostlin se požaduje vysoká produkce nadzemní hmoty. Podle mnohaletých výzkumných prací u nás bylo prokázáno, že je možné úspěšně

pěstovat energetické rostliny i na devastované půdě z důlních činností a složišť popele elektráren a tak přispět intenzivní zelení ke zlepšení bilance CO<sub>2</sub> v ovzduší.

Obecně platí, že ekonomicky a energeticky efektivnější je pěstování rostlin víceletých a vytrvalých než tradičních jednoletých.

Ze všech výše uvedených definic a popisů, co je to biomasa, vyplynul návrh na definici biomasy, která je definována v zákoně č. 180/2005 ze dne 31. března 2005 o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů a dále Vyhláškou č.482/2005 Sb. ze dne 2. prosince 2005 o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy, a vyhláškou č.502/2005 Sb. ze dne 8. prosince 2005 o stanovení způsobu vykazování množství elektřiny při společném spalování biomasy a neobnovitelného zdroje. Níže uvedené definice vycházejí z těchto legislativních nástrojů a jsou považovány za definice pojmu biomasa.

#### **Biomasa a produkty z biomasy jsou:**

- a. rostlinná hmota včetně zbytků rostlin, výrobky z ní, vedlejší a zbytkové produkty z jejího zpracování, z ní vyrobená paliva, jejichž energetický obsah pochází výlučně z rostlinné hmoty, s vyloučením rašeliny, rostlinné hmoty z rostlin uvedených v Příloze č. 1 vyhlášky 482/2005 Sb.(pokud se nejedná pouze o využití rostlinné hmoty vzniklé odstraněním těchto rostlin na jejich stávajících stanovištích), kontaminovaného dřeva uvedeného v písmenu h) a paliv s přídavkem fosilního paliva,
- b. další tuhá, kapalná i plynná paliva vyrobená výlučně z rostlin nebo částí rostlin, s vyloučením rašeliny, rostlin uvedených v Příloze č. 1 vyhlášky 485/2005 Sb. (pokud se nejedná pouze o odstranění těchto rostlin na jejich stávajících stanovištích), kontaminovaného dřeva uvedeného v písmenu h) a paliv s přídavkem fosilního paliva,
- c. zemědělské meziprodukty z živočišné výroby, vznikající při chovu hospodářských zvířat, včetně tuhých a kapalných exkrementů,
- d. plynné nebo kapalné biopalivo vyráběné termickým zplyňováním, pyrolýzou nebo jinými fyzikálními nebo chemickými procesy a veškeré meziprodukty, výsledné produkty a vedlejší produkty z těchto výrob, které lze použít jako palivo, s vyloučením rašeliny, rostlin uvedených v Příloze č. 1 vyhlášky (pokud se nejedná pouze o odstranění těchto rostlin na jejich stávajících stanovištích) a kontaminovaného dřeva uvedeného v písmenu h),
- e. alkoholy vyráběné z biomasy, s vyloučením dřeva apod. uvedeného v písmenu h) a veškeré meziprodukty, výsledné produkty, a vedlejší produkty z těchto výrob, které lze použít jako palivo,
- f. biopaliva vyrobená z biologicky rozložitelných odpadů, včetně kalů z čistíren odpadních vod, vzniklých v aeračních nádržích při biologickém zpracování odpadních vod nebo při biologickém procesu čištění a separovaných sedimentací nebo flotací a vlákninových kalů, vznikajících v sedimentačních nádržích při čištění

- odpadních vod v závodech na produkci papíru a celulózy, separovaných sedimentací nebo flotací, uvedených v Příloze č. 2 této vyhlášky, s vyloučením směsného komunálního odpadu a podobných odpadů z ostatních zdrojů a neupravených kalů z čistíren odpadních vod podle zvláštního právního předpisu<sup>1)</sup> a ostatních kalů a usazenin z vodních těles,
- g. papír, karton a lepenka pouze v případě, jedná-li se o jejich zbytky, které nemohou být materiálově využity, o tvarovaná paliva z nich vyrobená v podobě briket, pelet apod.,
  - h. palivové dřevo, použité dřevo, použité výrobky vyrobené ze dřeva a dřevěných materiálů, s výjimkou dřeva ošetřeného konzervačními a ochrannými prostředky nebo povrchovými úpravami s obsahem halogenovaných uhlovodíků nebo těžkých kovů a takto ošetřeného dřeva ze stavebnictví a z demolic<sup>2)</sup> nebo jsou-li určeny ke specifickému technologickému využití,
  - i. vyříděný biologicky rozložitelný komunální odpad a biomasa uvedená v písmenech a) až f), pokud jsou použity pro výrobu bioplynu vznikajícího anaerobní digescí, s vyloučením biomasy zpracovávané současně v procesu čištění odpadních vod, přičemž jednotlivé druhy biomasy, které lze pro výrobu bioplynu využít, jsou dále rozvedeny v Příloze č. 2 vyhlášky 485/2005,
  - j. živočišná hmota, včetně těl a částí těl zvířat a živočišných vedlejších produktů, které nejsou určeny k lidské spotřebě, zařazená do kategorií 2 a 3 podle zvláštního právního předpisu<sup>3)</sup> avšak pouze v případě, pokud je použita na výrobu bioplynu vznikajícího anaerobní digescí,
  - k. biomasa v podobě nevyříděného biologicky rozložitelného odpadu zavezená ve skládkách komunálního nebo průmyslového odpadu a přeměněná samovolně výlučně v procesech skládkování na bioplyn (skládkový plyn),
  - l. biomasa zpracovávaná v procesu čištění odpadních vod a přeměněná samovolně výlučně v procesech čištění odpadních vod na bioplyn (kalový plyn), pouze v případě, že v procesu čištění odpadních vod není přidána jakákoliv další biomasa.

---

<sup>1)</sup> Vyhláška č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě, ve znění vyhlášky č. 504/2004 Sb.

<sup>2)</sup> Nařízení vlády č. 354/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky pro spalování odpadu.

<sup>3)</sup> Nařízení Komise (ES) č. 92/2005, kterým se provádí Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002, pokud jde o způsoby zneškodňování či využití vedlejších produktů živočišného původu a mění příloha VI. uvedeného nařízení, pokud jde o přeměnu na bioplyn a zpracování tavených / škvařených tuků.

## 1.2. Možnosti energetického využití biomasy

Hlavní výhodou využití biomasy v energetice je její nevyčerpatelnost (obnovitelnost) jako zdroje energie (na rozdíl od fosilních paliv). Očekává se, že v budoucnu nahradí významnou část neobnovitelných klasických zdrojů energie. Odhaduje se, že roční celosvětová produkce energeticky využitelné biomasy by převyšovala svým energetickým potenciálem roční objem světové produkce ropy a zemního plynu. Dosud existují i určité nedostatky, které neumožňují rychlejší rozšíření využití biomasy v energetice, kam lze zařadit problémy se zajištěním dlouhodobé spolehlivé dodávky biomasy (včetně zpracování, sezónnost, skladování), dosud poměrně nízká účinnost a malý výkon zařízení pro energetické využití biomasy, neukončený vývoj některých zařízení pro dopravu a zpracování biomasy, cena biomasy aj. Podíl uplatnění biomasy na celkové spotřebě energie je dosud velmi malý.

K otázce obnovitelnosti třeba poznamenat, že biomasa je obnovitelným zdrojem, ale pro praktické aplikace tohoto zdroje třeba počítat i s dalšími podmínkami (rozmístění zdrojů, sezónnost aj.). Z celosvětového hlediska je max. využití zdrojů biomasy k energetickým účelům problematické z důvodů rozmístování zdrojů biomasy a energetických spotřebičů (i obtíže s transportem a distribucí získané energie). Avšak i v podmínkách ČR může být využití biomasy k energetickým účelům limitováno při produkci a použití biomasy. Produkce nové biomasy na orné půdě pro energetické účely konkuruje dalším způsobům využití biomasy (potravinářskému průmyslu, zemědělství, surovin pro průmyslové účely). Zajištění dostatečného množství energetické biomasy vyžaduje rozšiřovat produkční plochy a zvyšovat intenzitu výroby. ČR je v rozvoji využití biomasy v energetice dosud na nízké úrovni, pro další rasantní rozvoj výroby elektřiny a tepla z biomasy je třeba vycházet z perspektivních plánů, které analyzují potenciál pro optimální výrobu a využití biomasy pro nejbližší a perspektivní časové úseky. Tento program by měl být začleněn do státní energetické politiky.

Z hlediska ochrany životního prostředí je použití biomasy příznivé. Obsah škodlivin ve spalínách je dán specifickým obsahem chemických prvků v hořlavině. Jak již bylo uvedeno u úvodu, biomasa se považuje za neutrální palivo,  $\text{CO}_2$  (skleníkový plyn) se sice při spalování uvolňuje, ale přibližně stejné množství  $\text{CO}_2$  je fotosyntézou při růstu biomasy z atmosféry spotřebováno. Prakticky zanedbatelný nebo jen malý je obsah síry, stopy jsou ve slámě asi 0,1 % a minimum popela. Obsah dusíku je 0,1 až 0,5 %, tvorbu  $\text{NO}_x$  lze ovlivňovat řízením spalovacího procesu. Při spalování a zplyňování biomasy musí být věnována pozornost i složení emisí z hlediska polychlorovaných dibenzodioxinů a dibenzofuranů a v konstrukci spalovacích zařízení a úpravou spalovacích režimů předcházet případným možnostem jejich výskytu. Využití biomasy (jako obnovitelného zdroje) podporuje současné a perspektivní tendence decentralizace zdrojů, které umožní redukovat současnou vysokou centralizaci výroby, přenosu a rozvodu elektrické energie (tepla) výstavbou menších obnovitelných zdrojů (včetně kogenerace). Snižování vysokých nákladů za přenos, distribuci elektřiny a omezení ztrát může do určité míry pokrývat obvykle vyšší náklady obnovitelných zdrojů. Takovéto řešení kombinace centrálního systému s decentralizovanými místními zdroji (umístěnými co nejbližší místu spotřeby)

budou i významným opatřením pro snížení rizika teroristického útoku. Využitím biomasy pro výrobu tepla a elektřiny se vytvářejí další příznivé faktory, které snižují dovoz ušlechtilých paliv, zlepšují bilanci CO<sub>2</sub> v ovzduší, využívají devastované půdy a přebytků zemědělské půdy, vytváření nových pracovních míst a přispívají ke zlepšení ekologie a ekonomie regionů. Z pohledu energetického využití biomasy je možno rozdělit toto využití na:

- výrobu tepla přímým spalováním v topeništích (dřevo, dřevní odpad, sláma, atd.),
- zpracování/zušlechtění na kvalitnější paliva tzv. fytopaliva (pelety, brikety, bioplyn, etanol, bionafta),
- výrobu elektřiny (kombinovaná výroba elektrické energie a tepla).

Způsob získávání energie je podmiňován fyzikálními a chemickými vlastnostmi biomasy (např. vlhkost). Množství vody a sušiny má vliv na zpracování biomasy, tedy i na způsob získávání energie. Hodnota 50% sušiny je přibližná hranice mezi mokrymi procesy a suchými procesy.

### **Suché procesy - termochemické přeměny biomasy**

- Spalování,
- Pyrolýza,
- Zplyňování.

### **Mokré procesy - biochemické přeměny biomasy**

- Alkoholové kvašení,
- Metanové kvašení.

### **Fyzikální a chemické přeměny biomasy**

- Mechanické (štipání, drcení, lisování, briketování, peletování, mletí, atd.) Nejčastějším způsobem je úprava kusového dřeva, které se řeže na polena vhodných délek. Piliny a hoblovačky se neupravují. Nehomogenní odpad z dřevozpracujících závodů, štěpka, klest se mechanicky drtí.

### **Chemické (esterifikace surových bioolejů)**

- Získávání odpadního tepla při zpracování biomasy,
- Kompostování,
- Čištění odpadních vod,
- Anaerobní fermentace pevných organických odpadů,
- Výroba etylalkoholu: cukrová řepa, obilí, brambory, atd..
- Výroba olejů a metylesterů: řepka olejná, slunečnice, len, atd..

### 1.2.1. Principy získávání energie z biomasy

#### a. Spalování biomasy (sláma, štěpky, dřevní hmota)

Jednotlivé fáze spalování biomasy:

- fáze sušení: odstraňuje se vlhkost z paliva,
- fáze pyrolýzy: materiál se začne ohřívat, organický materiál se rozkládá na hořlavé plyny, destilační produkty a zuhelnatělý zbytek,
- fáze spalování plynné složky: postupné hoření, prodlužování plamene,
- fáze spalování pevných složek: zuhelnatělý zbytek na roštu za přístupu dostatečného množství kyslíku vytváří oxid uhelnatý, který dále oxiduje na oxid uhličitý.

Pokud ke spalování dochází za přístupu vzduchu, jedná se o prosté hoření. V případě zahřívání paliva za nepřístupu vzduchu se uvolňuje energoplyn, který se následně odvádí do spalovacího prostoru, kde se spaluje podobně jako ostatní plynná paliva.

#### Využití:

Výroba tepla a příprava teplé užitkové vody.

#### b. Alkoholové kvašení

Z rostlin, které obsahují cukry a škrob (např. obiloviny, řepa, brambory, cukrová třtina, ovoce atd.), je možné získat organickou fermentací v mokřém prostředí a následně destilací vysokoprocentní alkohol (etanol). Teoreticky lze z 1 kg cukru získat 0,65 l čistého etanolu. V praxi je však energetická výtěžnost 90 – 95% protože vedle etanolu vznikají další produkty např. glycerín.

#### Využití:

Etanol je vysoce hodnotné ekologické palivo pro spalovací motory. Má antidetonační vlastnosti. Jeho nedostatkem je schopnost vázat vodu a působit korozi motoru, což lze odstranit přidáním aditiv (antikoročních přípravků).

#### c. Anaerobní fermentace - metanové kvašení

Zpracování organických látek se současným vznikem bioplynu se nazývá anaerobní fermentace dříve metanogenní kvašení (vyhňívání, rozklad).

Bioplyn (dříve kalový plyn) je směs plynů: 50 až 75% metanu, 25 až 40% oxidu uhličitého, 1 až 3% dalších plynů (dusík, vodík, vzácné plyny, sirovodík, vodní páry). Biologický a chemický proces tvorby metanu se dělí do těchto etap:

- **hydrolýza** – přeměna organických látek na nižší rozpustné organické sloučeniny.
- **acidogeneze** – přeměna na mastné kyseliny.
- **metanogeneze** – přeměna na metan, oxid uhličitý a další látky za vhodných fermentačních podmínek (teplota, pH, atd.), které je nutné dodržovat, protože metanogenní bakterie jsou na jejich kolísání velmi citlivé. Změny prostředí ve vyhňívací nádrži (fermentor) by mohly vést ke zpomalení nebo zastavení reakcí.

Optimální teploty pro různé skupiny bakterií:

- Psychofilní do 20 °C,
- Mezofilní 20 až 45 °C,
- Termofilní nad 45 °C.

Rozsah pH potřebný pro život bakterií je 4, 5 - 8,0. Pro potřeby metanogenní fermentace je výhodné udržovat pH v rozmezí 6,7 až 7,6. Základní podmínkou stability procesu je vyloučení pronikání kyslíku do prostoru fermentoru, protože působí jako inhibitor (utlumovač) reakce. Anaerobní proces mohou zpomalit i zastavit určité sloučeniny např. vysoké koncentrace amoniaku, antibiotika, kationty K<sup>+</sup>, Ca<sup>+</sup>, Mg<sup>+</sup>, atd.

Zpracovávaná organická hmota se dělí do dvou skupin:

- Tuhé substráty (chlévká mrva),
- Tekuté substráty (kejda prasat, skotu).

#### Využití:

- Přímé spalování a ohřev teplotosného média.
- Výroba el. energie a ohřev teplotosného média.
- Pohon spalovacích motorů pro získání mechanické energie.
- Chemická výroba sekundárních produktů bioplynu.

#### **d. Esterifikace**

Z olejnatých semen (řepka, len, slunečnice) se lisuje olej. Ten se esterifikací, tj. substitucí metylalkoholu za glycerin, mění na metylester oleje, který má podobné vlastnosti a výhřevnost jako motorová nafta. Jeho rozložitelnost v přírodě je několikrát rychlejší než u běžné nafty, což má význam pro ochranu životního prostředí, vodních zdrojů apod.

#### Výroba metylesterů mastných kyselin.

- Malotonážní výroba bionafty (500 – 3 000 t/rok)  
Reesterifikace probíhá za studena, v produktu zůstává 8 až 17% tuků, to omezuje dobu skladovatelnosti v létě na 3 až 4 týdny.
- Velkotonážní výroba bionafty (přes 10 000 t/rok). Výhodou jsou menší měrné investiční náklady, stabilní vysoká kvalita bionafty. Reesterifikace za tepla umožňuje zvýšit výtěžnost, ale i technologickou spotřebu energie.

#### Využití:

Náhrada motorové nafty.

### **1.3. Zdroje energetické biomasy v ČR**

V minulosti byl potenciál OZE v ČR odhadován několikrát. Teprve v roce 2003 byl proveden hloubkový výzkum spojený s ekonomickým vyhodnocením. Účelem bylo poskytnout směrodatné podklady pro přípravu Státní energetické koncepce a také pro

přípravu návrhu zákona o podpoře energie z OZE. Potenciál byl zjišťován u 5 základních primárních zdrojů obnovitelné energie: energie sluneční, energie biomasy, vodní energie, větrné energie a geotermální energie, vč. nízkopotenciální energie prostředí. Každý druh zdroje obnovitelné energie představuje specifické možnosti využití a tudíž i zkoumání jeho potenciálu. Jedním z východisek šetření bylo členění na potenciál technický, využitelný, dostupný a ekonomický, třebaže takto definované potenciály nebylo možné použít pro všechny typy obnovitelných zdrojů univerzálně. Teoretický potenciál, který vyjadřuje fyzikální toky energie, nebyl pro praktické využití uvažován [26].

Podle různých studií se pohybuje ekonomicky využitelný potenciál biomasy (bez vynaložení mimořádných investic) v ČR kolem 10 mil. t suché hmoty/r (viz. Tabulka č.1), tj. při průměrné výhřevnosti 16 GJ/t.sh. to odpovídá energii asi 158 PJ/r (158.109 MJ/r, což je cca 9,14 % hrubé spotřeby primárních energetických zdrojů v ČR 1997). I když je toto množství vzhledem k celkové spotřebě primární energie malé, může podstatně přispět ke snížení emisí CO<sub>2</sub>.

Zdrojem energetické biomasy v České republice může být především dřevní odpad z dřevozpracujícího průmyslu a lesní těžby. Rovněž lze využívat vedlejší produkt ze zemědělské produkce, kterým je obilní a řepková sláma a další odpadové stébelniny. Energetický zdroj mohou představovat dřevěné a lepenkové nekontaminované obaly a výhledově i energetické rychlerostoucí dřeviny (topoly, vrby, jasany) a energetické byliny (šlechtěný šťovík, křídlatka). V úrovni let 2001 až 2010 se předpokládá možné využití až 5 - 6 milionů tun pevných biopaliv. V letech 1990-99 se pohybovala spotřeba ve výši cca 1 - 1,5 mil. t/rok, a to zejména dřevních odpadů [27].

Tab. č. 1 Odhad potenciálu energetických paliv v ČR

Druh paliva	Zdroj	Produkce [t/r]
<b>dřevo, kůra</b>	odpady z lesní těžby a dřevozpracujícího průmyslu, prozeřávky	2 600 000
<b>sláma obilovin</b>	25 % celkové sklizně slámy při výnosu 4 t/ha	1 600 000
<b>sláma olejnin</b>	do 100 % celkové sklizně při výnosu 4 t/ha	1 000 000
<b>traviny, rákos</b>	cca z 20 % trvalých porostů při výnosu min. 2 t/ha	800 000
<b>dřevní šrot, obaloviny a spalitelný komunální odpad</b>	odpadové dřevo a obaly	600 000
<b>polní dřevo a energetické obilí</b>	úcelově pěstované na půdě vyčleněné z výroby potravin	4 000 000

Z provedeného průzkumu literatury a internetových zdrojů o cíleném pěstování energetických rostlin v ČR a z dosavadních výsledků provozního ověřování těchto rostlin v praxi vyplývá nepříliš příjemný fakt - i když se problematikou výběru a praktického zkušebního i provozního ověřování pěstování těchto rostlin v tuzemských podmínkách zabývají skupiny odborníků již téměř 15 let, nedošlo zatím k rozšíření cíleného pěstování

energetických rostlin v praxi ve statisticky významné míře a to jak z pohledu množství ploch, použitých k pěstování, tak z pohledu potencionálního množství energie získané cíleným pěstováním biomasy pro energetické využití, zvláště pro spalování ve významných zdrojích energie, jako jsou kotelny, teplárny či dokonce elektrárny.

K rozšíření pěstování tohoto druhu biomasy může dojít po dostatečném ověření energetických rostlin v praxi a dosažení dostatečných ekonomických efektů jak pro pěstitele biomasy určené ke spalování i pro vlastní spotřebitele biomasy, kteří ji využívají pro získávání tepelné či elektrické energie. Toho lze dosáhnout jednak dořešením problematiky ekonomického pěstování této biomasy a také vhodnou formou podpory pěstitelů i spotřebitelů energetické biomasy. V každém případě je nutné si uvědomit, že pro náročné cíle zajištění náhrady fosilních paliv biomasou je třeba průběžně získávat obrovské množství biomasy. Jak je známo, pro spalování biomasy v Evropě nestačí místní zdroje a tak řada států musí dovážet biomasu, např. dřevěné pelety až ze vzdálené Kanady (*cca 375 tis. tun ročně*). Také v ČR je nezbytné získat velké množství biomasy, pokud bychom měli zajistit indikativní cíle pro r. 2010. V současné době se u nás využívá energetická biomasa v rozsahu jen asi 1,5 - 2 % z celkových primárních zdrojů energie, ale cílem pro r. 2010 by se u nás mělo zajistit 8% elektřiny a 6% tepelné energie z obnovitelných zdrojů. Přehled o biomase pro zajištění těchto cílů je uveden v Tabulce č. 2 [54].

Tab. č. 2 Výroba energie z tuhé biomasy v r. 2010

<b>Druh biomasy</b>	<b>Energie (%)</b>	<b>Celkem (PJ)</b>	<b>Z toho teplo (PJ)</b>	<b>Elektřina (GWh)</b>
<i>Dřevo a dřevní odpad</i>	24	33,1	25,2	427
<i>Sláma obilnin a olejnin</i>	11,7	15,7	11,9	224
<i>Energetické rostliny</i>	47,1	63	47,7	945
<i>Bioplyn</i>	16,3	21,8	15,6	535
<b>Celkem</b>	<b>100</b>	<b>133,6</b>	<b>100,4</b>	<b>2231</b>

Z těchto údajů vyplývá, že téměř celá jedna polovina se musí získat přímým pěstováním energetických plodin. Tzv. zbytková biomasa, což jsou dřevní a lesní odpady, sláma apod., nestačí pokrýt požadované množství. Pěstování rychle rostoucích dřevin, jak je všeobecně známo je drahé, zvl. pro ČR. Proto jsme se u nás zaměřili především na cílové pěstování energetických bylin (*nedřevních*), zvláště víceletých a vytrvalých. Mimo to, že jejich pěstování je řádově levnější a produkce je rychlejší (*nejpozději ve druhém roce po založení kultury*), mají výhodu i v tom, že lze jejich kultury snadno přeměnit na ornou půdu a v případě naléhavé potřeby začít znovu pěstovat zemědělské plodiny (*potravinářská bezpečnost*). Jak je všeobecně známo, je půda potřebná pro produkci potravin obecně v přebytku, zajišťují se pro ni různé útlumové programy, a přitom by mohla sloužit právě pro produkci energetické biomasy.

Pokud budeme chtít zajistit postupnou náhradu části fosilních paliv obnovitelnými zdroji, což je v souladu s ekologickou politikou EU, bude muset stát vývoj a ověřování vhodných

energetických plodin a také jejich následné provozní pěstování i jejich spotřebitele mnohem intenzivněji podporovat. Jinak nelze vytčených cílů dosáhnout.

Energetický potenciál pěstované biomasy v ČR je dán součtem výnosových kategorií pro běžně pěstované a pro energetické plodiny při zohlednění využití zemědělské půdy pro produkci potravin a technických plodin. Potenciál uvažuje produkci biomasy pro přímé energetické využití i pro výrobu biopaliv. V současnosti leží v ČR ladem asi 0,5 mil.ha půdy. Pro naplnění cíle roku 2010 by stačilo využít asi polovinu této výměry. V horizontu 30 let lze využít až 1,5 mil.ha, tj. asi 35 % výměry zemědělské půdy v ČR, v souladu s osevními postupy a správnou zemědělskou praxí [27]. V následující Tabulce č. 3 je uveden přehled všech potenciálů biomasy. Rozdíly a definice jednotlivých potenciálů jsou uvedeny v následujících kapitolách.

Tab. č. 3 Přehled o dostupném potenciálu biomasy v ČR

Druh potenciálu	Produkce biomasy (tis. tun)	Energie (PJ)
Ekonomický (r.2004)	2 738	41
Dostupný	9 037	136
Využitelný	13 693	205
Technický	18 348	275
Teoretický	27385	411

Potenciál lesní biomasy zahrnuje energeticky využitelné zbytky z dřevozpracujícího průmyslu, prořezávky, probírky, zbytky po těžbě v lese a palivové dříví. Přehled o těchto potenciálech je uveden v Tabulce č. 4.

Tab. č. 4 Přehled o dostupném potenciálu lesní biomasy v ČR

Druh potenciálu	Energie (PJ)
Dostupný	44,8
Technický	77,6

#### 1.4. Zdroje energetické biomasy v SR

Současné využívání obnovitelných zdrojů energie (OZE) na Slovensku představuje pouze 2,6 % z celkové spotřeby primárních zdrojů energie. Využívá se jen asi 17 % z technicky využitelného potenciálu obnovitelných zdrojů energie na Slovensku, takže stále zůstává nevyužito obrovské množství energie, jehož potenciál představuje 79 215 TJ ročně.

Potenciální zdroj s největší možností využití je biomasa. Všechny druhy biomasy představují až 42 % všech OZE. Potenciál lesní a dřevní biomasy představuje 25 %, zbytek 17 %, jsou ostatní nedřevní druhy biomasy a komunální odpady. Následují geotermální energie (26 %), solární energie (21 %), biologická paliva (10 %), větrná energie (5 %) a malé vodní elektrárny (4,2 %).

Energetický potenciál lesní a dřevní biomasy z domácích zdrojů do roku 2020 by měl růst a měl by dosáhnout 28 357 TJ ročně.

Dřevní biomasu kromě palivového dřeva tvoří zbytky po těžbě a vedlejší produkty z výroby výrobků mechanického a chemického zpracování dřeva. Za hlavní zdroje biomasy na energetické využití z lesního hospodářství (LH) můžeme považovat lesní biomasu a biomasu z energetických lesů.

#### 1.4.1. Lesy a lesní hospodářství ve Slovenské republice

Lesy pokrývají 41 % území Slovenska, což Slovensko lesnatostí zařazuje na přední místa v rámci států Evropy. Rozložení lesů v rámci SR je nerovnoměrné, což se odráží v lesnatosti jednotlivých krajů (Obr. č.1). Výměra půdního lesního fondu v SR je přibližně 1,93 mil. ha (Zdroj: Národné lesnické centrum, 2005).



Obr. č. 1 Lesnatost SR a jednotlivých krajů

Listnaté dřeviny mají zastoupení 58 %, jehličnaté 42 %. Nejvíce zastoupeny jsou následující dřeviny:

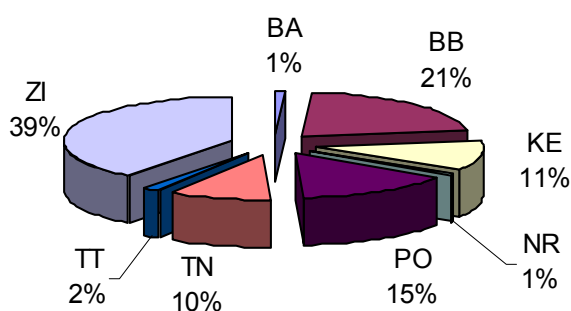
- buk 30,9 %
- smek 26,4 %
- dub 13,4 %
- borovice 7,3 %
- habr 5,7 %

Věková struktura lesů je charakteristická vyšším zastoupením středních (6.-9.) a nejstarších (13.-15.) věkových stupňů, které je nad úroveň normálního zastoupení. S věkovou strukturou souvisí i uplatňované těžební a obnovní období. Těžební období zohledňuje převládající funkci lesa, kategorii lesa, zastoupení dřevin, tvar lesa, věk těžební zralosti a další ukazatele. V současnosti dosahuje průměrná těžební doba 122 roků. V lesích hospodářských je to přibližně 108 roků.

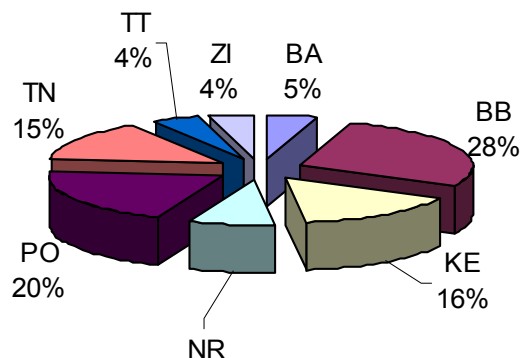
Zásoba dřeva v lesích SR v roce 2004 dosáhla 434,4 mil. m<sup>3</sup> hrubiny bez kůry. Průměrná

zásoba na hektar představuje 226 m<sup>3</sup>. Od roku 1970 došlo k zvýšení celkových porostových zásob o 38,6 %.

Z hlediska využitelnosti produkce dřevní suroviny je možné uvažovat pouze s lesními porosty, které nepatří do kategorie ochranných lesů a lesů, které se nacházejí v 5. stupni ochrany přírody. V roce 2004 dosáhly celkové zásoby v těchto porostech 352,24 mil. m<sup>3</sup>, z čehož 45,62 % (160,68 mil. m<sup>3</sup>) představují jehličnaté dřeviny a 54,38 % (191,56 mil. m<sup>3</sup>) listnaté dřeviny. Rozložení zásob jehličnatých a listnatých dřevin v jednotlivých krajích SR zobrazuje Obr. č. 2 a 3.



Obr. č. 2 Rozložení zásob jehličnatých dřevin v krajích SR



Obr. č. 3 Rozložení zásob listnatých dřevin v krajích SR

BA – Bratislavský kraj, BB – Banskobystrický kraj, KE – Košický kraj, NR – Nitrianský kraj, PO – Prešovský kraj, TN – Trenčianský kraj, TT- Trnavský kraj, ZI - Žilinský kraj

Celkový běžný přírůstek (CBP) udává roční objemovou produkci lesních porostů. V roce 2004 dosáhl 11, 53 mil. m<sup>3</sup>, tj. 6,07 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.

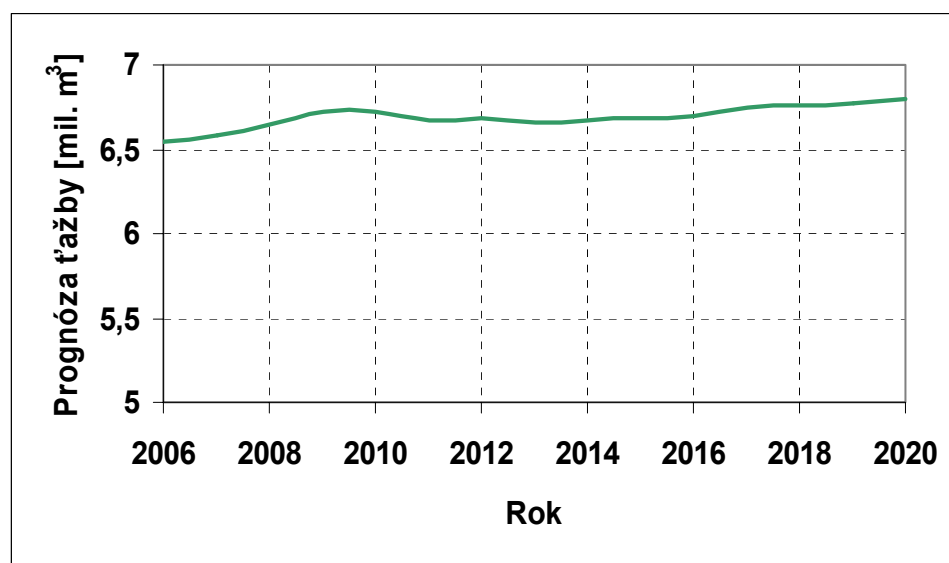
Plán těžby dřeva se určuje v lesních hospodářských plánech (LHP) v závislosti na etátu odvozeného pro obnovní těžbu podle těžebních ukazatelů. Skutečná produkce (těžba) surového dřeva se odlišuje od plánovaných objemů kvůli výskytu náhodných těžeb, které v některých letech tvoří až 50 % plánované těžby. Vývoj CBP, těžby dřeva a podílu těžby na CBP od roku 2000 udává Tab. č. 5.

Tab. č. 5 Vývoj CBP, plánované, skutečné těžby dřeva a jejich podílu na CBP

		2000	2003	2004
<b>CBP</b>	tis.m <sup>3</sup>	11 204	11 451	11 534
<b>Plánovaná těžba</b>	tis.m <sup>3</sup>	5 325	6 197	6 539
<b>Skutečná těžba</b>	tis.m <sup>3</sup>	6 218	6 652	7 268
<b>CBP/skut. těžba</b>	%	55,5	58,1	63,0

Zdroj: Zelená správa 2005

Věková struktura lesních porostů v hospodářských lesích umožňuje zvyšovat roční plán těžby dřeva. Prognóza těžby dřeva (mil. m<sup>3</sup>) do roku 2020 je uvedena na Obr. č. 4.



Obr. č. 4 Prognóza těžby dřeva do roku 2020

#### 1.4.2. Lesní biomasa

Lesní biomasa zahrnuje palivové dřevo, tenčinu stromů (do 7 cm průměru), odpadní hrubinu stromů vznikající při těžbě a biomasu z pročistek a prořezávek v mladých lesních porostech.

Podle údajů MP SR (Zelená správa, 2005) skutečná roční výroba palivového dřeva představuje 444 tis. tun včetně samozásobování obyvatelstva, což je 140 tis. tun.

Celkový ročně využitelný potenciál lesní biomasy vzniklé jako odpad po těžbě (tenčina + odpadová hrubina) je 912 tis. tun. Při pročišťování a prořezávání lesů vzniká potenciál lesní biomasy 110 tis. tun za rok.

Potenciál lesní biomasy, kromě palivového dřeva, je určený zejména na výrobu energetické štěpky. Tento potenciál je omezený technologickými podmínkami. V roce 2005 byla vyráběná štěpka v objemu cca. 196 tis. tun. Předpoklad pro rok 2007 je umístit v SR 245 tis. tun. lesní štěpky. Z hlediska nákladovosti výroby štěpky bude omezená její produkce v těžko přístupných terénech hornatých oblastí SR.

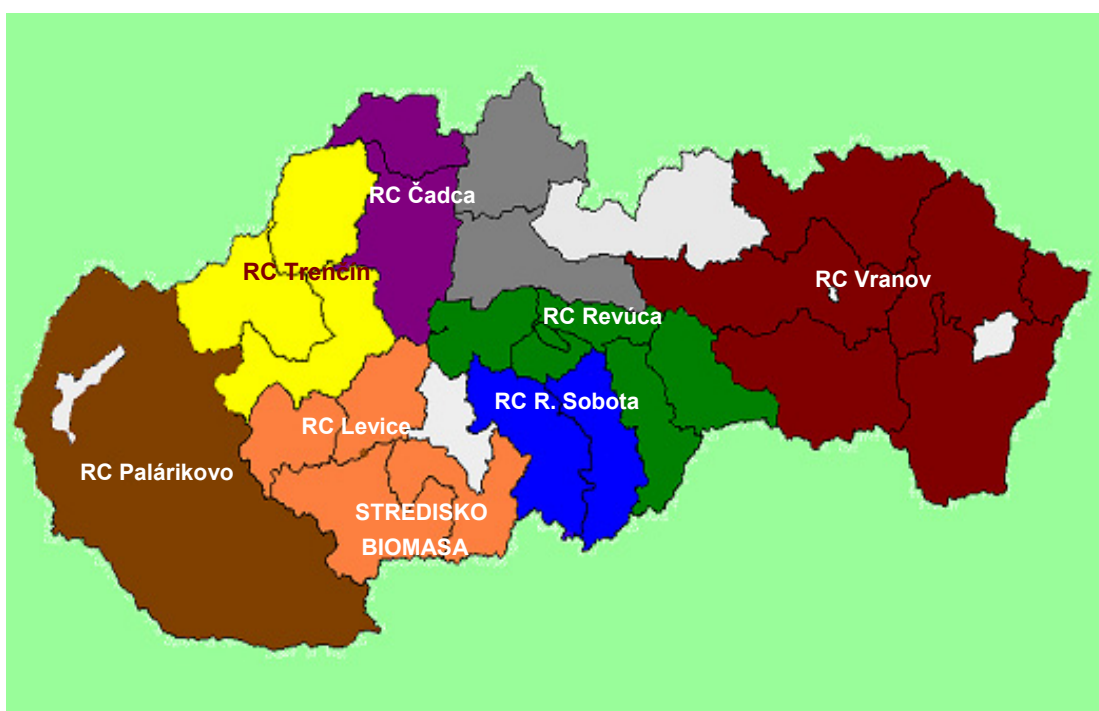
Objem dodávek palivového dřeva a štěpky od vlastníků a uživatelů lesa na domácí a zahraniční trh v roce 2004 je uvedený v Tab. č. 6.

Nejvýznamnějším producentem energetické štěpky jsou Lesy SR, š. p. 1. ledna 2005 vzniklo v rámci podniku středisko BIOMASA se 7 regionálními centry: Levice, Rimavská Sobota, Trenčín, Revúca, Čadca, Palárikovo a Vranov. Organizační struktura střediska Biomasa je na Obr. č. 5. Vývoj produkce štěpky podnikem Lesy SR, š. p., je na Obr. č. 6.

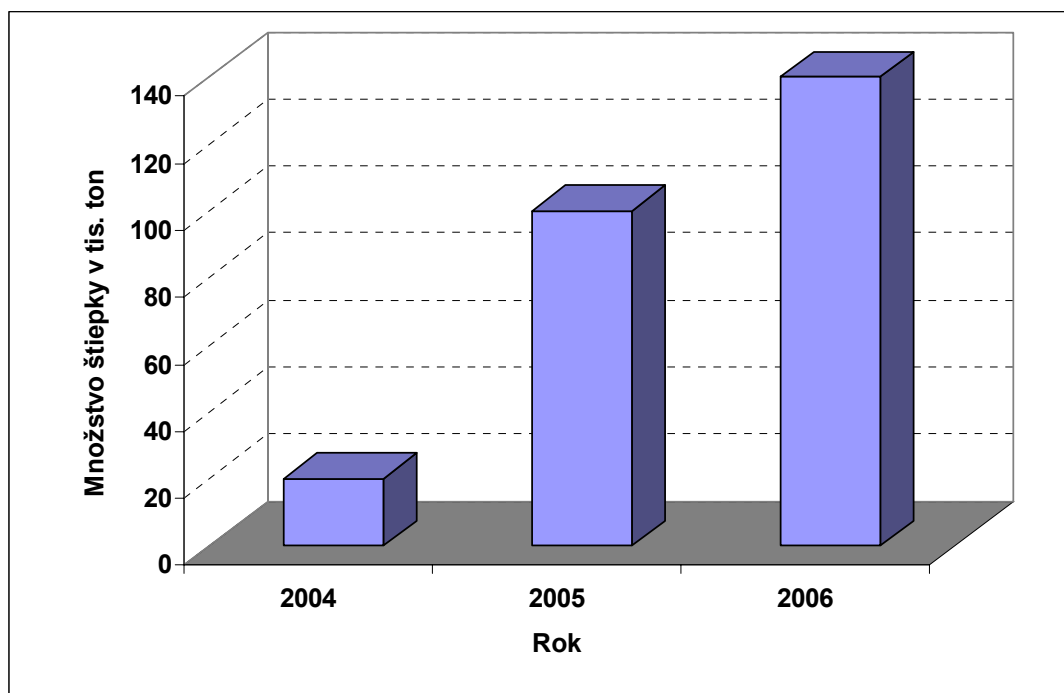
Tab. č. 6 Objem dodávek palivového dřeva a štěpky v roce 2004

Sortiment	Rok 2004 (m <sup>3</sup> )				Podíl na celkových dodávkách (%)		
	Tuzemsko	Vývoz	Vlastní spotřeba	Celkem	1990	2003	2004
Lesní štěpky jehličnaté	3 200	0	522	3722	0,06	0,05	0,09
Palivové dř. jehličnaté	143 969	266	11 188	155 423	5,39	4,78	3,85
Celkem jehličnaté dř.	3 560 856	284 663	190 697	4 036 217	100,00	100,00	100,00
Lesní štěpky listnaté	19 493	376	158	20 027	1,44	0,72	0,63
Palivové dř. listnaté	137 547	639	10 529	148 715	10,23	4,79	4,64
Celkem listnaté dřevo	2 880 657	285 918	37 510	3 204 085	100,00	100,00	100,00
Jehličnaté + listnaté celkem	6 441 513	570 581	228 207	7 240 302	-	-	-

Zdroj: Zelená správa 2005



Obr. č. 5 Regionální centra střediska Biomasa



Obr. č. 6 Vývoj produkce lesní štěpky podnikem Lesy SR, š. p.

#### 1.4.3. Biomasa z energetických plantáží

Energetické plantáže jsou dalším potenciálním zdrojem lesní dendromasy. Na Slovensku je v současnosti potenciál rychlerostoucích dřevin na energetické účely využíván velmi nízkou mírou. Disponibilní zásoba energetických porostů listnatých dřevin (akát, dub cerový, habr) je cca. 220 000 t. Roční potenciál při 5 ročním cyklu představuje 44 000 t biomasy.

Po roku 2010 se bilance disponibilní lesní dendromasy může reálně zvýšit o potenciál z produkce energetických porostů založených na základě vykonané rajonizace území vhodných pro pěstování energetických lesů na výměře 45 400 ha s produkcí 440 000 t převážně rychlerostoucích dřevin topolů a vrb při krátkém produkčním cyklu 3 – 5 let. Roční potenciál při 5 ročním cyklu představuje 88 000 t biomasy.

Perspektivně dlouhodobě se uvažuje se zalesněním přibližně 87 000 ha půdy vhodné pro pěstování vybraných druhů dřevin pro energetické účely. Většinou se tyto pozemky vyskytují ve střední a severní části Slovenska. Nejvíce je takovýchto ploch v okrese Liptovský Mikuláš – 6 187 ha, Bardejov – 5 258 ha, Poprad – 6 838 ha a Kežmarok – 7 580 ha.

#### 1.4.4. Roční energetický potenciál lesní biomasy a biomasy z energetických plantáží

Roční energetický potenciál biomasy na Slovensku je v Tab. č. 7. Při přepočtu na energetický ekvivalent uvažujeme s výhřevností 12 700 MJ/t a energetickou účinností spalovacích kotlů 80 %.

Tab. č. 7 Roční potenciál biomasy z lesní biomasy a biomasy z energetických plantáží

	Množství (tis. t)	Energetický ekvivalent (TJ)
Palivové dřevo	304	3 089
Samozásobování obyvatelstva palivovým dřevem	140	1 422
Lesní biomasa – odpad po těžbě	912	9 226
Lesní biomasa – pročistky, prořezávky	110	1 118
Energetické porosty současné	44	447
Energetické porosty budoucí	88	894
Celkem	1 598	16 236

Podíl spotřeby palivového dřeva na spotřebě paliv SR za rok 2004 dokumentuje Tab. č. 8.

Tab. č. 8 Struktura spotřeby primárních energetických zdrojů na Slovensku za rok 2004 v

PJ

Tuhá paliva	155 (20 %)
- z toho dřevní biomasa	18 (2,3 %)
Kapalná paliva	168 (21 %)
Plynná paliva	255 (32 %)
Teplo	184 (23 %)
Elektřina	28 (4 %)
Prvotní energetické zdroje celkem	790

#### 1.4.5. Produkce biomasy z dřevozpracujícího průmyslu

Zdrojem potenciálu biomasy na energetické využití jsou taktéž odpady z dřevozpracujícího průmyslu (DZP). Celkový roční potenciál biomasy DZP byl kvantifikován na cca. 950 000 t. Z toho je cca 650 000 t odřezků a 300 000 t pilin. V současnosti je převážná část potenciálu biomasy z DZP zpracovávána na výrobu velkoplošných aglomerovaných materiálů a energie v rámci samotných provozů DZP. Vzhledem k této skutečnosti můžeme s biomasou pocházející z odpadů DZP uvažovat jako o doplňujícím potenciálu biomasy pro energetické využití. K reálnému využití tohoto potenciálu by mohlo dojít při výrazném zvýšení cen tepla s následným výrazným zvýšením cen pilin a odřezků. Roční potenciál biomasy z DZP je v Tab. č. 9.

Tab. č. 9 Roční potenciál biomasy z DZP

Původ biomasy	Množství (tis. t)	Energetický ekvivalent (TJ)
Odřezky	650	6 604
Piliny	300	3 048
Celkem	950	9 652

#### 1.4.6. Využívání lesní štěpky pro energetické účely

Přehled o současných a potenciálních možnostech spotřeby štěpky v roce 2007 je uveden v Tab. č. 10.

Tab. č. 10 Roční spotřeba lesní štěpky elektrárnami a teplárnami na Slovensku v roce 2005 a roční potenciál spotřeby v roce 2007

Lokalita	2005	2007
SES Tlmače	25 000 t	25 000 t
Palárikovo		12 000 t
Termonova N Dubnica	25 000 t	25 000 t
Nováky	16 500 t	50 000 t
Martin	20 000 t	20 000 t
Istebné	5 000 t	5 000 t
Čadca		3 000 t
Námestovo		5 000 t
Ružomberok	5 000 t	5 000 t
Region: Revúca – Beňuš – Č. Balog – Slov. Ľupča		15 000 t
Zvolen		40 000 t
Rimavská Sobota		10 000 t
Humenné, Snina		50 000 t
Vojany		30 000 t
Celkem	96 500 t	245 000 t

V roce 2006 předpokládáme zvýšení potenciálu spotřeby štěpky o 20 000 t. V roce 2007 představuje nárůst potenciálu spotřeby energetické štěpky v porovnání s rokem 2005 o 45 000 t. Mezi požadovanou a produkovanou štěpkou podnikem Lesy SR, š.p. je disproporce. Uvedenou disproporci bude nutné zabezpečit z jiných zdrojů (podniky DZP, jiné subjekty dodávající štěpku). Další růst spotřeby bude záviset od technologických (technologické parametry štěpkovačů, dostupnost biomasy v hornatých terénech), ale zejména od ekonomických podmínek (nákup nových štěpkovačů, růst cen energií, nákladovost výroby štěpky).

S růstem cen energií, úsporou nákladů souvisejících se znečišťováním ovzduší a likvidací odpadu a rozvojem obchodu s CO<sub>2</sub> je předpoklad nárůstu spotřeby lesní štěpky v elektrárnách a teplárnách SR.

Vzhledem k relativně vysokému ročnímu potenciálu biomasy z LH (cca. 1 600 000 t) a dosavadní vývoj cen energií můžeme předpokládat vzestup potenciálu spotřeby štěpky v SR v letech 2010 – 2015 na cca. 300 – 400 tisíc t. ročně.

Kromě uvedené spotřeby štěpky v SR se část vyrobené lesní štěpky vyváží (Tab. č. 11) do Maďarska a Rakouska.

Tab. č. 11 Roční export lesní štěpky (v roce 2004)

	<b>Množství (t)</b>
Vídeň (A)	30 000
Teplárna Ajka (HUN)	12 000
Teplárna Tata (HUN)	3 000
ASE Kazincbarcika (HUN)	50 000
Celkem	95 000

## 2. Druhy biomasy

### 2.1. Formy biomasy

Použití biomasy pro energetické účely je mimo „ekologického bonusu čistého spalování“ podporováno také snahou omezit produkci skleníkových plynů (včetně  $\text{CO}_2$ ). Při jejím růstu se spotřebovává oxid uhličitý, který se zpětně uvolní do ovzduší při jejím spalování. Vzniká tak uzavřený cyklus, který z hlediska emisí oxidu uhličitého nezatěžuje životní prostředí ve srovnání se spalováním fosilních paliv. V přírodních podmínkách ČR lze využívat biomasu v následujících kategoriích:

#### **Biomasa zbytková (odpadní)**

- Rostlinné odpady ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny - řepková a kukuřičná sláma, obilná sláma, seno, zbytky po likvidaci křovin a náletových dřevin, odpady ze sadů a vinic, odpady z údržby zeleně a travnatých ploch.
- Lesní odpady (dendromasa) - po těžbě dříví zůstává v lese určitá část stromové hmoty nevyužita (pařezy, kořeny, kůra, vršky stromů, větve, šišky a dendromasa z prvních probírek a prořezávek).
- Organické odpady z průmyslových výroby - spalitelné odpady z dřevařských provozoven (odřezky, piliny, hobliny, kůra), odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce (cukrovary), odpady z jatek, mlékáren, lihovarů, konzerváren.
- Odpady ze živočišné výroby - hnůj, kejda, zbytky krmiv, odpady z přidružených zpracovatelských kapacit.

#### **Cíleně pěstovaná biomasa - energetické byliny a rychlerostoucí dřeviny**

Význam cíleného pěstování biomasy pro energetické účely vzrůstá v dnešní době, kdy je nadprodukce plodin pro potravinářský průmysl. V případě využití části půdy, na které se v současné době pěstují plodiny pro potravinářský průmysl, pro pěstování plodin pro energetické využití, by mohlo dojít k nastolení nové rovnováhy mezi produkcí a spotřebou potravinářských plodin a zároveň by mohlo dojít k snížení spotřeby fosilních paliv v důsledku jejich částečné náhrady energetickými rostlinami. Proto je pěstování biomasy pro energetické účely v současné době státem podporováno.

Při výběru rostlin pro pěstování pro energetické účely rozhodují kromě agrotechnických hledisek i jejich vlastnosti, které ovlivní hospodárnost využití biomasy. Je to výnos a výhřevnost rostliny (tzv. energetický výnos v  $[\text{GJ}/\text{ha}]$ ) a výsledné náklady na biomasu  $[\text{Kč}/\text{t}]$ , případně teplo v biomase obsažené  $[\text{Kč}/\text{GJ}]$ . O těchto parametrech bude pojednáno v dalších částech této studie.

Technická a energetická rozmanitost biopaliv může potenciálním výrobcům a uživatelům činit určité potíže. Následuje příklad specifikací několika základních biopaliv, které mohou sloužit jako podklad pro výrobní i obchodní jednání do doby, než budou všechna biopaliva standardizována a normalizována.

#### a. Balíky suchých stébelnin

- Standardní nízkotlaké s měrnou hmotností kolem  $60 \text{ kg.m}^{-3}$  a hmotností kusu 3 až 10 kg.
- Standardní vysokotlaké s měrnou hmotností kolem  $120 \text{ kg.m}^{-3}$  a hmotností kusu do 20 kg.
- Obří válcové s měrnou hmotností kolem  $110 \text{ kg.m}^{-3}$  a hmotností kusu 200 až 300 kg, výrobně nejlevnější se snadnější možností manipulace, ale větším nárokem na skladový prostor. Vhodné pro místní využití.
- Obří hranolové s měrnou hmotností kolem  $150 \text{ kg.m}^{-3}$  a hmotností kusu 300 až 500 kg, vhodné zejména pro dopravu na větší vzdálenosti pro velké odběratele.

#### b. Brikety

- Biomasa ze dřevin nebo stébelnin, případně povolených přísad biologického původu (např. škrob, melasa), stlačená vysokým tlakem do tvaru plného hranolu nebo válce nebo se středovým odlehčovacím otvorem o vnějším průměru větším než 40 mm, ale menším než 100 mm, s měrnou objemovou hmotností kolem  $1 \text{ kg.dm}^{-3}$ . Výhřevnost do  $17,5 - 19 \text{ MJ.kg}^{-1}$ .

#### c. Brikety ze stébelnin

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

#### d. Dřevní palivo

- Obecný název pro polena, polínka, dřevní štěpku, piliny, hobliny, odřezky, dřevní šrot (demolice, obaly), papír, ale i zbytky po chemickém zpracování dřeva (např. výluhy z celulózek) s výhřevností od 3 do  $18 \text{ MJ.kg}^{-1}$ , s objemovou hmotností asi od  $50 \text{ kg.m}^{-3}$  u suchých hoblin z měkkého dřeva zhruba až  $1400 \text{ kg.m}^{-3}$  u briket a pelet. Obsah vody je od 6 do 10 až 15 % u briket a pelet, přibližně do 55 % a surového dřeva a kůry.

**e. Dřevní pelety (peletky)**

- Suchá, čistá dřevní drť, piliny se 6- 12 % vody, s malým podílem dřevního prachu, mechanicky velkým tlakem zpracovaná do tvaru válečků o průměru 6 až 20 mm (výjimečně do 40 mm), délky od 10 do 50 mm, s měrnou objemovou hmotností 1 až 1,4 kg.m<sup>-3</sup>. Sypná hmotnost je kolem 600 kg.sm<sup>-3</sup> (sypaný metr krychlový). Výhřevnost 16,5 až 18,5 MJ.kg<sup>-1</sup>. Obsah popelu v sušině 0,5 až 1,1 %. Povoleno max. obsah polutantů, kůry a ekologického pojiva určen normou (do 2%). Pro dobré sypné a skladové vlastnosti a vysokou koncentraci energie jsou určeny pro automatické kotle pro rodinné a menší obytné domy a lokální automatická kamna pro byty, mohou i doplňovat uhlí v kotelnách. Poměr průměru a délky nemá být větší než 1: 3, aby se pelety dobře sypaly bez ucpávání dopravních cest automatických topenišť.

**f. Dřevní brikety**

- Suchá dřevní drť, piliny a jemné hobliny s 6-12 % vody, mechanicky velkým tlakem zpracované do tvaru válečků, hranolů nebo šestistěnů, o průměru 40 až 100 mm, délky do 300 mm, s objemovou hmotností 1 až 1,4 kg.dm<sup>-3</sup>. Výhřevnost 16,5 až 18,5 MJ.kg<sup>-1</sup>. Obsah popelu v sušině 0,5 až 1,5 %. Povoleno obsah polutantů a ekologického pojiva stanoven normou. Použití: do malých topenišť, lokálních kamen, kotlů a krbů s ručním přikládáním.

**g. Dřevní, slaměné, kůrové a papírové pakety**

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

**h. Pelety ze stébelnin**

- Suché, drcené stébelniny (sláma olejnin, travin, energetických bylin a odpady z čistíček obilovin), obsah vody 8 až 15 %, mechanicky pod velkým tlakem zpracované do tvaru válečků o průměru 6 až 20 mm (s výjimkou hranolů do 40 mm), délky od 10 do 50 mm, s měrnou, objemovou hmotností 1 až 1,2 (1,4) kg.dm<sup>-3</sup>. Sypná hmotnost je 550 až 600 kg.m<sup>-3</sup>. Výhřevnost 16,5 až 17,5 MJ.kg<sup>-1</sup> (ze slámy olejnin až 19 MJ.kg<sup>-1</sup>). Obsah popela 5 až 6 %. Povoleno obsah polutantů a ekologického pojiva určí

norma. Použití: jako palivo nebo přídavek stávajícího paliva pro automatické kotle s tepelným výkonem přes 25 kW. V topeništích s nízkým tepelným výkonem (pod 25 kW) mohou vznikat potíže s odhoříváním a emisemi při spalování peletek s průměrem větším než 6 mm.

## 2.2. Rostliny vhodné pro pěstování k energetickému využití

Pěstování energetických rostlin nemá u nás zatím žádnou tradici. Většina rostlin je málo známých, i když některé z nich se kdysi i u nás pěstovaly. Tyto typy rostlin se však u nás již začaly zkoušet a ověřovat, avšak výsledky nejsou dosud v podvědomí odborné ani laické veřejnosti zakotveny. Je to především proto, že postupně získávané zkušenosti jsou zatím neucelené a nebyly dosud souborně publikovány. Základní členění záměrně pěstovaných rostlin pro energetické účely je na:

- dřeviny,
- nedřevnaté rostliny (byliny).

### Dřeviny

Produkce dřevní biomasy je založena na schopnosti některých dřevin růst velmi rychle jak v prvních letech po výsadbě, tak i v dalších letech po seříznutí nadzemní části. Touto vlastností jsou charakteristické např. topoly a vrby. Produkční porosty, které využívají k produkci energetické biomasy takzvaných rychle rostoucích dřevin, jsou v češtině nejčastěji označovány jako výmladkové plantáže rychle rostoucích dřevin (r.r.d.), případně energetické plantáže nebo energetický les (anglicky: short rotation coppice; energy plantation; energy forest).

Produktem plantáží r.r.d. je (dřevní) biomasa nejčastěji ve formě štěpky využitelná hlavně jako palivo (k vytápění, sdružené výrobě tepla a elektřiny). Seznam s druhy dřevin (klony) povolenými pro zakládání porostů r.r.d. s využitím finanční podpory státu (NV 505/2000 a jeho novelizace) je každoročně zpřesňován metodickými pokyny MŽP a MZe a je uveden dále.

### Nedřevnaté rostliny – byliny

Rostliny bylinného charakteru, pěstované pro získávání energie, lze rozdělit na několik skupin. Z praktického hlediska se tyto rostliny dělí na jednoleté a víceleté či vytrvalé. Dále lze tyto rostliny členit podle botanického zařazení, např. na „energetické“ obiloviny, „energetické“ trávy a celou další velkou skupinu rostlin dvouděložných. Do této skupiny se pak řadí vzrůstné statné rostliny, zpravidla netradiční, z nichž některé byly dříve pěstovány jako plodiny zemědělské, nebo se jedná o rostliny okrasné, nebo i planě rostoucí. Hlavním kritériem jsou vysoké výnosy nadzemní hmoty. Energetické byliny mají oproti dřevinám určitou výhodu v levnějším způsobu zakládání, neboť se vysévají, kdežto dřeviny se vysazují. Další výhodou bylin je možnost okamžité změny kultury, v případě náhlé potřeby pěstování potravinářské produkce.

Pozornost je věnována jednak vysoce vzrůstným krmným plodinám, nebo dalším netradičním robustním rostlinám, včetně některých rostlin okrasných, které vytváří velké množství nadzemní hmoty. Pro přímé spalování jsou efektivní rostliny, které dosahují výnosu kolem 10 t suché hmoty z 1 ha. Výzkum energetických bylin, který se dříve zaměřoval na jednoleté rostliny, mění postupně směr zájmu především k rostlinám víceletým a zejména vytrvalým. Na základě výsledků z pokusů ve VÚRV (Výzkumný ústav rostlinné výroby) byly vybrány perspektivní druhy energetických bylin, které byly i podkladem pro podporu jejich pěstování pro zemědělce. Postupným výběrem byly významné druhy doporučeny pro dotaci z Ministerstva zemědělství ČR na jejich pěstování.

### 2.2.1. Podpora pěstování energetických rostlin

Ministerstvo zemědělství poskytuje podporu pěstování vyjmenovaných energetických plodin prostřednictvím zásad, kterými se stanovují podmínky pro poskytování dotací. Konkrétně se jedná o dotační program 1.U Podpora pěstování bylin pro energetické využití, kde jsou vyjmenovány tyto plodiny. Podmínky pro udělení těchto dotací jsou zveřejněny v Praktické příručce MZe, č.58/2005, pod názvem „**Zásady, kterými se stanovují podmínky pro poskytování dotací pro r. 2005 na základě §2 a §2d zákona č. 252/1997 Sb., o zemědělství**“. Podpora pěstované biomasy je vedena pod Dotačním programem 1.U: „Podpora pěstování bylin pro energetické využití“, podle kterého se poskytuje dotace 2000 Kč.ha<sup>-1</sup>, tj. navíc, nad rámec plošných dotací. Tato podpora měla svojí genezi, která je uvedena dále.

#### Situace do r. 2003

Od roku 2001 byla pomoc poskytována na základě nařízení vlády č. 86/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky pro poskytování finanční podpory za uvádění půdy do klidu a finanční kompenzační podpory za uvádění půdy do klidu a zásady pro prodej řepky olejné vypěstované na půdě uváděné do klidu.

#### Rok 2004

Z důvodů zjednodušení systému přímých plateb nebylo v roce 2004 uvádění půdy do klidu v ČR ještě zavedeno a proto byla podpora vyjmuta k samostatné realizaci v rámci PGRLF, a.s (Podpůrný a garanční rolnický a lesnický fond).V seznamu rostlin na rok 2004 pro dotační titul MZe byly zařazeny:

- 3 druhy jednoletých rostlin,
- 2 druhy dvouletých rostlin,
- 12 druhů víceletých a vytrvalých rostlin.

Celkem 17 druhů rostlin. Jejich seznam je uveden v Tab. č. 12.

Tab. č. 12 Seznam rostlin pro dotaci MZe na rok 2004

<b>Jednoleté</b>	<b>Latinský název</b>
Laskavec	<i>Amaranthus L.</i>
Konopí seté	<i>Canabis sativa</i>
Sléz přeslenitý	<i>Malva verticillata L.</i>
<b>Dvouleté</b>	
Pupalka dvouletá	<i>Oenothera biemis L</i>
Komonice bílá	<i>Melilotus alba L.</i>
<b>Víceleté a vytrvalé</b>	
Mužák prorostlý	<i>Silphium perfoliatum L</i>
Jestřabina východní	<i>Galega orientalis</i>
Topinambur hlíznatý	<i>Helianthus tuberosus L.</i>
Psineček bílý	<i>Agrostis Gigantea L.</i>
Čičorka pestrá	<i>Coronilla varia L.</i>
Oman pravý	<i>Inula helenium L.</i>
Šťovík krmný *	<i>RUMEX tianshamicus x RUMEX patientia</i>
Sveřep bezbranný	<i>Bromus inermis Leyss (odrůda Tribun)</i>
Sveřep samužníkovitý	<i>Bromus carharticus Vahl (odrůda Tacit)</i>
Lesknice (chrastice) rákosovitá	<i>Phalaris arundinacea L.</i>
Ozdobnice čínská	<i>Misccanthus sinensis</i>
Kostřava rákosovitá	<i>Festuca arundinacea</i>

**Rok 2005**

- 7 druhů jednoletých až dvouletých rostlin,
- 8 druhů víceletých a vytrvalých rostlin,
- 7 druhů „energetických trav“.

Celkem 22 druhů rostlin. Jejich seznam je uveden v Tabulce č. 13.

Tab. č. 13 Seznam rostlin pro dotaci MZe na rok 2005

<b>Jednoleté až dvouleté:</b>	
Laskavec	<i>Amaranthus L.</i>
konopí seté	<i>Cannabis sativa L.</i>
světlíce barvířská	<i>Carthamus tinctorius</i>
sléz přeslenitý (krmný)	<i>Malva verticillata</i>
komonice bílá (jednoletá až dvouletá)	<i>Melilotus alba</i>
pupalka dvouletá	<i>Oenothera biennis</i>
hořčice sarepská	<i>Barsica juncea</i>
<b>Víceleté a vytrvalé (dvouděložné)</b>	
mužák prorostlý	<i>Silphium perfoliatum L.</i>
jestřabina východní	<i>Galega orientalis</i>
topinambur	<i>Helianthus tuberosus L.</i>
čičorka pestrá	<i>Coronilla varia L.</i>
šťovík krmný	<i>RUMEX tianshanicus x RUMEX patientia</i>
sléz vytrvalý	<i>Kitaibelia</i>

oman pravý	<i>Inula helenium L.</i>
bělotrn kulatohlavý	<i>Echinops sphaerocephalus</i>
<b>Energetické trávy</b>	
sveřep bezbranný	<i>Bromus inermis</i> Leyss. (odrůda Tribun )
sveřep horský (samužníkovitý)	<i>Bromus carharticus</i> Vahl. (odrůda Tacit)
psineček veliký	<i>Agrostis gigantea L.</i>
lesknice (chrastice) rákosovitá	<i>Phalaris arundinacea L.</i>
kostřava rákosovitá	<i>Festuca arundinacea</i>
ovsík vyvýšený	<i>Arrhenatherum elatius</i>
ozdobnice čínská (sloní tráva)	<i>Miscanthus sinensis</i>

Rozšíření seznamu podporovaných rostlin bylo přičítáno vzrůstajícímu zájmu o problematiku pěstování energetických rostlin.

### **Rok 2006**

**Podpora pěstování v roce 2006 se uskutečňuje podobně jako v roce 2005. Platí stejný seznam podporovaných rostlin a dotace zůstává ve výši 2000 Kč.ha<sup>-1</sup>.**

Následující přehled uvádí základní informace nejen o uvedených rostlinách, jejichž pěstování je podporováno Ministerstvem zemědělství, ale také o perspektivních rostlinách, které je možno pro energetické účely využívat. Níže uvedený přehled rostlin bude použit i v dalších částech studie, kde budou uváděny požadované pěstební péče resp. výnosy jednotlivých plodin. Za další rozdělení energetických rostlin je možné považovat taktéž rozdělení na rostliny jednoleté a víceleté (vytrvalé).

## **2.2.2. Rostliny jednoleté**

### **Energetické obiloviny – triticales, žito**

Obiloviny jsou ve fytoenergetice v současné době známé především využíváním slámy, jakožto vedlejšího produktu při produkci zrna. Je to nesporně výhodné, zvláště když obilniny poskytují vysoký výnos slámy, jako např. žito. Nejvíce se však využívá ke spalování sláma pšeničná, neboť se pěstuje na největších plochách. Lze používat též slámu ječnou, pokud ji není třeba používat ke krmení skotu. V tomto případě je vhodnější sláma ječmene ozimého, který mívá zpravidla vyšší výnosy, než ječmen jarní.

Využívání slámy ke spalování se však u nás často diskutuje. Objevují se námitky, že je nutné veškerou slámu zaorávat, aby se půda neochuzovala o organickou hmotu. Tento aspekt je sice důležitý, ale je třeba znát míru obohacování půdy o zaorávanou slámu. Pokud by se zaorávala veškerá sláma (po odečtu spotřeby na stlaní a krmení), nastalo by většinou přechodné snížení půdní úrodnosti a to v důsledku tzv. biologické sorpce. Půdní mikroflóra potřebuje pro rozklad organické hmoty (dodané slámou) živiny, které se pak nedostávají pro výživu právě pěstovaných rostlin. Pro omezení tohoto jevu by bylo nutné dodat do půdy zvýšené množství živin, zejména dusíku, což významně zvyšuje náklady. Zvýšený podíl zaorávané slámy je zvl. rizikový v sušších oblastech, kde vedle živin často chybí pro přeměnu organické hmoty v půdě nezbytná vláhá. Důsledkem je dlouhodobě

nerozložená sláma, která v tomto stavu k úrodnosti půdy nijak nepřispívá. Při hodnocení výhod či rizik zaorávání slámy bylo zjištěno, že při množství slámy potřebné pro zajištění úrodnosti půdy, přesto přebývá cca 1/3 veškeré produkce slámy. O jejím nedostatečném využívání a tudíž přebytku, svědčí ostatně staré stohy postupně tlející slámy, které lze vidět téměř po celém území ČR. Tuto slámu by pak bylo možné efektivně využívat při spalování v biokotelnách, v zájmu rozvoje fytoenergetiky, což se již realizuje v několika případech také u nás. Velmi dobré zkušenosti mají v tomto směru zejména v Dánsku, ale i v řadě jiných států.

Vedle slámy (vedlejší produkt) lze pro fytoenergetiku využívat též celé obilní rostliny, včetně zrna. Dobré zkušenosti mají v tomto směru např. v Rakousku. K tomuto účelu jsou zvl. vhodné statné obiloviny, jako např. ozimé žito a hlavně triticales, což je kříženec pšenice a žita.

### **Čirok**

Čiroky vytvářejí velmi mnoho forem, které se pěstují ve všech světadílech. U nás se v současné době prakticky nepěstují. Osivo se neprodukuje ani u nás ani na Slovensku, je možné jej dovézt ze zahraničí. Čirok lze zařadit k potenciálním zdrojům získávání energie z fytohmoty. Tyto rostliny vytvářejí za vhodných podmínek dostatek fytohmoty, která může být použita vedle jiných možností také k energetickému využití (bioplyn, spalování, etanol). Čiroky patří k teplomilným plodinám. Jsou odolné vůči suchu. Na půdu jsou méně náročné než kukuřice. Podle hlavních směrů využití se dají rozdělit do čtyř skupin:

1. **Čirok obecný (*S. vulgare* var. *eusorghum*):** Pěstuje se hlavně na zrna. Většinou jde o formy s nižším vzrůstem.
2. **Čirok technický (*S. vulgare* var. *technicum*):** Má silně vyvinutou latu, která bývá surovinou pro výrobu košťat a kartáčů. Zrna je vedlejším produktem.
3. **Čirok cukrový (*S. vulgare* var. *saccharatum*):** Má šťavnatou dřev i v biologické zralosti zrna. Používá se jako krmná, zejména silážní rostlina. Někdy se lisuje ze stébel šťáva, ze které se vyrábí líh, sirup apod.
4. **Čirok súdánský, súdánská tráva (*S. vulgare* var. *sudanense*):** Tato skupina má tenká stébla, bohaté olistění a vytváří velké množství hmoty. Je nejvhodnější pro případné energetické využití.

Čirok obecně je jednoletá bylina s bohatě rozvětveným hluboko kořenícím kořenovým systémem tvořící četná stébla vyplněná dřevinou obsahující sladkou šťávu, vysoká 1 až 3 m i více. Dozrávání probíhá postupně a k plnému dozrání je třeba poměrně dlouhá doba. Vyznačují se podobně jako kukuřice pomalým počátečním růstem. Čirok je velmi odolný vůči suchu, značně šetří s vodou. Čirok může jako plodina náročnější na teplo, odolnější proti suchu a méně náročná na půdu nahradit kukuřici na extrémních stanovištích.

Zrna se dá využít jako krmivo nebo osivo. Zrna čiroku má stejnou výživnou hodnotu jako rýže. Ze zrna lze získat škrob nebo líh. Ze stonků, které mají šťavnatou dřev, lze vyrábět líh, bioplyn. Stonky lze silážovat na krmivo pro zvířata. Suché stonky lze spalovat (spalné

teplo stonků = 17,91 MJ.kg<sup>-1</sup>). Pro přímé spalování se nejlépe hodí čirok Hyso nebo čirok zrnový. Nevhodný je čirok cukrový. Rostliny čiroku mají při sklizni vysoký obsah vody, který je v průměru na 66 %, na jaře 42 %, a vysoké ztráty fytomasy, které přes zimní období dosahují 37,3 %.

Z ekonomického hlediska je pěstování čiroku uvažovaného pouze na spalování, hlavně z důvodu nutného dosoušení a velkých ztrát přes zimní období, značně nákladné. V současné době i přes to, že dosahuje vysokých výnosů fytomasy, nemůže čirok cenově konkurovat běžným palivům jako jsou např. uhlí nebo zemní plyn.

### **Kukuřičná sláma**

Do této skupiny jednoletých rostlin patří též obecně známá kukuřice. Pro energetické účely lze s úspěchem využívat kukuřičnou slámu, při pěstování kukuřice na zrno. Tato sklizeň se provádí pochopitelně při plné zralosti, tedy v době, kdy je celá rostlina dobře vyschlá. Slámu kukuřice lze pak rozřezat na hrubou řezanku a využívat ji k přímému spalování, obdobně jako dřevní štěpku. Podobně lze využívat též kukuřičná vřetena po vymláčení zrna, která lze v případě potřeby rozmělnit na drobnější části, například na drtiči používaném pro drobnou dřevní hmotu, jako je klestí apod.

### **Konopí seté**

Konopí seté, viz. Obr. č. 7, je velmi zajímavá technická plodina, neboť ji lze využívat k celé škále nejrůznějších výrobků a to nejen pro textilní vlákna, jak je dosud u nás všeobecně známo. Konopí se u nás dříve pěstovalo pro pevná vlákna a semena bez jakýchkoli omezení. V současné době se konopí, pokud se týká jeho pěstování, stalo spornou plodinou, a to pro svůj obsah omamných látek a možnosti jejich zneužití pro výrobu drog. Zapomíná se při tom, že se pro průmyslové využití používá konopí seté, které má velmi nízký obsah omamných látek.

U nás nebylo až donedávna pěstování konopí pro technické účely v žádném rozporu s naší legislativou. Do roku 1996 bylo povoleno, podle listiny povolených odrůd, pěstování konopí setého odrůd Rastislavické a Unico B v libovolném rozsahu. Je pravda, že tyto odrůdy nesplňovaly současné přísné normy EU pro pěstování konopí co se týče 0,3% obsahu THC. Nynější situace se poněkud komplikuje přijetím zákona č. 92/1996 Sb., o odrůdách, osivu a sadbě, který stanoví požadavky na rozmnožovací materiál uváděný do oběhu. V současné době existuje zákon o návykových látkách, který řeší problematiku legální kontroly zemědělských plodin obsahujících omamné psychotropní látky. Cílem tohoto zákona je vytvořit takové podmínky, aby se na jedné straně mohly pěstovat tyto plodiny pro tradiční potravinářské a průmyslové účely, na druhé straně aby se zabránilo případnému zneužití těchto plodin. Teprve v letošním roce byly uznány u nás 2 nové odrůdy, z nichž obě nepřekračují hranici 0,03 % látek THC v sušině, což je hluboko pod normou ES. Tyto odrůdy jsou vhodné k pěstování pouze pro technické účely. Jedná s o tyto odrůdy:

- **Juso – 11**, je původem z Ukrajiny. Výsevek osiva na 1 ha se pohybuje od cca 37 do 65 kg. Tato odrůda má dobrou odolnost vůči plísni šedé i fusarioznímu vadnutí.

- **Beniko**, pochází z Polska, vznikla výběrem z krajových odrůd. Doporučený výsev je cca 32 kg na 1 ha.



Obr. č. 7 Konopí seté

Konopí je teplomilná plodina značně náročná na vodu, půdu i agrotechniku, relativně odolná vůči chorobám a škůdcům. Konopí má všestranné možnosti využití jak v potravinářství, tak jako rostlinné suroviny popř. jako energetické plodiny. Dá se pěstovat v oblastech s různou zeměpisnou šířkou, neboť je velmi přizpůsobivé. Konopí je jednoletá dvoudomá, někdy i jednodomá rostlina. Uvádí se, že konopí vytvoří 2,5x vyšší produkci fytomasy za rok ze stejné plochy než les. Původem je ze Střední Asie.

Konopné semeno se využívá v potravinářském průmyslu při výrobě rybích konzerv, tuků, piva. Vyprodukované semeno může sloužit jako osivo při reprodukci plodiny. V chemickém průmyslu lze využívat produkty ze semene při výrobě mýdla, barev, laků, oleje na mazání. Semeno obsahuje kolem 35 % konopného oleje, který je vysychavý.

Stonky se dají využít v textilním průmyslu (svrchní oblečení, teplé povlečení, jemné ručníky, plínky, tapety, koberce, látková obuv, tašky apod.), pro výrobu celulózy (výroba chemikálií, urr hmot, vláken, papír).

Konopná vlákna lze využít pro výrobu lan, provazů, popruhů, nití. Z konopných vláken lze dále vy plachty, plátno, nábytkové látky, tepelné izolace, geotextílie využívané v zemním a vodním stavebnictví. Konopné stonky lze spalovat (spalné teplo stonků je 18,06 GJ.t<sup>-1</sup>, semene 24,62 GJ.t<sup>-1</sup>). Pazdeří může sloužit jako podestýlka, těsnicí materiál, lze jej také spalovat. Plevy obsahují kyselinu kanabidiovou a může sloužit jako antibiotikum. Konopí je možný zdroj rostlinné buničiny pro výrobu benzínu, dřevěného uhlí a metanolu.

### **Laskavec (Amarant)**

Je to plodina velmi stará, nutričně vysoce hodnotná, která v podobě širokého sortimentu zdravých potravinářských výrobků našla uplatnění na domácím i zahraničním trhu. Amaranthus je robustní, vysoce vzrůstná rostlina, která má řadu variant. Po oddělení zrna zbývá velké množství nadzemní hmoty, a proto je tato plodina zajímavá též z hlediska fytoenergetiky, pro přímé spalování. K tomuto účelu byl amarantus již záměrně pěstován, ale v tomto případě nebylo hlavním cílem získání semen, ale pouze celková nadzemní hmota.

Z více než 60 druhů jsou nejvýznamnější Amaranthus cruentus, Amaranthus hypochondriacus a Amaranthus caudatus, které se pěstují pro produkci semen a používají se jako obilnina, některé další druhy se využívají jako listová zelenina a jiné, jako Amaranthus australis, jsou pro svoji schopnost dorůst až do výšky 9 m vhodným základem pro šlechtění rostlin s velmi vysokou produkcí nadzemní hmoty. Značná vnitrodruhová variabilita se stala předmětem zájmu již na počátku studia genofondu amarantu. pro účely fytoenergetiky je výhodnější využívat „slámu“ amaranthu, až po vyláčení semene. V tomto případě je fytomasa amaranthu vždy podstatně sušší, než když se sklízí celková, ne plně dozrálá nadzemní hmota.

### **Krmný sléz – sléz přeslenitý**

Krmný sléz byl vyšlechtěn jako objemná krmná plodina. U nás je povolena odrůda s názvem Dolina, z r. 1993. Krmný sléz je vysoká, hojně se rozvětvlující statná rostlina, která svým vysokým vzrůstem vyhovuje též jako energetická rostlina. Patří mezi jednoleté plodiny, ale protože se při plném dozrání obvykle část semen vydrolí, stává se často, že se v následujícím roce vytvoří opět dostatečně zapojený porost, pokud je půda dostatečně zásobená živinami a není příliš zaplevelená. Vlivem tohoto samovýsevu lze pak sléz řadit mezi rostliny víceleté.

Sklizeň krmného slézu pro účely fytoenergetiky se provádí při jeho plném dozrání, kdy je celá nadzemní hmota již dostatečně vyschlá. Takto vyzrálý porost slézu se sklízí běžným obilním kombajnem. Sklizené zrno lze využít též ke krmení, nebo pro následný výsev. Slámu lze pak sebrat a slisovat do obřích balíků, obdobně jako při sklizni slámy. Pro přímé spalování lze využívat též celé rostliny slézu, včetně semene.

### **Světlice barvířská – Saflor**

Saflor se dříve používal k získávání přírodního barviva z květů. V současné době se pěstuje na kvalitní olej získávaný ze semene (nažek). Saflor má tu nevýhodu oproti slunečnici, která mu značně konkuruje, že má nízký obsah oleje (23 % z celkového obsahu sušiny semene) v semeni a nižší celkové výnosy semen (v průměru 2 t.ha<sup>-1</sup>) než slunečnice, která má v průměru kolem 49 % oleje v semeni a dosahuje průměrných výnosů semen 2,5 t.ha<sup>-1</sup>. Pro přímé spalování se doporučuje využívat slámu a to v návaznosti na pěstitelské plochy zaměřené na produkci semene. Tyto plochy se většinou nachází na jižní Moravě, neboť saflor je plodina teplomilná. Tato sláma má poměrně vysoké spalné teplo (cca 17,8 MJ.kg<sup>-1</sup>) a proto ji lze ke spalování plně doporučit,

především tam, kde je to pro místní podmínky vhodné, zvl. z hlediska dopravních vzdáleností. U nás je od r. 1997 povolena odrůda Sabina. Ze současných, ve světě pěstovaných odrůd lze doporučit např.: Sironaria (Austrálie), Sunset, Stirling, (Kanada), Gila, Finch, C-74 (USA).

### **Len setý – olejný**

Len olejný má pro přímé spalování význam rovněž jen jako vedlejší produkt, tj. při využívání slámy, po oddělení olejnatých semen. Sláma obsahující též určitá množství vlákniny (i když pro přadné účely nejsou z olejného lnu kvalitní), je poměrně energeticky bohatá a proto ji lze k energetickým účelům plně doporučit. Limitující zde budou rovněž konkrétní místní podmínky, zejména dopravní vzdálenosti. Len olejný se u nás pěstuje ve dvou povolených odrůdách: Atalante (1997) a Flanders (1996).

### **Lnička setá**

Jedná se o malo-objemovou rostlinu, u nás dříve v hojné míře pěstovanou, která je zajímavá svým olejnatým semenem, obsahujícím značný obsah kyseliny linoleové, důležité pro lidskou výživu. Pro přímé spalování lze ze lničky využívat hlavně slámu. Lnička je však rostlina poměrně subtilní, takže výnosy nadzemní hmoty nejsou velké. Lnička je skromná plodina s velmi krátkou vegetační dobou. Z odrůd je u nás registrována odrůda Hoga (od r. 1998) a ve státních zkouškách je odrůda Svalöf, obě jsou původem z Dánska. Jedná se o odrůdy lničky jarní, avšak v Dánsku se šlechtí též odrůdy ozimé. U nás však nejsou dosud k dispozici. Lnička ozimá by mohla mít pro fytoenergetiku poněkud větší význam, než lnička jarní, neboť je robustnějšího vzrůstu a má tudíž i vyšší výnos celkové nadzemní hmoty, tj. slámy, kterou lze jako vedlejší produkt pro přímé spalování využívat.

## **2.2.3. Rostliny víceleté a vytrvalé**

Pro účely fytoenergetiky mají největší význam rostliny vytrvalé a víceleté, které vytváří dostatečné množství celkové nadzemní fytomasy (cca od 10 t.ha<sup>-1</sup> suché hmoty). Produkce víceletých a zejména vytrvalých rostlin je pro fytoenergetické účely podstatně efektivnější, neboť zde není nutná každoroční opakovaná kultivace, jako při pěstování rostlin jednoletých. Rovněž vytrvalé rostliny lze pro energetické účely využívat buď částečně, jako vedlejší produkt, nebo celou jejich nadzemní hmotu. Tyto rostliny pak nemají další jiné využití, ale výhradně energetické.

### **Pupalka dvouletá**

Pro energetické účely je vhodné využívat pouze vedlejší produkt, tj. slámu. V ČR se v poslední době začíná pěstovat jako významná léčivá rostlina. Její olejnatá semena obsahují řadu vynikajících přírodních látek, které ochotně zpracovává farmaceutický průmysl. Tato rostlina je u nás známá jako planě rostoucí, původem ze severní Ameriky. Pupalka se seje od května do srpna na utuženou půdu. V roce výsevu pouze zakoření a pak přezimuje. Teprve na jaře druhého roku vytvoří statnou, poměrně vysokou, často se větvící lodyhu, která nese četné plody, postupně dozrávající. Po výmlatu semen (která

jsou mimochodem dobře finančně ceněna) zbývá značné množství slámy, kterou lze výhodně využívat pro přímé spalování. Tuto slámu lze rovněž sbírat a slisovávat, jako slámu obilní a využívat ji ke spalování tam, kde jsou k tomu vhodné podmínky.

### **Jestřabina východní**

Jestřabina má podobný charakter jako komonice. Je u nás známa také jako jetelovina (nebo i léčivka), ale pro svůj značný obsah hořkého alkaloidu – galeginu je hodnota její píce podřadná. Pro energetické účely ji však lze s úspěchem využívat. V současné době není u nás registrovaná žádná odrůda jestřabiny, je možno ji zde pěstovat pouze v rámci druhového zastoupení (Listina doporučených plodin). Daří se jí dobře v teplejších oblastech a ve vlhčích půdách.

### **Topinambur hlíznatý**

Topinambur je jednou z plodin, která může do budoucna najít důležité místo jako alternativní zdroj použitelný buď v pícninářství (siláž, zelené krmení), nebo v potravinářském průmyslu jako vhodná doplňková potravina pro diabetiky a surovina pro racionální výživu. Topinambur může dále sloužit jako alternativní zdroj pro výrobu bioetanolu, bioplynu nebo jako energetický zdroj (palivo). Pochází ze Severní Ameriky, kde volně roste dodnes. Topinambur je rostlina vytrvalá, složnokvětá, která vytváří četné nepravidelné hlízy, ale rovněž velké množství nadzemní hmoty. Dorůstá výšky až 2,5 m. Lodyhy jsou pevné, přímé, v horních částech se větví. Právě tato nadzemní hmota je pro energetické účely nejvýznamnější. Povolené odrůdy topinamburu pochází z dřívějšího období. Např. odrůda Běloslupké byla u nás registrována již v roce 1959. Velkou výhodou topinamburu je, že je to plodina, která je vhodná pro pěstování téměř do všech výrobních oblastí. Je plodinou, která se dá využívat ve více odvětvích. Navíc při dořešení problematiky využívání bioetanolu (lihobenzínu), který lze bez větších potíží přimíchávat do benzínu nebo v lepším případě se může zpracovávat na ETBE, jež by ve složení benzínů nahradil MTBE (MTBE se vyrábí z dováženého metanolu), by mohl být topinambur jednou z plodin využívaných pro jeho výrobu.

### **Šťovík krmný**

Krmný šťovík je druh kulturní plodiny, vyšlechtěné v Rusku, křížením šťovíku tjanšanského a šťovíku zahradního. První odrůda energetického šťovíku Rumex OK-2, známá v ČR pod názvem šťovík Uteuša, viz. Obr. č. 8, byla vyšlechtěna jako nová krmná plodina kolektivem autorů pod vedením profesora J. A. Uteuše z Ukrajiny. První registrace této odrůdy proběhla v roce 2001. Je to vytrvalá plodina a vydrží na stejném stanovišti 15 - 20 let. Tato plodina je rovněž málo náročná na půdně-ekologické podmínky, proto se dá úspěšně pěstovat na většině typů zemědělských půd s výjimkou půd silně kyselých s pH pod 5,0, dále půd zamokřených nebo silně kamenitých a písčitých. Je to velmi raná plodina, která obvykle zachytí a využije jarní vláhu. Krmný šťovík byl vyšlechtěn původně pro účely pícninářské. Má velmi vysokou krmivářskou hodnotu a to jak zelené hmoty, tak zrna. Velmi dobře se proto hodí do siláže. Šťovík lze sklízet na zeleno až 3 - 5x do roka a

využívat jej pro krmení, ale i ve fytoenergetice, neboť v tomto zeleném stavu je velmi vhodný jako surovina pro výrobu bioplynu.

Jako každá kulturní plodina, rovněž energetický šťovík vyžaduje kontinuální odrůdové obnovení alespoň jednou za pět let, proto je vznik nové odrůdy velmi vítaný, zejména s ohledem na to, že extrémně suchý rok 2003 ukázal nedostačující odolnost původní odrůdy Rumex OK-2 vůči suchu, která se projevila významným poklesem výnosů i u velmi produktivních víceletých porostů.



Obr. č. 8 Šťovík Uteuša

#### **Mužák prorostlý**

Mužák je složnokvětá žlutě kvetoucí vysoká rostlina, dosahující často 1,8 až 2,5 m výšky. Má statnou rozvětvojící se lodyhu a vyznačuje se proto vysokou tvorbou nadzemní hmoty. U nás se jen zřídka pěstuje jako rostlina okrasná. Pro svůj robustní vzrůst se může mužák uplatnit jako rostlina energetická, neboť dosahuje poměrně vysokých výnosů, cca 12 – 15 t/ha suché hmoty. Pevná statná lodyha má široké sytě zelené listy, což však působí pro energetické využití celé nadzemní hmoty mužáku určité problémy. Své listy má mužák sytě zelené i při dozrávání, což zhoršuje sklizeň semene, pokud je jeho oddělená sklizeň žádoucí. Rostliny k energetickým účelům by měly být co nejsušší, aby bylo získáno fytopalivo s co nejmenšími náklady, bez dosoušení. Pro energetické využití k přímému spalování by proto bylo vhodné sklízet mužák až po zaschnutí a to celé rostliny bez cíleného získávání osiva.

#### **Bělotrn kulatohlavý**

Bělotrn je složnokvětá vytrvalá rostlina, která u nás roste v některých, zejména sušších lokalitách planě. Jen zřídka se pěstuje jako medonosná nebo okrasná rostlina. Pro energetické účely se jeví bělotrn vhodný pro svou vysokou pevnou lodyhu, snadno a

dobře vysychavou. Tyto vlastnosti bělotrnu zajišťují poměrně vysoký energetický obsah, neboť při stanovení spalného tepla byly zjištěny vysoké hodnoty a to až  $19,6 \text{ MJ.kg}^{-1}$  suché hmoty.

#### 2.2.4. Energetické trávy

Využití travních druhů pro fytoenergetiku má řadu výhod. Především proto, že lze vybrat trávy vytrvalé, nevyžadující každoroční zakládání porostů. Výhodou je rovněž možnost volby sklizně tak, aby byla travní stébla co nejvíce suchá a nemusela se dodatečně dosušet. V tomto případě nevádí, že budou stébla hrubá, která nemají dobrou krmnou hodnotu, což se běžně vyžaduje při sklizni travních porostů na seno. Naopak, čím jsou stébla pevnější, starší, tím jsou pro přímé spalování vhodnější. Mladé porosty jemných trav požadované pro krmení hospodářských zvířat jsou pro přímé spalování nevhodné, neboť mají zpravidla vyšší obsah živin, zvláště dusíku, což je nežádoucí z hlediska vzniku emisí při spalování. Obecně lze proto k těmto účelům využívat traviny plně vyzrálé, vyschlé, kdy jsou živiny z nadzemních částí rostlin již většinou zataženy do kořenového systému.

##### **Sveřep bezbranný**

Sveřepy tvoří skupinu cca 150 druhů. Naše domácí druhy nejsou zpravidla krmivářsky hodnotné, proto nebyly středem pozornosti šlechtitelů. Některé druhy importované, nebo i zavlečené, jsou však zajímavé jako kvalitní pícniny.

Sveřep bezbranný je statná, vysoce vzrůstná vytrvalá výběžkatá tráva. Má růstové schopnosti obdobné žitu, což je zárukou vysoké tvorby výnosů celkové nadzemní hmoty. Tyto vlastnosti jsou nespornou výhodou pro jeho využívání ve fytoenergetice.

Z tohoto druhu sveřepu pochází novošlechtělec s názvem Tribun. Tato tráva je vysoce vzrůstná, vytváří hustou síť podzemních výběžků, což ji zajišťuje spolehlivou vytrvalost a velký význam při protierozní ochraně. Tento sveřep metá pouze v 1. seči, má významný, téměř výlučný ozimý charakter. Sveřep – Tribun má růstové schopnosti obdobné žitu, což je zárukou tvorby vysokých výnosů nadzemní hmoty i statného, robustního stébla. Tyto jeho vlastnosti jsou nespornou výhodou pro jeho potenciální využívání ve fytoenergetice. K tomuto účelu je vhodné jej pěstovat rovněž obdobně, jako semenářskou kulturu. Z hlediska energetického využití je určitou výhodou tohoto sveřepu „rychlejší“ stárnutí, čímž se snáze docílí dostatečné vysychání.

Z hlediska fytoenergetiky má sveřep bezbranný i příznivé vlastnosti složení popela, neboť obsahuje méně chloru i drasla (než např. kostřava rákosovitá), což snižuje nebezpečí spékání popela při spalování v prostorách kotle. Pro přímé spalování ji lze využívat ve formě velkých balíků - hranatých nebo i válcových, případně z ní vyrábět i topné peletky, které jsou vhodné pro automatické přikládání do kotlíků a kamen. Obecně je známo že vlastnosti této suché travní hmoty se nijak zvlášť neliší od ostatních trav využívaných pro účely energie.

### **Sveřep horský (samužníkovitý)**

V rámci tohoto druhu byla vyšlechtěna odrůda Tacit. Je to vytrvalá, intenzivně rostoucí, kvalitní tráva. Má vzpřímené trsy, dosahuje výšky 80 –100 cm, s velkým výnosovým potenciálem. Tyto vlastnosti sveřepu samužníkovitého jej proto předurčují též pro úspěšné využívání k energetickým účelům. Rovněž semenářskou kulturu lze snadno a úspěšně založit. Při plném dozrání semene je statné stéblo sveřepu již dostatečně vyschlé, což je dalším dobrým předpokladem jeho využití pro přímé spalování. Sveřep – Tacit je odrůda tolerantní na stanoviště, neboť se mu dobře daří od nížin až po podhůří. Snáší nižší pH, přísušky i tuhé zimy. Vhodné jsou půdy sušší, dostatečně provzdušněné, lehčí, neslévavé a nezamokřené. Pro energetické využití lze kulturu tohoto sveřepu založit obdobně, jako kulturu semenářskou, neboť není třeba dbát na stárnutí porostu, jako v případě sklizně kvalitních pícnin.

### **Psineček veliký**

Psineček veliký je víceletá tráva ozimého charakteru. Je to tráva spíše pozdního typu, na jaře roste středně rychle, i obrůstání po sečích je střední. Tradičně se psineček veliký využívá jako součást objemné píce ke krmení hospodářských zvířat. Zelená hmota nebo i senáž se může dobře uplatnit i jako přídavek do fermentoru při výrobě bioplynu, pokud je takovéto zařízení v ekonomické vzdálenosti od pěstitelské plochy. Pro energetické účely se v současné době doporučuje využívat suchou biomasu k přímému spalování. Jedná se jak o slámu po výmlatu semene, tak o celkovou nadzemní hmotu pěstovanou záměrně pro energetické účely. Důležitým produktem je osivo, které velmi významným způsobem zlepšuje ekonomické parametry pěstování psinečku velikého a to i v případě jeho cíleného pěstování jako energetickou biomasu. Pro účely fytoenergetiky se jeví jako perspektivní pro hrubší stéblo, středně vzrůstné, dosahující výšky cca 80 –100 cm.

### **Ovsík vyvýšený**

Ovsík vyvýšený je víceletá vysoce vzrůstná tráva, využívaná tradičně jako kvalitní pícnina. Dorůstá až do výšky 150 cm, proto má dobré předpoklady i pro využití k energetickým účelům. Jedná se o travu domácího původu, proto se jí v našich podmínkách dobře daří. Biomasa ovsíku vyvýšeného se tradičně využívá ve směsích víceletých i krátkodobých lučních porostů. Vzhledem k vysokému hrubšímu stéblu, středně poléhavému má dobré předpoklady využití i v energetice, pro přímé spalování nebo jako přídavek do fermentoru při výrobě bioplynu.

Ovsík vyvýšený je volně trsnatá, vysoká tráva jarního charakteru. Plodonosná stébla ovsíku dosahují 120 - 150 cm. Trs je vzpřímený, středně hustý, v průměru je vysoký 80 - 130 cm. Stéblo je hrubší, středně poléhavé se středním olistěním. Listy jsou široké, dlouhé, typicky převislé, řídce ochmýřené

### **Kostřava rákosovitá**

Tato tráva je rovněž perspektivní pro energetické využívání, neboť je statná, dosahující výšky 1,2 až 1,5 m, s vysokým výnosovým potenciálem. Vyznačuje se spolehlivou vytrvalostí a mrazuvzdorností, v našich podmínkách se jí dobře daří. Příznivě zhodnotí vlhké stanoviště, takže lze k jejímu pěstování využít i vlhké, jinak problematicky využitelné

louky, avšak dobře snáší i sucho. Rovněž na půdu je nenáročná. Vytváří statné trsy a dlouhé podzemní výběžky, což je vhodná vlastnost pro zajištění dlouhodobé vytrvalosti porostů. Tradičně se využívají porosty s příměsí kostřavy rákosovité ke krmným účelům - seno, senáž, pastva. Výhodné je pěstování kostřavy rákosovité na semeno. Po výmlatu porostu lze s úspěchem využít slámu pro energetické účely. Balíky - hranaté nebo válcové - lze využít k přímému vytápění v biokotelnách, kde se jako palivo používá sláma (obilnin, řepky). Ve stejných zařízeních se může využít i řezanka, pokud byla sklizena sběrací řezačkou. Podobně se použijí balíky i řezanka z porostů záměrně pěstovaných pro energetické účely. Tato biomasa pak po zpracování na tvarovaná fytopaliva ve formě pelet nebo briket slouží pro vytápění v kotlích i kamnech s automatickým přikládáním.

### **Lesknice (chrastice) rákosovitá**

Další z alternativních plodin, o jejímž rozšířeném pěstování pro průmyslové a energetické využití se uvažuje, a to hlavně v SRN, Dánsku ale i severovýchodních evropských státech, jako je Finsko, Švédsko, je chrastice rákosovitá, viz. Obr. č. 9. Např. ve Švédsku jí mají oseto více než 1000 ha. Zcela nově se začíná zavádět i v pobaltských zemích, kde jí dávají přednost před rychlerostoucími dřevinami. Tato plodina má sloužit jako zdroj pro výrobu buničiny nebo jako potenciální energetický zdroj (spalné teplo sušiny nadzemní části je v průměru podle našich měření 17,52 GJ.t<sup>-1</sup>). Chrastice rákosovitá, nazývaná také lesknice rákosovitá, je vytrvalá tráva relativně náročná na vodu a živiny, nenáročná na agrotechniku, dávající ve vhodných podmínkách vysoké výnosy nadzemní fytomasy.



**Obr. č. 9 Chrastice rákosovitá**

### **Ozdobnice čínská**

Původní domovinou ozdobnice je východní Asie (jižní Kurily, východní část Ruska, Čína-Madžursko, Tchaj-wan, Korea, Thajsko, Polynésie). Do Evropy byla poprvé ze své domoviny (kde se v určitém rozsahu používala jako krmná plodina, nebo na výsadby při protierozní ochraně) v roce 1935 přivezena do Dánska. Přivezený klon se vyznačoval mimořádnou vzrůstností a byl proto označován jako *Miscanthus sinensis Gigantheus*. Z tohoto původního klonu pochází většina druhů soudobé výsadby používané v Evropě.

Ozdobnice je rostlina, o které se v současné době uvažuje jako o alternativním zdroji obnovitelné energie a surovině pro průmyslové využití. Dosud byla pěstována a využívána jen jako ozdobná rostlina. V uplynulém dvacetiletí byly zahájeny pokusy s jejím plošným pěstováním. Za příznivých pěstitelských podmínek může poskytovat přes 30 tun sušiny nadzemní fytomasy z hektaru. Pěstování ozdobnice je v současné době omezoováno jejími dvěma nevýhodami, které se současný výzkum snaží odstranit. První je, že porost ozdobnice v prvním roce po založení může za nepříznivých podmínek přes zimní období vymrznout. Další nevýhodou je zatím drahá sadba. V současné době je v Evropě vysázeno asi 500 ha ozdobnice, z toho asi 80 % této výměry se nalézá v Německu a Nizozemsku. Ozdobnici lze obecně charakterizovat jako vytrvalou travu vysokého vzrůstu, dosahující za příznivých podmínek vysokých výnosů sušiny, která dobře využívá sluneční energii, vodu, živiny a je značně odolná proti chorobám a škůdcům. Ozdobnice neboli miscanthus je vysoká robustní tráva, dosahující až 4 m výšky, která připomíná rákos. Je zobrazena na Obr. č. 10.



**Obr. č. 10 Ozdobnice čínská**

### Křídlatka

Ze skupiny planě rostoucích druhů použitelných ve fytoenergetice si zasloužila největší pozornost křídlatka, viz. Obr. č. 11. Ta je však specifickým případem, neboť se jedná o expanzivní druh. Vytváří však rekordně vysoké „výnosy“ nadzemní hmoty s vysokým energetickým obsahem, a proto se jeví jako velmi výhodná pro fytoenergetické využití. Z hlediska její expanzity je však problematické její záměrné pěstování jednoznačně doporučit, i když by bylo možné rozlišovat do určité míry tyto vlastnosti křídlatky podle druhů: např. Křídlatka sachalinská nevykazuje tak silnou expanzitu, jako ostatní druhy, např. Křídlatka hrotolisá, která je u nás nyní nejrozšířenější. Nebezpečí této expanzity je však třeba dbát, ale to neznamená, že by nemohla být křídlatka pro energetické účely vůbec využívána. K těmto účelům lze využívat spontánně zapojené porosty, které se u nás v současné vyskytují na poměrně značných plochách. Podmínkou však je jejich spolehlivý přístup pro mechanizovanou sklizeň. Sklízí se zpravidla po opadu listů, na podzim nebo i začátkem zimy, avšak dříve, než křehké lodyhy začnou poléhat. V těchto případech nelze proti využívání křídlatky nic namítat, neboť touto „sklízni“, tj. odstraňováním narostlé nadzemní fytomasy by se spontánní porosty mohly postupně, do určité míry zeslabovat, což by mohlo dokonce přispět ke způsobu její likvidace, v současné době velmi propagované. Energetické využití křídlatky je tudíž značně omezené, avšak ne zcela vyloučené, jak je výše uvedeno. Její soustavné využívání ve fytoenergetice by si však vyžádalo ještě další ověřování a získávání nových zkušeností. Rekordně vysoké výnosy – až  $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  suché hmoty (dosud často zjišťované) by si tuto pozornost nepochybně zasloužily.



Obr. č. 11 Křídlatka japonská

### 2.2.5. Rychlerostoucí dřeviny

V České republice lze nalézt určitou analogii v lesním hospodářství. Projevem extenzivního využívání lesů bez cílevědomé pěstební péče byly tzv. pařeziny, které známe již ze středověku. Vznikaly v hustě osídlených krajích se značnou spotřebou palivového a stavebního dříví. Při tomto způsobu obhospodařování lesů se využívá pařezové výmladnosti některých druhů listnatých dřevin, například vrb, dubů a akátů. V pařezinách bylo dříví pro topení, popřípadě tenké méně kvalitní sortimenty užitkového dříví, získáváno již ve 20. až 30. letech dvacátého století.

V současné době mohou být zkušenosti v lesním hospodářství uplatněny při využívání zemědělských půd k produkci biomasy pro energetické účely. Nejvhodnější pro tento účel jsou tzv. rychlerostoucí dřeviny (r.r.d.). Rychlerostoucí dřeviny jsou dřeviny s krátkou obmýtní dobou a s hmotovým přírůstkem významně převyšujícím průměrný hmotový přírůstek ostatních dřevin. Zakládání plantáží r.r.d. s krátkou obmýtní dobou se jeví jako účelný způsob k využití přebytečné zemědělské půdy.

#### **Klimatické a půdní podmínky pro rychlerostoucí dřeviny**

Pěstování r.r.d. se uplatní zejména v oblastech s mírným podnebím a na půdách s dobrou zásobou vody a živin. V horších klimatických podmínkách není záruka výnosu a může dojít i k poškození mrazem. Nabízí se využití půdy v lokalitách ohrožených imisemi, kde je omezeno pěstování plodin pro potravinářské účely.

#### **Požadavky a druhy dřevin pro pěstování na rychlerostoucích plantážích**

V zájmu efektivnosti pěstování r.r.d. na orné půdě je třeba zajistit splnění zejména následujících požadavků:

- extrémně vysoký vzrůst rostlin v mládí,
- výborné obrůstací schopnosti pařezů po obmýtní,
- snášenlivost konkurence bez regulovatelných zásahů,
- odolnost proti škůdcům a chorobám,
- uzpůsobený pozemek k mechanizačnímu zpracování.
- mocnost ornice min. 30 cm, opt. 70 cm,
- hodnota pH min. 5,5,
- vysoká hladina spodní vody (60 až 120 cm, nesmí klesnout pod 2 m).

Z dřevin, které respektují uvedené podmínky, je nejznámější topol černý a balzámový, popř. další topoly i jejich hybridy. Rovněž vrby přinášejí dobré výsledky. Z ostatních druhů, které jsou dosti přizpůsobivé, ale také méně výkonné, je možné jmenovat akát, olši, osiku i břízu. Všechny používané druhy a sorty jsou světlomilné, pěstování musí být vedeno v souladu s obmýtní dobou. Obecně lze říci, že vytipování nejvýnosnější rostliny bude otázkou konkrétního stanoviště každé oblasti.

Sazenice (řízky) pro vysazování na produkčních (výmladkových) plantážích jsou pěstovány na tzv. reprodukčních plantážích topolů a vrb. Na produkčních plantážích

jsou vysazovány ručně. Zemědělská půda musí být pro tyto účely vyňata ze zemědělského půdního fondu. V současné době jsou v ČR rychle rostoucí dřeviny osázeny na 30 až 40 ha produkčních plantáží. Výroba fytohmoty tímto způsobem je ve stadiu výzkumu (5 ha) nebo maximálně poloprovozních zkoušek.

Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví v Průhonicích (VÚKOZ) uvádí kromě své plantáže o rozloze 5 ha dalších devět zdrojů ověřeného výsadbového materiálu - řízků. Těchto deset pěstitelů sadby může poskytnout ročně celkem asi 230 tisíc řízků. Při potřebné sadbě 10 tisíc řízků na 1 ha produkční plantáže je roční nárůst plochy osázené rychle rostoucími dřevinami v ČR přibližně 23 ha.

Rychle rostoucí dřeviny mohou být sklizeny pro energetické potřeby v obmýcích vždy po třech až pěti letech, poprvé tedy po třech až pěti letech po založení plantáže. Životnost produkční plantáže je 15 až 20 let. U produkčních plantáží o ploše větší než 10 ha je nutná speciální sklízecí technika, která v ČR zatím není k dispozici.

Pěstitelé odhadují, že plantáže rychle rostoucích dřevin výrazněji ovlivní podíl na celkové tuzemské spotřebě prvotních energetických zdrojů až v příštích 20 až 25 letech. Časové schéma plantáže r.r.d. v podmínkách ČR je uvedeno v Tabulce č. 14.

Očekává se, že přínosem pěstování rychle rostoucích dřevin bude:

- vytváření nových pracovních míst, především ve specializovaných výrobních společnostech,
- péče o plantáže je náročnější na pracovní síly (asi 1,5 pracovníka na 10 ha) než pěstování energetických bylin, olejnin a stébelnin (asi 0,1 pracovníka na 10 ha),
- tvorba krajiny v místech, kde jsou podmínky vhodné pro růst vrb a topolů (na březích vodotečí a v zátopových oblastech),
- využití zemědělské půdy pro nepotravinářskou produkci (snížení nadprodukce potravin),
- rozvoj zemědělských oblastí,
- náhrada fosilních paliv a tím snížení znečištění ovzduší a globálního poškození ekosystémů,
- snížení závislosti na dovozu paliv z jiných zemí,
- snížení obchodního deficitu.

Tab. č. 14 Časové schéma plantáže r.r.d. v podmínkách ČR

Fáze plantáže (délka: roky)	Obmýtí	Pracovní činnost v roce (v pořadí od března do února příštího roku)
<b>Přípravná</b> <b>0-1 rok</b>		Výběr akreditované projekční kanceláře Volba vhodného stanoviště - volba sortimentu dřevin (klonů) Příprava půdy (jaro, podzim rok před výsadbou) - mechanické odplevelování příp. přípravná vyrovnávací plodina, - podzimní hluboká orba a srovnání pozemku
<b>Realizační:</b> <b>15-25 let</b> (sklizeň lze opakovat 4-6 x)	I obmýtí - 3(-4) leté	<b>Rok výsadby</b> Jarní kultivátorování příp. vyrovnání pozemku III-IV: Hnojení (podle výsledků půdních rozborů) III-IV: Výsadba řízků dřevin (manuální, sazečem) V-VII: Omezování plevelů - mechanické 1-4x podle situace XII-III: Výchovný zásah: seříznutí prýtů (V>0.8m) <b>Druhý rok po výsadbě</b> III-IV: Kontrola stavu po zimě - poškození, ztráty, růst IV-VI: Omezování plevelů mechanicky podle potřeby III-IV: Přihnojení (podle výsledků půdních rozborů) <b>Třetí rok po výsadbě - rok sklizeň</b> III-IV: Kontrola porostu po zimě a odhad produkce biomasy Rozhodnutí o sklizni (mechanizace, čas, odbyt) V zimě (XII-III): Sklizeň biomasy <b>Rok po sklizni</b> IV-V: Kontrola obrážených dřevin po sklizni - ztráty, růst III-IV: Přihnojení dle výsledků půdních rozborů III-VI: Omezování plevelů mechanicky podle potřeby
	II - VI obmýtí	<b>Roky mezi sklizněmi</b> IV-V: Kontrola stavu po zimě - poškození, ztráty, růst <b>Rok sklizeň</b> Kontrola porostu po zimě Rozhodnutí o sklizni (mechanizace, čas, odbyt, odhad produkce biomasy) V zimě (XII-III): Sklizeň biomasy
<b>Likvidační</b> <b>0-1</b>		Po poslední sklizni odstranit půdními frézami pařízky na úroveň terénu Rotavátorem a hlubokou orbou rozrušit kořenový systém Vysít požadovanou zemědělskou plodinu příp. založit novou plantáž r.r.d. V případě vyčerpání živin dohnojit nebo vysadit přípravnou plodinu (např. jeteloviny).

### 2.3. Odpadní biomasa

Další skupinou biomasy podle základního kritéria dělení na biomasu cíleně pěstovanou a odpadní je druhá zmíněná. Jedná se o odpady z živočišné a rostlinné výroby nebo z lesní těžby. Argumentem pro jejich využití je možnost získání lokálního energetického zdroje, nezávislého na cenách za primární paliva od dodavatelů. Pokud se technologie a výroba prokáže jako rentabilní, společnost nebo obec získává další zdroj příjmů. V podmínkách ČR jde především o využití biomasy z těchto zdrojů:

1. **Rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby:** kukuřičná, obilná, řepková sláma, zbytky po likvidaci křovin a lesních náletů, dřevní odpady ze sadů a vinic, luk a pastvin.

2. **Odpady z živočišné výroby:** exkrementy z chovů hospodářských zvířat, zbytky krmiv, odpady z mléčnic a z přidružených zpracovatelských kapacit.
3. **Lesní odpady:** dřevní hmota z lesních probírek, kůra, větve, pařezy, kořeny, palivové dřevo, manipulační odřezky, klest.
4. **Organický podíl tuhých komunálních odpadů,** komunální organické odpady z venkovských sídel, kaly z čistíren odpadních vod, odpadní organické zbytky z údržby zeleně a travnatých ploch.
5. **Organické odpady z potravinářských a průmyslových výrob** (odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce, odpady z jatek, mlékáren, lihovarů, cukrovarů, konzerváren, z vinařských provozů, odpady ze stravovacích provozů, odpady z dřevařských provozů – odřezky, hobliny, piliny, odpady z papíren),
6. **Upravená biomasa smíchaná s jinými hořlavými materiály,** které vznikají při některých průmyslových činnostech, např. uhelný mour, bělicí hlinky z olejářského průmyslu, kaly z ČOV apod. U těchto kombinovaných paliv při jejich spalování je však zcela nezbytné provést příslušné rozbory a následná měření vznikajících emisí.

### 2.3.1. Rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby

Z energetického pohledu pro proces spalování jsou nejvýznamnější skupinou rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby (sláma apod.). Z energetického hlediska jsou dále významnou složkou odpady ze živočišné výroby, které jsou ovšem používány především k výrobě bioplynu za použití anaerobní digesce a anaerobní fermentace resp. alkoholového kvašení. Pro potřeby této studie bude podrobněji popsána pouze první skupina tj. odpady ze zemědělské prvovýroby.

#### **Obilná sláma**

Obiloviny zaujímají v ČR 51,5 % plochy zemědělské půdy. V roce 2002 byly sklizeny obiloviny z celkové plochy 1 580 000 ha a při uvažovaném průměrném výnosu 4 tuny slámy z hektaru bylo dosaženo celostátní produkce 6 320 000 t slámy. Největší množství slámy je vyprodukováno v jihomoravském a středočeském regionu. V horizontu roku 2006 se pohybuje sklizňová plocha na poměrně stabilní úrovni - výhled pro rok 2006 je 1 479 000 ha, což při zachovaném výnosu slámy přináší 5 916 000 t slámy.

Při výhřevnosti slámy 14,4 GJ.t<sup>-1</sup> a roční produkci cca 6.000 000 tun, uvažované v dlouhodobém horizontu, a účinnosti spalování 80 %, je teoreticky možno z vyprodukované slámy získat 69 000 TJ energie. Tato hodnota reprezentuje teoretický potenciál energetického využití slámy.

Celkový výnos slámy není možno v plné míře využít. Z celkového množství vyprodukované obilní slámy lze pro nezemědělské (např. energetické) využití uvažovat maximálně 20-30 %. Zbývající sláma zůstává v zemědělských podnicích ke krmení a na stelivo, část slámy zůstává na polích k zaorání. **Využitelný potenciál obilné slámy** při

30% využití 1 800 000 tun slámy ročně s uvažovanou výhřevností  $14,4 \text{ GJ.t}^{-1}$  je 25 920 TJ.

Plnému využití dostupného potenciálu brání celá řada překážek souvisejících s nutností dopravy slámy na místo využití, ochotou zemědělců a zemědělských podniků poskytovat část vyprodukované slámy atd. Vzhledem k těmto překážkám není možno dostupný potenciál stoprocentně využít. Reálný potenciál se pohybuje od 7 % (v realistickém scénáři) do 20 % (v optimistickém scénáři) roční produkce slámy. Při realistických předpokladech použitých pro dlouhodobý horizont roku 2010 a využití 7 % vyprodukované slámy je využitelný potenciál obilní slámy 420 000 tun ročně, tj. 6 050 TJ.

### **Řepková sláma**

Sláma olejnin není většinou vhodná pro krmení ani stlaní, takže se stává dokonce i určitým druhem odpadu. S velkým úspěchem ji proto lze využívat pro energetické účely, pro přímé spalování. Řepka se u nás pěstuje ve 30 odrůdách, z nichž je 7 jarních a zbývajících 23 je řepka ozimá. Řepka olejná patří z hlediska agroenergetiky k významným plodinám. Oproti obilní slámě, u které se počítá s výhřevností  $14,0 - 14,4 \text{ GJ.t}^{-1}$ , má řepková sláma vyšší výhřevnost - 15 až  $17,5 \text{ GJ.t}^{-1}$ .

Od roku 1989 se výměra sklizňové plochy řepky v České republice zdvojnásobila. Na výši hektarových výnosů řepky olejné má vliv průběh počasí během zimy, zvláště dlouhotrvající zima má zásadní vliv na přezimování porostů. Dalším významným faktorem je stav včelstev a jejich rozptýlení po krajině. Nepřízeň počasí a snížení stavu včelstev snižuje opylení řepky olejné a tím výnosy této plodiny.

Narůstající spotřeba semene řepky olejné pro potravinářské a nepotravinářské (produkce bionafty) účely a efektivní zhodnocení na trhu umožňuje rozšiřování osevních ploch, ale za předpokladu dodržení zásad řádné agrotechniky a časového odstupu pro pěstování řepky ozimé. Podle těchto zásad je možné řepku olejnou pěstovat až do 12,5 % maximálního zastoupení na orné půdě a v běžném osevním postupu s minimálně čtyřletým časovým intervalem.

Celková osevní plocha 270 000 ha (rok 2005). Výnos řepkové slámy se v ideálním případě pohybuje kolem  $4 \text{ t.ha}^{-1}$ , což by v ideálním případě, tj. při 100% využití slámy a osevní ploše 270 000 ha, přineslo roční produkci 1 080 000 tun slámy. Při výhřevnosti řepkové slámy  $15 \text{ GJ.t}^{-1}$  je využitelný potenciál vyprodukované řepkové slámy 16 200 TJ. Vzhledem k tomu, že část slámy je zaorávána a řepka je pěstována i v oblastech, kde jsou dosahovány nižší výnosy slámy a vzhledem k různým dalším překážkám, souvisejícím s nutností dopravovat slámu na místo využití, ochotou zemědělců a zemědělských podniků poskytovat část vyprodukované slámy atd., bude možno využít 60 % vyprodukované řepkové slámy. Při osevní ploše řepky 270 000 ha tak činí využitelný potenciál řepkové slámy 648 000 tun, tj. 9 800 TJ.

### **Spalování slámy**

Technologii spalování slámy lze rozdělit do tří skupin :

- a. celé balíky,

- b. doplnění odstříháním balíků,
- c. rozdužením balíků.

Jednotlivé technologie se liší hlavně v principu regulace:

- a) zhoršená regulovatelnost výkonu, spatný začátek a konec hoření, nemožnost stabilizace hoření jiným palivem,
- b) oproti a) lepší regulovatelnost, horší zapalování a konec procesu,
- c) dokonalá regulovatelnost hoření, možnost stabilizace hoření jiným palivem (dřevem, uhlím).

Z hlediska spalování slámy je nejdůležitější vlastností její rychlá a snadná zplynovatelnost. Při teplotách kolem 200 °C se sláma z cca 80 % zplynuje, což ji odlišuje nejen od ostatních pevných paliv, zejména koksu, který má zplyňujících částí jen 4 %, ale i dřeva, které má zplyňující podíl kolem 70 %. Velký vývin spalných plynů, zabraňujících vnikání vzdušného kyslíku a tím i jejich dokonalému prohoření, vyžaduje naprosto odlišné provedení topenišť s dobře promyšlenými přívody primárního, sekundárního a u velkých zařízení i terciálního vzduchu a velkými dohořivacími prostory před teplosměnnými plochami.

Další vlastností slámy je, že její popel, tvořený lehce tavitelnými mineráliemi, především uhličitánem draselným, uhličitánem vápenatým a kysličníkem křemičitým, začíná měknout při teplotách kolem 830°C a při teplotách 850-900°C se lehce tvoří sklovitá hmota, která nejen poškozují vyzdívku topenišť, ale je i obtížně odstranitelná. Tomuto jevu se čelí dvoustupňovým hořením, kde se v první části sláma zplynuje a v druhé části teprve spalné plyny, bez vlivu na popel, za přístupu sekundárního vzduchu prohořívají vyšší teplotou.

Struktura slámy je příčinou úletu jemného popílku tvořeného jednak nespálenými nebo zuhelnatěnými drobnými částicemi slámy, jednak popelovinami, které mají snahu částečně se nalepovat na teplosměnné plochy, částečně odlétávat do ovzduší. Proto je velmi důležité, aby se sláma při celém procesu spalování nedotkla keramiky, neboť vznikajícími nápeky se vyzdívka ničí. Velmi důležitý je i řízený odtahový ventilátor.

Vlastnosti slámy jako paliva ovlivňující i hranici použitelnosti v určitých výkonových třídách kotlů. Vývoj prokázal, že zatímco briketovaná a peletkovaná sláma, která formou i hmotností připomíná uhelné palivo, se může spalovat v kotlích od tepelného výkonu kolem 25 kW, rozduženou slámu je lépe spalovat až od tepelného výkonu 200 kW. Peletkovanou slámu se však nedaří spalovat ani v malých topeništích, neboť pelety se obalí popelem a zhasínají. U větších výkonů je zcela neekonomické spalovat briketovanou nebo peletkovanou slámu (cena je mnohonásobně vyšší než cena rozdužení).

### 2.3.2. Energetické využití odpadů

Veškerá výrobní i nevýrobní činnost společnosti je doprovázena vznikem odpadů. Otázkou jejich odstranění nebo racionálního využití z hlediska ochrany životního prostředí

i z hlediska ekonomického se lidstvo zabývá přibližně od počátku 90. let. Produkce odpadů s přibývajícím věkem v celosvětovém měřítku stoupá, což je dáno jak technickým pokrokem, tak neustále rostoucím množstvím lidské populace, která odpadní látky vytváří.

I Česká republika stojí před tímto problémem. Zvláště pak proto, že v období 90. let na základě dvojnásobné i vyšší spotřeby energie a surovin ve srovnání s tehdejšími průmyslově vyspělejšími zeměmi docházelo v ČR k nadměrné produkci odpadů. Vliv na dnešní situaci mělo i to, že odpady byly často nedostatečně využívány a nevhodným způsobem odstraňovány. Ekonomické ztráty z nedostatečného zpracování odpadů na druhotné suroviny byly značně vysoké. Uvádí se hodnota větší než 10 miliard korun ročně. Využívalo se zhruba 40-45 % průmyslových odpadů a méně než 5 % komunálních odpadů. Důležitým nástrojem pro prosazování nové státní ekonomické politiky s cílem dosáhnout zásadních změn, se staly programy odpadového hospodářství.

Srovnáním situace u nás a v zemích Evropské unie zjistíme, že v této oblasti máme rozhodně co dohánět, neboť v ČR je termicky odstraňováno pouze 6 % odpadů, zatímco v zemích EU je tento podíl podstatně vyšší, v průměru 30 %. Trendem vývoje je tedy omezování přímého ukládání odpadů na skládky a zaměření se na materiálové, ale rovněž na tepelné využití. Pro potřeby této studie je požadován detailnější popis pouze komunálních odpadů včetně čistírenských kalů a popis odpadů průmyslových. Považujeme však za důležité stručně shrnout rozdělení všech druhů odpadů a způsoby jejich dalšího využití

### **Druhy odpadů**

#### ***Rozdělení podle Katalogu odpadů***

Vyhláškou č. 503/2004 Sb. se stanoví Katalog odpadů, seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů. Původci odpadů a oprávněné osoby, zařazují odpady pod šestimístní katalogová čísla druhů odpadů, uvedená v katalogu odpadů. První dvojčíslí označuje skupinu katalogu odpadů (20 skupin podle odvětví, oboru nebo technologického procesu, v němž odpad vzniká), druhé dvojčíslí podskupinu (bližší identifikace oboru) a třetí dvojčíslí druh odpadu.

Kategorie odpadů jsou přesně vymezeny zákonem o odpadech a vyhláškou MŽP, kterou se vyhlašuje Katalog odpadů. Každý druh odpadu uvedený v Katalogu odpadů má přidělenou jednu ze dvou kategorií:

ostatní (inertní) odpad – odpad nevykazující nebezpečné vlastnosti pro člověka nebo životní prostředí (pro účely evidence se označuje písmenem "O"),  
nebezpečný odpad - odpad, který vykazuje jednu nebo více nebezpečných vlastností, které jsou uvedeny v příloze č.1 zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech, a v katalogu odpadů je označen symbolem "\*\*\*" (pro účely evidence se označuje písmenem "N").

#### ***Odpady můžeme také rozdělit podle***

- vlivu na člověka a životní prostředí,
- základních fyzikálních vlastností,

- základních oborů hospodářské činnosti,
  - výrobní (z průmyslu, zemědělství a lesnictví, stavební činnosti),
  - spotřební (komunální odpad),
- možností využití odpadů jako druhotných surovin,
  - využitelný odpad,
  - nevyužitelný odpad.

### 2.3.3. Nakládání s odpady

Pojem nakládání s odpady je definován v zákoně č. 314/2006 Sb., o odpadech ve znění pozdějších předpisů. Tímto pojmem se rozumí jejich shromažďování, soustředování, sběr, výkup, třídění, přeprava a doprava, skladování, úprava, využívání a odstraňování.

Při nakládání s odpady nesmí být ohroženo lidské zdraví nebo poškozováno životní prostředí. Nesmějí být překročeny limity znečišťování stanovené zvláštními právními předpisy. K dosažení ekologického způsobu nakládání s odpady je třeba volit následující postupy:

- omezení (minimalizace) vzniku odpadů u výrobce,
- třídění odpadů u původce,
- recyklace využitelných surovin, včetně kompostování bioodpadů,
- energetické využití odpadů spalováním,
- materiálové využití pevných zbytků po spalování (ve stavebnictví),
- skládkování odpadů, které nelze využít.

### 2.3.4. Shromažďování a sběr odpadů

**Shromažďováním odpadů** se podle zákona č. 314/2006 Sb. ve znění pozdějších předpisů rozumí jejich krátkodobé soustředování odpadů do shromažďovacích prostředků v místě jejich vzniku před dalším nakládáním s odpady.

**Sběrem odpadů** se podle zákona č. 314/2006 Sb. míní soustředování odpadů právnickou osobou nebo fyzickou osobou oprávněnou k podnikání od jiných subjektů za účelem jejich předání k dalšímu využití nebo odstranění.

Požadavky na shromažďování odpadů vyplývají z požadavků na celý proces odstraňování odpadů, které lze stručně formulovat takto: dopravit odpady od okamžiku jejich vzniku na místo konečného zpracování v době co nejkratší, hygienicky a esteticky nezávadně a s minimálními náklady.

### 2.3.5. Třídění odpadů

Mezi základní fyzikální vlastnosti, podle nichž je možné odpady třídit, patří velikost, tvar, povrchové charakteristiky, měrná hmotnost, elektrická vodivost, radioaktivita apod.

Třídění může být následující:

- **třídění podle velikosti** – materiál se třídí za mokra nebo za sucha na sítích s různou velikostí ok nebo třídičích. Dále možno třídít pomocí odstředivek, filtrů a cyklónů,
- **magnetické třídění** – pro třídění materiálu, který je ovlivňován magnetickým polem. Třídí se pomocí magnetického separátoru,
- **optické třídění** – pro třídění PET láhví a nápojových kartónů. Třídí se pomocí vzduchových trysek, které vytřídí odpady do separačních kontejnerů. Využívá se spektra blízkého infračervené oblasti,
- **separace neželezných kovů** – rychle rotující magnety vytvářejí v hliníku elektrický proud, díky kterému vzniká magnetické pole opačné k poli separátoru. Takto lze vytřídít například hliník.

### 2.3.6. Úprava odpadů

Úpravou odpadů se podle zákona č. 314/2006 Sb. ve znění pozdějších předpisů rozumíme změnu chemických, fyzikálních (včetně třídění) nebo i biologických vlastností odpadů. Úprava odpadů se provádí pro usnadnění dalšího nakládání s odpady, zejména při jejich dopravě, využití, odstranění nebo za účelem snížení objemu, případně snížení jejich nebezpečných vlastností.

### 2.3.7. Využívání odpadů

Tento pojem je vysvětlen v zákoně č. 314/2006 Sb. o odpadech ve znění pozdějších předpisů, kde jsou využíváním míněny činnosti, které jsou uvedeny v příloze č. 3 k tomuto zákonu. Každý má podle tohoto zákona zajistit přednostní využití odpadů před jejich odstraněním a materiálové využití má přednost před jiným využitím odpadů. Za způsoby využívání se rozumí například recyklace - znovuzískávání kovů a kovových sloučenin, regenerace kyselin nebo zásad, získání složek katalyzátorů, rafinace použitých olejů nebo jiný způsob opětovného použití olejů.

Podle zákona se rozlišují dva základní způsoby využívání:

- materiálové využití odpadů - což je náhrada prvotních surovin látkami získanými z odpadů, které lze považovat za druhotné suroviny, nebo využití látkových vlastností odpadů k původnímu účelu nebo jiným účelům, s výjimkou bezprostředního získávání energie,
- energetické využívání odpadů – je použití odpadů hlavně způsobem obdobným jako paliva za účelem získání jejich energetického obsahu nebo jiným způsobem k výrobě energie.

### 2.3.8. Odstraňování odpadů

Podle zákona č. 314/2006 Sb. ve znění pozdějších předpisů se odstraňováním odpadů rozumí činnosti uvedené v příloze č. 4 k tomuto zákonu. Mezi způsoby odstraňování odpadů patří ukládání v úrovni nebo pod úrovní terénu (např. skládkování apod.), úprava

půdními procesy, hlubinná injektáž, spalování na pevnině, konečné či trvalé uložení nebo smíšení odpadů před jejich odstraněním některým z postupů uvedených po označení D1 až D12.

Hlavní způsoby odstraňování odpadů zahrnuje ukládání na skládku, ukládání do podzemních prostor, biologickou úpravu, termickou úpravu, fyzikální úpravu, chemickou úpravu a fyzikálně – chemickou úpravu odpadů.

### **Skládkování**

Klasickým a dosud převládajícím způsobem nakládání s odpady. Za situace, kdy nejsou do zhodnocení ekonomiky výroby pro společenskou spotřebu zahrnovány všechny záporné vlivy na životní prostředí, je takovýto způsob zneškodňování zdánlivě nejjednodušší a nejlevnější. Jedná se trvalé uložení odpadu, splňující požadavky ochrany životního prostředí.

Zákon č. 314/2006 Sb. o odpadech ve znění pozdějších předpisů definuje skládku jako technické zařízení určené k odstraňování odpadů jejich trvalým a řízením uložením na zemi nebo do země. Dále stanovuje zvláštní ustanovení pro skládkování odpadů, ve kterém jsou uvedeny povinnosti provozovatele skládky. Stanovuje poplatky za ukládání odpadů na skládky, finanční rezervu pro rekultivaci a asanaci skládky.

Vyhláškou č. 41/2005 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady stanoví Ministerstvo životního prostředí seznam odpadů, které je zakázáno ukládat na skládku, případně které lze ukládat na skládku pouze za určitých podmínek. Technické požadavky na skládky a podmínky jejich provozu a způsob hodnocení odpadů podle vyluhovatelnosti a mísitelnosti.

### **Biologické metody odstraňování odpadů**

Biologické metody se uplatňují při úpravě odpadů a organických materiálů a jedná se o:

- kompostování,
- anaerobní digesce,
- mechanicko – biologická úprava.

- **Kompostování**

Kompostování je aerobní biologický rozkladný proces, jehož účelem je co nejrychleji a nejehospodárněji odbourat původní organické substance v odpadu a převést je na stabilní humusové látky, které jsou prospěšné rostlinám. Kompostování odpadů je ve srovnání se skládkováním, skutečným způsobem jejich odstranění. Přednost kompostování spočívá v tom, že umožňuje vrátit původní materiály do přirozených potravních cyklů. Rovněž se snižuje množství odpadů a objem odpadů (až o 50 %).

- **Anaerobní digesce**

Je to technologie výroby bioplynu z biologických odpadů. Řízená anaerobní digesce je perspektivní způsob ekologického zpracování zbytkové biomasy. Jedná se o bioenergetickou transformaci organických látek, při které dochází ke snížení jejich hnojivé hodnoty. Tato technologie využívaná v bioplynových stanicích je souborem procesů, ve

kterých směsná kultura mikroorganismů rozkládá biologicky odbouratelnou organickou hmotu, bez přístupu vzduchu.

Produkty anaerobní digesce jsou bioplyn, využívající se pro přímé spalování a ohřev, výrobu elektrické energie, tepla a chladu a dále biologicky stabilizovaný substrát, využívající se pro přímou aplikaci na zemědělskou půdu.

- **Mechanicko-biologická úprava**

Tato metoda je určena především na zpracování zbytkového komunálního odpadu. V našich podmínkách se jedná o komunální odpad, který byl již vytríděn na jednotlivé komodity (papír, plasty, sklo apod.). Hlavním cílem je předprava odpadů před uložením na skládky a částečné využití některé složky těchto odpadů. Na lince jsou odpady nejprve mechanicky roztříděny pomocí sít, magnetických separátorů apod. Podsítná frakce obsahuje především biodegradabilní materiály. Tato frakce je stabilizována biologickými metodami, jelikož takto stabilizované odpady již na skládce nepodléhají biologické degradaci.

Výstupy mechanicko – biologické úpravy jsou: lehká frakce – palivo (pro briketování nebo peletizaci), stabilizovaný bioodpad, kovy, těžké materiály (kamínky, sklo).

### **Termické metody odstraňování odpadů**

Tímto pojmem lze souhrnně označit technologie, při nichž dochází k působení na odpadní látku teplotou přesahující meze její chemické stability, popřípadě ke spolupůsobení teploty a kyslíku v prostředí s regulovaným obsahem kyslíku. Pod tento pojem lze souhrnně zahrnout spalování, zplyňování, pyrolýzu, plasmové metody a další. Těmito postupy jsou původně nebezpečné látky v hořlavých odpadech přeměněny na poměrně neškodné produkty. Tyto metody nejsou konečným způsobem odstranění odpadů, neboť vznikají vedlejší produkty (popel, struska, plynné látky). Používané teploty jsou v širokém rozmezí, nejčastěji mezi 300 °C a 1 500 °C, výjimečně i teploty vyšší, u plasmových metod 6 000 °C až 12 000 °C.

Podle obsahu kyslíku v reakčním prostoru vůči odstraňované látce rozlišujeme:

- **procesy oxidační** – což jsou procesy, při nichž je obsah kyslíku v reakčním prostoru stechiometrický nebo vyšší vzhledem k obsahu hořlavých látek v odpadu. Patří sem spalování,
- **procesy redukční** – jimiž rozumíme takové procesy termického odstranění odpadů, při nichž je obsah kyslíku v reakčním procesu nulový nebo podstochiometrický vzhledem k obsahu hořlavých látek v odpadu. Mezi tyto procesy řadíme pyrolýzu a zplyňování.

#### ➤ **Spalování odpadů**

Je řízené exotermické slučování hořlavých složek odpadů s kyslíkem za stechiometrických nebo nadstechiometrických podmínek. Spalování patří mezi nejradikálnější a hygienicky nejučinnější způsob odstraňování odpadů. Předností je značná redukce původního objemu a podstatné snížení kontaminantů. Pro některé

odpady, zejména zdravotnické nebo chemické, to je jediný způsob možného odstranění. Příznivým aspektem této metody je možnost využití tepla, uvolněného při spalování nebo jeho konverze na jinou formu energie. Odpady jsou považovány jako méněhodnotné palivo, pro svou nehomogenitu, různorodost termofyzikálních i chemických vlastností odpadů. Každé palivo je charakterizováno obsahem hořlaviny, obsahem popela a vlhkosti, jejichž součet musí být roven 100 %.

#### ➤ **Pyrolýza odpadů**

Pyrolýzou rozumíme termický rozklad organických materiálů za nepřístupu médií obsahující kyslík (vzduch, oxid uhličitý, vodní pára), jež vede ke vzniku jednotlivých plynných, kapalných a pevných frakcí. Proces je obvykle doplněn jejich odděleným spalováním. Podstatou pyrolýzy je, že při vyšších teplotách jsou organické sloučeniny méně stabilní, vyšší molekulární látky se rozkládají na nízkomolekulární, což vede k jejich rozpadu na těkavé produkty a koks. Tento proces probíhá v oblasti teplot 150 °C až 1 000 °C. Podle použitých metod rozlišujeme:

- nízkoteplotní pyrolýzu (reakční teploty do 500 °C),
- středněteplotní pyrolýzu (reakční teploty v rozmezí 500 °C až 800 °C),
- vysokoteplotní pyrolýzu (reakční teploty nad 800 °C).

Mezi výhody patří možnost ekonomické produkce topného oleje, nižší investiční náklady a vznikající plynné produkty jsou zlomkem množství spalin vznikajících při spalování.

#### ➤ **Zplyňování odpadů**

Podstatou zplyňování je přeměna uhlíkatých materiálů za vyšších teplot (nad 800 °C) na hořlavé plynné látky, a to za přívodu podstechiometrického množství vzduchu či jiného oxidovadla, čímž dochází k další přeměně vzniklého koksového zbytku na plynné produkty. Tento proces je silně endotermický. Výhodou tohoto procesu je, že díky vysokým teplotám odpadají problémy s tvorbou vysoce toxických dioxinů, furanů a polycyklických aromatických uhlovodíků. Redukční prostředí rovněž brání vzniku oxidů dusíku.

#### ***Dělení odpadů podle místa vzniku***

Termickými postupy (spalováním) lze odstraňovat, případně energeticky využívat rozsáhlou škálu odpadů, vyskytujících se ve skupenství pevném (pastovitém), kapalném i plynném. Dělení spalitelných odpadů podle místa vzniku je možno rozdělit následovně:

- odpady komunální (včetně čistírenských kalů),
- odpady průmyslové,
- odpady zemědělské a lesnické,
- odpady speciální (nemocniční, veterinární).

## 2.4. Komunální odpady (včetně čistírenských kalů)

Pod pojmem komunální odpady rozumíme odpadové materiály vznikající v sídelních útvarech a zahrnující následující hlavní skupiny:

- tuhé odpady z domácností,
- uliční odpady a smetky, odpad z parků a zahrad,
- odpady ze služeb, malých výroben,
- odpad ze škol, úřadů, institucí a obchodů,
- kaly z čistíren odpadních vod.

Z hlediska spalovacích procesů může být komunální odpad považován za směs hořlavých materiálů, popela a vlhkosti. Převažující složka tuhých komunálních odpadů (TKO) vznikající při běžném provozu domácností je domovní odpad, jehož složení je značně proměnlivé jak v závislosti na ročním období a může se měnit i ze dne na den. Chemické složení a výhřevnost základních látkových skupin tuhých domovních odpadů s uvedením jejich podílového zastoupení v celkovém vzorku odpadů uvádí Tab. č. 15.

Tab. č. 15 Průměrné složení domovních odpadů

Složka odpadů	Hm. [%]	H <sub>2</sub> O [%]	C [%]	H <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	N <sub>2</sub> [%]	S [%]	Popel [%]	Výhřevnost [MJ.kg <sup>-1</sup> ]	
									Opadu	Hořlaviny
Škvára	4,5	19,9	41,3	1,3	5,1	-	2,9	29,9	16,21	31,66
Popel z kamen	22,9	16,6	14,4	0,2	0,2	-	1,6	67,0	4,07	24,86
Papír	32,5	5,5	35,0	5,1	39,1	-	0,2	15,5	15,54	19,52
Zelenina	19,3	76,5	11,1	1,4	8,1	0,7	0,1	2,1	4,65	21,77
Kovy	7,1	-	-	-	-	-	-	100,0	-	-
Sklo	7,9	-	-	-	-	-	-	100,0	-	-
Hadry	2,2	14,0	31,0	5,4	38,7	2,3	0,5	8,1	15,77	20,24
Ostatní	3,5	2,9	67,7	8,6	7,8	-	0,9	12,1	34,29	40,36
<b>Složení celkovéh o vzorku</b>	<b>100,0</b>	<b>21,5</b>	<b>21,7</b>	<b>2,5</b>	<b>15,6</b>	<b>0,2</b>	<b>0,6</b>	<b>37,6</b>	<b>9,15</b>	<b>22,4</b>

### 2.4.1. Čistírenské kaly

Další možnou složkou, která je energeticky vysoce využitelná, jsou čistírenské kaly. V následující části je uveden přehled jejich vzniku, jejich množství, technologie jejich úpravy a informace dostupné o jejich úpravě. Dále je uvedena technologie nakládání v zemích EU a způsoby jejího dalšího využití.

Podle novelizovaného zákona o odpadech č. 314/2006 Sb., a v souladu se směrnicí EU č. 86/278/EEC patří kaly z komunálních čistíren a jím podobných ČOV mezi vybrané, jmenovitě uváděné druhy odpadů, pro které jsou pro jejich využití (zejména v zemědělství) stanoveny usměrňující podmínky samostatným právním předpisem.

Idea prioritního využití čistírenských kalů v zemědělství před ostatními způsoby nakládání s odpady vychází nejen u nás hlavně z tradičního způsobu nakládání s čistírenskými kaly pro značný obsah živin a organické hmoty.

### **Měření a definování dezinfikovaného kalu**

Jestli je kal bezpečný, závisí na typu použití. Je zřejmé, že není potřeba kompletně sterilizovat kal. Cílem by mělo být zabít patogeny, které by potencionálně mohly způsobit zdravotní problémy v dané aplikaci. Podle jedné z definic je kal považován za hygienizovaný, jestliže salmonela je kompletně zničena. Tato definice připouští, že určité jiné patogeny (např. více rezistentní virusy) mohou přežívat, ale jejich přítomnost není uvažována jako zdravotní risk v souvislosti s obecným užitím kalu na hřiště nebo parky. Bohužel je velmi málo údajů o přežití patogenů v kalovém hospodářství. Více dat je k dispozici pro tzv. indikátor organismy (kohfonnní, streptokoky atd.) a kde je možné je používat k vyhodnocení účinnosti daného procesu.

### **Pasterizace**

Pasterizace je proces, kdy kal je zahřát po relativně krátkou dobu, např. na 70 °C po dobu 30 minut. Proces byl vyvinut v technickém měřítku ve Švýcarsku, kde hlavní cíl je eliminovat Salmonelu. Pasterizace nenahrazuje stabilizaci kalu, musí být kombinována s nějakým druhem stabilizace, obvykle anaerobní mezofilní stabilizace. Původně stabilizační krok byl prováděn před pasterizačním procesem. Pasterizovaný kal byl ale vysoce náchylný k znovu růstu enterobakterií včetně salmonely. Nebylo neobvyklé najít vyšší počty enterobakterií v pasterizovaném kalu po skladování než v surovém kalu.

Za účelem zlepšení tohoto stavu byly učiněny kroky k identifikaci kritických bodů: oddělené vedení pro surový a pasterizovaný kal, k chlazení používat pitnou vodu, nepřipustit žádné spojení mezi pasterizovaným a nepasterizovaným kalem, provádět lepší kontrolu uzavření nádrží personálem apod. Nicméně finální produkt často obsahoval salmonelu ve vysokých počtech. Teoretický základ pro znovu růst enterobakterií v pasterizovaném kalu není znám. Je třeba zdůraznit, že znovu růst je problém pouze určitých druhů. Jiné patogeny jako vajíčka parazitů, lidské a zvířecí virusy nejsou schopny mimo lidského nebo zvířecího hostitele růst. Tento problém vedl dočasně ve Švýcarsku ke snížení požadavků na dezinfekci kalu a výzkum byl zaměřen na překonání tohoto problému. To vedlo k tzv. prepasterizačnímu konceptu, tzn. že kal je pasterizován a pak dávkován do vyhřívací nádrže.

Užitím speciálně vyvinutých výměníků tepla může být proces veden za stejných energetických požadavků, jaké jsou normální pro mezofilní vyhřívání. Navíc prepasterizovaný kal má lepší odvodňovací schopnosti. Švýcarské zkušenosti demonstrují, že pokud pre-pasterizovaný kal je dávkován do vyhřívací nádoby, nenastane znovu růst enterobakterií. I v případě, jestli kal ve vyhřívací v počátku kontaminován, byl nalezen prudký pokles enterobakterií a jejich počty byly redukovány pod deklarovanou úroveň během několika týdnů. Při havarijním úniku kontaminovaného kalu ve vyhřívací nádrži došlo k dočasnému zvýšení počtu bakterií, ale tyto byly znovu rychle redukovány. Zjevně

enterobakterie nejsou schopny soutěžit s anaerobní florou ve vyhnívací nádrži, a proto se redukují v počtech.

Výsledky z pilotní čistírny v Německu potvrzují větší stabilitu pre-pasterizovaného kalu, ačkoli byly nalezeny rozdíly se švýcarskými daty. Po skladování nebyl pozorován žádný nárůst. Úroveň salmonely byla velmi nízká přes všechny stadia procesu. Z mikrobiologického hlediska je zajímavá otázka jaká kombinace času a teploty má být použita. Vzhledem k malé tepelné ztrátě v nižných typech výměníků je tato otázka méně důležitá z provozního hlediska.

Redukce teploty pasterizačního procesu povede pouze k menším ztrátám energie a zdá se, že není nutné měnit široce rozšířenou ale náhodně zvolenou kombinaci 70 °C po dobu 30 min.

- Je požadována určitá bezpečnost provozu.
- Větší množství organické hmoty může chránit patogeny proti účinku tepla, to nastane zejména když jsou absorbovány v částicích tuku do kterého teplo proniká pomalu.
- Experimenty v technickém měřítku demonstrovaly, že 60 °C je hraniční hodnota. 65-70 °C je nezbytné pro účinné zabití patogenů. Není pochyb, že proces pasterizace, který je v současnosti používán je vysoce efektivní pro zabíjení bakterií a řady virusů, ačkoli data provozních čistíren se v současnosti zaměřovaly na enterobakterie a salmonelu. Žádná redukce není očekávána pro teplo více tolerující formy života jako jsou určité druhy virusů a sporů.

### **Aerobní termofilní stabilizace**

Aerobní termofilní stabilizace byla vyvinuta pro stabilizaci kalu. Vysoký stupeň aerace použitý v tomto procesu iniciuje biologické procesy v takové intenzitě, že teplo generováno těmito procesy dosahuje teplot potřebných k dezinfekci. Rozlišujeme dva koncepty: aerace s čistým kyslíkem nebo se vzduchem. Jestliže je použit čistý kyslík, teploty, které jsou obvykle dosaženy jsou 60-80 °C. Je zřejmé, že dezinfekční efekt tohoto procesu bude minimálně ekvivalentní pasterizaci a často mohou být očekávány lepší výsledky díky delším, časům zdržení.

Jestliže je dodáván kyslík ze vzduchu, dosažená teplota se pohybuje mezi 40-60 °C, v závislosti na obsahu pevných látek, době zdržení a účinnosti aerátoru. V tomto teplotním rozmezí je účinnost dezinfekce redukována a jsou vyžadovány mnohem delší časy pro inaktivaci patogenů. Vztah čas teplota je obtížně určitelný. Aktuální stupeň úmrtnosti patogenů závisí na charakteristice kalu jako je pH, obsah pevných látek, detergentů atd. a návrhu vyhnívací nádrže. Navíc mohou být pozorovány efekty, že po počátečním relativně rychlém slupni redukce část populace bude přežívat mnohem delší dobu.

Tři a více hod za teplot mm 50 °C je nezbytné k zabití salmonely. V praxi patogeny jsou suspendovány v kalu, který je kontinuálně míchán ve vyhnívací nádrži. Tzn. že redukce očekávaná na základě vztahu čas teplota nemusí být dosažena v provozním měřítku díky zkratovým proudům. De facto míchací charakteristiky procesu ovlivňují finální výsledek více než kombinace čas teplota. Aerobně vyhnívaný kal při teplotě 49 °C s průměrným

časem zdržení 20 dní stále obsahuje značný počet indikátor, bakterií. Průměrné očekávané redukce jsou v log jednotkách: celkové koliformy 5,5, fekální koliformy 4,4 , fekální streptokoci 3,4 , enterické viry 2,6.

### **Kompostování**

Kompostování je proces, který je závislý na aerobním odbourání organické hmoty termofilními bakteriemi. Kal je míchán s plnivem, která slouží ke zvýšení porozity pro dobrou aeraci, k redukci obsahu vlhkosti a ke zlepšení poměru C : N. Často jsou všechny tři funkce kombinovány v jednom produktu např. sláma, dřevěná kůra nebo domovní odpad. Může být použit také neodbouratelný materiál jako jsou plastické hmoty, Byla vyvinuta řada kompostovacích procesů a proto je velice obtížné určit obecná data na očekávaný dezinfekční efekt. Obecně můžeme zvažovat dva základní procesy: kompostování na kompostovišti nebo kompostování v bioreaktoru.

Pro kompostování na kompostovišti je kal míchán s plnivem a vytvářen do tvaru stohu. Aby bylo možno obdržet hygienicky bezpečný produkt, je důležité, aby kal dosáhl kritickou teplotu po určitou časovou periodu. Toho může být dosaženo pravidelným obracením kompostoviště, např. jednou týdně. To, jestli výsledný produkt bude bezpečný závisí na klimatu a jiných faktorech.

Kontrola teploty během kompostování je možná v tzv. bioreaktorech, které byly vyvinuty převážně v SRN. Stupeň odbourání patogenů v bioreaktorech byl zkoumán Strauchem et. al. Podle této skupiny hygienicky bezpečný produkt obdržíme, když je teplota 60 °C udržována po dobu 24 hod. tzn. že patogeny odolávají vyšší teplotě lépe v procesu kompostování než v procesu pasterizace. To může být vysvětleno několika faktory: redukovaná vlhkost snižuje stupeň úmrtnosti, pronikání tepla do pevných částic je pomalejší, kompostovací materiál je nehomogenní.

### **Úprava vápnem**

Vápno je často přidáváno do kalů před odvodněním. To způsobuje vzrůst pH, které může dosáhnout hodnot 9-13 v závislosti na dodávce vápna a charakteristice kalu. Vegetativní bakteriální buňky (koliformní nebo salmonela) jsou rychle ničeny za hodnot pH nad 9 - 10. Za těchto hodnot pH bude také rychle zničena většina virů. Destrukce virů není způsobena pouze přímým efektem pH, ale také uvolňováním volného amoniaku za hodnot pH okolo 12. Kompletní destrukce může být dosažena přidáním nehašeného vápna do odvodněného kalu.

Teploty vzrostou na 70-80 °C a může být pozorováno rychlé odumírání patogenů. Nekompletní pronikání do agregátu není v tomto případě problém, protože hlavní smrtící faktor je teplo. Jestliže vápenný kal je skladován na hromadách, je nutno dbát na prevenci růstu bakterii včetně salmonely.

### **Ukládání čistírenského kalu na skládky**

Z hlediska očekávané likvidace kalu v budoucnosti, je z pohledu nákladů ukládání kalu na skládky další metodou, na níž je třeba brát zřetel. V ČR je tento způsob likvidace zatím

nejvíce využíván. Skládka může být určena výlučně pro ukládání určitého druhu kalu. Jinou kategorií jsou skládky, na nichž je podíl ukládaných kalů v poměru k tuhým odpadům ještě výrazný, a to od 15 % do 40 % hmotnosti tuhého odpadu, vše měřeno v přepočtu na hmotnost sušiny. A konečně to jsou skládky převážně tuhého odpadu, na něž se kaly ukládají pouze doplňkově. V literatuře je pro takový případ stanoveno minimální procento sušiny v suspenzi ukládaného kalu od 23 % do 30 %.

Vedle těchto tří základních typů skládek existuje ještě řada dalších možností daných místními podmínkami a umístěním skládky. Jsou to např. dočasné kalové laguny, či izolovaná pole na skládce i mezideponie ve formě kalových polí mimo vlastní skládku, avšak v její těsné blízkosti.

Společné ukládání kalů a kompatibilního tuhého odpadu na jedinou skládku se provádí do přirozeně odvodňovaných děl o větší hloubce umístěných na povrchu skládky, které se po částečném vysušení průsakem do spodních vrstev skládky zasypávají tuhým odpadem. Jiný způsob je zapracování mělkých vrstev kalu do tělesa skládky v jedné pracovní rovině. Problémy při použití této technologie nastávají zejména v deštivém období a v době velkých mrazů.

Efektivní metoda je míšení odpadu různé konsistence mimo sládku a teprve následné ukládání vzniklé směsi do tělesa sládky. Tato metoda je vhodná zejména ve vlhkých oblastech, vyšších polohách, zimním období a také tehdy, dosáhneme-li smíšením určitého stabilizačního efektu a chemických vazeb, aniž bychom museli používat zvláštní stabilizační příměsi.

Nutno rovněž upozornit na možnosti aplikace solidifikačních přísad, např. Rhenipalu (v SNR využíván již více než 20 let), které ze suroviny umožňují vytvořit téměř inertní materiál, dovolují hospodárný a pro veřejnost přijatelný způsob dopravy kalu, či zjednodušují jeho ukládání na skládce bez větších technických a hygienických problémů.

### **Povaha ukládaného kalu**

Konzistence kalu, jeho složení a tvar zrna sušiny mají pro návrh konstrukce skládky a řešení jejího provozu větší význam, než se na první pohled jeví. Rychlost a způsob mineralizace kalu na skládce záleží i na jeho předchozím vývoji a úpravě zejména s ohledem na biochemické procesy. při nichž příslušná heterogenní směs vznikla.

Společné ukládání přiměřeně odvodněných, resp. i solidifikovaných kalů s tuhými odpady patří k moderním trendům odpadového hospodářství. Na skládce musí být přirozeně vytvořeny vhodné technické podmínky jak z hlediska celkového řešení, tak i způsobu provozu.

## **2.4.2. Podmínky pro energetické využívání čistírenských kalů a jeho výhody**

- **Vyhnívání kalu**

Rozšířený způsob zacházení s čistírenskými kaly spočívá v jejich vyhnívání, resp. v částečném vyhnívání, v určité redukci jejich organického podílu – přibližně ze 70 % na 50 %. Tento způsob vyžaduje objemově náročnou instalaci patřičného množství tzv.

vyhňivacích nádrží, ve kterých nastává vlastní redukce organického podílu kalu za současného vzniku bioplynu na bázi metanu. Na konci procesu vyhňívání je tedy bioplyn a (částečně) vyhnilý kal.

Energeticky využitelný bioplyn se ve speciálních energetických jednotkách (které tvoří zpravidla kombinace pístového spalovacího motoru a rotačního agregátu – generátoru) využívá k výrobě elektrické energie. Energeticky nevyužitelný (přebytečný) bioplyn se většinou bez dalšího využití spaluje, např. v tzv. hořácích zbytkového plynu. Pokud se vyhnilý kal spaluje, může být přebytečný bioplyn použit jako určitý podíl přídatného paliva nutného k realizaci dostatečně kvalitního spalovacího procesu. Po procesu vyhňívání jsou kaly odvodněny zpravidla na 25 až 30 % sušiny. Množství vyhnilého kalu je jen asi o 20 % menší než množství kalu surového. Vyhnilý kal se – pokud to jeho kvalita dovolí – používá v zemědělství k hnojení půdy. Jestliže kvalita vyhnilého kalu nedovolí jeho použití v zemědělství (což je časté), musí se za použití přídatného paliva (topného oleje, zemního plynu, popř. bioplynu) spalovat. Entalpie spalin se sice využívá k výrobě elektrické energie nebo ke kogeneraci elektrické a tepelné energie, avšak takto získaná energie je podmíněna použitím fosilního paliva, tedy neobnovitelného zdroje energie.

- **Energetické využívání surového kalu**

Východiskem z popsané situace může být energetické využívání surových, nevyhnilých kalů – přímé spalování s využitím entalpie spalin většinou k výrobě páry v odpovídajícím parním kotli. Komplexní technologické řetězce pro energetické využívání surových, nevyhnilých kalů včetně dokonalého ekologického zajištění (minimalizace emisí do ovzduší, kultivace zbytkových materiálů) byly dostatečně vyvinuty a provozně ověřeny teprve poměrně nedávno.

Významnou výhodou této technologie je skutečnost, že se odvodněný surový kal může vkládat přímo do ohniště, takže odpadá prostorově a investičně nákladné vyhňívání surového kalu i energeticky náročné sušení nebo předsoušení vyhnilého kalu.

V porovnání s popsaným „klasickým“ způsobem přináší přímé energetické využití nevyhnilých kalů také nemalé úspory zastavěného prostoru a snížení finančních nákladů na zpracování kalů.

Pro využití surového kalu jako zdroje energie, tedy pro jeho spalování bez použití přídatného paliva, je nutné dosáhnout spalování při adiabatické spalovací teplotě 850 °C. K tomu musejí být splněny tyto dvě podmínky:

- minimální hodnota výhřevnosti,
- vhodný typ ohniště pro vlastní spalovací proces.

Rozlišujeme

- výhřevnost sušiny organického podílu vlhkého kalu  $Hu_{OTS}$ ,
- výhřevnost sušiny organického a anorganického podílu kalu  $Hu_{TS}$ ,
- efektivní výhřevnost vlhkého kalu  $Hue_f$ .

Hodnotu výhřevnosti lze na základě elementární analýzy stanovit výpočtem pomocí sumárních vzorců. Z praktického hlediska je pro návrh spalovacího procesu výhodné určovat výhřevnost sušiny organického a anorganického podílu kalu HuTS. Její hodnota se pohybuje mezi 14 a 20 MJ.kg<sup>-1</sup> sušiny.

Efektivní výhřevnost vlhkého kalu Huef lze získat z výhřevnosti sušiny organického a anorganického podílu HuTS při uvážení výparného tepla vody obsažené ve vlhkém kalu. V této souvislosti je třeba připomenout, že je nutné dosáhnout dostatečného stupně odvodnění surového kalu, zpravidla 30 % sušiny.

Pro dosažení průběhu spalování při adiabatické spalovací teplotě 850 °C je nutná minimální hodnota efektivní výhřevnosti vlhkého kalu Huef = 4,2 MJ.kg<sup>-1</sup>.

Poznámka: Pro případné dosažení energetické bilanční rovnováhy spalovacího procesu je možné (v konvekčním systému kotle) předehřívat primární vzduch na potřebnou teplotu, což vždy přispěje ke stabilnímu průběhu provozu.

### 2.4.3. Výhody energetického využívání kalů

Energetické využívání kalů (EVK) má tyto výhody:

- Kal je obnovitelný zdroj energie.
- EVK neovlivňuje bilanci CO<sub>2</sub> na Zemi.
- Zařízení EVK lze zpravidla umístit v areálu nebo v blízkosti areálu čistírny odpadních vod, což nevyžaduje žádné náklady na dopravu kalu.
- Proces EVK umožní výraznou objemovou a hmotnostní redukci kalu. Jestliže při pouhém vyhnívání je nutné denně odstraňovat 100 t vlhkého vyhnílého kalu, při spalování surového, nevyhnílého kalu je třeba denně odstraňovat jen asi 10 t zbytkového materiálu.
- Zbytkový materiál z provozu EVK je anorganický a lze ho snadno dopravovat na odpovídající skládku.
- Zařízení EVK vyrábí elektrickou energii pro vlastní spotřebu.
- Provoz zařízení EVK je zajištěn tak, že nemůže dojít k šíření infekčních chorob (salmonelózy, BSE atd.) ani k úniku pachů do ovzduší.
- Emise z provozu zařízení EVK jsou hluboko pod emisními limity ČR a směrnice EU o spalování odpadů.
- Provoz zařízení EVK je možný ve všech ročních obdobích, lze ho přizpůsobit přicházejícímu množství odpadních vod; vhodně navržené zařízení může v případě přechodného zvýšení množství odpadních vod pracovat až na 150 % jmenovité kapacity.
- Vhodné dispoziční řešení umožní zvýšit jmenovitou kapacitu dostavbou další výrobní jednotky.
- EVK umožní odstranit vyhnívací nádrže čistíren odpadních vod a využít jejich prostor k intenzifikaci procesu čištění odpadních vod na úroveň požadovanou EU.

- Zařízení EVK představuje ověřenou technologii, fungující ve velkých městech Evropy (Frankfurtu, Paříži, Vídni aj.); je to dlouhodobé, úspěšné a finančně únosné řešení tzv. kalové koncovky.

#### 2.4.4. Současný stav produkce a nakládání s kaly v ČR

Na základě ověřené maximální výše produkce kalů z komunálních ČOV v České republice v letech 2000 a 2001 (cca 206 tisíc tun sušiny kalu viz. Tab. č. 16) byly dále prověřovány i hodnoty produkce kalů v jednotlivých regionech a způsoby nakládání s kaly z ČOV.

Tab. č. 16 Produkce kalů v jednotlivých regionech

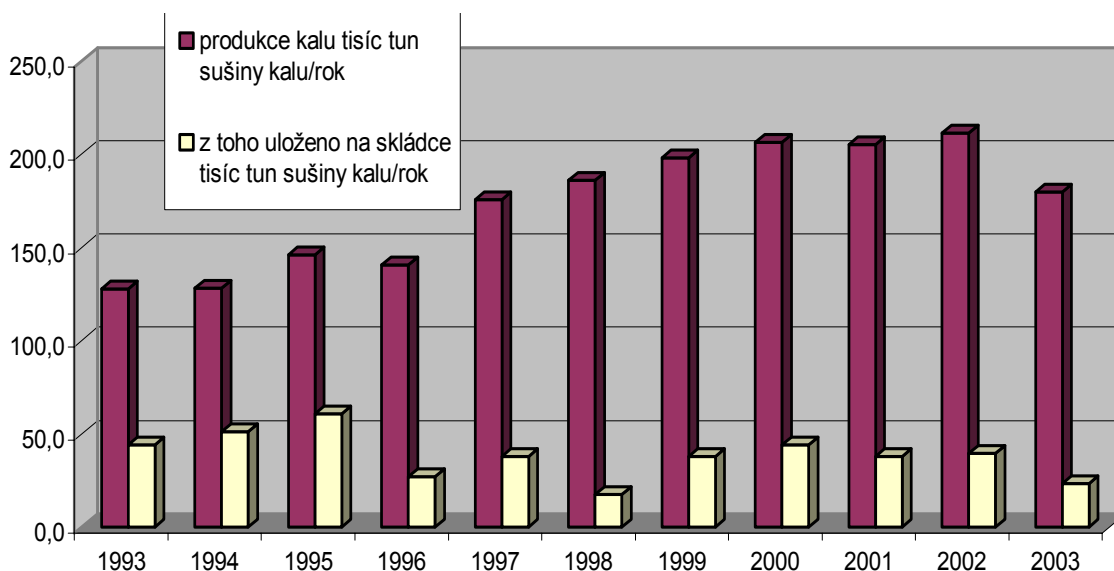
Kraj	Produkce kalu r.2001 (t.tun sušiny/rok)
<b>Hl. m. Praha</b>	29,0
<b>Středočeský</b>	14,2
<b>Jihočeský</b>	15,8
<b>Plzeňský</b>	10,9
<b>Karlovarský</b>	17,1
<b>Ústecký</b>	9,7
<b>Liberecký</b>	4,5
<b>Královéhradecký</b>	18,1
<b>Pardubický</b>	17,3
<b>Vysočina</b>	7,5
<b>Jihomoravský</b>	14,7
<b>Olomoucký</b>	12,5
<b>Zlínský</b>	14,8
<b>Moravskoslezský</b>	19,6
<b>Celkem ČR</b>	205,8

Počet čistíren odpadních vod v České republice v současné době již překračuje hranici 1250 ČOV a dále se průběžně zvyšuje. Příčinou tohoto stavu je potřeba zlepšení životního prostředí ve státě, kterého čistírny odpadních vod jsou základní součástí.

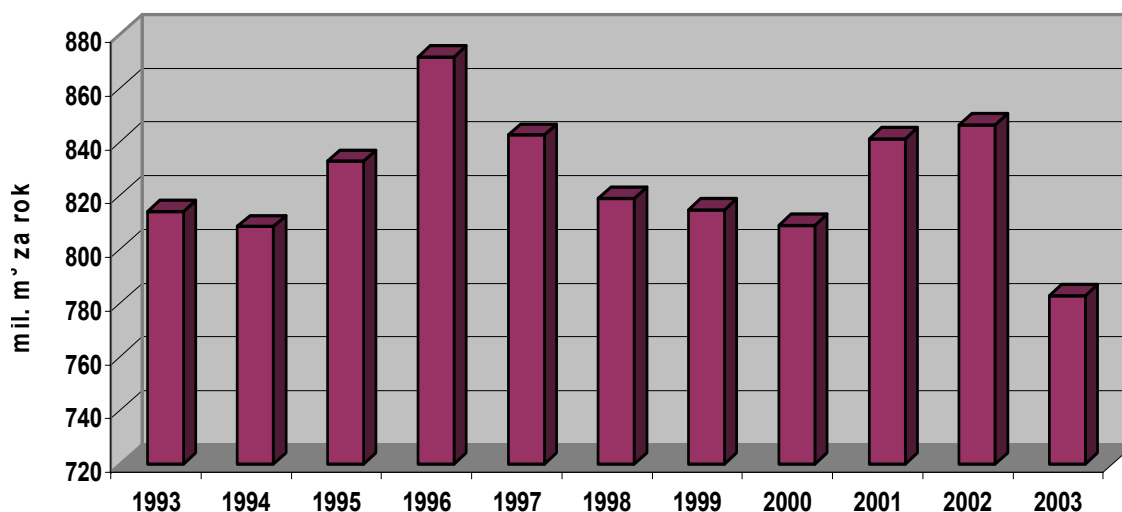
V ČR bylo podle výkazu ČSÚ Vodovody a kanalizace v roce 2003 7,928 mil. obyvatel napojeno na kanalizaci, tj. 77,7 % celkového počtu obyvatelstva, z toho na ČOV 7,033 mil. obyvatel, tj. 68,9 %, a z toho 6,86 mil. obyvatel bylo napojeno kanalizací na biologickou čistírnu. Celkem se v uvedených ČOV vyčistilo v roce 2003 820 mil.m<sup>3</sup> odpadní vody za rok, čemuž odpovídá i vykazovaná produkce kalů. Oproti roku 2002 množství čištěných odpadních vod kleslo stejně jako produkce kalu.

Podle stejného výkazu ČSÚ Vodovody a kanalizace v roce 2003 se vyprodukovalo 186 tis. tun sušiny kalu.

Časový průběh množství čištěných odpadních vod a produkce kalu v ČR v letech 1993-2003 podávají následující obrázky č. 12 a 13.



Obr. č. 12 Produkce kalu v letech 1993-2003



Obr. č. 13 Množství čištěných odpadních vod v ČR v letech 1993-2003

V roce 2002 byly hlavní způsoby nakládání s kaly v procentním vyjádření z celkové produkce v ČR následující:

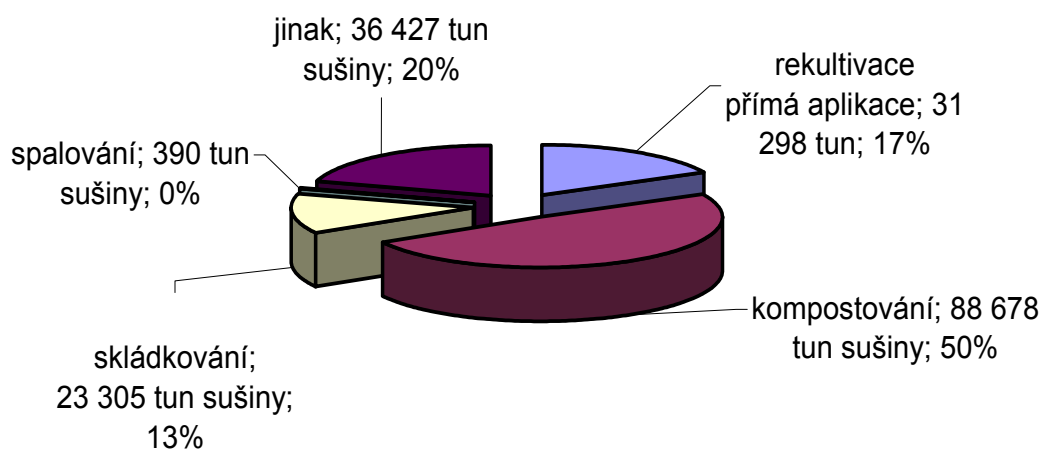
1. 56,0 % stabilizovaných kalů bylo uplatněno v zemědělství z toho
  - 0 % přímá aplikace na půdu (podle zaslaných evidenčních listů a v rámci přesnosti statistického vykazování)
  - 8 % rekultivace
  - 48,0 % kompostování
2. 19 % produkce kalů je ukládáno na skládky
3. 25 % nespecifikováno

V roce 2003 bylo vykázáno celkem 67% celkového uplatnění produkce kalu v zemědělství, z toho přímá aplikace podle zaslaných výkazů o využití kalů v zemědělství

v rámci přesnosti statistického vykazování byla prakticky opět nulová. Jednotlivé hlavní způsoby nakládání s kalem v roce 2003 v ČR jsou též znázorněny na obrázku č. 14.

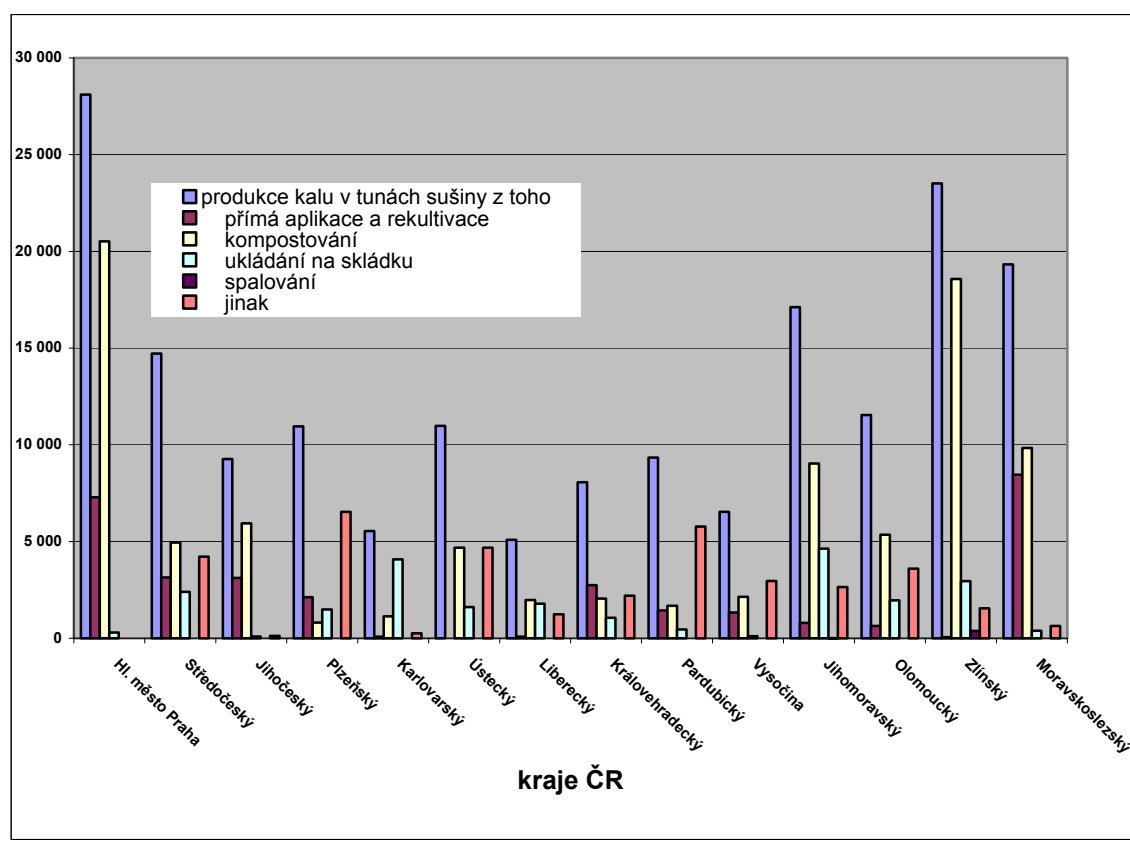
1. 67 % zemědělství  
z toho
  - 0 % přímá aplikace
  - 17 % rekultivace
  - 49 % kompostování
2. 13 % ukládání na skládky
3. 20 % nespécifikováno

Oproti roku 2002 nastal v roce 2003 podle výkazu ČSÚ Vodovody a kanalizace nárůst u využití kalů pro rekultivace a pokles v ukládání kalu na skládky, ostatní způsoby nedoznaly podstatných změn.



Obr. č. 14 Způsoby nakládání s kalem v ČR (rok 2003)

Následující obrázek č. 15 udává produkci kalů a jednotlivé hlavní sledované způsoby nakládání s kaly v ČR v členění po krajích v roce 2003.



Obr. č. 15 Způsoby nakládání s kalem v jednotlivých krajích (2003)

## 2.5. Průmyslové odpady

Průmyslová výroba všech odvětví produkuje hořlavé odpadní materiály, které lze odstraňovat termickými postupy. Odpady vznikající v průmyslových procesech však představují velmi široký okruh materiálů. Jako příklady spalitelných odpadů lze považovat odpady vznikající v průmyslu dřevařském, papírenském kožedělném, gumárenském, textilním, potravinářském, ale rovněž v průmyslu chemickém a petrochemickém. Mnohé z těchto odpadů mají mnohem vyšší výhřevnost než domovní odpady. Jejich spalování vyžaduje speciální konstrukce spalovacích pecí, odlišné od pecí na spalování tuhého komunálního odpadu. Tabulka č. 17 uvádí průmyslové hořlavé odpady a jejich charakteristiky.

Tab. č. 17 Průmyslové hořlavé odpady a jejich charakteristiky

Druh odpadu	Výhřevnost [MJ.kg <sup>-1</sup> ]	Obsah Vody [%]	Obsah Popela [%]	Prchavá hořlavina [%]	Obsah Síry [%]
Dřevný odpad	14,6 až 16,30	10 až 20	0,5 až 0,8	70 až 75	-
Papírový odpad	14,6	8	0,6	70	-
PVC odpad	18,8	-	0,5	49 (chlór)	-
Pryžové odpady	13,4	0	63	36	-
Kožené odřezky	18,3	14	5	58	-
Staré pneumatiky	36,2	-	6,5	-	1,2

<b>Pryskyřicové odřezky</b>	16,6	-	-	-	12 až 20
<b>Polyethylenové odpady</b>	41,8	-	-	-	-
<b>Tabákový prach</b>	12,6	5	40	45	-
<b>Tříslo (lisované)</b>	5,0 až 6,5	56 až 63	1,5 až 4	28 až 36	-
<b>Rašelina suchá</b>	12,5 až 21	6 až 25	8 až 12	50 až 60	-
<b>Drť po výrobě papíru</b>	3,4	65,8	4,68	-	-

### Petrochemický průmysl

Odpady z petrochemického průmyslu se vyskytují ve všech konzistencích a vyznačují se většinou vysokou výhřevností. Z pevných odpadů jde většinou o zeminu nasycenou olejem, odpadní filtrační hlínky, odpad z výroby tuků apod. z kapalných jsou to různé odpady z jednotlivých fází výroby. Vedle toho se vyskytují rovněž látky pastovité konzistence, jako jsou odstředěné kaly z mazutových a jiných a provozních nádrží, destilační kaly z čistíren odpadních vod apod.

Při zpracování a přepravě ropy vzniká celá řada ropných a dehtových odpadů, kdy jde o odpady ropných produktů zčištěných mechanickými nečistotami a obsahující zvýšený podíl vody. Základní charakteristiky těchto kapalných odpadů uvádí Tabulka č. 18.

Tab. č. 18 Základní charakteristiky kapalných odpadů

Druh odpadu	Výhřevnost [MJ.kg <sup>-1</sup> ]	Obsah vody [%]	Obsah popela [%]	Obsah síry [%]
<b>Znečištěný benzín</b>	41,8	až 5	-	0,1
<b>Znečištěný petrolej</b>	41,5	až 5	-	0,3
<b>Znečištěná nafta</b>	41,5	až 5	-	0,4
<b>Mazací oleje</b>	39,0	až 5	-	-
<b>Transformátorové oleje</b>	39,0	až 5	-	-
<b>Výplachy z olejových nádrží</b>	16 až 23	30 až 50	1,0	0,5 až 1,5

### Chemický průmysl

Chemický průmysl je významným producentem odpadů, z nichž mnohé se vyznačují nebezpečnými vlastnostmi (hořlavost, reaktivnost, toxicita apod.). Jedná se o odpady z anorganických výrob, tak zejména z chemických organických výrob a výroby polymerů (zpracování plastů, pryže a kaučuku). Jde přitom o odpady všech fyzikálních skupenství, což bývá často příčinou speciálních požadavků na konstrukční provedení spalovacích pecí. Mezi těmito odpady zaujímají významné místo odpady z plastů. Lze je rozdělit na dvě skupiny z hlediska jejich chování v první fázi spalovacího procesu, tj. při jejich zahřívání, a to na termoplasty a reaktoplasty.

- **Termoplasty** označované jako netvrditelné plastické hmoty, při zahřívání měknou a při ochlazení opět tuhnou.

- **Reaktoplasty** tvrditelné plastické hmoty přecházejí při rostoucí teplotě nevratně do netavitelného a nerozpustného stavu.

Další skupinu odpadu z plastů tvoří odpady vznikající při výrobě umělých plastických kůží a koženek (termoplastů), používaných při výrobě obuvi a dalších výrobků, kde slouží jako náhrada přírodních usní. Kromě odřezků a zbytků z umělé kůže a koženky vznikají při výrobě další odpadní materiály, jako je brusný prach, znečištěná rozpouštědla. V Tabulce č. 19 jsou uvedeny odpady vznikající při výrobě umělých plastických kůží a koženek.

Tab. č. 19 Odpady vznikající při výrobě umělých plastických kůží a koženek

Druh odpadu	Skupenství	Výhřevnost [MJ .kg <sup>-1</sup> ]	Chemické složení [hmot. %]
Odřezky plastických kůží	Tuhé	25,00	45 % PVC, 25 % textil, 30 % změkčovadla
Zbytky plastů	Tuhé	18,00	55 % PVC, PE, polystyren
Odpady z lisoven rektoplastů	Tuhé(prach)	25,00	Fenolformaldehydové pryskyřice (bakelit)
Znečištěná nafta	Kapalné	41,00	Olej, PVC, kyselina rozpuštěná v naftě
Použitá rozpouštědla	Kapalné	25,00	Aceton, líh, etylacetát, cyklohexanol, toluen

### Textilní průmysl

Problémy s odpady v textilním průmyslu vznikají zejména v průmyslu lnářském, kde je především o odpad z pazdeří, prachu a krátkých vláken. Tyto odpady mají výhřevnost 12,5 až 15,0 MJ.kg<sup>-1</sup>, obsah vody cca 4,2 % a obsah popela v bezvodém vzorku 1,6 %. Ročně je k dispozici asi 4 500 tun měrného paliva ve lnářském odpadu.

Odpady vznikající v průmyslu zpracování vlny se zpracovávají na surovinu využitelnou např. pro výrobu různých filtrů, z nichž vzniklý odpad lze odstranit jen spálením s využitím tepla. Výhřevnost těchto odpadních materiálů je poměrně vysoká, pohybuje se kolem 25 MJ.kg<sup>-1</sup>. Rovněž textilní průmysl zpracovávající umělá i přirozená vlákna je zdrojem spalitelných odpadů.

### Průmysl papíru a celulózy

Celulózový a papírenský průmysl produkuje především buničinu na výrobu papíru, polobuničinu, dřevovinu a jiné vlákniny na výrobu papíru a lepenky. Výroba celulózy, papíru a lepenky patří mezi ta průmyslová odvětví, která velmi nepříznivě ovlivňují životní prostředí. Mimo znečišťování ovzduší je největším problémem nejen u nás, ale i na celém světě, znečišťování povrchových vod odpadními vodami.

V průmyslu papíru a celulózy se zpracovává dřevo, které se před vlastním technologickým procesem zbavuje kůry (odkorňovací stroje). Vzniklá kůra se po rozdrčení spaluje. Při výrobě sulfátových a obdobných buničin vznikají výluhy o výhřevnosti 5,5 až 8,4 MJ.kg<sup>-1</sup>, které lze regenerovat spalováním ve speciálních kotlích. Obdobně možno spalováním odstraňovat odpady sulfátových výluhů, vznikajících při výrobě sulfátových celulóz. Tyto

není možno vypouštět do vodních toků, ale lze je po zahuštění spalovat v parních kotlích vybavených zvláštními cyklónovými komorami.

### **Průmysl dřevařský a nábytkářský**

V tomto průmyslu vznikají dva hlavní druhy odpadů a to jednak piliny, jednak odřezky dřeva. Výrobní závody se snaží využít tyto dřevní odpady k dalšímu technologickému zpracování. Tímto způsobem se využívá část pilin a hoblin pro výrobu různých druhů dřevovláknitých desek. Část odpadů zůstává ve formě nezpracovatelných odpadů, které je možno využít pro energetické účely. Spalování dřevních odřezků nečiní potíže v běžných typech spalovacích zařízení. Tento odpad má z hlediska spalování řadu předností: jeho výhřevnost je srovnatelná s výhřevností kvalitního hnědého uhlí, má nízký obsah vlhkosti a popelovin a vysoký podíl prchavé hořlaviny zajišťuje zápalnost paliva a stabilitu hoření. Spalování pilin se setkává s obtížemi a vyžaduje speciální konstrukce pilinových hořáků. Charakteristické vlastnosti dřevních prachových hořáků jsou uvedeny v Tabulce č. 20.

Tab. č. 20 Charakteristické vlastnosti dřevních prachových odpadů

Veličina	Jednotka	Druh odpadu	
		Z broušení desek	Z rozvláknování dřevní hmoty
Obsah vody	[%]	5,62	5,37
Obsah popela	[%]	1,18	5,30
Obsah hořlaviny	[%]	93,20	89,33
Spalné teplo	[MJ.kg <sup>-1</sup> ]	19,06	19,52
Výhřevnost	[MJ.kg <sup>-1</sup> ]	17,65	18,21

### **Průmysl strojírenský**

Celá řada spalitelných odpadů vzniká i ve strojírenském průmyslu. Jde především o různé druhy odpadních olejů a tuhé zaolejované odpady. Charakter vznikajících odpadních olejů závisí především na použité výrobní technologii a druhu zpracovávaných výrobků. Většinu strojírenských odpadních olejů nelze pro jejich znečištění kovovým odpadem, brusným materiálem a prachem regenerovat. Vlivem působení tepla nastává u olejů deformace uhlovodíkových řetězců a stykem se vzduchem se tyto částice oxidují až na kyseliny. Odpadní oleje, které byly ve styku s vodou, představují směs, v níž se voda vyskytuje ve dvojí formě, jednak jako voda vázaná, která tvoří s olejem poměrně stálou heterogenní emulzi, jednak jako volná, která je v oleji dispergovaná ve formě jemných kapiček a po určité době se z oleje odděluje. Mezi tuhé zaolejované odpady, které produkují závody strojírenského průmyslu, patří zamaštěné hadry, obalový materiál z papíru nebo plastů, textilní cupanina, zaolejované piliny apod. Výhřevnost směsi těchto odpadů se pohybuje v rozmezí 16,00 až 22,00 MJ.kg<sup>-1</sup>. Produkci odpadů z hlediska původu podle Odvětvové klasifikace ekonomických činností a kategorie v územním členění na celou ČR a zvláště na cílené kraje v letech 2002–2004 uvádí následující Tabulka č. 21.

Tab. č. 21 Členění odpadů podle krajů a OKEČ (2002-2004)

Území, kraj	Odpad	2002		2003		2004	
		Celkem	z toho: nebezpečné	Celkem	z toho: nebezpečné tis. t	Celkem	z toho: nebezpečné
Česká republika	odpad ze zemědělství a lesnictví	5 817	21	5 281	17	3 876	16
	odpad z dolování a těžby	597	40	689	23	685	23
	průmyslový odpad	9 510	1 172	7 938	904	7 647	771
	odpad z úpravy a rozvodu vody	819	2	755	1	669	0
	stavební a demoliční odpad	5 924	269	6 632	88	9 179	216
	odpad z energetiky (mimo radioaktivního)	6 425	27	6 602	14	5 305	25
	komunální odpad	4 615	20	4 446	27	4 651	19
	jiný odpad	4 261	874	3 744	701	6 692	623
	CELKEM	37 968	2 425	36 087	1 775	38 704	1 693
Zlínský kraj	odpad ze zemědělství a lesnictví	270	0	243	0	66	0
	odpad z dolování a těžby	0	0	0	0	1	0
	průmyslový odpad	371	81	307	26	246	22
	odpad z úpravy a rozvodu vody	82	0	55	0	27	0
	stavební a demoliční odpad	97	1	187	6	163	0
	odpad z energetiky (mimo radioaktivního)	71	2	83	2	89	2
	komunální odpad	200	1	211	1	202	1
	jiný odpad	122	12	102	26	106	9
	CELKEM	1 213	97	1 188	61	900	34
Moravsko-slezský kraj	odpad ze zemědělství a lesnictví	414	0	216	0	112	0
	odpad z dolování a těžby	97	19	95	1	125	1
	průmyslový odpad	3 434	414	3 115	403	3 033	319
	odpad z úpravy a rozvodu vody	54	0	52	0	46	0
	stavební a demoliční odpad	996	38	606	25	979	51
	odpad z energetiky (mimo radioaktivního)	1 072	3	1 029	1	644	5
	komunální odpad	456	2	473	2	633	2
	jiný odpad	1 068	79	916	59	1 015	67
	CELKEM	7 591	555	6 502	491	6 587	445

## 2.6. Pelety a brikety

Při zpracování a dopravě biomasy dochází k technickým a ekonomickým problémům, které jsou převážně vztažené k velkému sypanému objemu, jenž je příčinou vysoké transportní ceny a zvýšených požadavků na skladovací prostory. Také vysoký obsah vody je příčinou biologické degradace, stejně jako mrznutí paliva (resp. vody v palivu), což přináší do jisté míry překážky v transportním systému. Kromě toho rozdílný obsah vody značí obtížnosti v nalezení optimálního provozu a řízení daného energetického zařízení. Všechny tyto problémy mohou být částečně minimalizovány zhuštěním materiálu, což přináší více jednotné vlastnosti paliva.

Hlavní výhody zhuštění paliv v porovnání s nezhuštěnými palivy jsou následující:

- Zvýšená objemová hustota (od 80-150 kg.m<sup>-3</sup> pro slámu nebo 200 kg.m<sup>-3</sup> pro piliny až do 600-700 kg.m<sup>-3</sup> po zhuštění, ačkoliv je možno dosáhnout i větších hodnot. Tím se zmenší transportní náklady, sníží se potřeba pro příliš velké skladovací prostory a zjednoduší se manipulace s palivem.
- Zvýšená hustota energie a více homogenní složení přináší lepší možnosti v případě spalování a tudíž vyšší účinnost spalovacího procesu.

Hlavní nevýhodou je relativně vysoká cena vstupní energie, která je nutná pro výrobu pelet či briket. Tím se také zvýší cena konečného produktu.



Výsledný produkt je ve formě briket nebo pelet. Výhřevnost, obsah vody a chemické složení jsou přibližně stejné pro oba druhy, ale hustota a pevnost je obvykle vyšší u pelet. Hlavní rozdíl je ve velikosti (obvykle Ø 6-12 mm a s délkou 4 až 5 krát větší než je průměr pelety). To přináší jednoduché uplatnění v plně automatickém provozu od domácího použití až po aplikace velkých měřítek. V Tab. č. 22 je uvedeno porovnání pelet a briket.

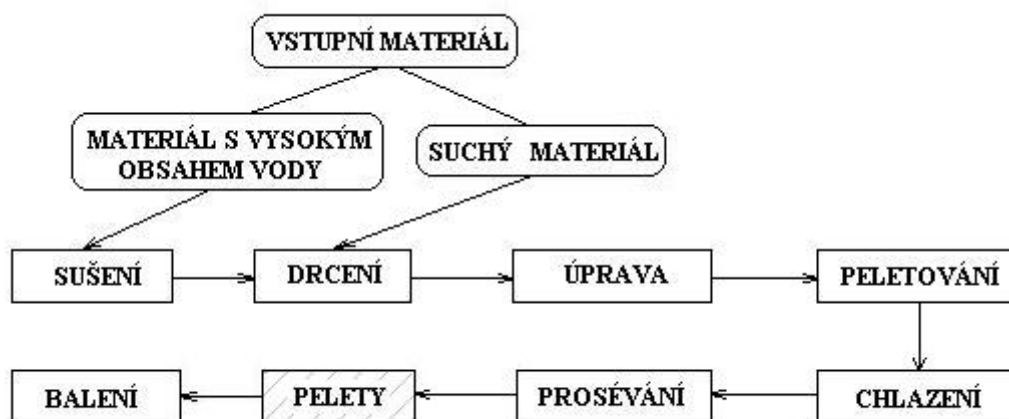
Dřevěné pelety jsou obecně vyráběny z vedlejších produktů dřevozpracujícího průmyslu (piliny, hobliny,...atd.) nebo z lesních zbytků. Pro výrobu pelet je také možnost použít zemědělské zbytky (sláma, obilninové zbytky,...atd.), popřípadě čistírenské kaly.

Metoda zpracování pelet byla první uplatněna ve výrobě krmiv pro hospodářské zvířata. Dílčí části se skládají ze sušení, rozdrčení, úpravy, vlastní peletizace, chlazení a balení (viz. Obr. č. 16).

Vstupující materiál je nejdříve zbaven různých nežádoucích částí (tj. kameny, kovy,...atd.) a pak následuje jeho drcení – obvykle v kladivovém drtiči. Pokud materiál obsahuje velké množství vody (typický případ čerstvých lesních zbytků s 50 % obsahem vody), potom je nutné provést sušení. Surovina může být také upravována pomocí páry a vody pro dosažení požadované teploty a obsahu vody. Tím se aktivuje lignin, který plní funkci spojovacího členu, čímž se získá adekvátní poddajnost výsledného produktu. Pro tyto účely může být taktéž přidáno organické pojivo (2 % melasy, kukuřičná mouka), které je v praxi zcela běžně používáno.

Tab. č. 22 Porovnání pelet a briket

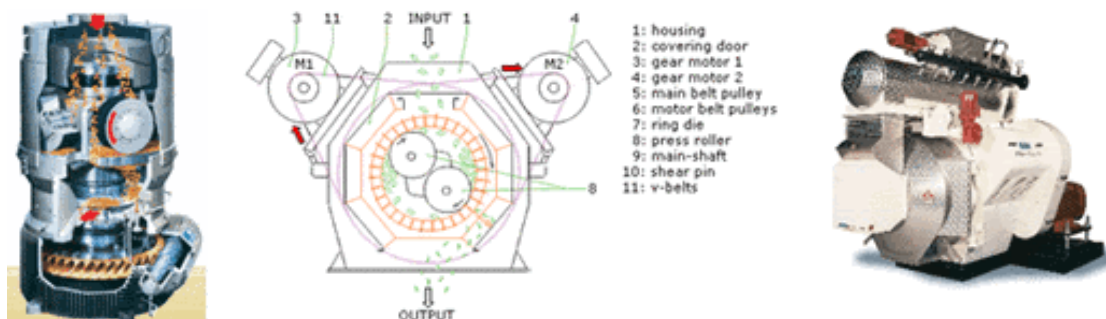
Ukázka		
Vstupní materiál	Suché dřevo v drobné frakci nebo zemědělské zbytky	Suché dřevo nebo zemědělské zbytky, ale vstupní materiál může mít větší frakci než materiál pro výrobu pelet vzhledem k větším rozměrům finálního produktu
Tvar	Válcovitý (obvykle Ø 6 – 12 mm a s délkou 4 až 5 krát větší než je průměr pelety)	Válcovitý (obvykle Ø 80 – 90 mm) nebo hranol (cca 150 x 70 x 60 mm)
Struktura	Stabilní, tvrdá, bez prachu	Relativně drolivá, nestabilní
Objemová hustota	Min. 650 kg.m <sup>-3</sup>	600 - 700 kg.m <sup>-3</sup>
Vzhled	„hladký“	Převážně „hrubý“
Transport	Sypaný materiál o velkých rozměrech, malé a velké pytle	Balení po několika kusech, palety



Obr. č. 16 Schéma procesu peletizace

Po úpravě se materiál za vysokého tlaku lisuje na protlačovacím matricovém lisu, na jehož vnější straně je nůž, který odřezává pelety na požadovanou délku. Pro výrobu pelet se používají dva hlavní typy lisů: rovný a prstencový. U typu s rovným provedením je

charakteristický perforovaný disk, v jehož vnitřní části jsou umístěny 2 nebo více válečků, které tlačí na materiál, jenž je vlivem tlaku protlačován skrz otvory. Různé provedení tohoto typu je možno shlédnout na Obr. č. 17.



Obr. č. 17 Rovné protlačovací matricové lisy pro výrobu pelet

Na Obr. č. 18 je možno shlédnout peletovací prstencový lis, v jehož vnitřní obvodové části tlačí na materiál 2 válečky.



Obr. č. 18 Prstencový protlačovací matricový lis pro výrobu pelet

Běžně dosažitelný výkon pro lisy je v rozmezí 3-5 t.h<sup>-1</sup>. Životnost rovného lisu je cca 1 000 – 1 500 hodin, což odpovídá s přibližně 10 000 vyrobených tun pelet.

Ihned po protlačení jsou pelety velmi horké (90-100 °C) a jsou okamžitě ochlazovány (např. protiproudým chladičem) na 25 °C. Po vychladnutí lignin spolu s přidávaným organickým pojivem udržuje peletu v požadovaném tvaru a zároveň zabraňuje jejímu rozdrolení při manipulaci. Lignin dále na povrchu tvoří tvrdý průsvitný povlak, který zabraňuje vnikání vlhkosti do pelet při jejich skladování. Pelety jsou po této fázi připraveny pro skladování nebo pro automatické balení.

Energetické požadavky pro výrobu dřevěných pelet se pohybují v rozmezí 80-150 kWh<sub>el</sub> na tunu vyrobených pelet a okolo 950 kWh<sub>tep</sub>.t<sup>-1</sup>. Přesné energetické požadavky závisí na podmínkách jako např. počáteční velikost částic, obsah vody v materiálu, používaná technologie, atp. Celková spotřeba a poměrné části spotřeby energie jsou údaje, které je velmi obtížné získat. Z dostupných zdrojů lze ale získat přibližnou představu o spotřebě energie u výše jmenovaných procesů peletizace. V této studii byla odhadována celková spotřeba energie okolo 1 140 kWh.t<sup>-1</sup>. Z toho největší část tvoří spotřeba energie pro sušení materiálu (86,2 %), dále pak pro drcení je tento podíl 5,3 %, peletizaci 7,3 %,

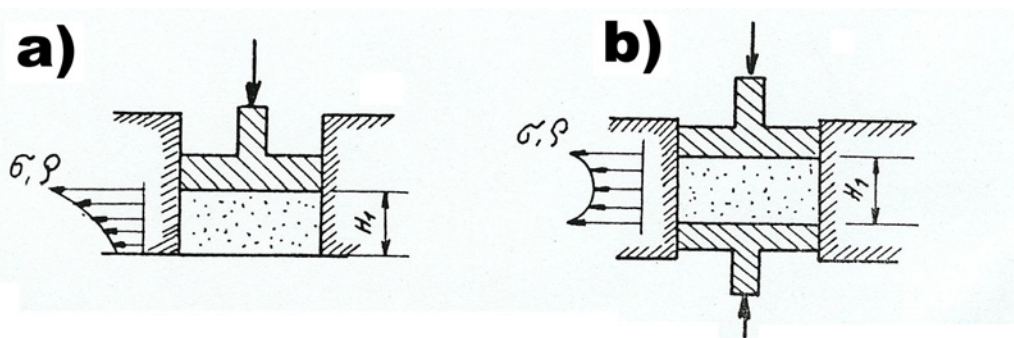
chlazení 0,5 % a pro potřeby dopravy a skladování 0,7 %. Přičemž cena výroby se pohybuje v rozmezí 60-110 euro za tunu pelet.

### 2.6.1. Lisování

Základním faktorem technologického procesu briketování a peletování je lisování – stlačování směsi, přičemž zvyšující se hodnota měrného tlaku zvyšuje hodnotu relativního slehnutí a s jejím růstem roste i mechanická pevnost brikety.

#### **Základní poznatky o lisování je možné shrnout takto:**

Při lisování dochází k zhutnění vrstvy bezprostředně sousedící s razidlem a postupně se přenáší na sousední vrstvy, (Obr.č.19-a). S růstem vzdálenosti od styčné plochy razidlo – stlačovaný materiál, klesá zhuštění. Z tohoto důvodu je výhodnější dvoustranné lisování, (Obr.č.19-b), protože se dosáhne vyššího efektu zhutnění při nižším tlaku. Při jednostranném lisování je možno dosáhnout stejných výsledků, ale při vyšším tlaku. Energie pak není účelně využita, protože spotřeba energie na tření o stěny představuje kolem 70 % a na užitečnou práci jen 30 %. Z toho vyplývá, že je třeba snížit tření o stěny formy, dělat výlisky o nižší šířce a lisovat dvoustranně.



Obr. č. 19 Rozložení napětí při jednostranném a dvoustranném briketování

Zmenšování pórovitosti se dosahuje uspořádáním zrn a deformačním efektem. Uspořádání zrn v lisovací formě je spojeno s jejich přeskupením tj. s transportem hmoty. Z těchto důvodů je účelnější vibrační lisování. Deformační efekt zvyšuje energetické nároky.

Při lisování, a hlavně lisování bez pojiva, by se měly povrchové plochy zrn dotýkat největší plochou. Velikost stykové plochy zrn roste s jemností materiálu a s lisovacím tlakem. Jemnozrný materiál (velká volná povrchová energie) vyžaduje vyšší lisovací tlaky, ale pevnost výlisků je větší.

Pokles lisovacího tlaku v důsledku elastické rozpínivosti výlisku má být pomalý. Vnitřní napětí, vzniklé uvolněním tlaku, může vést k destrukci brikety. Z těchto důvodů má být lisovací plocha kolmá na stěny formy. V současnosti používané zařízení se vzájemně liší právě způsobem lisování.

## 2.6.2. Lisovací stroje

Lisovací stroje jsou zařízení, které zabezpečují realizaci teoretických závěrů v praxi. Z hlediska funkce se dělí na periodicky a kontinuálně pracující. Z hlediska tvaru lisovací formy je dělíme na:

- lisy se zavřenou formou s oboustranným lisováním,
- lisy s otevřenou lisovací formou se zúžením ve směru lisování,
- lisy se zavřenou formou a jednostranným stáčením (laboratorní lisy),
- lisy válcové,
- lisy prstencové.

Lisy s vícestranným stláčením se v běžných technologiích nepoužívají. Nejjednodušší jsou laboratorní ruční, mechanické, nebo hydraulické lisy se zavřenou formou s jednostranným lisováním, které se obvykle používají při výzkumných pracích.

### Briketovací lisy

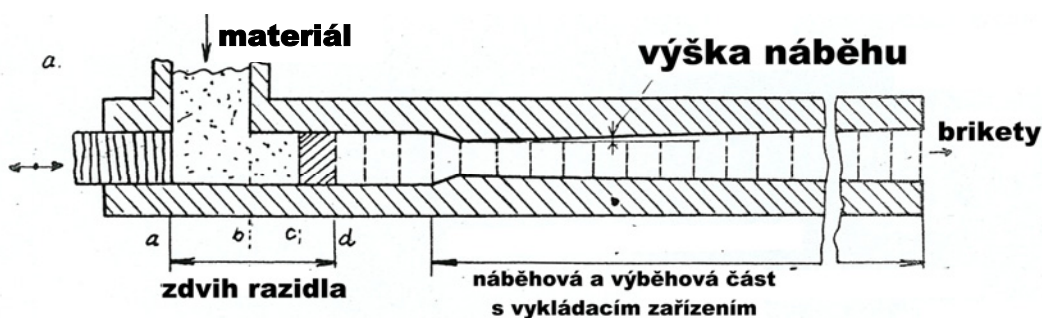
Na briketování jemnozrnných materiálů se používají lisy různých systémů.

Principiálně se dělí na:

1. periodicky pracující, ke kterým patří:
  - pásové razidlové lisy (Exterův lis),
  - stolové lisy s otočným nebo pevným stolem.
2. kontinuálně pracující lisy, ke kterým patří:
  - válcové lisy,
  - prstencové lisy.

### Pásový razidlový lis

Tento lis, nazývaný podle tvůrce, Exterův, slouží k briketování měkkých materiálů. Skládá se z lisovací hlavy, ve které je umístěna lisovací forma. Podélný průřez je znázorněn na Obr. č. 20. Příčný průřez je kruhový, eliptický nebo oválný. Lisování je zabezpečeno pístem-razidlem.



Obr. č. 20 Princip pásového razidlového lisu

Razidlo v důsledku excentrického osazení vykonává střídavý posuvný pohyb v matici (formě). Délka zdvihu razidla je 200-220 mm. Plnění formy probíhá přes otvor ve vrchní části formy v čase, kdy je razidlo v krajní poloze. Při každém zdvihu razidla vpřed se tvoří jedna briketa (viz. Obrázek č.11). Po zaplnění formy materiálem začíná razidlo stláčet materiál a po dosažení polohy b) je dávkování uzavřeno. Začíná stlačení hmoty, roste tlak a maxima dosahuje v poloze c), v této fázi je briketa již vytvořena a další posuv razidla až do polohy d) zabezpečuje jenom transport předtím vylisovaných briket, právě o dráhu rovnou šířce jedné brikety. Podélný průřez formy je charakterizován zúžením, které zabezpečuje vytvoření dostatečného protitlaku k razidlu. Brikety, které přejdou zúžením, se dostávají do výběhové části. Razidlo se po dosáhnutí polohy d vrací zpět. V důsledku elastické deformace se čelo brikety vyduje. Brikety se ve výběhové části dostávají postupně do většího průřezu, kde se pozvolna rozpínají. Z důvodu vytvoření podmínek pro postupné vyrovnávání napětí v briketě se výběhový úsek prodlužuje žlabem až do vzdálenosti 50-100 m. V tomto žlabu se brikety chladí a zpevňují a zároveň jsou dopravovány na místo uskladnění, resp. expedice.

Pevnost brikety roste lineárně s délkou doby, kdy se briketa nachází pod maximálním tlakem. Výkon lisu závisí na počtu a průřezu razidel, otáčkách, rozměrech a měrné hmotnosti brikety.

### **Stolové lisy**

Stolové lisy jsou představiteli dvoustranného lisování. Podle konstrukčního uspořádání rozeznáváme lisy s otočným a pevným stolem. Podle zdroje lisovacího tlaku jsou lisy hydraulické a mechanické.

Při výrobě briket se používají hlavně hydraulické stolové lisy s pohyblivým stolem, označované jako Couffinhalové lisy. Principiálně se jedná o horizontální stůl otáčející se okolo své osy, na kterém jsou umístěny lisovací formy otevřené z vrchní i spodní strany. Brikety jsou cihlového tvaru. Tyto lisy se používají na lisování s pojivem.

Lis je opatřen míchadlem pro důkladné promíchání lisované směsi. Odtud se směs dostává přírady nad stůl lisu, kde nastává plnění forem lisovanou směsí o optimální vlhkosti, zrnitosti a teplotě. Otáčení stolu nesoucího formy, se uskutečňuje jako otáčení krokové. Stůl se vždy pootočí jen o tolik, aby se právě pod razidlo lisu dostala nejbližší sousední forma.

Na stole může být umístěn různý počet a různé uspořádání forem. Brikety jsou lisovány najednou v celé řadě. Lisovací tlak je vyvolán hydraulickým zařízením a přes kloubovitě spojená ramena se přenáší na razidla.

Výkon lisu je závislý na hustotě zpracovávaného materiálu, na velikosti lisovaných briket, počtu forem při jednom stlačení, otáčkách stolu a době lisování.

### **Válcové lisy**

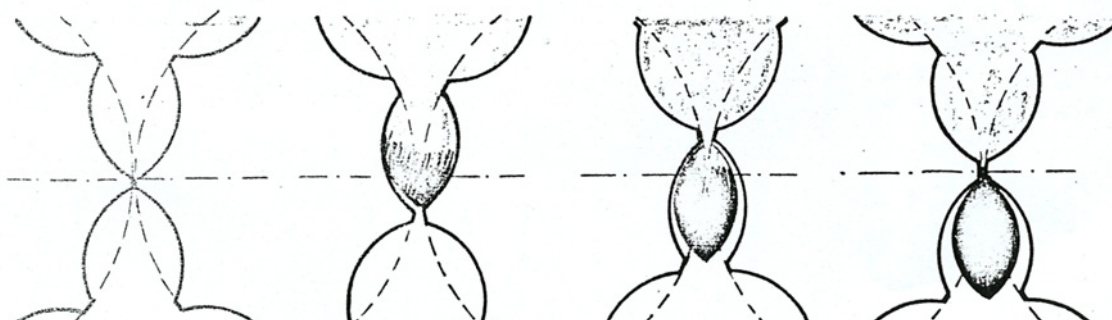
Válcový lis představuje nejmodernější a nejproduktivnější formu lisování. Na Obr. č. 21 je znázorněn laboratorní válcový lis.



Obr. č. 21 Laboratorní válcový lis LPW-450

Válcové briketovací lisy se principiálně skládají ze dvou proti sobě se otáčejících válců, na kterých jsou nalisovány obruče z ořevzdorné ocele (bandáže). Na povrchu bandáže jsou vyfrézovány prohlubně různého tvaru a tvoří polovinu brikety. Tyto válce jsou od sebe vzdáleny do 2 mm a tato vzdálenost je stálá, dokud ji nevětší opotřebení bandáží. Konstantní vzdálenost se udržuje hydraulicky. Při vniknutí většího pevného tělesa, po překročení kritického tlaku, se otevře pojistný ventil a vzdálenost se zvětší. Tímto je lis chráněn před poškozením. Pohyb válců je vzájemně synchronizován a obvodová rychlost otáčení je měnitelná v rozsahu  $0,1 \text{ m.s}^{-1}$  až  $1,6 \text{ m.s}^{-1}$ .

Vlastní lisování probíhá tak, že lisovaná hmota tíhou nebo předtlačovacím zařízením s přebytkem se dostává mezi válce (Obr. č. 22). Po zaplnění forem otáčejícími se válci se slisuje a ve formě brikety vypadává na dopravní zařízení (většinou dopravní pás). Protože válce jsou od sebe vzdálené propadne i určité množství neslisovaného materiálu. Zlomky briket a neslisovaný materiál se po vytrídění vrací zpět na lisování. Lisování na válcovém lise je objemové lisování, nárůst i pokles tlaku je rovnoměrný a jeho rychlost závisí na obvodové rychlosti válců.



Obr. č. 22 Schéma lisování na válcovém lise

Výkon lisu je závislý na:

- šířce lisovacích válců,
- obvodové rychlosti válců,

- velikosti forem a poměrů plochy forem k celkovému povrchu válce,
- objemové hmotnosti briket,
- na vratném podílu.

Velikost objemu briket vzrůstá s hloubkou formy, méně už se šířkou a délkou. Objemová hmotnost briket je ovlivňována lisovací silou (měrným tlakem), obvodovou rychlostí a tvarem formy, šířkou lisovacího válce, vzdáleností mezi válci a značně závisí na stupni zhutnění masy před vlastním lisováním.

Čím je směs více zhutněná, tím větší jsou objemové hmotnosti briket, a proto pro dosažení vysokohutných briket je nevyhnutelné používat předtlačecí zařízení, a také určitý podíl vratného produktu ve formě zlomků.

Tato skutečnost je ověřena i prakticky a s rostoucím podílem zlomků roste i objemová hmotnost briket, ale klesá hmotnostní výnos.

Výnos briket, vyjádřený hmotnostním procentem, závisí také na poměru objemové hmotnosti brikety k sypané hmotnosti lisované masy. Dále závisí na tvaru formy a šířce válců. Při širokých válcích se formy nedostatečně zaplňují.

Obvodová rychlost válců nepřímo úměrně ovlivňuje objemovou hmotnost briket. Při vyšších rychlostech se zhoršuje dávkování materiálů, dochází k nedostatečnému plnění forem, klesá hmotnost a pevnost briket, dokonce dochází k tomu, že se hmota vůbec neslisuje.

Zabudováním předtlačecího zařízení se tento jev částečně eliminuje. Při vyšších rychlostech je doba působení nejvyššího lisovacího tlaku velmi krátká, což nepříznivě ovlivňuje pevnost briket. Vysoké obvodové rychlosti způsobují i vrstevnatost briket ve směru kolmo na maximální lisovací sílu.

Hmotnost briket je různá, závisí na tvaru formy a hustotě lisovaného materiálu. Optimální podmínky lisování na válcových lisech spočívají v rovnoměrnosti dávkování materiálů do neměnného objemu, sladění rychlosti otáčení s geometrií válců, štěrbinami mezi válci a velikosti forem.

### **Prstencové lisy**

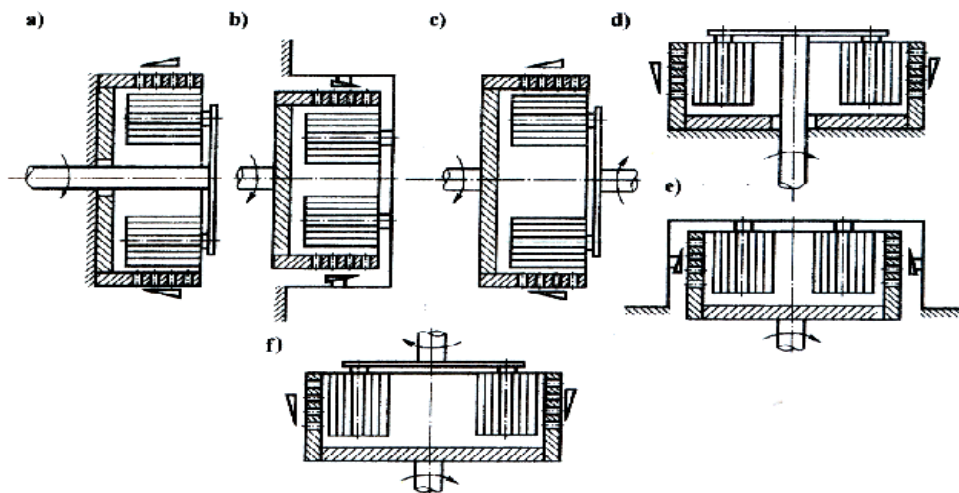
Prstencové lisy se nejvíce používají pro briketování tvrdých materiálů, které vyžadují vysoké lisovací tlaky (do 200 MPa).

Princip lisování spočívá v tom, že materiál se vtahuje mezi dva excentricky uložené, ve stejném směru se otáčející prstence. Ve větším, vnějším prstenci, který má na vnitřní straně žlábek, je excentricky uložen vnitřní lisovací kotouč s výstupkem, který zapadá do žlábků. Otáčením prstenu a zužováním mezery se materiál postupně stlačuje a v nejužším místě se lisuje. Po slisování se postupně tlak uvolňuje v důsledku zvětšování mezery mezi prstenci. Dalším možným principem je peletování na lisu s plochou maticí, jak je zobrazeno na Obr. č. 23.



Obr. č. 23 Příklad prstencového lisu s plochou maticí

Na následujícím obrázku č. 24 je zobrazeno schéma uložení prstencové matice.



a) systém uložení válečků- pevná svislá matrice, b) pohyblivá svislá matrice – pevné uložení válečků, c) pohyblivá svislá matrice – pohyblivé uložení válečků, d) pevná vodorovná matrice – pohyblivé uložení válečků, e) pohyblivá vodorovná matrice – pevné uložení válečků, t) pohyblivá vodorovná matrice - pohyblivé uložení válečků.

Obr. č. 24 Schéma uložení prstencové matice

V současné době známe různé konstrukce těchto lisů, které se liší průměrem prstenců a hlavně mechanismem na odsun briket z lisu. Brikety se ze žlábků vybírají ve vrchní části prstence, např. vyškrabávacím nožem nebo rotačním vyhrnovačem, tady se lámou a samospádem jsou odváděny z prostoru lisu.

Prstencové lisy mají velmi dobrou lisovací charakteristiku. Lisovací tlak postupně narůstá a maximální hodnotu dosahuje v nejužším místě. Lisování probíhá na dráze dlouhé asi 1/20 obvodu prstence.

Na lisovací proces mají vliv tyto základní podmínky:

- měrný lisovací tlak,
- úhel vtahování materiálu,
- lisovací doba.

Všechny tyto podmínky jsou v podstatě určovány geometrií lisovacího kotouče a prstence. Nejvyšší měrný tlak se dosáhne s nejmenším průměrem lisovacího kotouče, nejnižší s největším průměrem. Malý průměr kotouče, ale zvětšuje vtahovací úhel a zkracuje lisovací dobu. Proto geometrické rozměry lisu, šířka a hloubka žlabu, otáčky a průměr prstenců, jsou určujícími parametry lisu. Pro každý materiál se tyto parametry musí experimentálně zjišťovat.

### 2.6.3. Využití biomasy v procesech peletizace a briketování

Tlaková aglomerace materiálů rostlinného původu je proces, ve kterém rozdrobený materiál pod vlivem vnitřních a vnějších sil podléhá zahušťování a zcelování, a získaný produkt (aglomerát) v tuhé podobě má geometrický tvar.

V průmyslové praxi se nejčastěji setkáváme z procesy peletizace a briketování. Výsledný produkt peletizace (peleta) v porovnání s procesem briketování (briketa) je charakteristický především menším rozměrem. Procesy peletizace a briketování materiálů rostlinného původu našli všeobecné uplatnění v produkci průmyslových krmiv a v produkci tuhého ekologického paliva. Procesy peletizace a briketování jiných materiálů jsou často používány v hornických, chemických, potravinářských, farmaceutických a jiných odvětvích. Výzkumy tlakové aglomerace rostlinných materiálů začaly již na začátku 20. století. První vztah mezi hustotou a tlakem zahušťujícími slámu (v briketovacím lisu popsal Berstein v roce 1912). Značný rozvoj v briketování rostlinných materiálů začal v 60. letech. Mimo množství výsledků publikovaných v průběhu několika desetiletí a výsledků výzkumu realizovaných na mnohých výzkumných pracovištích celého světa je stále proces briketování a aglomerace ve středu zájmu výzkumných pracovišť a organizací zabývajících se danou problematikou.

U briket z rostlinných materiálů se zvyšuje jejich soudržnost (což je nejčastěji spojené s jejich vyšší hustotou) a jsou také charakteristické lepší kinetikou spalování. Nejlepší formou pro spalování materiálu ze středně velkých odpadů (hoblíny) a z malých odpadů (piliny) jsou brikety. Ve prospěch briket jako formy paliva hovoří následující skutečnosti:

- brikety se můžou spalovat ve všech typech pecí,
- v průběhu spalování 1 m<sup>3</sup> briket o hustotě okolo 1000 kg.m<sup>-3</sup> je možné získat v průměru od 2,58 do 3,44 MWh energie, přičemž při spalování 1 m<sup>3</sup> hoblin či pilin se získá v průměru od 0,65 do 0,85 MWh,
- kinetika spalování briket je podobná spalování dřevěných polen,
- několikanásobně se snižuje skladovací prostor,
- brikety můžou být skladované v průběhu dlouhého časového úseku, což umožňuje nahromadit potřebné množství pro spalování (v suchých podmínkách),
- několikanásobně vyšší hustota briket v porovnání s pilinami a hoblinami snižuje náklady na transport,
- spalování briket je bezpečné a nehrozí výbuchy,
- zvětšuje se komfort obsluhy pecí (např. eliminací prachu, zavedení automatizace),
- můžou být exportované jako ekologické palivo, při nižší ceně než uhlí.

V následující tabulce č. 23 je uvedena vhodnost některých vybraných rostlinných materiálů k peletizaci.

Tab. č. 23 Hodnocení vybraných rostlinných materiálů vhodných k peletizaci

<b>Materiál</b>	<b>Hodnocení (1-5)*</b>
<b>Kukuřičný šrot</b>	5
<b>Šrot a pšeničné otruby</b>	4
<b>Šrot žitný</b>	4
<b>Šrot ječmenný</b>	3-4
<b>Šrot sojový</b>	3-4
<b>Šrot ovesný</b>	3
<b>Šrot řepkový</b>	3
<b>Rybí moučka</b>	3
<b>Masokostní moučka</b>	3
<b>Bramborové slupky</b>	2-3
<b>Slupky z burských oříšků</b>	2-3
<b>Šrot z extrakce arašídů</b>	2-3
<b>Šrot ze lnu</b>	2-3
<b>Vyloužené řízky z cukrové řepy</b>	2
<b>Krmná moučka</b>	2
<b>Seno</b>	1-2
<b>Sušená syrovátka</b>	1
<b>Sušené mléko</b>	1

stupnice hodnocení vhodnosti peletizace: 1-těžká peletizace, 5-lehká peletizace

#### 2.6.4. Peletizace a briketování rostlinných a odpadních materiálů pro energetické účely

Současně s množstvím vytvářených produktů se objevil problém s množstvím vytvářených odpadů. V značném množství odpadů se nachází velké procento jemně zrnitých materiálů rostlinného původu, které nejčastěji představují piliny, dřevěné prachy, bavlněné odpady, lněné odpady, kávové slupky, rýžové slupky, sláma, a další. Některé z nich představují značné nebezpečí pro ŽP. Takovým příkladem mohou být prachy z výroby nábytku, jejichž množství může představovat 13 % zpracovávané hmoty.

Z přírodních zdrojů se jedná především o dřevní hmotu s ohledem na její výskyt. K praktickému využití přichází v úvahu ve formě kusového dřeva, pilin, hoblin, brusného prachu, lesní štěpky a kůry.

Obsah vody v dřevní hmotě se pohybuje v širokém rozmezí od 10 % u dřeva uměle vysušeného v sušárně až po 55 % v kůře čerstvě pokácených stromů. Průměrné chemické složení hořlaviny dřevní hmoty je patrné z následující tabulky. Obsah popelovin v suchém vzorku je označen As.

Výhřevnost dřevní hmoty je závislá na obsahu vody. Z tohoto důvodu se její hodnota rovněž pohybuje v širokém rozmezí. Různé druhy dřevin mají pro daný obsah vody prakticky shodnou výhřevnost. Vžitá představa, že tvrdé dřevo má vyšší výhřevnost než dřevo měkké, je mylná, protože se jedná pouze o rozdílnou měrnou hmotnost těchto dřevin. Pro praktické výpočty je možno použít hodnot výhřevností, které jsou graficky uváděny v závislosti na obsahu vody.

Jak je patrné z chemického složení dřevní hmoty, nevzniká při jejím spalování škodlivina  $\text{SO}_2$  a koncentrace  $\text{NO}_x$  jsou rovněž velmi nízké, což jsou další argumenty pro biomasu jako ekologické palivo.

Použitím briket z kůry se (oproti spalování drcené vlhké kůry) sníží objemové nároky na palivo asi 3,7 krát. Vzhledem k tomu, že pro výrobu briket je nutno vstupní hmotu vysušit na obsah vody cca 12 %, zvýší se nejenom jejich měrná hmotnost, ale i jejich výhřevnost. Dalším palivem z přírodních zdrojů je sláma a celá obilní hmota (sláma se zrnem), jejichž přebytky v zemědělské výrobě se projevují v nabídkách i na palivovém trhu. Především se jedná o slámu obilovin a olejnin (řepka). K nim postupně přicházejí i produkty označované jako nežádoucí plevele (s velkým růstovým a energetickým potenciálem), a to křídlatka (*Miscanthus*), ale i nově zaváděné seté konopí. Obsah vody má v době růstu hodnotu cca 80 %, která postupně klesá. V době zrání je tato hodnota již 50 % a při sklizni cca 20 %. V závislosti na změně obsahu vody se mění i výhřevnost, jako tomu bylo u dřevní hmoty.

Dřevo, ze kterého v procesu jeho zpracování vznikají piliny, má následující chemické složení: C 50 %, O 43 %, H 6 %, N 0,2 %, Fe, Si, Na, Mg, P, S, K.

Uhlík, vodík a kyslík vystupují hlavně jako uhlovodíky a ligniny a v menších množstvích jako živice, vosky, tuky, třísloviny a ve vazbě s dusíkem jako bílkoviny.

Základními složkami dřeva jsou:

- Celulóza jako hlavní složka charakterizující vlastnost dřeva a její složení je: C - 44,4 %, H - 4,2 %, O - 49,4 %,
- Hemicelulóza jsou uhlovodíky s jednodušší stavbou jejichž množství se pohybuje ve dřevě kolem 20-30 %. V buněčné stěně plní roli tmelu,
- Lignin – je to vedlejší složka, která se skládá z C 63 %, H 6 % a O, obsah kterého je v listnatých dřevinách 20 % a v jehličnatých 30 %,
- Živice, tuky a vosky.

Obsah živice je v borovicovém dřevě 4,81 %, ve smrkovém dřevě 1,69 % a v jedlích 1,0 %. Dlouhodobé skladování dřeva na hromadách způsobuje snížení obsahu živic o 50 % za rok. Skladování dřevěných odpadů ve formě pilin má vliv na rychlejší snížení obsahu živic ve hmotě.

Sláma, podobně jako dřevo, se skládá z celulózy, hemicelulózy a ligninu. Chemické složení slámy je podobné jako u dřeva a je uvedeno v Tabulce č. 24.

Tab. č. 24 Základní chemické složení slámy

Položka	Jednotka	Sláma obilná	Sláma řepková
C	%	47,0	46,0
O <sub>2</sub>	%	38,0	40,0
H	%	5,6	5,0
N	%	0,4	0,2
S	%	0,1	0,2
Cl	%	0,1	0,1
popel	%	5,0	6,0
výhřevnost prchavá	MJ/kg	14,0	15,0
prchavá hořlavina	%	80,0	78,0

Sláma je pro další následné využití lisována do kvádrů nebo válců. V závislosti na hodnotě použitého lisovacího tlaku se měrná hmotnost pohybuje v rozmezí 60-150 kg.m<sup>-3</sup>. Obří balíky slámy dosahují hmotnost až 500 kg.ks<sup>-1</sup>. Ze slámy se rovněž lisují brikety a peletky, což umožňuje jejich využití i pro otop domácností.

Příklady složení a výhřevností: Sláma řepková (bezvodá) popel 4,6 %, C 48,7 %, H 5,9 %, O 42,6 %, N 0,3 %, S 0,08 %; Sláma pšeničná (bezvodá) popel 6,5 %, H 5,5 %, O 39,1 %, N 0,3 %, S 0,05 %. Při porovnání hodnot výhřevností slámy (15 MJ.kg<sup>-1</sup> při vlhkosti kolem 10%) a odpadů dřevěných (17-19 MJ.kg<sup>-1</sup> při vlhkosti 10%) s hodnotami černého uhlí (25 MJ.kg<sup>-1</sup>) je jednoznačné, že je to velmi cenný materiál pro energetické využití.

Výhřevnost slámy a dřeva se značně zmenšuje se vzrůstem vlhkosti. Horní hranice vlhkosti by neměla překročit 20 %. Hranice 20 % umožňuje realizaci procesu briketování jak pro slámu, piliny, hobliny, tak i pro drcenou kůru. Jestli se bere do úvahy, že v procesu briketování se vlhkost materiálu snižuje o několik procent (3-5%), potom vytvořené brikety mohou být skladovány delší dobu. Nevyužitý odpad rostlinného původu, jsou nevyhovující z ekologických hledisek a způsobují zvýšení dodatečných nákladů na skladování, transport apod.

Jedním z nejlepších způsobů využití těchto odpadů je jejich spalování. Spalování rostlinných odpadů v různých jeho formách je značně výhodnější než spalování uhlí nebo topných olejů (už ve množství snížení produkovaných emisí SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, prachů apod.). Sláma, použitá ke spalování, může vystupovat ve formě: volné, neupravené, posekané, nebo ve formě stlačených balíků, ve formě stébel, briket.

Malé balíky slámy jsou produkty tlakové aglomerace slámy, které se v porovnání s peletami nebo briketami formují při výrazně nižších tlacích a často vyžadují převázání z vnější strany. Odpady ze zpracování dřeva jsou piliny, hobliny, odřezky, polena. Forma materiálů ovlivňuje výběr spalovacího zařízení (spalovací kotle, pece), výběr zařízení pro přípravu materiálů (lisy, drtiče,..) a výběr procesu technologie techniky spalování (viz. Tab. č. 25).

Tab. č. 25 Fyzikální vlastnosti paliv na bázi slámy a dřeva

Druh materiálu	Sypná hmotnost [kg.m <sup>-3</sup> ]	Měrná hmotnost [kg.m <sup>-3</sup> ]	Objemová hmotnost [m <sup>3</sup> .t <sup>-1</sup> ]	Tepelná energie [MWh.m <sup>-3</sup> ]
<b>Sláma</b>				
- drcená	-	20 – 50	20 – 50	0,07 – 0,16
- sekaná	-	40 – 60	16 – 25	0,13 – 0,19
- dlouhé stébla	80 – 140	70 – 130	7,7 – 14	0,23 – 0,43
- stébla okrouhlé	80 – 130	60 – 90	11 – 16	0,19 – 0,29
- malé stébla	80 – 130	50 – 110	9 – 20	0,15 – 0,35
- pomleté stébla	-	180 – 360	2,8 – 5,5	0,59 – 1,15
- brikety	800 – 1400	300 – 450	2,2 – 3,3	0,99 – 1,48
<b>Dřevo</b>				
- polena	330 – 560	200 – 500	2,0 – 5,0	0,86 – 2,15
- piliny	-	200 – 300	3,3 – 5,0	0,86 – 1,29
- hobliny	-	150 – 200	5,0 – 6,6	0,65 – 0,86
- brikety	1000 - 1350	600 - 800	1,3 – 1,6	2,58 – 3,44

Z Tabulky č.17 vyplývá, že největší množství získané energie z 1 m<sup>3</sup> materiálu (slámy a dřeva) je možné získat v případě, že daný materiál je ve formě briket. Brikety mají také nejnižší objem při skladování.

V průběhu spalování slaměných briket je možné sledovat dvě fáze procesu. V první fázi se z brikety uvolňuje voda a polévaté částice (proces odplyňování). Briketa ztrácí v této fázi až 75 % svojí hmoty. Oddělované poletavé částice se spalují výrazně velkým plamenem. Druhá fáze je bezplamenové spalování sloučenin uhlí. Táto fáze probíhá v případě briket ze slámy asi 19x pomaleji než první fáze. Jejím produktem je nespalitelný popel. Průběh spalování je podobný jak v případě slámy, tak i dřeva. Úplně jiný je průběh spalování koksu. Spalování koksu je podstatně pomalejší, chybí proces odplyňování (má značně menší obsah vázaného O<sub>2</sub> v koksu v porovnání se slámou a dřevem).

Všeobecně je možné říct, že nejvhodnějším způsobem využití slámy u malých, středních a velkých hospodářství je spalování slámy ve formě briket.

V Japonsku už v roce 1968 pracovalo 638 zařízení na briketování hoblin. V současnosti jsou brikety vyráběny ve formě cylindrů o průměru 50-70 mm a délce 400 mm. Většinu produkce tvoří brikety 50-60 mm, které se používají pro spalování v domácnostech.

Brikety o průměru 70 mm se používají v zimním období. Brikety se balí do velkých papírových tašek o váze 15 kg.

Na základě množství publikovaných prací, jsou v následujícím přehledu uvedeny nejvýznamnější charakteristiky ovlivňující proces peletizace a briketování materiálů rostlinného původu. Současné poznatky týkající se procesu tlakové aglomerace materiálů rostlinného původu, je možné charakterizovat následovně:

- Realizované výzkumy se dotýkají vlivů jednotlivých konstrukčních parametrů na průběh procesu.
- Jednotlivé výzkumy s aplikací různých materiálů neumožňují úplné popsání procesů aglomerace a briketování.
- Vlivy některých parametrů (např. geometrie pracovní plochy) nejsou úplně popsány, nebo jsou popsány pouze teoreticky.
- Závislosti popisující energetickou náročnost procesu jsou jen všeobecné nebo jsou jen v teoretické rovině.
- Současná literatura popisuje především vliv konstrukčních parametrů na průběh procesu.

Současný stav vědy o technologiích tlakové aglomerace rostlinných materiálů umožňuje tvrdit, že je nutné aplikovat komplexní výzkumy procesu peletizace a briketování a dovést je do provozních aplikací.

### **Pelety z dřevního odpadu**

Zpracování různých lignocelulózových odpadů na energetické brikety není žádnou novinkou. Svojí energetickou hodnotou se tyto brikety vyrovnají např. hnědému uhlí a kromě toho jsou o mnoho výhodnější z ekologického hlediska - neprodukují ani zdaleka tolik nežádoucích exhalátů a popela jako jiná fosilní paliva. Jejich výhřevnost se pohybuje v rozmezí od 17 do 18 MJ.kg<sup>-1</sup>. Širšímu využití technologie briketování i v jiných oborech však brání nedostatek informací o samotné technologii a jejích výhodách.

Technologie briketování využívá mechanických a chemických vlastností materiálů, které se použitím vysokotlakého lisování zhutňují do kompaktních tvarů bez přídavku pojiva s využitím pryskyřic obsažených v materiálu. Při lisování biomasy se působením tlaku uvolňuje lignin. Jiné materiály, například litinové špony nebo papír, působením tlaku nad mezí pevnosti mění svůj tvar a mechanickým zaklíněním jednotlivých částic vytvářejí kompaktní hmotu.

Nejznámější je užití technologie briketování v dřevozpracujícím průmyslu, kde se zpracovává truhlářský odpad ve formě pilin či hoblin. Pro zpracování prachových odpadů z dřevotřísky, sololitu nebo MDF desek je nutné používat speciálně upravené raznice, aby bylo zajištěno zhutnění těchto obtížně lisovatelných materiálů.

Briketovací zařízení zhodnocují spalitelný odpad, pro nějž není jiné využití, nebo není vhodný pro vlastní spalování a jeho likvidace skládkováním je drahá. Většina firem vyrábí palivo pro vlastní potřebu (vytápění výroby, řešení disproporce mezi potřebou paliva v zimě a nadbytkem v létě apod.).

Briketovací lisy se však používají stále častěji i pro zmenšování objemu odpadu nebo pro jeho snadnější manipulaci a převoz bez použití nákladných obalů. Šetří se tak náklady na balení odpadu, pracovní sílu manipulující s odpadem a skládkování objemného odpadu. Snižuje se prašnost při manipulaci s prachovými materiály. U některých odpadových materiálů je umožněno zpětné zpracování.

### **Pelety z kalů ČOV**

Kaly jsou využívány jako pojivo k výrobě biopelet. Výsledný výrobek představuje tvrdou, kompaktní a vlhkem neznehodnocovanou peletu, která je vhodná pro spalování ve všech k tomuto účelu upravených typech malých a středních kotlů.

Základními surovinami pro výrobu pelet jsou stabilizované kaly z městských ČOV s doporučeným obsahem sušiny 20 - 30 % a více, dřevní odpad (piliny, štěpky, kůra apod.), sláma (z obilí, řepky a technických plodin) a jiný tuhý bioodpad. V současné době firma Agro-eko a.s. Ostrava dokončuje linky na výrobu biopelet.

Technologický proces lze popsat následovně:

Dřevní odpad je zpracován na štěpky a pak převeden do drtiče. V případě použití slámy prochází směs řezačkou. Dřevní drt' je odváděna do kontinuální šnekové míchačky, kam je současně přiváděn odvodněný čistírenský kal ze zásobníku, a celá směs je dokonale promíchána. Po dobu 2 – 3 dnů dochází ve fermentačním žlabu při optimálních aerobních podmínkách k urychlené asimilaci pachových látek (dezodorizace). Současně vzrůstá teplota směsi a odpařuje se přebytečná voda. Po ukončení fermentačního procesu je směs dávkována do bubnové sušárny, ve které je dosušována na 85 - 95 % sušiny s vyloučením úniku pachu z kalů. Získané palivo je zpracováno pomocí granulačního lisu na pelety válcového tvaru o průměru 14 - 30 mm a je složeno ze 40 % z čistírenských kalů a z 60 % z dřevních odpadů bez použití dalších příměsí. Kapacita výrobní linky s jedním fermentačním žlabem pro jeden výrobní cyklus je dána množstvím 45 t dřevního odpadu nebo slámy a 35 t čistírenských kalů s 20 - 40 % sušinou. Na výstupu z bubnové sušárny bude asi 37 t sypkého paliva s 90 % sušinou, z čehož 9 t lze využít jako energetický zdroj pro provoz sušárny a zbylých 28 t zpracovat na pelety. Ročně lze na jednom fermentačním žlabu zpracovat 4 200 t čistírenských kalů. Při peletizaci dochází zmenšení objemu kalů, pelety zaručují dobrou manipulaci a bezproblémovou přepravu a lze je spalovat jako ekologické palivo.

Výsledným produktem, který vzniká v procesu fermentace a dalšího zpracování je hnojivo nebo topivo (ve formě sypké nebo v granulované formě pelet). Granulované hnojivo lze používat např. pro hnojení polí v oblastech, kde jsou zvláštní režimy ochrany vod např. v blízkosti ochranných pásem povrchových vod či podzemních vod. Granulované palivo lze prakticky spalovat ve všech běžných topeništích, uzpůsobených pro spalování kusového paliva. Výhřevnost biopaliva je zhruba stejná jako u hnědého uhlí, předností je zanedbatelný obsah síry a jiných polutantů, zatěžujících životní prostředí. Další možností je produkce rychlokompostu.

### 3. Fyzikální a chemické vlastnosti biomasy

Využití biomasy jako paliva, která patří mezi tuhá paliva, je určeno fyzikálními a chemickými vlastnostmi použité biomasy. Konstrukce a provedení spalovacích zařízení i dalších zařízení pro energetické využití musí vycházet z těchto vlastností. Podobně jako u běžných druhů paliv jsou i u paliv z biomasy ukazateli kvality paliva zejména obsah vody ( $w$ ), chemické složení hořlaviny paliva, obsah popela ( $A$ ), obsah prchavé hořlaviny a výhřevnost paliva. Tyto vlastnosti jsou někdy nazývány též jako „teplotechnické“:

- **Výhřevnost**  $Q_i^r$  - množství tepla uvolněného dokonalým spálením, přičemž vodní pára ve spalinách nezkondenzuje, obvykle se udává v  $[\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}]$ .
- **Spalné teplo**  $Q_n^r$  - množství tepla uvolněného dokonalým spálením, přičemž se využije kondenzační teplo vodní páry ve spalinách, obvykle se udává v  $[\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}]$ .
- **Měrná hmotnost** - měrná hmotnost biomasy v  $[\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}]$ . Nutno rozlišovat měrnou hmotnost volně sypané, lisované nebo kompaktní hmoty biomasy.
- **Hrubý rozbor biomasy** - zjišťuje se výhřevnost a hmotnostní obsah vody, popela a prchavého podílu v [%].
- **Prvkový rozbor biomasy** - zjišťuje se hmotnostní obsah prvků: C, H<sub>2</sub>, S, N, O<sub>2</sub> v [%], popř. také Cl a F.

Vlastnosti biomasy, kterými se biomasa liší od konvenčních tuhých paliv (uhlí) při spalování jsou:

- proměnný a často vysoký obsah vody, biomasa vyžaduje poměrně velký přívod tepla v první fázi spalování, aby se voda odpařila,
- biomasa obsahuje poměrně hodně prchavého podílu, který se uvolňuje v další fázi spalování a který se spaluje v prostoru, pro jeho spálení je potřeba přivést do tohoto prostoru dostatečné množství kyslíku (vzduchu) a zajistit jeho dobré promíchání s plynným prchavým podílem,
- některé druhy biomasy (např. obilní sláma) mají nízký bod měknutí popelovin (800 až 900 °C proti teplotám nad 1000 °C u uhlí), je proto nebezpečí nalepování a spékání popelovin na roštu,
- některé druhy biomasy obsahují (i když v malém množství) sloučeniny chlóru a draslíku, zplodiny těchto sloučenin po spálení mohou způsobit koroze, a to i keramických konstrukčních prvků (komín).

#### 3.1. Obsah vody - vlhkost biomasy

Typickou vlastností biomasy je poměrně vysoký a proměnný obsah vody. Voda v biomase jednak snižuje poměr využitelného tepla a hmotnosti biomasy (spalné teplo), jednak při jejím odpaření se spotřebuje část tepla (projeví se snížením výhřevnosti) a konečná vlhkost paliva snižuje účinnost spalovacího zařízení, nebo se zvyšuje množství vzniklých

spalin a tím také komínová ztráta. Je proto výhodné používat ke spalování co nejsušší biomasu, nejlépe proschlou přirozeným způsobem na vzduchu, např. skladováním přímo na zemědělské ploše. Umělé sušení je většinou ekonomicky nevýhodné.

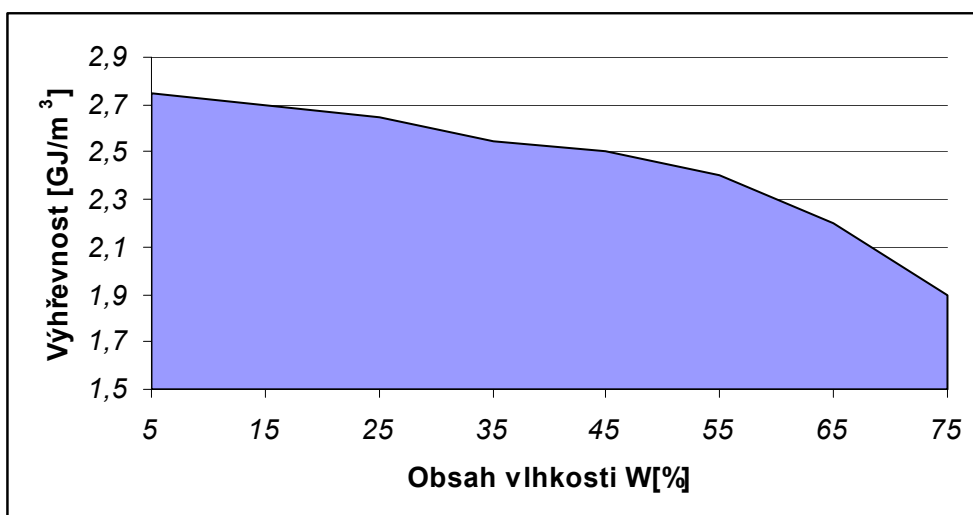
Protože obsah vody může v biomase značně kolísat (např. obsah vlhkosti v palivovém dřevu se pohybuje v rozsahu 20 až 60 %), je výhodné uvádět některé údaje pro biomasu vztahené na suchou hmotu (sušinu) a přepočítat je v případě potřeby na skutečný, vlhký stav. Převodní vztahy mají tvar pro přepočet výhřevnosti:

$$Q_i^r = Q_i^d \cdot (1 - w) \quad [\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}]$$

$$m_v = \frac{m_s}{1 - w} \quad [\text{kg}]$$

$$\rho_v = \frac{\rho_s}{1 - w} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

V uvedených vztazích značí  $Q_i^r$  [MJ.kg<sup>-1</sup>] výhřevnost ve stavu při spalování (surový stav),  $Q_i^d$  [MJ.kg<sup>-1</sup>] totéž pro sušinu,  $w$  [kg/kg] poměrný obsah vody ve vlhké hmotě,  $m_v$ ,  $m_s$  [kg] hmotnost vlhké, popř. suché hmoty,  $\rho_v$ ,  $\rho_s$  [kg.m<sup>-3</sup>] měrnou hmotnost vlhké nebo suché biomasy. V případě, že se výhřevnost vztahuje na objemové jednotky, předchozí vztah neplatí a výhřevnost, např. pro dřevní štěpky, závisí na vlhkosti podle Obr. č. 25.



Obr. č. 25 Závislost vlhkosti na výhřevnosti paliva

Biopaliva lze spalovat v různých formách. Zatím jsou největším spotřebitelem i dodavatelem biopaliv dřevozpracující závody. Proto je nutné uvést na pravou míru zvyklosti dřevozpracujícího průmyslu, kde se používá rozdílné vyjadřování obsahu vody oproti běžné energetické praxi.

V dřevozpracujícím průmyslu se obsah vody v dřevní hmotě vyjadřuje podle vztahu:

$$w_{dř} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100 = \frac{\Delta w}{m_2} \cdot 100 \text{ [%]}$$

V energetice se vyjadřuje obsah vody (při stejném použití označení) vztahem:

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 = \frac{\Delta w}{m_1} \cdot 100 \text{ [%]}$$

kde  $m_1$  je hmotnost před a  $m_2$  po vysušení.

Na základě uvedených vztahů byly vypočítány poměry mezi jednotlivými vlhkostmi, viz, Tab. č. 26.

Tab. č. 26 Poměr mezi dřevařskou a energetickou vlhkostí

<b>Vlhkost w [%]</b>	<b>Dřevařská vlhkost <math>w_{dř}</math> [%]</b>
0	0
10	11
20	25
30	43
40	67
50	100
60	150
70	230
80	400

V závislosti na technologii výroby a typu dřevozpracujícího závodu se obsah vody v dřevní hmotě pohybuje v širokém rozmezí, a to  $w = 7$  až 60 %. Proto je nutné vždy přesně znát, o jaké vyjadřování obsahu vody právě jde.

Hodnoty vlhkosti pro různé typy biomasy se v zahraniční i tuzemské literatuře dosti liší. V následující Tab. č. 27 jsou uvedeny průměrné hodnoty z jednotlivých literárních pramenů.

Tab. č. 27 Vlhkosti pro různé typy biomasy

<b>Plodina</b>	<b>Vlhkost [%]</b>
<b>Sláma obilovin</b>	15
<b>Sláma řepka</b>	17-18
<b>Energetická fytomasa – orná půda</b>	18
<b>Rychlerostoucí dřeviny – zem. půda</b>	25-30
<b>Energetické seno - zem. půda</b>	15
<b>Energetické seno - horské louky</b>	15
<b>Energetické seno - ostatní půda</b>	15
<b>Rychlerostoucí dřeviny – antropogenní půda</b>	25-30
<b>Jednoleté rostliny – antropogenní půda</b>	18
<b>Energetické rostliny – antropogenní půda</b>	18

### 3.2. Výhřevnost a spalné teplo

Z hlediska energetického využití jsou nejdůležitějšími vlastnostmi biomasy výhřevnost a spalné teplo. Spalné teplo  $Q_n$  [ $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] je teplo uvolněné dokonalým spálením 1 kg paliva na  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$  s tím, že veškerá vodní pára ve spalinách z kondenzuje do kapalné podoby. Výhřevnost  $Q_i$  [ $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] je teplo uvolněné za stejných podmínek jen s tím rozdílem, že vodní pára nezkondenzuje a odchází ve spalinách. Výhřevnost se vypočte ze spalného tepla  $Q_n$  odečtením výparného tepla vody. Voda uvolňující se spalováním je součtem vody obsažené v palivu jako jeho vlhkost a vody vzniklé spálením paliva (odpovídá obsahu vodíku v palivu). Výhřevnost se určí ze vztahu:

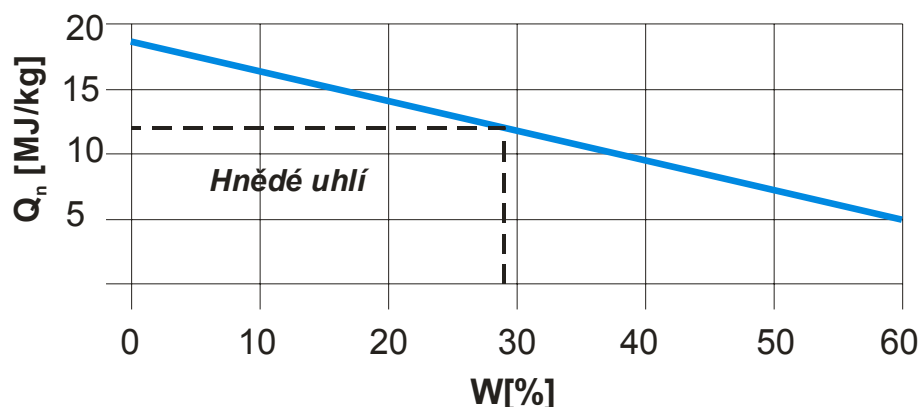
$$Q_n = Q_i - 2,453 \cdot (w + 8,94 \cdot H_2) \text{ [MJ}\cdot\text{kg}^{-1}\text{]}$$

kde je  $Q_i$  - výhřevnost,  $Q_n$  - spalné teplo,  $w$  [ $\text{kg}/\text{kg}$ ] - vlhkost paliva a  $H_2$  [ $\text{kg}/\text{kg}$ ] - obsah vodíku v palivu

Různé druhy dřevin mají pro daný obsah vody prakticky shodnou výhřevnost (chemické složení hořlaviny různých druhů dřevin je téměř shodné). Typická výhřevnost a obsah vody vybraných druhů biomasy lze nalézt v Tabulce č. 28. Pro praktické informativní výpočty lze použít výhřevností v závislosti na obsahu vody, které jsou uvedeny na následujícím Obr. č. 26.

Tab. č. 28 Výhřevnost biomasy v závislosti na obsahu vody

Druh	Výhřevnost [MJ/kg]	Při vlhkosti [% hm]
Dřevo kusové	15,30	14,40
Dřevo-brikety	17,54	7,42
Dřevo-pelety	17,54	7,42
Dřevo-štěpka	9,84	41,74
Dřevěná kůra, mix	15,92	4,82
Papír, brikety	11,98	4,61
Sláma obilní	15,46	10,00
Sláma řepková	15,90	5,56
Sláma pšeničná	14,58	13,01
Sláma lisovaná, role, kvádry	15,46	10,00
Pelety	15,46	10,00
Sláma řepková, brikety	15,42	11,16
Řepkové šroty granulované	16,70	9,21
Slunečnicové slupky	24,05	5,22
Městské odpadky	8,14	33,00



Obr. č. 26 Teoretická závislost výhřevnosti biomasy na obsahu vody

Výhřevnost zcela zdravého a suchého dřeva je poměrně vysoká: u listnáčů je to 18 MJ/kg, u jehličnanů 19 MJ/kg. Stejné hodnoty výhřevnosti mají stébelniny, zejména sláma obilovin a traviny. To je asi necelá polovina výhřevnosti ropných paliv. Ve skutečnosti však biomasa vždy obsahuje nejméně 10 % vody, v průměru mají dřevo i štěpka provětrávané a skladované pod střechou asi 30 % vlhkosti. Vlhkost slámy v balících uskladněných v halových skladech nebo v zakrytých stozích dosahuje 14 až 16 %. Při hoření se tato voda odpařuje a tím snižuje základní výhřevnost sušiny biomasy. Je-li teplota spalin za kotlem (výměníkem) vyšší než 101 °C, toto teplo, obsažené ve vodní páře, se nevyužije. Tak tomu zpravidla zatím je. Výhřevnost paliva se však také snižuje s časem, zejména činností mikroorganismů, hub a plísní.

Obsah vody výrazně ovlivňuje výhřevnost paliva (viz. Tab. č. 29), a to nejen zmenšením obsahu sušiny, ale i spotřebou energie na odpaření. Z toho vyplývá nutnost prodeje paliva s ohledem na vlhkost.

Tab. č. 29 Výhřevnost dřeva a kůry v závislosti na obsahu vody

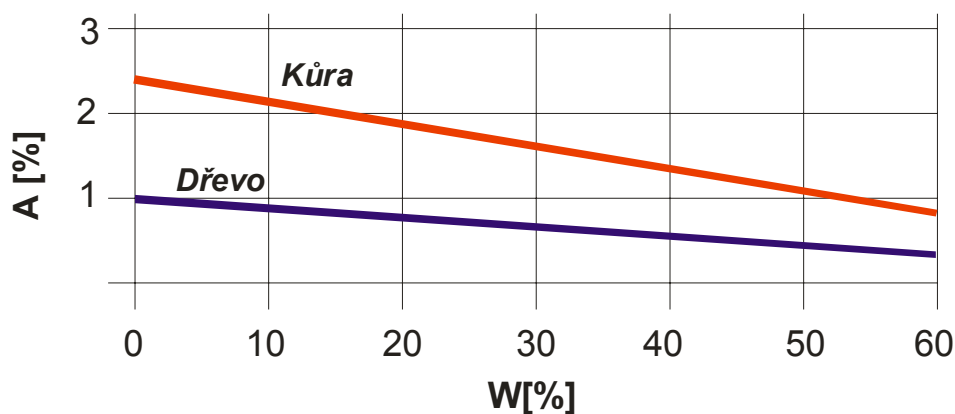
Obsah vody [%]	Dřevo [MJ/kg]	Kůra [MJ/kg]
0	18,5	18,8
10	16,4	16,7
20	14,3	14,6
30	12,2	12,5
40	10,1	10,5
50	8,0	8,4

Zvětšení obsahu vody ve dřevě z 20 na 40 % podmiňuje vyšší spotřebu paliva téměř o polovinu. Vzrůst obsahu vody na 50 % - což je běžný případ, podmiňuje potřebu paliva již bezmála dvojnásobnou! Závislost je tudíž progresivní, část dřevní hmoty se spotřebuje na pouhé odpaření vody bez efektu. Na základě této skutečnosti je možné přijmout dvě řešení nebo jejich kombinaci:

- dbát na vysušení paliva před spalováním
- větším výměníkem využít i teplo obsažené v odpařené vodě a spaliny přivést až ke kondenzaci.

### 3.3. Obsah popela

Každé palivo je složeno ze tří základních složek. Jednak je to voda, která byla popsána v předešlé kapitole, dále je to popel tzv. nespalitelný podíl a jako poslední složka je hořlavina tzv. spalitelný podíl. Obsah popela v biomase je velmi nízký oproti ostatním druhům paliv. Obsah popela v kůře je vyšší než u dřeva (kůra zachycuje z ovzduší mechanické nečistoty a další se do kůry dostávají při přibližování kmenů během těžby). Nižší obsah popela snižuje emise pevných částic popílku. Na Obr. č. 27 je vyjádřena závislost obsahu popela ve dřevě a kůře na vlhkosti paliva.



Obr. č. 27 Závislost obsahu popela na vlhkosti paliva

Množství popeloviny v biomase je dáno jejím přirozeným výskytem minerálů ve struktuře materiálu a také vlivem půdní kontaminace. Zjistit do jaké míry bude v biomase popeloviny jen proto, abychom ji chtěli nějakým způsobem odstranit, je pouze malý důvod pro stanovení obsahu popeloviny v daném palivu.

Charakteristika popele (určená pomocí elementární analýzy) a znalosti charakteristických teplot tavení popele nám dávají možnost, jak předejít problémům v ohništi – tj. struskování, zanášení a spékání. Pokud je biomasa spalována v kombinaci s uhlím (tj. spoluspalování), potom to může mít za následek dosažení takové teplotní úrovně, která by mohla vést k tvoření strusky.

Chemické analýzy popele ukazují, že biomasa (obzvláště sláma) obsahuje velké množství alkalických kovů (hlavně  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  a  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) v porovnání s uhlím.

V následující Tab. č. 30 jsou uvedeny hodnoty obsahu popela (nespalitelného podílu) pro jednotlivé typy biomasy. Zároveň je uveden obsah prchavé hořlaviny, kterou se zabývá další kapitola.

Tab. č. 30 Obsah popela a prchavé hořlaviny u vybraných typů biomasy

Typ biomasy	Obsah popela	Obsah prchavé
	v sušině [%]	hořlaviny [%]
Jedle (s kůrou)	0,6	82,9
Buk (s kůrou)	0,5	84,0
Topol	1,8	81,2
Vrba	2,0	80,3
Kůra jehličnatá	3,8	77,2
Žitná sláma	4,8	76,4
Pšeničná sláma	5,7	77,0
Triticale	5,9	75,2
Ječná sláma	4,8	77,3
Řepková sláma	6,2	75,8
Kukuřičná sláma	6,7	76,8
Slunečnice	12,2	72,8
Konopná sláma	4,8	81,4
Ozdobnice	3,9	77,6
Žito - zrno	2,0	80,9
Pšenice - zrno	2,7	80,0
Triticale - zrno	2,1	81,0
Řepka - zrno	4,6	85,2
Cukrová třtina	4,0	80

V následující Tab. č. 31 je porovnán chemický rozbor popela u pšeničné slámy a ovesné slámy. Dále je zde uveden přehled o obsahu těžkých kovů a charakteristické teploty tavitelnosti popela.

Tab. č. 31 Chemické složení popela a další parametry u slámy z pšenice a ovsa

Parametr	Pšeničná sláma	Ovesná sláma
<b>Chemický rozbor popela</b>		
CO <sub>2</sub>	1,95 %	6,70 %
SO <sub>3</sub>	3,65 %	2,97 %
Cl	3,27 %	13,10 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,13 %	1,77 %
SiO <sub>2</sub>	51,51 %	16,90 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,40 %	0,42 %

<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,79 %	0,61 %
<b>CaO</b>	6,57 %	6,90 %
<b>MgO</b>	1,73 %	1,72 %
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0,56 %	7,52 %
<b>K<sub>2</sub>O</b>	17,07 %	31,80 %
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,06 %	0 %
<b>Obsah popela</b>	6,21 %	7,82 %
<b>Obsah těžkých kovů popela</b>		
<b>Pb</b>	2 ppm.	2 ppm.
<b>Cu</b>	20 ppm.	26 ppm.
<b>Hg</b>	0,01 ppm.	0,01 ppm.
<b>Cd</b>	0,03 ppm.	0,04 ppm.
<b>Teploty tavitelnosti popela</b>		
<b>DT</b>	848 °C	910 °C
<b>ST</b>	956 °C	930 °C
<b>HT</b>	1107 °C	950 °C
<b>FT</b>	1241 °C	970 °C

### 3.4. Elementární složení hořlaviny paliva

Základními prvky hořlaviny jsou: C, H<sub>2</sub>, S, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> v [%]. Hořlavé složky v 1 kg paliva při spalování jsou určeny prvkovým složením hořlaviny:

$$C^h + H^h + S^h + O^h + N^h = 1$$

Pro dřevo je specifické, že obsahuje největší podíl plynných látek uvolňovaných pyrolýzou (75 až 85 %) nehořících na roštu, ale ve vzhledu mezi roštem a komínem (tzv. dlouhý plamen dřeva i dalších biopaliv). Chemické složení hořlaviny dřeva je uvedeno v Tabulce č. 32. Z toho vyplývá, že efektivní a pro životní prostředí neškodné spalování biomasy je možné jen ve speciálních topeništích, a nikoliv v energetických jednotkách konstruovaných pro jiná paliva. V neupravených topeništích pro fosilní paliva je sice pálení biomasy technicky možné, ale je spojeno s jejich nepříjemně nízkou účinností (s malým využitím spalného tepla biomasy), ale i s emisemi ekologicky nežádoucích produktů nedokonalého spalování (karcinogenních látek a aromatických uhlovodíků). Biomasa obsahuje poměrně hodně prchavého podílu, který se při spalování uvolňuje. Chemické složení hořlaviny a podíl prchavé hořlaviny různých druhů biomasy je uvedeno v Tab. č. 33, kde jsou dále pro porovnání uvedeny parametry fosilních paliv. Velkou předností dřevní hmoty je to, že neobsahuje síru, a tak během spalování nevzniká škodlivý plynný exhalát SO<sub>2</sub>.

Tab. č. 32 Chemické složení hořlaviny dřevní hmoty

Složka (%)	Dřevo			Kůra	Hnědé uhlí
	jehličnaté	listnaté	smíšené		
uhlík	51,0	50,0	50,5	51,4	69,5
vodík	6,2	6,15	6,2	6,1	5,5
kyslík	42,2	43,25	42,7	42,2	23,0
síra	-	-	-	-	1,0
dusík	0,6	0,6	0,6	0,3	1,0
popel v pal.	1,0	1,0	1,0	2,3	25

Tab. č. 33 Složení prchavé hořlaviny vybraných druhů biomasy

Palivo	Výhřevnost (MJ.kg <sup>-1</sup> )		Podíl prchavé hořlaviny (%)	Elementární složení				
				C (%)	H (%)	O (%)	N (%)	S (%)
obilní sláma	min.	15	70	43,9	5,4	38	0,3	0,05
	max.	17,5	82	48	6,4	43,3	0,7	0,2
obiloviny sláma + zrno	min.	15,5	76	45	6	39,5	1	0,09
	max.	18,5	79	46,6	6,9	42,6	1,8	0,2
Miscantus sloní tráva	min.	15	74	45	5,5	36	0,5	0,05
	max.	17,6	79	49	6,4	41,3	1,7	0,3
seno	min.	13,5	70	45	6	38,8	0,8	0,08
	max.	17,7	75	48,6	6,6	44,3	1,1	1,12
dřevo	min.	16,9	70	45	5,3	41,4	0,1	0,02
	max.	19	85	52	6,5	46	1,7	0,3
řepkový olej	min.	35	100	77	12	11	0,1	0
hnědé uhlí	min.	14	20	27,5	2,5	12	0,3	0,5
	max.	23	55	64	5,8	33	1,5	6
černé uhlí	min.	27	10	65	2,8	5	0,9	0,5
	max.	32,5	40	84	5	9,1	2	1,5
koks	min.	30	4	65	1	1	0,1	0,1
	max.	32,5	13	90	2	2	0,5	0,5

Významným parametrem pro vznik znečišťujících látek při spalování biomasy je její elementární složení. Z výsledků rozborů různých typů biomasy je možné sestavit Tabulku č. 34, ve které je souhrnně uveden rozsah prvkového složení různých typů biomasy.

Tab. č. 34 Prvkové složení biomasy v hm. % sušiny

<b>C</b>	<b>H</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>
40 - 46	cca 6	40-44	1-5	0,05-0,8	0,3-5
<b>Na</b>	<b>S</b>	<b>Ca</b>	<b>Si</b>	<b>Mg</b>	<b>B</b>
0,02–0,5	0,05 – 0,8	0,3-5	0,05 - 3	0,05-1	0,005-0,01
<b>Cl</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	
0,02-1	0,0002-0,002	0,005-0,1	0,002-0,03	0,001-0,01	

### 3.5. Objemová měrná hmotnost

Ačkoliv množství energie v 1 kg dřeva je dáno obsahem vody, je docela konstantní ve vztahu k jeho druhu (v rozmezí 19-20 MJ při  $w = 0\%$  a 10-11 MJ při  $w = 40\%$ ). Obdobné tvrzení z pohledu objemu není pravdivé. Jeden kilogram masivního dřeva, který má relativně větší hustotu – jako je např. druh ebenové dřevo, by mohlo být jednoduché vzít do ruky, ale jeden kilogram balzového dřeva (které je běžně používáno při výrobě modelů letadel), by bylo obtížné naplnit do menšího batohu. Oba druhy dřev obsahují obdobné množství energie. Rozdíl mezi nimi je v jejich objemu, který je rozhodující při dopravě, skladování a také pro návrh spalovacího zařízení, který musí v obou případech akceptovat rozdílné objemy paliv. Např. uhlí má větší výhřevnost než dřevo a pokud bychom v uhelném kotli chtěli spalovat dřevo, znamenalo by to v konečném důsledku pokles výkonu, jednoduše proto, že by množství paliva bylo omezeno velikostí spalovací komory.

Pro transport je důležité maximalizovat užitečné zatížení, které znamená snížení dopravní ceny. To ale nemusí být tak jednoduché u suchého dřeva s nízkou objemovou hustotou. K tomu lze uvést příklad na nákladním vozu s kontejnerem, který je 2 metry vysoký, 2 metry široký a 10 metru dlouhý. Pokud je jeho objem ( $40\text{ m}^3$ ) naplněn uhlím, tak by jeho celková hmotnost byla 48 t (to by bylo ale nedovolené z pohledu překročení hmotnostního limitu). Jestliže by byla použita čerstvá štěpka (okolo 50 % obsahu vlhkosti) s větší hustotou, tak by byla hmotnost možná 35 tun a bylo by to na hranici maximálního povoleného užitečného zatížení. V případě naplnění suché dřevní štěpky o menší hustotě, tak by byla hmotnost přibližně 25 tun, což je méně než užitečné zatížení. To ale znamená, že se zvýší dopravní cena. A tak znát objemovou hustotu paliva a také, zda-li je ve formě štěpky, polen, klád, větví nebo nasekaných celých stromů je hodnotná informace pro optimální dopravu, manipulaci a systém skladování.

Měrná objemová hmotnost, která se pohybuje od cca  $40\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  sypaného nejlehčího paliva až do cca  $1,6\text{ t}\cdot\text{m}^{-3}$  absolutní hmotnosti u nejvíce slisovaných briket a pelet. V sypaném, nerovnaném stavu, ovšem i brikety a pelety vzhledem k mezerovitosti dosahují objemové hmotnosti kolem  $500\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Při objemových bilančních a projekčních výpočtech spotřeby paliva se v praxi dřevozpracujícího průmyslu používají tyto objemové jednotky uvedené v Tabulce č. 35.

Tab. č. 35 Objemové jednotky

Jednotka	Název	Význam
plm	plnometr = m <sup>3</sup>	krychle o hraně 1 m vyplněná dřevem bez mezer, tedy 1 m <sup>3</sup> skutečné dřevní hmoty („bez děr“)
prm	prostorový metr = m <sup>3</sup> p. o. (tedy „prostorového objemu“)	krychle o hraně 1 m vyplněná částečně dřevem s mezerami, čili 1 m <sup>3</sup> složeného dřeva štípaného nebo neštípaného („s dírami“), např. dřevo v lese složené do „metrů“
prms	prostorový metr sypaný	1 m <sup>3</sup> volně loženého sypaného (nezhutňovaného) drobného nebo drceného dřeva

Pro přepočítání mezi základními jednotkami se užívají vzájemné orientační propočty uvedené v Tab. č. 36.

Tab. č. 36 Vzájemné přepočty mezi jednotkami objemu dřevní hmoty.

Jednotky	plm	prm	prms
plm	1	1,43 - 1,54	2,43 - 2,86
prm	0,65-0,7	1	1,61-1,86
prms	0,35 - 0,41	0,54 - 0,62	1

V Tab. č. 37 jsou uvedeny hodnoty měrných hmotností pro vybrané typy biomasy.

Tab. č. 37 Přepočty mezi výtěžnostmi zrna a slámy pro jednotlivé druhy plodin.

Druh paliva	Měrné hmotnosti		
	[kg/m <sup>3</sup> ]= [kg/plm]	[kg/prm]	[kg/prms]
<b>Dřevo obecně</b>			
Buk	670	469	275
Dub	685	480	281
Borovice	517	362	212
Smrk	455	319	187
Listnaté dřevo	678	475	278
Jehličnaté dřevo	486	340	199
<b>Polena (měkké dřevo)</b>		400	
Dřevní štěpka			210
Sláma obilovin		120	(balíky)
Sláma kukuřice		100	(balíky)
Lněné stonky		140	(balíky)
Sláma řepky		100	(balíky)

Na měrnou hmotnost má velký vliv vlhkost biomasy. V Tabulce č. 38 je uvedeno porovnání měrných hmotností štěpky biomasy pro různé dřeviny. V prvním sloupci je uvedena měrná hmotnost štěpky v sušině a ve druhém sloupci je uvedena měrná hmotnost štěpky s obsahem vody 50 %.

Tab. č. 38 Porovnání měrných hmotností suché a vlhké štěpky biomasy

Vzorek	Měrná hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]		Vzorek	Měrná hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	
	Štěpka suchá	Štěpka 50% w		Štěpka suchá	Štěpka 50% W
smrk	172	258	jasan	268	402
jedle	164	246	javor	240	360
borovice	204	306	olše	196	294
modřín	220	306	bříza	256	384
dub	272	408	lípa	208	312
buk	272	408	topol	164	246
habr	300	450	vrba	208	312
jilm	256	384	osika	180	270
líška	224	336	akát	240	360

## 4. Způsoby skladování a transportu biomasy

Způsob skladování a rychlost vysychání štěpky jsou velice důležité v praxi, neboť lesní fytohmota je v čerstvém stavu náchylná k infekci houbami a plísněmi. Působením tepla a mikroorganismů dochází k částečnému rozkladu organické hmoty a tedy i k úbytku hmotnosti (mimo odparu vody). Tím se následně snižuje i výhřevnost štěpky. Totéž ovšem platí i o balíkové slámě.

Biomasu pro energetické účely je nutno většinou skladovat jako:

- běžnou zásobu paliva na určité období
- větší zásobu z důvodu snižování vlhkosti

Při vhodném skladování může být dosažen relativně významný pokles vlhkosti a zvýšení výhřevnosti paliva. Energetická štěpka a balíková sláma by měly být skladovány pod přístřešky, aby nedocházelo k ovlivňování vlhkosti vlivem počasí. Z praxe je známo, že pod 20 % klesne vlhkost štěpky pouze pod zakrytými skládkami. Balíková sláma si podrží vlhkost sklizně, při nesprávném skladování bez přístřešku na volném prostoru může jen navlhnout.

Mezi zcela obvyklé činnosti lesního hospodářství patří transport rovnaného i dlouhého dříví, ať už po silnici nebo v terénu. Jiná situace nastane v případě, kdy budeme chtít přepravovat pařezy. U této nehomogenní dřevní hmoty je vůbec nejhorší využití ložného prostoru dopravních prostředků. Proto je vhodné provést jejich integraci co nejbližší místa jejich dobývání a dále se zabývat otázkami transportu drtě.

V případě dopravy štěpek, pilin a drtí se používají běžné valníkové vozidla. V této souvislosti je nutné brát v úvahu přepravu pouze v uzavřených prostorech, aby nebyl naložený materiál strháván při dopravě proudem vzduchu.

Každý proces přepravy musí zahrnovat nakládání a skládání materiálu. Jestliže je uvažováno s kusovou manipulací materiálu, celý postup je tím značně náročný – snižuje nejen využití vozidla, ale také vlastní přepravní výkon. Kontejnerové přepravní systémy usnadňují manipulaci při dopravě, jelikož odstraňují manipulaci jednotlivých částí materiálu a nahrazují ji manipulací s nákladem jako celem. Tím se časové využití vozidla vzhledem k vlastnímu přepravnímu výkonu zvyšuje.

V souvislosti se dřívím, které bylo popsáno v předchozích kapitolách, činí problémy skladování štěpek. Činností živých parenchymatických buněk, chemickým oxidováním, hydrolyzou celulósových komponentů v kyselém prostředí a biologickou aktivitou bakterií a hub se štěpky poměrně rychle rozkládají, čímž dochází ke ztrátě objemu a zvyšování vlhkosti materiálu. Současně vzrůstá vnitřní teplota skladovaných štěpek na 50-70 °C a za určitých okolností může dojít i k samovznícení. Náběh rozkladných procesů je z počátku pozvolnější. V dalších měsících se stupňuje činnost mikroorganismů a hub, proto se ztráty zvyšují. Při délce skladování 7 – 8 měsíců tedy může dojít k celkovému úbytku objemu cca o 20 %. Doporučená lhůta pro zpracování štěpek se považuje za 3 měsíce.

## 5. Úprava biomasy

Před vstupem do vlastního energetického zařízení musí být biomasa obvykle upravována. Metody těchto úprav závisí v první řadě na požadovaném druhu a kvalitě hmoty vstupující do vlastního energetického zařízení.

V případě pevné formy biomasy se jedná obvykle o sušení (přírozené nebo umělé) a o rozměrové úpravy (stříhání, sekání, drcení, resp. lisování, briketování, peletování).

Někdy je pevná biomasa před vstupem do vlastního spalovacího zařízení zplyňována v generátorech (výroba energoplynu). Vyrobený energoplyn může být čištěn a ochlazován nebo může být použit přímo.

V případě primární plyné formy (bioplyn) mohou být aplikovány různé metody čištění bioplynu a vyrobený bioplyn je obvykle před dalším použitím komprimován.

Tyto úpravy samozřejmě způsobí určité ztráty. Ty lze vyjádřit zvýšenými náklady na nezbytnou energii i dalšími náklady (vč. nutných investic). Je na auditorovi rozhodnout, jak tyto náklady v konkrétní případě započítat do celkové ekonomiky projektu. To v zásadě znamená, zda tyto náklady budou vyjádřeny samostatně nebo budou započteny do ceny biomasy vstupující do vlastního energetického (obvykle spalovacího) zařízení.

### 5.1. Stanovení obsahu vody

Určení přesné vlhkosti v biomase může být problematickou záležitostí. Např. u dřeva se hodnota vlhkosti směrem ke středu polena zvyšuje. Odlišný obsah vody je také v různých velkých kusech paliva a to vlivem velikosti výparné plochy. Stanovení vlhkosti paliva je důležitou součástí před spalovacími zkouškami. Skutečnou vlhkost v biomase můžeme měřit několika způsoby, a to :

- váhovou zkouškou,
- elektrickými vlhkoměry,
- extrakčním způsobem,
- vakuovým způsobem,
- jinými způsoby.

#### 5.1.1. Váhová zkouška a analyzátor vlhkosti

Praktický a podrobný postup je dán normou ČSN 49 0103, podle které je palivo v surovém stavu nařezáno dle požadovaných rozměrů na zkušební vzorky. Ty jsou po zbavení pilin, kůry a třásní (u dřeva) zváženy a tato hodnota hmotnosti ( $m_1$ ) je poznamenána. Do procesu samotného sušení by měly vzorky zůstat v igelitovém sáčku (kvůli zadržení vlhkosti).

Potom je nutno vzorky uložit do sušárny a sušit je při teplotě 105 °C tak dlouho, až dvě, po sobě následující měření hmotnosti paliva jsou stejné. Proto je nutné vzorky v době

sušení vážít. Je-li nutné sušení urychlit, dělí se vzorky na drobnější frakce, nejméně však 2 mm.

Po vysušení se vzorky rychle zvažují, aby na vzduchu co nejméně navlhly. Takto získaná hmotnost je označena jako  $m_2$  (hmotnost konečná nebo suchá). Na základě získaných hodnot je dle následujícího vzorce vypočítána vlhkost paliva.

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 = \frac{\Delta W}{m_1} \quad [\%]$$

Výše uvedeného principu využívají různé analyzátoři. Analyzátor vlhkosti HR 73 (Obr. č. 28), může být použit ke stanovení obsahu vlhkosti prakticky jakékoliv látky. Přístroj pracuje na principu sušení a na váhovém principu.



Obr. č. 28 Analyzátor vlhkosti HR 73

Na počátku měření stanoví analyzátor vlhkosti počáteční hmotnost vzorku, vzorek je pak rychle ohříván zabudovanou halogenovou sušící jednotkou a voda se odpařuje. Během sušení přístroj stanovuje hmotnost vzorku. Výslednou hodnotou je hodnota vlhkosti nebo sušiny. Analyzátor má zabudovanou databázi pro sušící metody, která ukládá nastavení parametrů pro specifický rozměr. Také charakter sušení může být přizpůsoben typu vzorku. Analyzátor má zabudovanou vyhodnocovací jednotku s tiskovým výstupem a proto je daný výsledek k dispozici ihned po měření.

### 5.1.2. Elektrický vlhkoměr

Elektrický vlhkoměr je upřednostňován díky jeho pohotovosti, rychlosti a jednoduchosti měření. Zkušenosti však ukazují, že po stránce přesnosti není dostačující, i když mu není možno upřít uvedené výhody. Ve srovnání s váhovou metodou je jejich hlavní výhodou rychlost měření a poměrně zanedbatelné porušení materiálu. Nutno říct, že právě snadnost, jednoduchost a pohodlnost měření svádějí k jejich používání i v nesprávných případech.

Měření je založeno na změně elektrických vlastností materiálu v závislosti na jeho množství vody. Z elektrických vlastností materiálu se nejvíce mění elektrický odpor a dielektrická konstanta. Na měření těchto hodnot jsou založeny vlhkoměry, které podle toho nazýváme odporové a kapacitní.

### 5.1.3. Odporový vlhkoměr

Odporový vlhkoměr, který je používán pro měření vlhkosti u dřev, pracuje na základě změny elektrických vlastností (elektrického odporu a dielektrické konstanty) vzorku v závislosti na množství obsažené vody. Vlhoměr je založen na skutečnosti, že s přibýváním vlhkosti ve dřevě jeho elektrický odpor prudce klesá. V suchém stavu je dřevo špatný vodič elektřiny. Vlivem průběhu odporu vzhledem k vlhkosti je použitelný rozsah měření pouze v rozmezí 5 až 25% vlhkosti  $w^f$ .



Obr. č. 29 Odporový vlhkoměr

Použití elektrického vlhkoměru umožňuje jednoduché a pohotové měření bez výrazného porušení materiálu, ale jeho přesnost je poměrně malá. Odporový vlhkoměr lze shlédnout na Obr. č. 29.

### 5.1.4. Kapacitní vlhkoměr

Kapacitní vlhkoměry se od odporových vlhkoměrů liší tím, že měří elektrickou kapacitu, tj. jímavost materiálu pro elektrický náboj, která se mění s jeho vlhkostí. Měřená biomota se vkládá mezi deskové elektrody, které jsou napájeny vysokofrekvenčním proudem. Elektrody představují kondenzátor. Větší rozšíření kapacitních vlhkoměrů je omezeno tím, že jejich přesnost je značně závislá na objemové hmotnosti měřeného materiálu. Například objemová hmotnost u dřeva je rozdílná a proto výsledná hodnota vlhkosti se mění až  $0 \pm 30\%$  u těžé dřeviny.

Kapacitní princip je využíván i u analyzátoru vlhkosti FS\_3 (viz. Obr. č. 30). Měřená kapacita se převádí na vlhkost dřeva, kterou přímo odečítáme na stupnici. Tento univerzální přenosný vlhkoměr je určen pro měření sypkých organických materiálů v terénu i v laboratoři.

Při současném použití váhy, lze vlhkoměr využít jako kompenzační, pro měření vlhkosti sypkého materiálu s proměnlivou hustotou.



Obr. č. 30 Analyzátor vlhkosti FS 3

### 5.1.5. Extrakční způsob

Tento způsob slouží k přesnému určení vlhkosti v laboratořích (když materiál obsahuje hodně těkavých látek, jako jsou oleje, pryskyřice, tuky apod.). U tohoto způsobu se materiál vaří v látce, která se nemísí s vodou, např. v xylenu, toluenu. Vodní pára spolu s rozpouštědly při vaření uniká, sráží se, kondenzuje v chladiči a zachytává v měrné nádobě, na jejíž stupnici se přímo odečítají krychlové centimetry vody.

### 5.1.6. Vakuový způsob

Tento způsob určování vlhkosti slouží pro velice jemné laboratorní účely. Materiál se suší ve vakuu, které je tak vysoké, aby se dosáhlo bodu varu při teplotě 40 °C a nižší. Této teplotě odpovídá tlak ve vakuu cca 7400 Pa a se snižující se teplotou klesá podtlak.

## 5.2. Sušení

Biomasa může být sušena dvěma způsoby - přirozeně nebo uměle. V souvislosti s přirozeným sušením se jedná o ponechání materiálu na vzduchu po dobu potřebnou k dosažení požadované vlhkosti.

V případě umělého sušení lze použít různá sušící zařízení, jejichž nevýhodou může být vysoká energetické náročnost, která se projeví ve zvýšených nákladech úpravy paliva. Pokud jsou ale výsledným produktem pelety nebo brikety, je nutností zařadit do úpravy paliva sušení. V opačném případě nebude výsledný produkt soudružný.

Kromě klasických sušících zařízení jsou ale také jiné možnosti.. V posledním desetiletí došlo k rapidnímu poklesu chovu skotu v ČR. V roce 1989 byl celkový počet kusů skotu asi 3,5 mil. Ks, avšak do dnešní doby se snížil na méně než polovinu. Objem velkokapacitních seníků je proto v současné době předimenzován a tyto stavby jsou pro dosušení a skladování sena buď nevyužité, nebo se využívají k jiným účelům. Mimo to se při běžném provozu seník naskladňuje během léta a v průběhu dalšího období během

roku se postupně vyskladňuje. I při každoročním úplném naplnění seníku je tak průměrné využití jeho objemu v průběhu roku pouze 50 %. Zbývající volný prostor je možno využít k jiným účelům

Jako alternativní využití těchto seníků se nabízí možnost dosoušet a skladovat v nich bioenergetické suroviny, především energetickou lesní štěpku. Výhodou tohoto řešení je možnost použití stávající technologie, především roštů, sušících ventilátorů a manipulačních jeřábů. Tato technologie vyžaduje úpravu, která je však poměrně nenáročná. Rošty a jeřáb je třeba přizpůsobit malým rozměrům štěpky tak, aby nedocházelo k jejímu propadávání jak při manipulaci, tak při skladování na roštích. Ventilátory pro sušení energetické biomasy je možno provozovat v jiných režimech, než v případě sušení sena. Zatímco u sena je třeba snížit jeho vlhkost v poměrně krátkém čase, u energetické štěpky a jiných biopaliv může být tato doba podstatně delší. To vyplývá z nižších požadavků na biologickou kvalitu usušené suroviny a z pomalejšího uvolňování vody z dřevní hmoty. Ventilátory tak mohou být provozovány pouze v případech velmi vhodných meteorologických podmínek, tj. za vysokých teplot a nízké vlhkosti vzduchu. Rovněž dodávaná množství vzduchu mohou být snížena, např. snížením otáček ventilátorů. Výzkumně se též řeší možnosti přirozeného větrání. Všechny tyto způsoby vedou k minimalizaci spotřeby elektrické energie, která tvoří významnou složku provozních nákladů.

### **5.3. Mechanická úprava pevných biopaliv**

V první fázi zpracování na biopalivo se u dřeva a cíleně pěstované biomasy upravuje jejich velikost. Zařízení na úpravu rozměrů můžeme rozdělit na stříhací zařízení, sekačky, drtiče.

#### **5.3.1. Stříhací zařízení**

Tato zařízení se používají pouze na přípravu dřeva pro energetické účely. Na výrobu klasického kusového palivového dřeva hlavně z tenčiny a bočních kusových odpadů z dřevařského průmyslu se používají jednožobá stříhací zařízení na principu gilotiny. Na jedno vysunutí stříhacího nože posune podávací zařízení stříhané dřevo o 25 až 30 cm. Vysunutím nože se dřevo tlakem o protinůž odstříhne. Součástí je obvykle i svazkový zařízení. Tato zařízení jsou vhodná pro soukromé výrobce klasického palivového dřeva.

Ve velkých městských kotelnách v zahraničí se používají stříhací zařízení s větším počtem stříhacích nožů vedle sebe. Nože jsou od sebe vzdáleny přibližně 50 cm a délka jejich ramen je několik desítek centimetrů. Soustava nožů je umístěna vertikálně na boku spodní části násypky. Do násypky se sypou různé druhy odpadového dřeva (stavební odpad, křoviny, větve, pařezy), které po rozstříhnutí soustavou nožů padá na dopravník pod ním a dopravuje se do spalovacího zařízení. Používají se hlavně na homogenizaci odpadového dřeva, které lze jen obtížně štěpovat (např. stavební odpad). S ohledem na potřebnou kapacitu odpadového dřeva u nás v dohledné době není možné uvažovat o využití takového zařízení.

### 5.3.2. Sekačky

Sekačky jsou zařízení k beztržskému dělení dřeva řezným účinkem sekacích nožů napříč vlákny a zároveň dělením na potřebnou tloušťku podél vláken díky klínovému tvaru nože.

Sekačky můžeme dělit podle několika kritérií. Podle účelu použití, celkového technického řešení a začlenění do technologických linek v zásadě rozlišujeme sekačky:

#### a) Stacionární sekačky

Sekací agregát, skládající se ze statoru a rotoru, je trvale zabudován do technologické linky na pevných základech. Před sekacím agregátem je v lince přísunové a podávací zařízení. Za sekacím agregátem je zařízení na odvod štěpky (potrubí nebo dopravník). K pohonu sekačky slouží elektromotor. Upravený sekací agregát stacionárních sekaček se obvykle používá jako sekací agregát i do mobilních sekaček.

#### b) Mobilní sekačky

Pojízdné sekačky mají sekací agregát namontován na podvozku, který je určen k přesunu sekačky. Naproti tomu převozní sekačky nemají sekací agregát trvale zabudován na pevných základech ani namontovaný na podvozcích. Na pracoviště se převážejí jiným dopravním prostředkem.

Podle sekacího orgánu dělíme sekačky na:

- diskové,
- bubnové,
- šroubové.

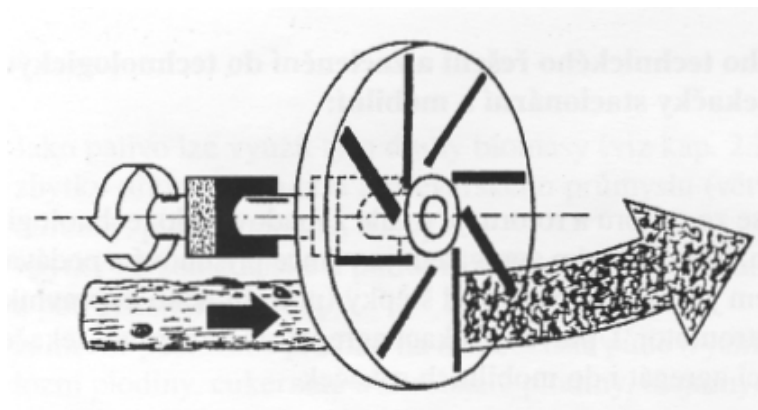
#### 1. Diskové sekačky

Jsou nejrozšířenějším a nejvýkonnějším zařízením na výrobu štěpky, viz. Obr. č. 31. Původně byly řešeny jen jako stacionární s průměrem disku od 1 000 do 2 000 mm, s počtem nožů od 2 do 16 a potřebným instalovaným příkonem až 500 kW. Sekačky byly řešeny tak, že dřevo šikmo klouzalo po žlabu k rotoru sekačky. Výkonnost těchto sekaček je velmi vysoká: 250 až 300 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> při sekání rovnaného dřeva nebo krácených výřezů délky 2 až 4 m. Pojízdné diskové sekačky vznikly ze stacionárních sekaček, na kterých byly provedeny některé úpravy a změny, aby byly schopny sekat i celé stromy na štěpku.

V současné době se ve světě vyrábějí diskové pojízdné sekačky dvojího provedení:

- Sekačky, jejichž rovina sekání je skloněna pod úhlem a k ose dopravníku, se vyznačují konstrukcí sekacího zařízení, která vyvolává přímo sekacími noži sílu potřebnou ke vtahování dřeva k sekacímu rotoru. Uvedená síla má velký význam při vtahování a formování koruny stromů podávacím zařízením. Při řešení konstrukce to však má nevýhody, protože je třeba používat převodovku na překonání úhlu a uložení podávacího zařízení vychází velmi vysoko.

- Sekačky, jejichž rovina sekání je kolmá na osu dopravníku a pootočená k ose dopravníku o úhel  $\beta$ . To umožňuje i při velkých průměrech sekacího disku zmenšit celkovou výšku podávacího zařízení, pokud sekání probíhá ve spodní části disku. Pohon celého zařízení je jednodušší, protože úhel  $\beta$  je vytvořen v horizontální poloze a spalovací motor je uložen vodorovně, což je vyhovující. Konstrukce takovéto sekačky však má nevýhody v tom, že podávací zařízení musí být vybaveno vertikálními válci, které zachytí účinek sekacích nožů na vtažovací dopravník do vertikálních válců a protinůž musí být řešen v rovině horizontální i vertikální.



Obr. č. 31 Schéma sekacího ústrojí diskové sekačky

Mezi výhody diskových sekaček patří:

- pojízdné diskové sekačky se vyznačují velkou kvalitou štěpky a v podstatě jsou rovnocenné se stacionárními sekačkami,
- umožňují sekát dřevo až do průměru 500 mm při přijatelném hmotnostním i pevnostním dimenzování,
- velký setrvačný moment dovoluje zabudovat spalovací motor menšího výkonu s tím, že materiál se seká přerušováním podávání do té doby, než výkon motoru není dostatečný pro sekání vzhledem k tloušťce dřeva,
- diskové sekačky nevyžadují zvláštní ventilátor, protože samotný disk vybavený lopatkami má velký vrhací a ventilační účinek, který zabezpečí dopravu štěpky do automobilů, popř. přistavených kontejnerů.

Nevýhodami diskových sekaček je to, že velikost vstupního otvoru je omezena poloměrem sekacího disku a že nejsou vhodné k sekání chaotického materiálu vzhledem k omezené velikosti vstupního otvoru.

## 2. Bubnové sekačky

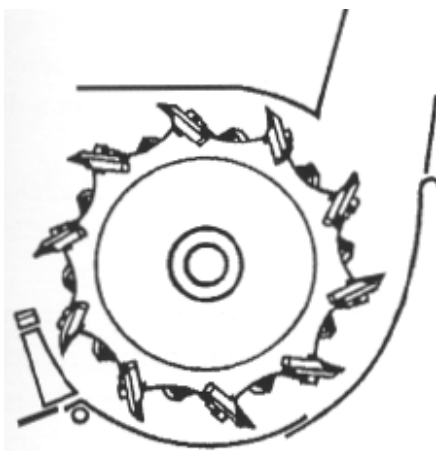
Na rozdíl od diskových sekaček jsou jejich sekací nože uloženy na obvodu rotujícího válce. Jsou konstruovány pro menší výkony a surovinu menších rozměrů, viz. Obr. č. 32. Používají se ke zpracování různého odpadu např. v lesnictví k sekání chaotického materiálu.

Bubnové sekačky mají tyto výhody:

- celé sekací zařízení je menších rozměrů; je možné konstrukčně lépe řešit celé rozložení agregátů na podvozku. Horizontální uložení osy bubnu umožňuje výhodnější řešení celkového pohonu, nejsou požadavky na použití kuželové převodovky pro vyrovnání úhlů osy sekacího zařízení a spalovacího motoru,
- vzhledem k sekání pod osou sekacího bubnu a s přihlédnutím k poloměru bubnu je možné řešit vstupní dopravník níže než u diskových sekaček,
- bubnové sekačky jsou zvláště vhodné k sekání chaotického materiálu (např. větve) pro možnost vytvořit velký vstupní otvor při optimálním poloměru bubnu a jeho délky.

Nevýhody bubnových sekaček jsou tyto:

- vzhledem k celkovému konstrukčně-pevnostnímu řešení sekacího agregátu a jeho malému setrvačnickému momentu nejsou vhodné k sekání dřeva větší tloušťky,
- úhel řezu se v době seku mění od maximálního po minimální; to má velký vliv na kvalitu štěrky, její tloušťka velmi kolísá; proto je její použití jako technologické štěrky nevhodné,
- sekací buben má velmi malý ventilační účinek a vrhací je téměř nulový, proto je třeba montovat ventilátor pro dopravu štěrky z bubnu do zásobníku nebo kontejneru.



Obr. č. 32 Schéma sekacího ústrojí bubnové sekačky

### 3. Šroubové sekačky

Šroubové sekačky jsou jedoučelové malé sekačky k sekání tenkých stromků a kmínků velikosti asi 10 x 10 cm na palivovou štěrku s tloušťkou okolo 1 cm. Sekací orgán má tvar šroubovice se stoupajícím průměrem. Šroubovice se při otáčení postupně zařezává do dřeva a zároveň vtahuje dřevo k většímu průměru. Názorně si lze šroubovou sekačku představit na principu mlýnku na maso. Protože pro lesní hospodářství jsou většinou aktuální jen pojízdné sekačky, budeme se dále zabývat pouze kritérii pro klasifikaci těchto sekaček.

Podle způsobu dávkování dřeva do sekačky jsou pojízdné sekačky:

- s ručním dávkováním dřeva - hlavně na sekání tenkého odpadového dřeva. Nasekaná štěpka se využívá převážně k energetickým účelům;
- s mechanickým dávkováním dřeva – dávkovacím zařízením je většinou hydraulická ruka

Podle způsobu podávání dřeva rozlišujeme:

- sekačky bez podávacího zařízení - dřevo je do sekacího agregátu podáváno vtahovacím účinkem sekacích nožů. Mohou se používat jen na sekání dřeva bez větví (tyčovina, kmínky, dřevní odpad apod.),
- sekačky s mechanickým podávacím zařízením - k podávání slouží soustava podávacích válců nebo řetězový dopravník s válci. Technické řešení podávacího zařízení limituje použitelnost sekačky na sekání různých druhů dřeva.

Podle způsobu pohonu sekacího agregátu a ostatních agregátů jsou pojízdné sekačky:

- s pohonem od motoru báze stroje - obyčejné sekačky s menším výkonem na sekání tenkého odpadového dřeva,
- s pohonem od separátního motoru - obvykle výkonnější sekačky na sekání koncentrovaných zbytků po těžbě, korunových částí stromů nebo celých stromů.

Podle celkového technického řešení, uspořádání a umístění agregátů dělíme pojízdné sekačky na:

- sekačky zavěšené na tříbodový závěs univerzálních traktorů, které jsou určeny k sekání tenkého odpadového dřeva. Sekačka je poháněna pomocí kardanového hřídele od motoru traktoru. Většinou nejsou vybaveny mechanickým podávacím zařízením a dřevo se podává ručně,
- přívěsné sekačky za traktory - řešení i použitelnost jsou podobné jako u sekaček na tříbodový závěs univerzálních traktorů. Některé sekačky agregované s traktory vyšších výkonových tříd jsou vybaveny hydraulickými rukama s podávacím zařízením,
- sekačky umístěné na podvozcích nákladních automobilů a návěsů- je to skupina nejvýkonnějších sekaček určených k sekání větví, kmenů a celých stromů na odvozních místech. Většinou mají vlastní pohon technologické nástavby samostatným motorem. Řešení jsou běžně stavebnicově z některého typu stacionární sekačky, motoru, hydraulické ruky, kabiny s ovládním a podávacím zařízením. Nasazení těchto sekaček vyžaduje důkladné vyřešení návaznosti kácení a přibližování dřeva k sekačce a plynulého odvozu nasekané štěpky, aby se špatnou organizací práce nesnižovala využitelnost sekačky. Důležité je rovněž hledisko dostatečné koncentrace dřeva alespoň na jednu pracovní směnu bez přesunů sekačky;
- sekačky umístěné na podvozcích speciálních lesních traktorů nebo víceoperačních těžebních strojů jsou určeny k sekání dřeva přímo na těžebním

místě nebo na přibližovací lince. Mohou také pracovat i na odvozních místech. Hlavní pracovní uzly (sekací agregát a podávání dřeva) jsou konstruovány tak, aby byly vhodné hlavně k sekání větví, vršků a ostatních zbytků po těžbě. Jsou vybaveny hydraulickou rukou a většinou separátním motorem k pohonu technologické nástavby. Většina z nich má kontejner, do kterého je štěpka pneumaticky dopravována při práci na těžebním místě nebo přibližovací lince. Po naplnění kontejneru sekačka štěpku vyveze na odvozní místo a přesype ji na korbu nákladního automobilu nebo do velkokapacitního autokontejneru, popř. uloží na meziskládku.

### 5.3.3. Drtiče

Drtiče jsou určeny k úpravě rozměrů dřeva, které není možné sekat sekačkami. Jedná se o dřevo drobné, mimořádně netvárné (křoviny apod.), znečištěné (pařezy, stavební odpad). Podle počtu otáček drtiče dělíme na:

- nízkotáčkové,
- vysokotáčkové.

Nízkotáčkové drtiče jsou určeny hlavně k drcení rozměrově nehomogenního odpadu z nábytkářské výroby. Činným orgánem je obvykle válec, po jehož obvodu jsou spirálovitě rozmístěné nožičky různých tvarů (hranaté, trojúhelníkové). Podle tvaru nožů je tvarován i protinůž. Podle počtu rotujících válců jsou drtiče jednoválcové nebo dvouválcové.

Dvouválcové drtiče mohou být i bez protinůžů, se směrem otáčení válců proti sobě. K homogenizaci odpadového dřeva z lesa nejsou tyto drtiče příliš vhodné. Na zpracování těchto surovin jsou vhodnější vysokotáčkové drtiče. Podle tvaru drtícího orgánu je můžeme rozdělit na diskové a bubnové.

Disk diskových drtičů je umístěn vertikálně s malými nožičky instalovanými v čelní ploše disku. Dřevo k disku přitlačuje hydraulicky ovládaná protilehlá stěna. Tyto drtiče jsou vhodné na drcení pařezů, kusového odpadu, těžebního odpadu a podobných surovin.

Pracovní orgán bubnových vysokotáčkových drtičů může být vybaven spirálovitě rozmístěnými noži nebo kladívky. Drtiče vybavené noži jsou vhodné na drcení větví, kusového odpadu apod., drtiče opatřené kladívky je vhodné využít na drcení tenkých větví, křovin, kůry a podobných materiálů.

### 5.3.4. Zařízení na paketování

Soustředování a štěpkování těžebního odpadu je značně energeticky náročné, a proto se hledají jiné, na energii méně náročné způsoby homogenizace těžebního odpadu. Jednou z takových metod je paketování, při kterém se klest lisuje do balíků obdobně jako sláma. Lisovací tlaky jsou však podstatně vyšší než u lisů na slámu, protože větve namáhané při lisování na vzpěr kladou lisování velký odpor. S balíky se dále manipuluje na tzv. euro paletách, kde jsou uloženy dva balíky vedle sebe. Výška balíku se rovná asi polovině

délky delší strany palety. Jiný systém paketů v podobě válců byl vyvinut firmou TIMBERJACK. Balíky (pakety) je možné spalovat ve speciálních topeništích nebo jsou používány jako mezioperační zásoba před další dezintegrací. Pakety jsou vhodné pro dopravu, manipulaci a skladování. Použití celých balíků jako paliva je komplikováno tím, že jejich hoření je nerovnoměrné. Proto lze jimi topit jen v topeništích vyšších výkonů, ve kterých je hoření stabilizováno ještě dalším palivem.

### 5.3.5. Zařízení na briketování a peletování

Rozeznáváme následující systémy tvarovacích zařízení:

- pístové hydraulické nebo mechanické lisы jednorázové s průměrem briket 50 až 60 mm, univerzální na slámu, piliny, papír, pazdeří, které většinou pracují v kombinaci s kalibrovacím drtičem. Běžná výkonnost těchto lisů je kolem  $250 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ . Zpravidla se kombinuje jeden drtič se dvěma lisy. Celkový příkon linky včetně dopravníků je kolem 50 kW a výkonnost do  $0,5 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ ;
- šnekové lisы jednovřetenové nebo dvouřetenové s výkonností kolem  $0,5 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$  a příkonem kolem 50 kW, s nutným pomocným zařízením kolem 70 kW, ale také více, jestliže je v lince zařazeno i sušení suroviny. Brikety ze šnekových lisů se vyznačují vysokým stupněm stlačení a velkou trvanlivostí. Tyto lisы jsou vhodné na lisování pilin, není je však vhodné využívat pro lisování stébelnin;
- protlačovací, granulační lisы, odvozené od granulačních lisů na výrobu tvarovaných krmiv na bázi slámy. Rozlišují se dva typy lisů, s kruhovou, vertikální matricí a horizontální deskovou matricí. Výkonnost těchto lisů může být větší než  $1 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$  při příkonu až 150 kW. V poslední době se v zahraničí objevily pokusy o využití těchto lisů i na samojízdných zařízeních.

Dřevěné brikety či pelety se tvoří při lisování materiálu vhodné zrnitosti (velikost frakcí obvykle do  $8 \times 8 \times 1 \text{ mm}$ , v závislosti na parametrech briketovacího lisu však až 40 mm) za vysokého tlaku (až 31,5 MPa) a teploty, kdy lignin plastifikuje a přejímá funkci pojiva. Přitom dochází k objemové redukci vstupního materiálu v poměru přibližně 12 : 1.

Někdy se vyrábějí brikety a pelety kombinované - z dřevního odpadu a uhelného prachu. V tom případě se do nich přimíchává malé množství mletého vápence, na který se váže síra z uhlí, jež se pak méně uvolňuje do ovzduší, ale zůstává vázána v popelových komponentech (popel, popílek, úlet).

Biobrikety nebo pelety ze dřeva, popř. i jiného hořlavého organického materiálu (např. z kukuřičných palic), umožňují dále používat topeniště na klasická pevná biopaliva (především na dřevo a štěpku). To je výhodné především pro topeniště nízkých výkonů s přerušovaným provozem (malé kotle na polenové dříví o topném výkonu do 50 kW).

Energeticky je výroba briket a pelet poměrně náročná, protože vyžaduje vyšší úroveň dezintegrace vstupního materiálu při současném snížení jeho vlhkosti. Výhodná je proto jejich výroba již z materiálu vysušeného a dezintegrováného v průběhu jiného,

předcházejícího technologického procesu, např. z pilin a hoblin pocházejících z již vysušeného řeziva při dřevozpracující výrobě.

Výsledkem briketování dřevní hmoty je zušlechtěné palivo s malým obsahem síry (do 0,07 %, pro srovnání je vhodné uvést obsah síry v hnědém uhlí, který se v posledních letech udává těsně pod hranicí 2 %), s výhřevností 18 až 20 MJ.kg<sup>-1</sup>, s relativní vlhkostí 5 až 9 %, s objemovou hmotností 800 až 1 000 kg.m<sup>-3</sup>, se zůstatkem popela do 1,2 %, schopné prostorově úsporného skladování, a to při relativní vlhkosti vzduchu do 80 % po téměř neomezenou dobu. Doba hoření briket je 180 až 240 minut při teplotě 300 až 700 °C.

Na rozdíl od výroby briket, vyžadující speciální strojní vybavení, lze palivové pelety vyrábět i na linkách pro granulovaná krmiva. Je tak možné účelně zvýšit využití těchto technických zařízení mimo sezónu výroby zelených úsušků. Vstupním materiálem může být štěpka, která se dále dezintegruje v kladívkovém šrotovníku (drtiči).

Vzniklý materiál se suší v bubnové sušičce a lisuje na tvarovací lince. Nevýhodou je poddimenzování šrotovníku pro lesní štěpku a malý lisovací tlak tvarovací linky. Následkem toho je malá soudržnost pelet. Palivové pelety z dřevních odpadů nebo pěstované biomasy však nelze zaměňovat s vitamínovými granulemi, které se vyrábějí na stejných krmivářských linkách z čerstvých letorostů jehličnatých dřevin, nebo i čerstvé jehličí obsahuje vysoký podíl vitamínů a stopových prvků. Takto vyrobené granule mají proto charakter medicínální přísady do krmiv. Více informací o peletování a briketování je uvedeno v kapitole 2.6 Pelety a brikety.

#### **5.4. Mechanická úprava energetických stébelnin**

Základní systémy sklizně a úpravy energetických stébelnin jsou uvedeny na Obrázku č. 33.

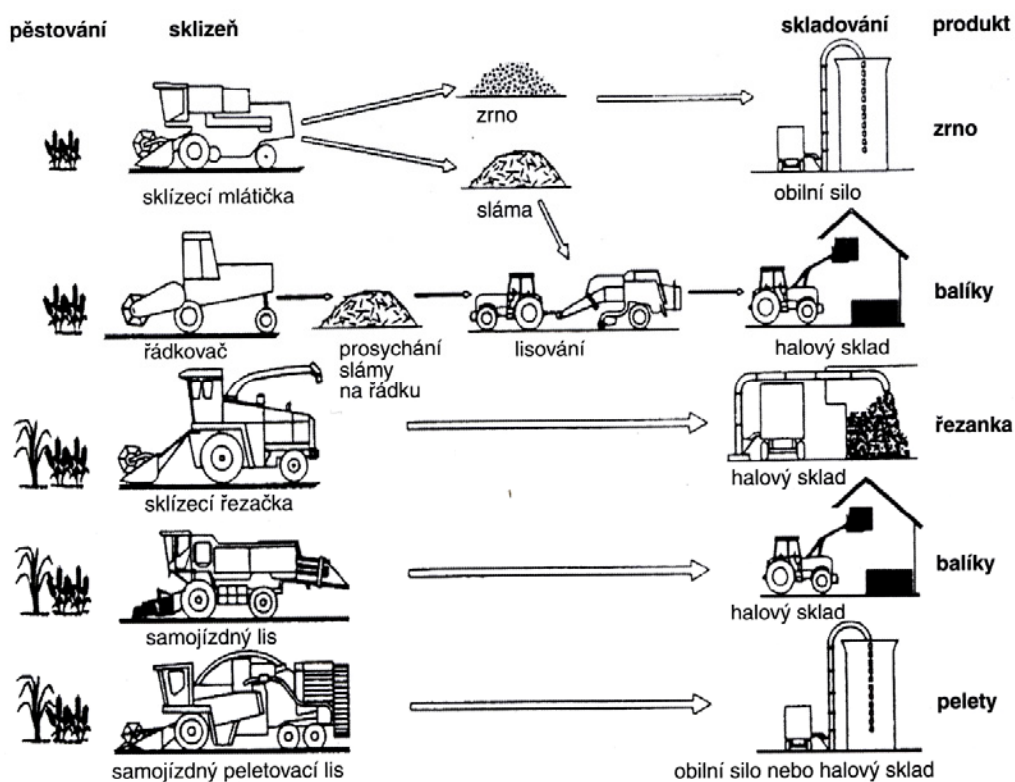
##### **5.4.1. Sběrací vozy**

Jen jako doplňující údaj uvedme sklizeň stébelnin sběracími vozy. Oblast využití sběracích vozů je vzhledem k ekonomice dopravy (malé stlačení materiálu) limitována přepravní vzdáleností 2 km. Pro větší vzdálenosti jsou vhodnější stlačené stébelniny, tzn. využití sběracích lisů, popř. briketovacích a peletovacích lisů.

Použití řezačky s velkoobjemovými dopravními soupravami je přibližně na úrovni sběracích lisů na velkoobjemové balíky.

##### **5.4.2. Sběrací lisy**

Pro sklizeň energetických stébelnin v suchém stavu, tj. slámy obilnin a olejnin, energetických obilnin (Triticale), rákosovitých travin, ale i Inu a konopí, popř. Miscanthu, se stále více používají sběrací lisy na obří hranaté nebo válcové balíky. Zatím nevžitou novinkou jsou kompaktní lisy (výsledkem je hutný materiál ve tvaru špalku). Teplárny a výtopny dávají přednost velkým hranatým balíkům, na farmách se pro menší kotle používají i levnější svinovací lisy na válcové balíky a lisy na klasické malé balíky.



Obr. č. 33 Základní systémy sklizně

#### 5.4.3. Lisy na válcové balíky

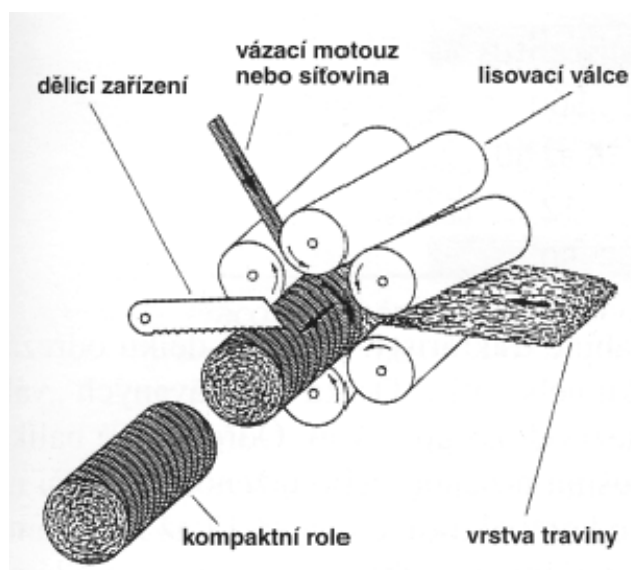
Pro svou nižší pořizovací cenu jsou stále nejoblíbenějším typem sběracích lisů. Dnes se vyžaduje možnost změny velikosti lisovací komory a tím i velikosti balíků s ohledem na druh zpracovávaného materiálu a řezací ústrojí, které je také s většinou lisů již dodáváno. To se vyžaduje především pro silážování, ale také pro spalování. Lis však potřebuje o něco výkonnější motor traktoru. Měnitelné rozměry lisovací komory umožňují vytvářet balíky slámy o průměru až 1,8 m s obsahem až 3 m<sup>3</sup> slisované slámy o hmotnosti do 500 kg, zatímco pro silážní plodiny může být průměr balíků i pod 1 m. Šířky sběracího ústrojí se pohybují většinou nad 2 m.

Zajímavé řešení přináší firma NEW HOLLAND - uvádění nožů řezacího ústrojí do pracovní polohy není řešeno hydraulikou, ale elektromotorem a pohybovým šroubem. Takový je postup při vytváření každého balíku, protože poslední vrstva lisovaného materiálu, tvořící obal balíku, se neřeže. Nože se uvedou do činnosti, až se u nového balíku vytvoří pevné základní jádro. Čidla kontrolují podélnou slisovanost balíků a traktorista může změnou najíždění na řádek slisovanost a tím i pevnost balíků regulovat.

#### 5.4.4. Lisy na hranaté balíky

Všichni výrobci těchto lisů zavádějí řezací ústrojí umístěné za sběračem. Příkon lisu se zvyšuje až o 25 kW. Plný počet nožů se využívá zejména při silážování. S ohledem na

používané dopravní prostředky se balíky tvoří ve dvou základních rozměrech. Firmy CLAAS a HESTON, ale i další nyní dodávají k novým i již dříve dodaným lisům přívěsný mechanizovaný vozík na dva balíky, který spolu s balíkem v lisu vytváří na poli skupinu tří balíků. To usnadňuje nakládku a odvoz. Ve vývoji je vozík na čtyři balíky. Tenzometrická čidla signalizují řidiči několik skutečností, z nichž důležitý je údaj o namáhání hlavního klikového hřídele. Měření vlhkosti právě nakládaného materiálu je další novinkou (15 až 40 %). DEUTZ-FAHR prodává pod názvem POWER PRESS samojízdný lis s pojezdovou rychlostí do 40 km.h<sup>-1</sup>, s říditelnou zadní nápravou jako u samojízdných rezaček nebo obilních kombajnů. Šířka pevného sběracího ústrojí je 6,4 nebo 8 m a z pole na pole se dopravuje na taženém přívěsu; to ovšem omezuje přepravní rychlost.



Obr. č. 34 Pracovní schéma kompaktního svinovacího lisu

Svinovací kompaktor, viz. Obr. č. 34, obsahuje několik dílů shodných s rolovacími lisy na válcové balíky: má sběrač, stejný podvozek a soustavu rotujících válců, které jsou však pevné a vytvářejí kónickou svinovací komoru. Má šest až třináct rotujících válců, jež jsou uloženy oboustranně v ložiskách a na jedné straně poháněny soustavou ozubených kol v uzavřené skříni. Pohon je odvozen od pohonu traktoru. Úhel, který svírají jednotlivé válce s osou lisovací komory, může být plynule měněn podle charakteru svinovaného materiálu a podle požadovaného stupně stlačení. Nastavení válců se řídí hydraulicky. Ovládací elektronika je v kabině traktoristy. Ta řídí i délku odřezávaných „špalků“, navinování tenkého provázku nebo sítě. Délka odřezávaných „válcových“ balíků může být libovolná - v rozmezí od 0,5 do 2,4 m. Odřezávané balíky odpadávají na manipulační, zásobníkovou plošinu nesenou nebo taženou lisem či na dopravník. Výkonnost německého svinovacího kompaktoru je údajně 14 až 22 t slámy za hodinu, objemová hmotnost výstupního materiálu je až 350 kg.m<sup>-3</sup> (sláma). Slámu z jednoho hektaru je možné odvézt jedním dopravním prostředkem s ložným prostorem kolem 15 m<sup>3</sup>. Překvapivá je u některých svinovacích strojů nižší měrná spotřeba energie. Rumuni udávají 4 až 5 kWh.t<sup>-1</sup>. Úsporu lze vysvětlit podstatně menším třením, které je běžné u všech lisů pístového typu a není zcela odstraněno ani u svinovacích lisů na obří válcové balíky.

### 5.5. Briketování a peletování suchých stébelnin

Někteří odborníci považují slaměnou briketu nebo peletu za ideální „zázračné“ palivo. Sláma na poli je levný zdroj a energetické obilí (např. Triticale) dává v porovnání se vstupy vysoký výnos energie. Spotřeba přídatné energie na výrobu briket nebo pelet nepřesahuje 5% tepelného obsahu briket. Překážkou jsou jen vysoké investiční náklady na potřebné stroje ve zpracovatelské lince. Tu tvoří manipulační zařízení, rozpojovač balíků, drtič u peletizačních protlačovacích lisů a vlastní lisy. Stacionární výroba tvarovaných paliv ze slámy je v rozporu s jinak výhodnou sklizní sběracími lisami, protože jednou slisovaný materiál se znovu rozpojuje, nebo dokonce šrotuje a opět lisuje. Volně ložená sláma sklizená sběracími vozy má vysoké požadavky na skladovací prostor a následnou manipulaci, přestože je cenově nejvýhodnější. Proto rostoucí zájem odborníků směřuje k vývoji technologie a techniky zajišťující výrobu energetických briket ze stébelnin přímo na sklizeném pozemku. Více informací o peletování a briketování je uvedeno v kapitole č. 2.6. Pelety a brikety.

### 5.6. Mechanická úprava rychlerostoucích dřevin

Ve světovém vývoji se rýsují dvě odlišné vývojové tendence v technologii sklizně a zpracování rychlerostoucích dřevin (r.r.d.) k energetickým účelům.

Jednak jde o technologie využívající většinou traktorem tažený odřezávač stromků, které jsou dopravníkem vynášeny na ložnou plochu návěsu, kde jsou buď ručně nebo mechanicky rovnány, popř. snopkovány (převázány). Snopky kmínků až do hmotnosti několika tun jsou buď ponechány na pozemku, nebo častěji odváženy na kraj pole či až na místo konečného zpracování. Teprve po řádném vyschnutí, které může trvat i půl roku, jsou štěpkovány. Produktem je relativně suchá, energeticky velmi vydatná štěpka, je schopna spalování v běžných topeništích na dřevní štěpku s vysokou účinností. Manipulace je o něco náročnější, ale stroje jsou jednodušší v celé lince včetně kotelny, která může mít i kotle s nižším výkonem.

Jiná technologie využívá většinou samojízdne, ale i tažené sklízecí stroje schopné okamžité výroby dřevní štěpky - sice o větší vlhkosti, ale snadněji manipulovatelné a dopravovatelné na velká topeniště s prostorem pro dosoušení paliva před vzplanutím. Tyto kotelny by měly mít kondenzační jednotky pro využití tepla, které odnáší v topeništi odpařená voda ve spalinách. Některé technologie využívají aktivní provětrání i se solárním příhřevem vzduchu (např. ve výtopně Kautzen, Rakousko). Světový vývoj se pro některou z těchto technologií zatím jednoznačně nerozhodl. Kritériem pravděpodobně bude rozsah podnikatelského záměru. Zatím většina výtopen preferuje spíše suchá paliva.

### 5.6.1. Stroje na sklizeň rychlerostoucích dřevin

V evropských podmínkách jsou na plantážích zatím dominující rychlerostoucích dřeviny topol a vrba (ve Španělsku a Portugalsku eukalyptus). V Itálii a Rakousku je to spíše topol a v severovýchodních zemích vrba.

V České republice vzhledem k její poloze bude možné využívat jak topol, tak vrbu. Stroje pro sklizeň těchto dřevin se poněkud liší. Podívejme se na švédské zkušenosti. Švédští výzkumníci vyvinuli kombinovaný sklízecí stroj, pozůstávající z odřezávače, štěpkovače a zásobníku, který byl ověřován na plantážích energetické vrby. Údaje o výkonech zatím chybějí. Jedná se o samojízdný stroj na pásovém podvozku, který za sebou táhne kontejner umístěný také na pásovém podvozku.

Ve Švédsku se ve velké míře rozšiřuje pěstování vrby na plochách uvolněných z výroby potravin. Zemědělci myšlenku pěstování vrby na zemědělské půdě přijímají s porozuměním, protože vrba s krátkou obmětní dobou se velmi podobá některým pěstovaným plodinám (kukuřice, slunečnice) a k její sklizni se může použít některý sklízňový stroj (sklízecí řezačka) s malou úpravou. Vrba je menším zemědělcům bližší než topol s delší obmětní dobou, vyžadující použití silnějších a výkonnějších strojů, nebo dokonce speciální techniky. U topolů a jiných listnatých strojů je totiž optimální obmětní doba zpravidla delší tři až pět nebo i více let a kmínky jsou podstatně silnější než u vrby, která se sklízí po dvou až čtyřech letech (s větším počtem slabších výhonků z jednoho pařezu). Druhým důvodem je, že topol a zejména akát jsou teplomilnější dřeviny než vrba a jejich výnosy na severu Evropy nejsou dostatečně vysoké na rozdíl od jižnějších evropských států. Švédové jsou toho mínění, že je podstatně snazší pěstovat vrbu než topol, přestože počet sazenic vrby je na jednotku plochy mnohem vyšší. Sází se 18 000 až 20 000 vrbových řízků na jeden hektar. Zatím se sází do sponu 1 x 0,5 m nebo 1,25 x 0,75 m. V budoucnosti se zřejmě přejde na větší rozpon řad (asi 1,5 m). Ve Švédsku jsou vrbové plantáže vysazovány již od devadesátých let minulého století a tudíž existují prokazatelné zkušenosti s jejím pěstováním.

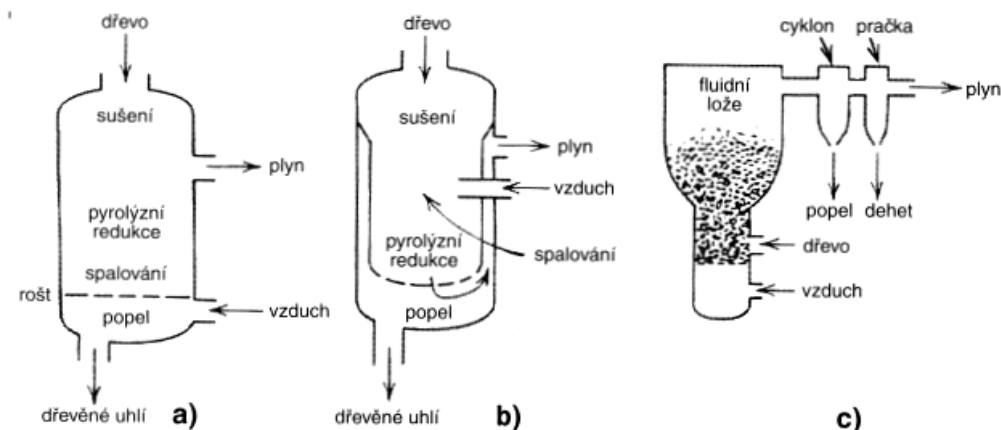
### 5.7. Tepelná přeměna biomasy

Termické procesy jsou zatím nejrozšířenějším energetickým využitím biomasy. Zabývat se budeme jen těmi hlavními. Tyto termické reakce mohou být, zejména pro laika, těžko rozlišitelné. Situace se zjednoduší, když si řekneme, že jsou skutečně velmi podobné a podstatný je výsledek, karbonizace (dřevěné uhlí), zplyňování (plyn), pyrolýza (pyrolýzní olej, plyn, popř. jiné produkty). Vesměs jde o suchou destilaci biomasy bez přístupu vzduchu či s minimálním přívodem vzduchu.

#### Pyrolýza (zplyňování)

Pyrolýza je termický rozklad organických látek na nízkomolekulární sloučeniny, které se mohou využívat k syntézním výrobám nebo jako topný olej, popř. topný plyn. Podle druhu zpracovávaného materiálu a požadovaných produktů se pyrolýza provádí při atmosférickém, zvýšeném nebo i sníženém tlaku za vysokých nebo nízkých teplot. Je to proces, při kterém se hořlavá hmota paliva mění na palivo plynné při určité teplotě za

omezeného přístupu vzduchu. Na plynné palivo se rozkládají i produkty suché destilace. Umožňuje variabilnější a účinnější využití biomasy, zejména možnost uplatnění kogeneračních jednotek.



Obr. č. 35 Schéma různých typů zplyňování

Pro zplyňování je nejvhodnější palivové či odpadní dřevo získané při těžbě nebo v dřevozpracujících závodech, popř. sláma. Rozložit biomasu na plynné palivo je možné různými způsoby. Většinou se dřevo zplyňuje za přístupu vzduchu. Zplyňování dřeva ve zplyňovači má následující průběh: sušení (sušicí zóna), pyrolýza (zóna pyrolýzy), oxidace (oxidační zóna), redukce (redukční zóna). Základní technologie zplyňování jsou protiproudá, souproudá a fluidní, viz. Obr. č. 35.

- **Protiproudý zplyňovač** (Obr. č. 35a) je levný, protože jeho konstrukce i funkce jsou jednoduché a navíc je schopen zplyňovat i materiál s vysokou relativní vlhkostí. Jeho nedostatkem je, že takto vyrobený plyn obsahuje více dehtu; to zabraňuje přímému využití v motorech. Plyn je nutné čistit.
- **Souproudý (paralelní) zplyňovač** (Obr. č. 35b) má výpusť plynu na dně reakční nádoby a redukční zóna je pod spalovací (oxidační) zónou. Tyto dvě modifikace vedou k tomu, že dehet tvořící se v pyrolytické zóně musí projít horkou spalovací zónou dříve, než opustí zplyňovač. Tak se dehet zúčastní spalování nebo se rozkládá na lehčí uhlovodíky, a proto je vycházející plyn v ideálním případě bez dehtu.
- **U fluidního zplyňovače** (Obr. č. 35c) je velmi široký rozsah rychlostí pro danou granulometrii, který je úměrný rozsahu výkonů. Pro každou granulometrii lze volit optimální hydrodynamický režim a lze zpracovávat odpad od typu pilin do typu štěpky.

Při zplyňování ve fluidním loži víří látka přiměřené granulometrie (2 až 20 mm) ve spodní části izotermního reaktoru účinkem přehřátého vzduchu, postupně účinkem vznikajícího plynu. Vhodným poměrem paliva ke vzduchu lze regulovat poměr exotermických (spalovacích) reakcí ( $C + O_2 = CO_2$ ) a endotermických (zplyňovacích) reakcí ( $C + H_2O = CO + H_2$ ,  $C + CO_2 = 2CO$ ) tak, aby proces probíhal bez přívodu energie zvenčí, tj. autotermicky. Vzniklý plyn obsahuje především CO (25 %),  $H_2$  (20 %),  $CO_2$  (10 %), N (40 %) a zčásti  $CH_4$  - metan (3 %). Někdy udávaný rozklad vody na „vodní plyn“, podle rovnice  $C + H_2O = CO + H_2$ , nastává jen, dosáhne-li teplota ve vyvíječi plynu hodnot 1 100 až 1200 °C. Z 1 kg dřeva se uvolní 1,5 až 2,0 m<sup>3</sup> dřevoplynu.

Aby bylo možné získat plyn s výhřevností vyšší než 5 MJ.Nm<sup>-3</sup>, je třeba, aby vlhkost suroviny vstupující do reaktoru byla 15 až 20 %. Tento požadavek splňují pouze některé druhy dřevního odpadu, např. hobliny z nábytkářských výroben, mimořádně též štěpky, které byly delší dobu uskladněny v krytém prostoru. Jiné druhy dřevního odpadu, jako piliny nebo čerstvě naštěpkované dřevo, tuto podmínku nesplňují a vyžadují sušení.

### Plazmové zplyňování

Za použití vyspělých technologií lze z biomasy vyrobit syntézní plyn. Toto řešení je zatím v poloprovozním ověřování, cena produktu je zatím relativně vysoká.

Generátor syntézního plynu je naplněn vrstvou koksů a zplyňovaným, zpravidla odpadním materiálem. S využitím plazmových hořáků je dosaženo velmi vysokých provozních teplot (větších než 2 000 °C). Při řízeném omezeném přístupu primárního vzduchu se vyvíjí syntézní plyn (směs CO,  $H_2$  atd.), který je po úpravě využíván jako kvalitní plynné palivo. Jediným odpadem z uvedeného procesu je relativně malé množství popela.

Ekonomicky náročná technologie s ohledem na vysoké provozní teploty by mohla být řešením pro využití fytomasy, dendromasy a především vedlejších živočišných produktů I. a II. kategorie podle nařízení EP a Rady EU č. 1774/2002.

## 6. Pěstování energetických plodin

### 6.1. Nároky na pěstování (požadované pěstební podmínky, výnosy a technologická náročnost)

Následující kapitoly se týkají požadovaných pěstebních podmínek, výnosů a technologické náročnosti pěstování energetických plodin. Výše uvedené parametry jsou opět rozděleny pro jednotlivé rostliny, které jsou z hlediska energetického využití perspektivní a jejichž pěstování je podporováno státem a v pořadí v jakém jsou uvedeny v kapitole č. 2.2. Rostliny vhodné pro pěstování k energetickému využití.

#### Čirok

I nejméně náročné druhy čiroku, pokud se pěstují na zrno, vyžadují sumu teplot 2500 °C. Při pěstování na hmotu mohou být sumy teplot i nižší. Na půdu jsou čiroky poměrně nenáročné, přesto vysoké výnosy poskytují jen na strukturních půdách. Čirok je velmi odolný vůči suchu, značně šetří s vodou. Má koeficient transpirace přibližně 200 litrů na 1 kg sušiny (kukuřice 300 litrů). Čirok může jako plodina náročnější na teplo, odolnější proti suchu a méně náročná na půdu nahradit kukuřici na extrémních stanovištích.

Čirok můžeme zařadit do osevního postupu podobně jako kukuřici. Lze jej zařadit po obilninách, zejména po ozimé pšenici, jako hlavní plodinu také po okopanině. Jako druhou plodinu po ozimé luscoobilní směsce. Při intenzivnějším hnojení a používání herbicidů může následovat čirok i více let po sobě. Po čiroku pěstovaném pro energetické využití a sklizeném do konce zimy lze pěstovat pouze jařiny. Po čiroku pěstovaném na píci nebo na výrobu etanolu se pěstují především obilniny. Při dostatku času na kvalitní přípravu půdy lze následně pěstovat ozimou pšenici, jinak je možné pěstovat jarní ječmen a další jařiny. Při používání herbicidů s dlouhou dobou působení je třeba brát v úvahu možné reziduální zbytky.

Počáteční růst čiroku je pomalý, proto je odběr živin zpočátku malý. Vzhledem k nízkému počátečnímu a dlouhotrvajícímu odběru živin se doporučuje používat hnojiva s pomalým a trvalým uvolňováním živin. Čirok odčerpává při vysokých výnosech mnoho živin (nejvíce potřebuje živiny v červenci a srpnu). Hnojení je zhruba stejné jako u kukuřice. Lze používat zelené hnojení nebo chlévský hnůj či kejdu. Doporučované dávky jsou 30 až 50 t/ha chlévského hnoje. Dávky živin v průmyslových hnojivech budou záviset na půdně-ekologických podmínkách. Jsou doporučovány dávky 100 - 150 kg N, 30 až 70 kg P a 60 až 150 kg K na hektar.

Za běžných agrotechnických podmínek v teplejších oblastech je možné dosáhnout výnosu 20 tun sušiny z hektaru. V předjarních termínech sklizně musíme počítat s polovičním výnosem, tedy 10 t/ha sušiny. Porovnáme-li jednotlivá stanoviště, nejvyšších výnosů fytomasy v průměru všech sledovaných genotypů bylo dosahováno na nejteplejším stanovišti v Troubsku, nejmenších výnosů na nejchladnějším stanovišti v Lukavci. Přehled o průměrných výnosech uvádí Tab. č. 39.

Tab. č. 39 Průměr dosahovaných výnosů čiroku [t/ha]

Varinata	Ruzyně	Troubelo	Lukavec	Chomutov	Průměr
Průměr N1	12,210	27,893	7,045	11,846	14,749
Průměr V1	10,940	26,970	4,353	12,183	13,611
Průměr V2	12,027	27,150	5,920	10,083	13,795
Průměr	11,483	27,060	5,136	11,133	13,703

Poznámka: Hnojení dusíkem v průmyslových hnojivech (kg/ha). N0 = 0, N1 = 120 kg/ha. Předpokládaný počet rostlin na metr čtvereční: V1 = 40, V2 = 60

Pro zjištění výtěžnosti energie z plochy a potřeby energetických bilancí byl stanoven energetický obsah čiroku. Spalné teplo zjištěné u vzorků sklizených na podzim bylo v průměru 18,176 GJ.t<sup>-1</sup>, vzorků sklizených na jaře 17,664 GJ.t<sup>-1</sup>. Průměrná hodnota energie spalného tepla je podle měření u sušiny nadzemní fytomasy čiroku 17,910 GJ.t<sup>-1</sup>. Snížený energetický obsah fytomasy sklizené na jaře lze částečně přičíst vyluhování energeticky bohatších látek a rozkladnému procesu, který způsobují houby a bakterie. Energetické rozdíly ovlivněné termínem sklizně nejsou tak vysoké v porovnání se ztrátami fytomasy přes zimní období. Produkce energie je samozřejmě také závislá na výnosu sušiny vyprodukované fytomasy.

### **Konopí seté**

Konopí je na mráz citlivější než len, mladé rostliny však snáší slabší mrazíky. V první době růstu vyžaduje konopí dosti vody, později je schopné odolávat přechodnému suchu. Na půdu má značné nároky. Nejvhodnější jsou úrodné, hluboké a zpracovatelné půdy hlinité a písčitohlinité s nízkou spodní vodou, dobře vyhnojené a bohatě zásobené humusem.

Konopí lze sít i na zúrodněných slatinách, rozoraných loukách nebo vysušených rybnících. Nesnáší kyselé půdy a nejlépe se mu daří na půdách neutrálních až slabě zásaditých. Nevhodné jsou půdy mělké, kamenité, písčité, ulehlé, jílovité, vysychavé. Konopí se dá pěstovat při nižších výnosech i na horších půdách v chladnějších oblastech. Konopí je náročné na vodu - na vytvoření jednotky sušiny potřebuje 1,5 až 2 krát více vody než pšenice nebo oves.

Nejvhodnější předplodinou pro konopí jsou rostliny, které zanechají půdu čistou, kyprou, dobře zásobenou živinami, zvláště N. Jsou to okopaniny, kukuřice, luskoviny, jetel, vojtěška. Někdy se konopí pěstuje i po obilninách. Snáší i pěstování po sobě. Je dobrou předplodinou i pro náročné zemědělské plodiny, protože zanechává půdu čistou a v dobrém stavu.

Konopí vyžaduje velké množství živin. Půda by měla být dobře vyhnojena statkovými a průmyslovými hnojivy. Čím je odrůda vzrůstnější, tím je náročnější. Při hnojení chlěvkým hnojem se aplikuje dávka 30 t/ha i více. Dobře působí i zelené hnojení. Průmyslová P a K hnojiva se mohou zčásti zapravit již při orbě do větší hloubky, z části do menší hloubky

před setím. Není-li dostatek Ca v půdě, zaorá se na podzim nebo již k předplodině vápenaté hnojivo, neboť konopí odnímá značné množství vápníku a vyžaduje neutrální až zásaditou půdní reakci. Je možno dávat také ledek vápenatý na list, dříve než rostliny dosáhnou výšky 10 - 15 cm. Důležité je i draselné hnojení, neboť má spolu s dusíkatým hnojením největší vliv na výnos stonků a jakost vláken. Draslo je dobré dodávat v draselné soli nebo síranu hořečnato-draselném, které nepozměňují půdní reakci a půda po nich nekornatí. Konopí pěstované na vlákno nepotřebuje tolik fosforu jako konopí pěstované na semeno. Výnosy konopí z 1 ha, uváděné pro naše podmínky: stonky 5-7 t (až 13 t), z toho 0,5-1,2 t vláken, 1,5-4 t pazdeří, semeno 0,8-1,4 t. Průměrné výnosy dosažené v pokusech VÚRV na podzim v závislosti na stanovištích a podmínkách pěstování uvádí Tab. č. 40. Průměrný výnos sušiny fytohmoty za sledované období byl 9,033 t/ha. Na hnojení dusíkem reagovalo konopí příznivě. Dávka 60 kg/ha N zvyšovala v průměru výnosy fytohmoty o 15 %, dávka 120 kg/ha o 25,3 % v porovnání s nehnojenou variantou.

Tab. č. 40 Průměrné výnosy konopí [t/ha]

Stanoviště	Průměrný výnos
Lukavec	7,071
Ruzyně	10,505
Průměr	8,788

### **Laskavec (Amarant)**

Amarant je rostlina typu C4, což znamená, že proti rostlinám typu C3 vyžaduje vyšší teploty, silnější sluneční záření a pro efektivní průběh fotosyntézy nevyžaduje velké množství vláhy. Amarant tedy patří k teplomilným rostlinám. Pro zdárný růst a vývoj vyžaduje především dostatek tepla a světla.

K vytvoření plnohodnotných semen je třeba suma 1900-3100 °C za vegetaci, pro vyklíčení a rychlé vzcházení potřebuje amarant teploty vzduchu nad 15 °C a půdy vyhřáté nad 12 °C. Rovněž vlhkost půdy je pro rychlost klíčení a vzcházení velice důležitá, protože amarant má malé semeno s nízkým obsahem zásobních látek a klíčící rostliny jsou brzy zcela závislé na okolí. Rostliny amarantu jsou mírně odolné proti chladu. Pro mladé vzcházející rostliny jsou kritické déle trávající teploty pod 4 °C. Krátkodobé (několikahodinové) jarní mrazíky -1 až -3 °C rostliny snesou, ale dlouhodobější či opakované působení takových teplot nebo pokles teplot pod -3 až -4 °C způsobí zmrznutí mladých i vzrostlých rostlin. Minimální teploty pro růst vzrostlých rostlin jsou 10-15 °C. Při teplotách pod 8 °C přestává amarant asimilovat a zastaví růst. Za příznivých podmínek vzejde amarant za 5-6 dní, při nižších teplotách za 10-12 dní, při deficitu vláhy a tepla jsou známy případy vzcházení opožděného 0-20 dnů, ale i 40 dní. Stejně negativně jako chladné a deštivé počasí ovlivňuje vzcházení i sucho. Počáteční růst amarantu je velmi pomalý. Prvních 10-14 dní po vzejití jsou nad povrchem půdy vytvořeny dva děložní lístky, formují se pravé listy. V tomto období rychle roste hlavní kořen. V případě vlhkostního stresu amarant prodlužuje hlavní kořen, který může dosáhnout hloubky 1,4-2,5 m. Od

zasetí do 25 cm výšky porostu uplyne v příznivém roce 30 až 40 dní, v nepříznivém roce 40-55 dní. Toto období do vytvoření čtyř pravých listů je pro rostliny nejkritičtější.

Optimální pro růst amarantu jsou teploty mezi 20-28 °C. Amarant má obzvlášť vyvinuté anatomicko-morfologické i biochemické mechanismy adaptability ke stresu z vysokých teplot. Je schopen poměrně dobře vegetovat i při teplotách 35-45 °C.

Podobně jako proti vysokým teplotám je amarant velmi odolný i vůči suchu a nemá velké nároky na vláhu. Pro růst potřebuje podstatně méně vody než ostatní plodiny (42-45 % potřeby pšenice nebo 51 až 62 % potřeby kukuřice). Dostatek vláhy potřebuje amarant v době klíčení, vzcházení a počátečního růstu, tj. alespoň 2-3 týdny po vzejití, než se vytvoří dostatečně účinný kořenový systém. Vzrostlé, dobře zakořeněné rostliny jsou schopny čelit i dlouhotrvajícímu suchu. Suché a teplé počasí je nezbytně nutné při opylování a především v době dozrávání semen.

Rostliny amarantu jsou náročné na světlo. Nepříznivě působí zastínění zejména v raných fázích růstu. Vzhledem k tomu, že amarant zpočátku roste velmi pomalu, může být snadno zastíněn rychle rostoucími plevele a může dojít ke značnému zpomalení růstu až k odumření rostlin. Vysoké nároky na intenzitu světla má amarant během celé vegetace.

Amarant dobře roste na půdách spíše lehkých až středních, hlinitopísčítých, písčitohlinitých nebo lehčích hlinitých, které nemají sklon ke slévavosti. Nevyhovují mu půdy zamokřené, nestrukturní, se sklonem k vytváření půdního škraloupu. Méně vhodné jsou svažité pozemky, kde může dojít k vyplavení semen po výsevu. Na lehkých půdách je třeba mít na zřeteli i větrnou erozi, která může po výsevu semena odváť nebo vážně poškodit vzcházející rostliny. Na půdní reakci nemá zvláštní požadavky. Optimální půdní reakce je neutrální až slabě zásaditá, pH 6,5-7,5, dobře roste i na půdách slabě kyselých s pH 5,6-6,5. Některé genotypy amarantu jsou tolerantní k nízkému pH a snáší i vyšší zasolenost půdy.

Obecně lze z hlediska půdně-klimatických podmínek amarant doporučit k pěstování na teplá, suchá či mírně vlhká stanoviště v kukuřičné a řepařské výrobní oblasti.

Amaranthus vytváří velké množství hmoty, proto vyžaduje dobrou zásobu živin, zejména P a to 60-80 kg/ha a K 120-140 kg/ha, zatímco dusíku postačí běžná dávka, cca 50-60 kg/ha. Před setím je třeba dbát na hubení plevelů, mechanicky i chemicky. Osivo Amaranthu je velmi drobné, proto je třeba půdu připravit tak, aby byla správně utužena, v zájmu stejnoměrného vzcházení. Osvědčený výsevek je cca 1,2-1,7 kg/ha a to do hloubky max. 1,5 cm. Šířka řádků se doporučuje u nás cca 20-35 cm, avšak v zahraničí se seje v rozpětí od 12,5 až do 70 cm.

Amarantus poskytuje poměrně uspokojivé výsledky, s průměrnými výnosy cca 8-10 t/ha suché hmoty. Tyto výsledky nejsou však z praktického hlediska jednoznačně výhodné, neboť takto sklizený amaranthus - před plným dozráním, obsahoval ještě poměrně velké množství listové plochy, která vyžadovala značné dosoušení. Z tohoto důvodu není výhodné pěstování amaranthu pouze a výhradně na celkovou nadzemní hmotu, ale pro účely fytoenergetiky je výhodnější využívat „slámu“ amaranthu, až po vymláčení semene. Kulturní druhy, u nás pěstované pro produkci semene mají semena světlá, čímž se liší od druhů plevelných. U nás se nejlépe osvědčil druh *Amaranthus cruentus*, neboť je nejlépe

přizpůsobivý pro naše podmínky. Z tohoto druhu se u nás pěstují odrůdy: Olpir, který byla vyšlechtěn v Olomouci a K-283, která je vhodná do sušších oblastí. Z dosud odzkoušených odrůd (i v rámci ostatních variet), dosáhl Olpir nejvyšších výnosů semene a to 3,12 t/ha v průměru za 3 roky. *Amaranthus cruentus* je vysoce vzrůstný, dosahuje až 1,8 m výšky a proto je tento druh rovněž nejzajímavější z hlediska fytoenergetiky, kdy lze slámu využít ke spalování. Semena dozrávají postupně, což působí určité problémy při sklizni. V zájmu co nejnižších ztrát zrna je třeba zahájit sklizeň, když je cca 2/3 zralých semen.

### **Krmný sléz – sléz přeslenitý**

Setí slézu se provádí v období dubna až května, s doporučeným výsevem 5-8 (10) kg/ha. Sléz je zajímavý svým poměrně rychlým vzcházením a rychlým nástupem vegetace. Tato jeho vlastnost umožňuje jeho pěstování i na pozemcích ne příliš pečlivě připravených, i mírně zaplevelených. Svými širokými listy dokáže poměrně úspěšně vzdorovat i silnějšímu zaplevelení a zajistit dobré výnosy. Na pozemcích chudších a zaplevelených lze doporučit zvýšení výsevu a to až na cca 10 kg/ha. Sléz se doporučuje vysévat do řádků širokých až 50 cm, avšak z praktických zkušeností je zřejmé, že jej lze vyset i do úzkých řádků, jako obilí. Tento způsob je vhodný rovněž v případě zapleveleného pozemku, kdy se tak osivo rozptýlí rovnoměrněji po ploše a rostliny pak mohou lépe odolávat plevelům. Další výhodou je použití běžného secího stroje, bez jakýchkoliv požadavků na speciální techniku. Musí být pouze dobře seřízen výsev, na malou, předem určenou výsevnou dávku. Sléz je intenzivní plodina a proto dobře zúročí dobrou výživu rostlin. Proto je třeba, zvl. na chudších půdách, zajistit vydatnější hnojení. K tomuto účelu je zvl. vhodné organické hnojení, včetně kejdy. Na hlubokých humozních půdách není hnojení organické nezbytně nutné, sléz lze přihnojit v případě potřeby pouze průmyslovými hnojivy.

Sklizeň krmného slézu pro účely fytoenergetiky se provádí při jeho plném dozrání, kdy je celá nadzemní hmota již dostatečně vyschlá. Takto vyztřelý porost slézu se sklízí běžným obilním kombajnem. Sklizené zrna lze využít též ke krmení, nebo pro následný výsev. Slámu lze pak sebrat a slisovat do obřích balíků, obdobně jako při sklizni slámy. Pro přímé spalování lze využívat též celé rostliny slézu, včetně semene. V tomto případě je nutné jej sklízet před plným dozráním, aby se semena zbytečně nevydrolila, avšak pokud možno při suchém počasí, aby nebylo nutné takto sklizenou hmotu nákladně dosušet. Průměrné výnosy suché hmoty krmného slézu se pohybují od cca 8 do 12 t/ha.

### **Světlice barvířská – Saflor**

Snáší dobře sucho a mrazíky. Na půdu není příliš náročný. Nesvědčí mu půdy kyselé a zamokřené. Délka vegetační doby je závislá na klimatických podmínkách, podmínkách pěstování, odrůdě a doba od vzejití do sklizně trvá 100-170 dní. Dá se pěstovat v oblastech teplých a suchých, kde se nedaří slunečnici. Půdu zanechává v dobrém stavu. Jestliže se po odkvětu střídají deště s parným sluncem, mohou se zapařit květní lůžka, což má za následek, že se vyvinutá semena ztrácejí, až úplně vyschnou.

Saflor pěstovaný na semeno se v osevním postupu obvykle zařazuje mezi dvě obilniny. Dozrává dosti pozdě, proto není vhodnou předplodinou pro ozimé obilniny. Ve větším měřítku se proto používá jako předplodina pro jarní obilniny. Jako meziplodinu lze saflor pěstovat v sušších oblastech na zelenou píci nebo zelené hnojení. I při pozdějším výsevu (po sklizni obilovin) má značně rychlý nárůst hmoty. Průměrné výnosy saflorové slámy se pohybují kolem 4-5 t/ha. Tato sláma má poměrně vysoké spalné teplo (cca 17,8 MJ.kg<sup>-1</sup>). Výnosy semene a slámy jsou uvedeny v Tab. č. 41 a v Tab. č. 42. Stupňované hnojení N se projevilo ve zvýšení výnosu semene safloru hlavně na stanovišti v Troubsku a Chomutově. Zvýšené dávky N a zvláště vyšší počet rostlin se obecně spíše projevily na zvýšení výnosů slámy. V současné době se saflor pěstuje převážně na jižní Moravě, na ploše zhruba 2000 ha na semeno. Sláma se nechá doschnout na řádcích a následně se lisuje do balíků. Slámu lze sklízet běžnými lisy jako obilnou slámu nebo také pojízdnou řezačkou v případě, že bude následně peletována nebo briketována.

Tab. č. 41 Délka vegetační doby (od zasetí do sklizně) a vliv hnojení N a výsevku na výnosy semene safloru přepočtené na sušinu (t/ha) na daných stanovištích (průměr z let 1996 - 2003)

Stanoviště	NO	N1	N2	V1	V2	Průměr	Veg. doba
Ruzyně	2,286	2,341	2,313	2,338	2,279	2,313	155
Troubsko	2,473	2,528	2,631	2,483	2,602	2,542	142
Lukavec	1,141	1,187	1,227	1,229	1,141	1,185	166
Chomutov	0,787	0,882	1,140	0,949	0,921	0,937	169
Průměr	1,672	1,734	1,828	1,750	1,736	1,744	158

Poznámka: Hnojení dusíkem v průmyslových hnojivech (kg/ha). NO = 0, N 1= 40, N2 = 80 Počet vysetých klíčivých semen na metr čtvereční: V1 = 40, V2 = 80

Tab. č. 42 Vliv hnojení N a výsevku na výnosy slámy safloru přepočtené na sušinu (t/ha) na sledovaných stanovištích (průměrné hodnoty z let 1996 - 2003)

Stanoviště	NO	N1	N2	V1	V2	Průměr
Ruzyně	7,167	7,174	6,982	6,922	7,077	6,999
Troubsko	3,290	3,469	3,564	3,441	3,772	3,607
Lukavec	3,075	3,325	3,049	3,045	3,277	3,161
Chomutov	3,745	3,600	4,483	4,794	4,089	4,442
Průměr	4,319	4,392	4,520	4,551	4,554	4,552

Poznámka: Hnojení dusíkem v průmyslových hnojivech (kg/ha). NO = 0, N 1= 40, N2 = 80 Počet vysetých klíčivých semen na metr čtvereční: V1 = 40, V2 = 80

## Rostliny víceleté a vytrvalé

### Topinambur hlíznatý

Topinambur často zplaňuje, roste prakticky na všech půdách, i horších nebo lesních. Délka vegetační doby je 4 až 8 měsíců. Vyžaduje chladnější, sušší i vlhčí klima. Lze jej pěstovat na pozemcích, které není možné z různých důvodů dočasně zemědělsky využívat. Hlízy topinamburu se vyznačují vysokou odolností vůči mrazu až do -30 °C. Kultura topinamburu se zakládá na jaře, nejčastěji v dubnu a to výsadbou hlíz o hmotnosti 40-60 g. Na 1 ha by mělo být vysázeno cca 50 až 55 tis. těchto hlíz. Sází se sazečem na brambory, do hloubky 6 – 12 cm. Následná agrotechnika je obdobná jako u brambor, pouze se nevytvářejí hrůbky, nebo jen velmi nízké, aby nevadily při sklizni nadzemní hmoty.

Nadzemní hmota se může normálně sklízet na zelené krmení, ale v době, kdy jsou rostliny mladé a šťavnaté, a to cca 2 x do roka. Pro účely fytoenergetiky je nejdůležitější tato nadzemní hmota, avšak sklízí se pouze 1 x za rok a je třeba ji ponechat naopak až do podzimu, kdy lodyhy zestárnou a jsou již značně vyschlé, což je pro fytopaliva vždy velmi vítané. Výnosy celkové suché hmoty nadzemních partií topinamburu nejsou sice dosud dostatečně ověřeny, ale spolehlivě lze odhadnout, že mohou dosáhnout 8-10 t/ha. Sklizeň se provádí sklízecí řezačkou a řezanku je pak třeba dobře provětrávat.

V pokusech VÚRV v Lukavci zaměřených také na produkci stonků uvažovaných pro energetické využití (spalování) reagoval topinambur příznivě (podobně jako čirok nebo konopí apod.) na stupňované dávky dusíku. Výnosy stonků stoupaly s rostoucími dávkami N. Dávka 60 kg/ha N zvyšovala v průměru výnosy stonků o 27 %, dávka 120 kg/ha o 32,4 % v porovnání s nehnojenou variantou. Průměrný výnos sušiny stonků za sledované období byl 9,55 t/ha (Tab. č. 43). Topinambur měl, podobně jako čirok, vysoké ztráty fytomasy přes zimní období způsobené zlámáním stonků, olomem a opadem listů apod., které představovaly v průměru 46 %. Na rozdíl od čiroku měly stonky topinamburu sklizené na jaře nízký obsah vody (19 %) a byly použitelné pro okamžité spalování.

Tab. č. 43 Výnosy sušiny nadzemní fytomasy topinamburu na stanovišti v Lukavci sklizené na podzim za sledované období (t/ha)

Rok	NO	N1	N2	Průměr
2001	8,217	7,605	10,910	8,911
2002	5,199	8,042	8,060	7,100
2003	7,333	8,067	8,200	7,867
2004	8,988	17,208	16,803	14,333
Průměr	7,434	10,230	10,993	9,553

### **Šťovík krmný**

Jednou z plodin, které byly od počátku považovány za značně perspektivní pro pěstování v tuzemských podmínkách, je vytrvalá bylina šťovík krmný (RUMEX OK2) - kříženec rostlin *Rumex tianshanicus* a *Rumex patientia*, vyšlechtěný na Ukrajině profesorem Uteušem, někdy se proto také nazývá šťovík Uteuša nebo vzhledem k jeho určení také energetický šťovík.

Zakládání kultury šťovíku se provádí zpravidla na jaře, ale lze jej rovněž setít v pozdním létě či brzy na podzim. Semena šťovíku často nevyklíčí vždy najednou, neboť mají určitý stupeň deformace. Proto mohou semena zasetá na podzim vzejít až na jaře. Takovýto porost je pak zpravidla dobře zapojen a tím do určité míry odolává i zaplevelení. Doporučený výsev na 1ha se pohybuje od cca 5 až do 8 kg/ha, v závislosti na půdní úrodnosti. Doporučuje se setít do řádků širokých 50 cm, avšak při provozním ověřování byly získány dobré výsledky i při setí do úzkých řádků, obdobně jako obilí. V tomto případě je však velmi důležité správné nastavení výsevné dávky osiva.

Krmný šťovík byl vyšlechtěn původně pro účely pícninářské. Má velmi vysokou krmivářskou hodnotu a to jak zelené hmoty, tak zrna. Velmi dobře se proto hodí do siláže. Šťovík lze sklízet na zeleno až 3-5x do roka a využívat jej pro krmení, ale i ve fytoenergetice, neboť v tomto zeleném stavu je velmi vhodný jako surovina pro výrobu bioplynu. Výnosy zelené hmoty se údajně pohybují od 180 až do 250 t/ha (ústní informace z Ruska). Je velmi raný, již na konci dubna nebo začátkem května vytváří hustý porost z přízemní růžice listů, které lze sklízet jako první zelené krmení. Z této 1. seče může dát až 25-30 t/ha zelené hmoty.

Pokud je účelné získat sklizeň plodů, lze šťovík vymlátit a semena využít buď ke krmení, nebo jako osivo. Zbývající nadzemní hmotu lze pak s úspěchem využít ke spalování. V tomto případě se šťovík sklízí při plné zralosti, aby se plody dobře oddělily od slámy. Šťovík dozrává poměrně brzy, většinou již do konce července. Není-li třeba využívat plody zvláště, lze sklízet šťovík těsně před plným dozráním, aby byly co nejnižší ztráty plodů, neboť významně obohacují energetický obsah sklizeného šťovíku. Při sklizni celkové nadzemní hmoty dosahuje krmný šťovík při dozráním slušných výnosů, od cca 8 až do 15 t/ha suché hmoty.

Suchá fytomasa šťovíku krmného má značný energetický obsah. Měřením spalného tepla byly stanoveny hodnoty kolem 17,5 až 18 MJ.kg<sup>-1</sup> suché hmoty. Krmný šťovík je tudíž i z hlediska energetického obsahu perspektivní rostlinou, jako obnovitelný zdroj energie pro přímé spalování k získávání tepelné energie. Jeho porosty nejsou u nás zatím běžně rozšířeny.

V experimentech VÚRV byl otestován šťovík Uteuša jako energetická plodina a výsledky jsou uvedeny v Tab. č. 44. Do roku 2003 byly výnosy rovnoměrné a dosahovaly v průměru všech variant 14,4 t/ha sušiny celkové nadzemní biomasy, přičemž rozdíly mezi různými variantami hnojení byly minimální a statisticky neprůkazné (15,4 t/ha u NPK-60 a 15,8 t/ha u NPK-120).

Zkušenosti z extrémně suchého roku 2003 ukázaly, že nároky štovíku na hnojení a na ochranu proti škůdcům a plevelům razantně stoupají právě v suchých letech. Na nehnojených variantách škůdci v kombinaci s plevelem ve velké míře zlikvidovali dokonce i kvalitní mnohaleté porosty. Příčinou toho je, že hmyz ožírání listy, následně při nedostatku vláhy a živin není štovík schopný konkurovat plevelům (především travovitým), které tuto rostlinu úspěšně zadusí.

Tab. č. 44 Snížení výnosu sušiny celkové nadzemní biomasy štovíku Uteuša v důsledku působení extrémního sucha (t/ha).

Hnojení	2003 (t/ha)	2004 (t/ha)	Dlouhodobý průměr 1993-2001
Bez	5,13	4,92	11,9
NPK-60	7,65	7,24	15,4
NPK-120	10,0	9,83	15,8
Průměr variant	7,59	7,33	14,4

#### **Praktické informace z pěstování štovíku krmného**

Dle dostupných informací je ověřena možnost spalování krmného štovíku a některé firmy z něho již dokonce vyrábějí pelety pro spalování v kotlích malých výkonů. Biomasa štovíku byla hodnocena též z hlediska kvality paliva. Laboratorní testy zajištěné v Běchovicích v Ústavu pro využití paliv prokázaly, že jsou v podstatě všechny parametry přibližně shodné s dřevní biomasou, včetně vysoké teploty tavitelnosti popelů (na rozdíl např. od slámy). Odpovídající výhřevnost a emisní hodnoty byly zjištěny i v několika typech provozních kotlů (Žlutice u Bouzova). Během celé doby spalování nebyly pozorovány žádné změny oproti spalování dřeva. Na druhé straně jsou známy případy, kdy palivo na základě čistého štovíku bylo problematicky spalitelné.

Štovík se vyznačuje značně příznivými vysokými hodnotami tavitelnosti popela v porovnání s některými jinými zdroji biomasy, např. s obilnou slámou. Vysoká tavitelnost popela v praxi znamená, že se jeho popel taví až při vyšších teplotách. Při nízké tavitelnosti popela může docházet k různým problémům při spalování, například spékání popela do velkých spečenců, nalepování na různé části kotle. Takové problémy může způsobovat například spalování obilné slámy, u které je podstatně nižší tavitelnost popela. Biomasa štovíku je podporována především pro deklarovanou výtěžnost suché hmoty při sklizni a s tím související ekonomický efekt. Zde je nutno uvést, že mohou být dosahovány značně odlišné výsledky při pěstování některých plodin na zkušebním pozemku o relativně malých rozměrech a při pěstování na větších provozních plochách s použitím sklizňové techniky v měřítku několikahektarových polí.

V rámci prvních pokusů a ověřování způsobů jeho pěstování na Chomutovsku bylo dle prvních uveřejněných informací dosahováno značně vysokých výnosů a to až 43 t/ha. Od počátku těchto prvních pokusů uběhlo cca 13 let a v dnešní době jsou známy informace o provozním pěstování této plodiny v zemědělské praxi. Podle posledních informací je

v současné době krmným šťovíkem oseto v ČR celkem asi 1300 ha, což je zatím největší plocha ze všech rostlin pěstovaných pro energetické účely. Dle uvedených informací se krmný šťovík v provozních podmínkách ověřuje již 6 let a tak je u něho ze všech energetických rostlin nejlépe propracována jeho agrotechnika.

Jak dále uvádí ing. Vlasta Petříková, členka BIOM CZ a propagátorka pěstování této energetické rostliny, je třeba stále ještě jeho pěstitelkou technologii doplňovat a upřesňovat. Cílem dalšího zdokonalování agrotechnických zásad je získat spolehlivé výnosy alespoň 8 (až 10) t/ha. Tato hodnota je však značně odlišná od hodnot výnosů získaných na pokusných plochách. Z průzkumu nejnovějších informací bylo zjištěno, že v některých případech jsou dosahovány v pěstitelské praxi výnosy podstatně nižší a pohybují se v rozmezí 3-5 tun z jednoho hektaru. Při polním pěstování energetického šťovíku ve větším měřítku v různých oblastech s rozdílnými podmínkami pěstování se ukazují některé nevýhody této plodiny. Krmný šťovík je citlivý na zamokřené půdy, kde mu uhnívá kořenový systém. Dále je šťovík citlivý na přítomnost plevelů a v případě přísušků to může způsobit, že plevele (např. pýr a pcháč) potlačí růst šťovíku. Plevelé mohou na porostech dokonce převládnout a šťovík zlikvidovat. Pěstování šťovíku není příliš vhodné ani na písčitých půdách, kde je dosahováno také nízkých výnosů.

Tato fakta jsou uvedena proto, aby bylo možné si uvědomit, jaká rizika jsou při pěstování biomasy pro energetické účely a že často značně nadějně výsledky prvních pokusů pěstování nějaké plodiny nemusí být po zavedení do reálné praxe dosahovány a nemusí být proto uspokojivé. Je možné, že budou postupně optimalizovány postupy pěstování krmného šťovíku tak, aby jeho reálné výnosy byly pro jeho pěstitele zárukou dobrých ekonomických výnosů. Při současných reálných výnosech však není pěstování této plodiny pro spalování příliš ekonomicky výhodné a někteří pěstitelé s touto plodinou již zklamaně končí.

Poslední zářející skutečností je množství potenciálně získané energie. Pro představu o množství energie získané ze současně osázené plochy (1300 ha) by se při průměrném výnosu 10 t/ha (což je zatím spíše přání, než realita) a při uvažování výhřevnosti okolo  $15 \text{ MJ.kg}^{-1}$  získalo cca 195.000 GJ energie, což představuje náhradu cca 11.000 tun tříděného hnědého uhlí z produkce Severočeských dolů a.s. o výhřevnosti cca  $17,6 \text{ MJ.kg}^{-1}$ , nebo náhradu 9.750 tun tříděného hnědého uhlí z produkce Mostecké uhelné a.s. o výhřevnosti cca  $20 \text{ MJ.kg}^{-1}$ .

## **Energetické trávy**

### **Sveřep bezbranný**

Vyšlechtěné formě sveřepu bezbranného (Tabrom) se dobře daří v hlubších půdách s vyšší zásobou živin. Vhodnější jsou sušší lokality, které nejsou podmáčené a kde není příliš vysoká hladina spodní vody. V těchto podmínkách netrpí holomrazy, ani jej nepoškodí dlouho ležící sněh. Z jara dobře obrůstá, začíná kvést zpravidla až v červnu. Dobře snáší i značný přísušek, a to díky bohatě rozvinutému kořenovému systému. V současné době se sveřep bezbranný uplatňuje zejména v sušších oblastech v lučních

porostech a polním pícninářství. Do pastevních porostů se příliš nehodí, neboť trpí sešlapáváním i intenzivním spásáním.

Předplodinou porostu sveřepu bezbranného mohou být plodiny, které příliš nevyčerpají živiny z půdy. Vhodná je např. řepka, luskovino-obilné směsky nebo i brambory. Důležité je, aby byla půda řádně odplevelená.

Pro základní hnojení se doporučují živiny v těchto dávkách: N 100 až 120 kg/ha, P 30 až 40 kg/ha, K 60 až 80 kg/ha. Dávky živin se korigují podle obsahu živin v půdě. Toto základní hnojení je třeba zajistit hned po sklizni krycí plodiny v pozdním létě. V jednotlivých užitkových letech se pak hned po hlavní sklizni doporučuje hnojení 50 kg/ha N ve formě LAV a pak v září přibližně 30 kg/ha kombinovaného hnojiva NPK. Přihnojení, zejména P a K se řídí podle aktuálního obsahu těchto živin v půdě.

Založení porostu sveřepu bezbranného se provádí na jaře, seje se zpravidla do krycí plodiny se sníženým výsevem. Množství osiva se pohybuje od 14 do 18 kg/ha, podle šířky řádků. Pro energetické účely se doporučují řádky užší, proto se výsevek bude blížit spíše horní hranici, tj. 18 kg/ha. Jako krycí plodina se nejlépe hodí jarní pšenice s výsevem 100 - 120 kg/ha.

Při pěstování sveřepu bezbranného pro účely energetiky se sklízí celá nadzemní hmota včetně semene. Výnos celkové nadzemní hmoty se pohybuje od 10 až do 15 t/ha, což je pro fytoenergetiku příznivé. Uvedené údaje jsou zatím odvozeny především ze sklizní ze semenářských kultur, pro sklizně speciálně určené pro energetickou biomasu bude nutné tyto výsledky ověřit v provozních podmínkách na porostech zakládaných přímo pro tyto účely. Sklízí se téměř v plné zralosti, aby byla biomasa co nejsušší.

### **Sveřep horský (samužníkovitý)**

Sveřep horský – Tacit je odrůda tolerantní na stanoviště, neboť se mu dobře daří od nížin až po podhůří. Snáší nižší pH, přísušky i tuhé zimy. Vhodné jsou půdy sušší, dostatečně provzdušněné, lehčí, neslévavé a nezamokřené. Pro energetické využití lze kulturu tohoto sveřepu založit obdobně, jako kulturu semenářskou, neboť není třeba dbát na stárnutí porostu, jako v případě sklizně kvalitních pícnin. Vysévá se brzy z jara, s výsevem jako pro semenářskou kulturu - cca 20-35 kg/ha (na píci je plný výsev: 30-40kg/ha) do řídce seté krycí plodiny (např. do jarní pšenice se snížením výsevu o 20-25 %). Tento sveřep začíná růst z jara dříve než ostatní sveřepy, má i dobrou konkurenční schopnost vůči plevelům. Sveřep Tacit dobře obrůstá a vytváří plodná stébla i ve druhé seči, ale je třeba dbát na vyšší strniště. Při nízké seči (pod 5 cm) by zůstalo ve strništi málo zelených listů, čímž by se následné obrůstání zpomalilo. Tvorba semene je standardně dobrá, dosahuje pravidelně kolem 1,5 –2 t/ha kvalitního osiva. Celkový výnos nadzemní suché hmoty se pohybuje od 10 do cca 15 t/ha. Sklizeň sveřepu pěstovaného do plného dozrání se provádí tradičním kombajnovým výmlatem. Následná sklizeň slámy – pro energetické účely, se provádí sběracím lisem, který tvoří velké hranaté balíky. V takovéto formě je pak lze použít pro přímé spalování v biokotelnách.

### **Psineček veliký**

Psineček veliký se volně v přírodě vyskytuje spíše na vlhčích travnatých místech (případně i na písčinatech). Při záměrném pěstování nemá nijak vyhraněné požadavky na stanoviště, ale v souladu s jeho přirozeným výskytem se mu daří dobře na vlhčích stanovištích. Uplatňuje se tradičně jako doplňkový druh i v extenzivních trvalých lučních a pastevních porostech, zvl. na těžších půdách. Dobře se vyvíjí i ve vyšších polohách a marginálních oblastech, neboť netrpí sníženými teplotami a vymrzáním.

Hnojení porostu psinečku velikého je podobné jako ovsíku vyvýšeného. Hnojení P a K se řídí zásobou těchto živin v půdě. Zpravidla se doporučují dávky 40 kg/ha P a 50 kg/ha K a to hned v roce založení porostu, přibližně v polovině září. Rovněž se v té době pohnojí dusíkem v dávce asi 50 kg/ha. Zbytek požadované dávky N (celkem do 80-100 kg/ha) se aplikuje příští rok, brzy zjara. Při rozdělení této zbývající dávky při jarním hnojení je třeba druhý termín zajistit nejpozději v době sloupkování. Ve druhém roce (a dalších letech) se doplňuje P a K rovněž podle obsahu v půdě a dusíkem se hnojí v dávce 90 až 100 kg/ha. Dusík se zpravidla aplikuje částečně v září a na jaře, buďto jednorázově, nebo v dělených dávkách jako v prvním roce.

Sklizeň zelené hmoty se provádí tradičním způsobem, buďto sušením, nebo konzervováním formou senáže. Semeno psinečku dozrává nejčastěji až ve druhé polovině měsíce srpna. Výnos semene se pohybuje od 0,3 do 0,5 (0,7) t/ha. Pro účely fytoenergetiky se jeví perspektivní pro své hrubší, střední až poměrně vysoké stéblo. Slámu po výmlatu semenářských kultur lze slisovat do hranatých či válcových balíků a uložit do skladů poblíž kotelny. Balíky je možné uskladnit také ve stohu, ale tento způsob je spíš nouzový. Pokud se vytvoří plně kompaktní stoh, lze krátkodobě i tento způsob uskladnění použít. Při cíleném pěstování psinečku velikého pro účely energetiky se sklízí celková nadzemní hmota včetně semene. Způsob sklizně i zpracování je obdobný jako slámy po sklizni semenářské kultury. Výnosy celkové suché hmoty se pohybují od 8 do 9 t/ha.

### **Ovsík vyvýšený**

Ovsík vyvýšený se hodí do oblastí spíše mírnějšího klimatu, neboť nesnáší příliš drsné podmínky. Vyhovují mu i mírně sušší stanoviště, neboť se díky svému bohatě rozvinutému kořenovému systému dokáže poměrně dobře zásobovat půdní vláhou. Vhodnější je jeho pěstování v lučních porostech určených ke sklizni, než na pastvinách, kde trpí sešlapáváním.

Nejvhodnější předplodinou pro založení porostu ovsíku vyvýšeného jsou brambory (případně i další plodiny, ke kterým byla aplikována organická hnojiva). V případě založení semenářské kultury je nutné, aby na pozemku nebyly minimálně po tři poslední roky pěstovány žádné druhy trav na semeno. Dále musí být zachována minimální vzdálenost 100 m od jiných odrůd ovsíku vyvýšeného.

Hnojení P a K se řídí zásobou těchto živin v půdě. Zpravidla se ale doporučuje hnojit P v dávce asi 40 kg/ha a K 50 kg/ha. Toto hnojení se provede hned v roce založení, tedy již v prvním roce vegetace, přibližně v polovině září. Ve stejném termínu se v prvním roce porost přihnoují též dusíkem a to v dávce 50 kg/ha. Zbytek požadované dávky N (z celkové

dávky do 80-100 kg/ha) se aplikuje příští rok, brzy z jara. Pokud se i tato zbývající dávka (30 - 50 kg/ha) rozdělí na dva termíny, je nutné poslední přihnojení dusíkem zajistit nejpozději do začátku sloupkování. Ve druhém roce (a dalších letech) se doplňuje P a K rovněž podle obsahu v půdě a dusíkem se hnojí v dávce 90-100 kg/ha. Dusík se zpravidla aplikuje částečně v září a pak na jaře, podle stavu porostu, buďto jednorázově, nebo v dávkách dále dělených jako v prvním roce.

Ovsík pěstovaný na semeno dozrává zpravidla již začátkem července a v té době je vhodné jej sklízet i pro využití k energetickým účelům. Po výmlatu semene lze suchou slámu slisovat do hranatých balíků a použít jako otop v biokotelně. Výnos semene se pohybuje od 0,3 až do 0,6 t/ha. Pro účely výlučně energetické se sklízí celková nadzemní hmota, kde se uvádí průměrné výnosy kolem 7 až 9 t/ha. Termín sklizně je nejvhodnější volit těsně před plným dozráním, aby se semena při sklizni co nejméně vysemenila a zamezilo se tak ztrátám na biomase. Tento způsob sklizně před plným dozráním je vhodné dodržovat, protože ovsík vyvýšený je poměrně značně náchylný k vysemeňování.

### **Kostřava rákosovitá**

Kostřava rákosovitá se vyznačuje vysokou tolerancí k půdním a klimatickým podmínkám, snáší dobře sucho i krátkodobé zamokření, daří se jí dobře i na stanovištích s vyšší hladinou spodní vody. Tuto její vlastnost lze vhodně využívat v kombinaci s jinými plodinami, které často vysokou spodní vodu nesnáší. V našich podmínkách se jí daří dobře, protože se vyznačuje spolehlivou vytrvalostí a mrazuvzdorností.

Pro založení porostu kostřavy rákosovité je třeba, aby byla půda po plodině, která ji zanechá v čistém stavu, bez zaplevelení. Je to důležité zejména pro semenářskou kulturu, kde nesmí být půda zaplevelena pýrem a v minulosti na ní neměla být pěstována srha říznačka, která je pak v osivu neodstranitelnou příměsí.

Zakládání porostu kostřavy rákosovité se provádí jarním výsevem do krycí plodiny. Pokud je zcela bezplevelný pozemek, lze ji zaset i přímo, bez krycí plodiny. Kostřava se seje zpravidla do řádků širokých 25 cm (případně i užších), velmi mělce (do hloubky pouze 1 cm), s výsevem jen 15-16 kg/ha, neboť má drobná semena. Před setím se doporučuje přihnojení dusíkem a fosforem v dávce cca 40 kg/ha a draslíkem v dávce 70-80 kg/ha. V následných letech se pak přihnojuje zpravidla dusíkem, v dávce 40-60 kg/ha.

Kostřava rákosovitá se sklízí zpravidla v červenci při plné zralosti, což nejčastěji odpovídá i termínu sklizně pro energetické účely. Sláma se pak slisuje do balíků, hranatých nebo válcových, případně je možné ji sklídit sběrací řezačkou. Podobným způsobem se sklízí i celková nadzemní hmota, určená pro energetické využití. Výnosy celkové nadzemní hmoty kostřavy rákosovité jsou přibližně 8-12 t/ha suché hmoty. Takovéto výnosy jsou z hlediska energetického využití uspokojivé. Výhodné je rovněž i poměrně rychlé stárnutí porostu usnadňující vysychání biomasy, což je rovněž vítané pro její využívání k přímému spalování. Pěstování kostřavy rákosovité pro energetické účely se proto jeví jako perspektivní.

### **Lesknice (chrastice) rákosovitá**

V přirozených travních porostech se chrastice rákosovitá nejvíce vyskytuje v okolí vodních toků. Její rozšíření vysoko do hor upozorňuje na její velkou odolnost vůči drsným klimatickým podmínkám. Nejlépe se jí daří na těžších půdách s bohatou zásobou živin. Na půdní reakci není zvláště citlivá. Je dobře přizpůsobivá půdní reakci v rozmezí pH od 4 do 7,5 s optimem kolem pH 5. Po zakořenění jí neškodí ani delší přisušek Holomrazy ani pozdní jarní mrazíky jí neškodí. Také zastínění nebo krátkodobé zaplavení snáší dobře.

Je dobré zařadit chrastici na nezaplevelený pozemek. Chrastice je nenáročná na předplodinu. Může se sít prakticky po všech předplodinách. Vhodnou předplodinou jsou lusko-obilní směsky a obilniny, které následují buď po pícnině nebo po ozimé řepce. Výsevek na 1 ha se pohybuje od 8 do 10 kg, seje se do užších řádků, cca 12,5 cm (až 30) cm širokých. Při zakládání porostů je vhodné zajistit dostatečnou výživu. V prvním roce se proto doporučuje hnojení dusíkem v dávce 70 až 100 kg/ha a v dalších letech cca 50-80 kg/ha, podle půdní úrodnosti. V průběhu vegetace v 1. roce není třeba zvláštní ošetřování, pokud je chrastice zasetá do nezapleveleného pozemku. Pokud se vyskytují širokolisté dvouděložné plevely, lze použít herbicidy běžné pro ošetření jarních obilnin.

Chrastice určená pro průmyslové využití se v roce výsevu většinou na podzim nesklízí. Sklízí se v drtivé většině na jaře, kdy se poseká na řádek, a potom se lisuje do balíků. Při energetickém využití se dají též lisovat brikety nebo pelety.

Výnosově lze chrastici považovat za vhodnou pro fytoenergii, neboť docíluje zpravidla výnosu kolem 9-10 t/ha suché hmoty. Pokud má příznivé podmínky, dosáhne i 13-15 t/ha suché hmoty. Výnos je obzvláště závislý na intenzitě výživy rostlin. K tomuto účelu lze s výhodou využívat i některé hnojivé kaly, včetně kalů z čistíren odpadních vod, a také samozřejmě kejdu hospodářských zvířat. Dávky tohoto organického hnojení musí však být voleny tak, aby se příliš neprodloužilo vegetační období chrastice (maxim. 30 t/ha), neboť je žádoucí včasné zasychání stébel. Při použití příliš velkých dávek hnojiv jsou stébla dlouho do pozdního podzimu zelená, s relativně vysokým obsahem vody i živin, což není vodné jako surovina pro fytopalivo.

### **Ozdobnice čínská**

Ozdobnici se nejlépe daří na lehčích strukturních půdách, spíše v teplejších oblastech s vyšším množstvím srážek. Doporučují se humózní písčité půdy s vysokou hladinou podzemní vody (ne více než 60 cm) s malým nebo žádným zaplevelením vytrvalými plevely (např. pýr, šťovíky). Nároky na půdu nejsou tak vyhraněné. U ozdobnice jsou kladeny vyšší nároky na klimatické podmínky. Předpokladem vysokých výnosů fytohmasy jsou, kromě vysokého množství srážek, vyšší teploty v průběhu vegetační doby, tj. od konce května do konce září. Přesto je ozdobnice, podle literatury, méně náročná na teplotu než např. čirok. Optimální pH půdy je v rozmezí 5,5 až 6,5. Při pH nad 7 byly pozorovány výnosové deprese. Plodina dobře hospodaří s vodou, neboť její koeficient transpirace je kolem 250 litrů na kg sušiny. Přesto je pro dosažení 40 tun sušiny ozdobnice z hektaru teoreticky potřeba 1000 mm srážek.

Na dobře zásobených půdách se ozdobnice obejde prvním rokem bez hnojení. Na půdách s menší zásobou živin se doporučuje hnojit prvním rokem do poloviny června jednorázově

dusíkem do 50 kg/ha kvůli vymrzáání. V dalších letech se má velikost dávky přizpůsobit zásobám živin v půdě a dosahovaným výnosům. Druhým rokem je třeba při hnojení vycházet ze zásobenosti půd. V průměru se doporučuje hnojit druhým rokem a další léta 70 kg/ha K, 40 kg/ha P a 50-100 kg/ha N.

Ozdobnice se sází v době, kdy je teplota půdy vyšší než 10 °C, tj. od poloviny května do poloviny července, a to od 10 000 kusů/ha do 20 000 kusů/ha. Při výsadbě rostlin vypěstovaných in vitro se doporučuje kořenové baly sazenic navlhčit a vysazený porost, pokud je možnost, zavlažovat. Velkoplošně je možno sázet modifikovanými sázeči na cibuli, nebo stroji na výsadbu lesních stromků.

Ozdobnice se v prvním roce (rok výsadby) nesklízí, ve druhém dává do 10 t/ha sušiny, ve třetím roce a dalších 15-25 t/ha sušiny, při intenzivním hospodaření i více než 30 t/ha sušiny. Převažuje sklizeň po zimě (únor, březen), neboť odpadnou problémy s dosoušením. V této době má sklizená fytomasa podle zahraničních údajů vlhkost kolem 22 až 38 %.

### **Křídlatka**

V současné době se křídlatky vyskytují prakticky ve všech státech Evropy, kde se šíří hlavně podél silnic, vodotečí, železnic, nevyužívaných ploch apod. Křídlatky se vyskytují na místech, kde by je člověk běžně nečekal. Pro svoje časté zplaňování, agresivitu a rychlé nekontrolovatelné šíření jsou v mnoha evropských zemích vedeny jako invazní plevel.

Křídlatky rostou od nížin až do podhorského stupně na rumišťích, v křovinách, podle vod, hlavně na mokré, živné, nevápenité, kamenité půdě. Nejlepší podmínky pro růst jsou na stanovištích s hlubší půdou, dostatečnou zásobou živin a dobrou zásobou vody. Rostou na půdách s rozsahem pH od 4 do 8. Mladé rostliny křídlatky jsou citlivé na pozdní jarní nebo časně podzimní mrazy, případně letní sucho. Délka vegetační doby je asi osm měsíců. Prýty vyrážejí nad zem v dubnu. Jejich růst je v květnu velice rychlý. Udává se, že se stonky v tomto období prodlužují v průměru o 4,6 cm za den, což lze srovnat s rychlostí růstu výhonku bambusu.

Naopak relativní rychlost růstu není v porovnání s ruderálními druhy nikterak vysoká. Křídlatky kvetou od července do října. Vývojová perioda je většinou ukončena prvními mrazíky, kdy uhynou nadzemní části polykormu. Zimu přežívají prostřednictvím podzemního systému oddenků, sahajících do hloubky i přes dva metry, z něhož na jaře raší nové prýty. Na rozdíl od ozdobnice se křídlatce daří i v chladnějších oblastech. Choroby a škůdci se u křídlatky vyskytují v zanedbatelném rozsahu.

Na dobře zásobených půdách se křídlatka obejde prvním rokem bez hnojení. Na půdách s menší zásobou živin se doporučuje hnojit prvním rokem do poloviny června jednorázově do 50 kg/ha N. V dalších letech se má velikost dávky přizpůsobit zásobám živin v půdě a dosahovaným výnosům. Druhým rokem je při hnojení vhodné vycházet ze zásobenosti půd živinami. V zahraničí se doporučuje hnojit druhým rokem a další léta 100 kg/ha K, 60 kg/ha P a 100-200 kg/ha N nejlépe na jaře.

Křídlatky patří s ohledem na výnosy fytomasy k nejvýnosnějším rostlinám. Od třetího roku po výsadbě se dosahuje stabilních vysokých výnosů nadzemní fytomasy. Pokud jde o

pěstování křídlatky na fytomasu, je lépe pěstovat výnosnější druhy, jako jsou křídlatka česká nebo sachalinská.

Pro energetické účely (spalování) se křídlatka kvůli nízkým výnosům v prvním roce (rok výsadby) nesklízí. Sklízí se od druhého roku, kdy křídlatky české a zvláště sachalinská dávají výnosy nadzemní fytohmoty do 10 t/ha sušiny, ve třetím roce a dalších 20 - 25 t/ha sušiny, při intenzivním hospodaření i více než 30 t/ha.

Pro výrobu fytohmoty na spalování je nejvhodnější ji sklízet až po prvních mrazech, které ji vysuší, neboť i pozdě na podzim obsahují rostliny, jak bylo uvedeno, ještě značné množství vody, což není vhodné pro přímé spalování nebo skladování. Suchá fytohmota křídlatky je palivem s vysokou výhřevností (průměrná hodnota spalného tepla sušiny celých rostlin = 18,402 GJ.t<sup>-1</sup>) a malým obsahem popela (5-7 %). Jako palivo je křídlatka srovnatelná se suchou dřevní štěpkou, neboť má velmi podobné mechanické a topnářské vlastnosti.

### **Rychle rostoucí dřeviny**

Pěstování rychle rostoucích dřevin se uplatní zejména v oblastech s mírným podnebím a na půdách s dobrou zásobou vody a živin. Vyžaduje se hloubka ornice min. 0,30 m, hodnota pH min. 5,5. Výška hladiny spodní vody nesmí klesnout pod 2 m (optimum 0,60-0,20 m) a pozemek musí být vhodný k využití mechanizačních prostředků. V horších půdních a klimatických podmínkách není zaručen dobrý výnos a tím dosažení efektivity pěstování. Neméně významný je i výběr klonů, od kterých se vyžaduje vysoký vzrůst v mládí, výborné obrůstací schopnosti po obmýtí, snášenlivost, konkurence, schopnost a odolnost proti chorobám a škůdcům. Podle délky obmýtí rychle rostoucích dřevin rozeznáváme tři způsoby pěstování:

#### **Minirotace**

Při tomto způsobu je délka trvání obmýtí do 5 let, kdy se při tloušťce rostlin asi 100 mm docílí průměrný roční výnos 10-20 t/ha sušiny fytohmoty. Počet řízků se pohybuje od 3 do 30 tis. (dle druhu dřeviny a sponu). Pařezy se po sklizni nechávají obrazit a cyklus se opakuje 3-4x.

#### **Midirotace**

Při tomto způsobu se použije kolem 5 tis. řízků, případně se provede prořezávka. Tloušťka mlází se při sklizni pohybuje kolem 120 mm a průměrný výnos činí asi 8-14 t/ha za rok v suché hmotě. Sklízí se po 10-ti letech a pařezy se nechávají obrůstat.

#### **Maxirotace**

Sází se asi 4 tis. řízků na 1 ha a sklízí se po 20-ti letech. Kmeny dorůstají tloušťky 200-300 mm s průměrným výnosem 8-12 t/ha za rok. Pařezy se pak dále nechávají obrůstat. Z uvedených způsobů pěstování najde v našich současných podmínkách největší uplatnění minirotace a to hlavně z důvodů vyššího výnosu sušiny.

Před výsadbou řízků je nutné provést na podzim hlubokou orbu (0,35 m). Pro jarní přípravu je možné využít kombinované smyky s branami, kultivátory, rotavátory. Při zakládání plantáží se zaměřujeme dále na regulaci plevelů jak mechanickou, tak chemickou cestou. Chemické hubení plevelů je významné u vytrvalých plevelů, které se mechanickými zásahy obtížně odstraňují, a to zvláště na pozemcích, které nebyly obdělávány a jsou silně zaplevelené.

Nejlepších výsledků při aplikaci herbicidů se dosahuje v termínu od začátku září do konce října za předpokladu dostatečné půdní vlhkosti a teploty vzduchu umožňující růst plevelů. Pro zimní aplikaci jsou vhodné neselektivní systemické herbicidy, mající široké spektrum záběru na jednoleté a vytrvalé plevele.

Pro jarní aplikaci herbicidů před výsadbou řízků se používají přípravky, které se do půdy zapravují nebo se provádí preemergentní či postemergentní postřik.

Jako sadbový materiál se používají řízky dlouhé 0,18-0,22 m s tloušťkou od 8 do 20 mm, které se získávají z jednorocního obrostu rozmnožovací matečnice. Leterosty se sklízí od poloviny ledna do března a skladují se ve svislé poloze s cílem koncentrace růstových látek ve spodní části řízku, buď v krechtech, sklepích nebo klimaboxech při skladovací teplotě  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  a přirozené vlhkosti. Řízky se připravují pomocí zahradnických nebo pneumatických nůžek, přičemž v zahraničí se používají ještě speciální řízkovače, někdy i umístěné na sázecím stroji.

Řízky se sází kolmo do úrovně povrchu půdy, mírné zapuštění není na závadu, ale důležité je utužení půdy kolem řízku. Sazení je třeba provést brzy na jaře, aby se zachytilo co nejvíce vláhy potřebné k obrůstání a zakořenění řízků. Pozdější sazení je možné, není však zaručena potřebná ujímavost ani výška vzrůstu. Meziřádková vzdálenost od 1,5 do 3 m koresponduje s šířkou kultivačních strojů. V případě menší meziřádkové vzdálenosti je kultivace pomocí mechanizačních prostředků možná pouze v počáteční fázi růstu.

Vzdálenost rostlin v řádku je nutno přizpůsobit místním podmínkám, druhu dřeviny a době, za kterou chceme porost sklízet. Pohybuje se od 0,2-0,8 m. Někdy se používá způsob výsadby do dvouřádku (např. 2,5-3 x 0,7 x 0,7 x 2,5-3 m). Pro zvýšení odolnosti proti chorobám a škůdcům se doporučuje vysazovat více klonů. Počet řízků na 1 ha se pohybuje u topolu v rozmezí od 5 tis. do 33 tis. a u vrb až do 80 tis. při menších meziřádkových vzdálenostech.

Vzhledem k značné citlivosti mladých výhonků dřevin k zaplevelení a hospodaření s vláhou je velmi nutné, zvláště v počáteční fázi růstu, zajistit meziřádkovou kultivaci s ručním okopáváním v bezprostřední blízkosti rostliny.

Pro mechanické ošetřování porostu během vegetace jsou vhodné radličkové kypřiče s šípovými pracovními orgány, kombinované kypřiče, rotační mulčovací stroje. Kultivace se provádí do 2. až 3. roku po výsadbě. V dalších letech dochází vzrůstem dřevin do meziřádkového porostu k zastínění, které spolu se spadem listů omezí růst plevelů natolik, že je další kultivace zbytečná. Mechanické ničení plevelů má své opodstatnění i v provzdušňování povrchové vrstvy, což příznivě působí na růst rostlin a zamezuje ztrátám vody z hlubších vrstev půdy.



Zakládáme-li plantáže na zemědělské půdě, která byla intenzivně obhospodařována, není třeba ve většině případů provádět hnojení. Přihnojování se provádí po sklizni, přičemž potřeba živin se řídí dle výsledků rozborů půdy.

Sklizeň rychle rostoucích dřevin se provádí v zimních měsících, kdy je půda zmrzlá, stromy jsou bez listů a sušina dřevin je nejvyšší (kolem 50 %). Ke kácení je možné využít současný způsob těžby v lesích. Pro sklizeň rychle rostoucích dřevin pěstovaných na plantážích je možné navrhnout mechanizované způsoby sklizně, reprezentované technologií s vázáním do otepí nebo kontinuální sklizeň se štěpkováním.

## 7. Bilance zdrojů a možnosti jejich rozšíření

### 7.1. Potenciál biomasy v regionu Moravskoslezském

Pro potřeby této studie byly shromážděny údaje o dostupibilitě energetických systémů, dostupném energetickém potenciálu biomasy, hodnocení využitelnosti obnovitelných zdrojů energie a opatření k využití obnovitelných zdrojů energie v regionu Moravskoslezského kraje, který je definován příslušnými správními celky, zobrazenými na Obr. č. 36.



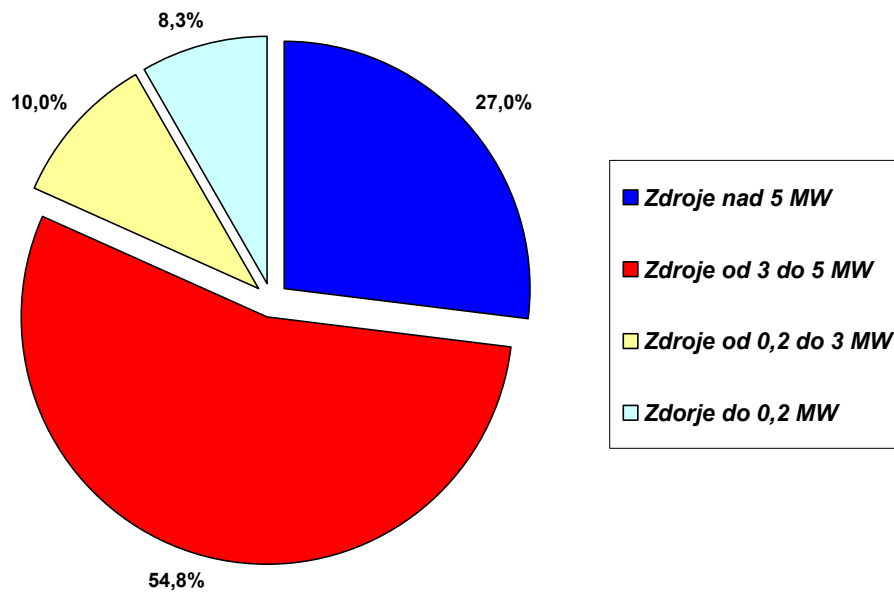
Obr. č. 36 Okresní uspořádání MS kraje

#### 7.1.1. Disponibilita energetických systémů

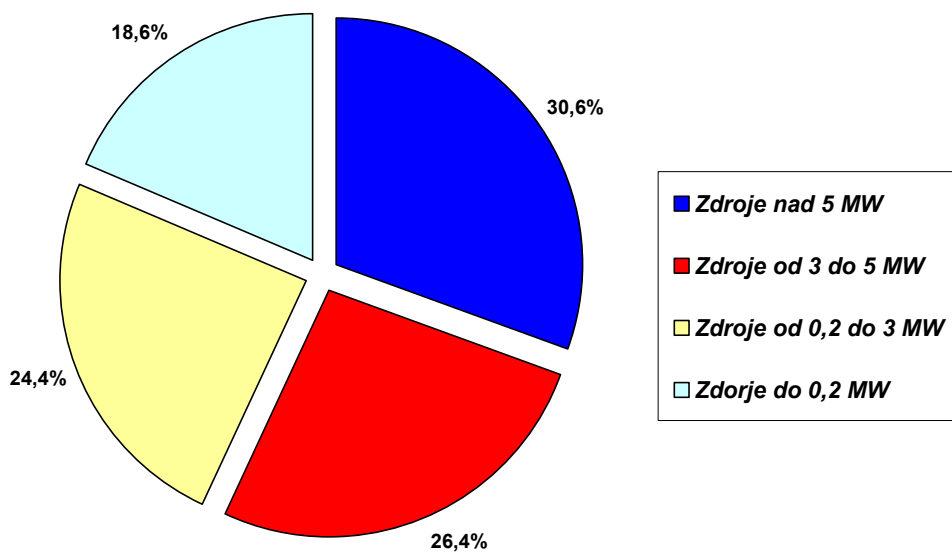
Na území Moravskoslezského kraje je situována tepelná elektrárna Dětmarovice o instalovaném výkonu 4x200 MW, tj. 800 MW, spalující černé uhlí. Tento energetický zdroj je součástí elektrizační soustavy České republiky.

Za další relevantní výrobní energetická zařízení lze považovat teplárenské zdroje, které jsou instalovány prakticky ve všech větších městech kraje a zdroje situované ve větších výrobních podnicích, produkující většinou tepelnou i elektrickou energii.

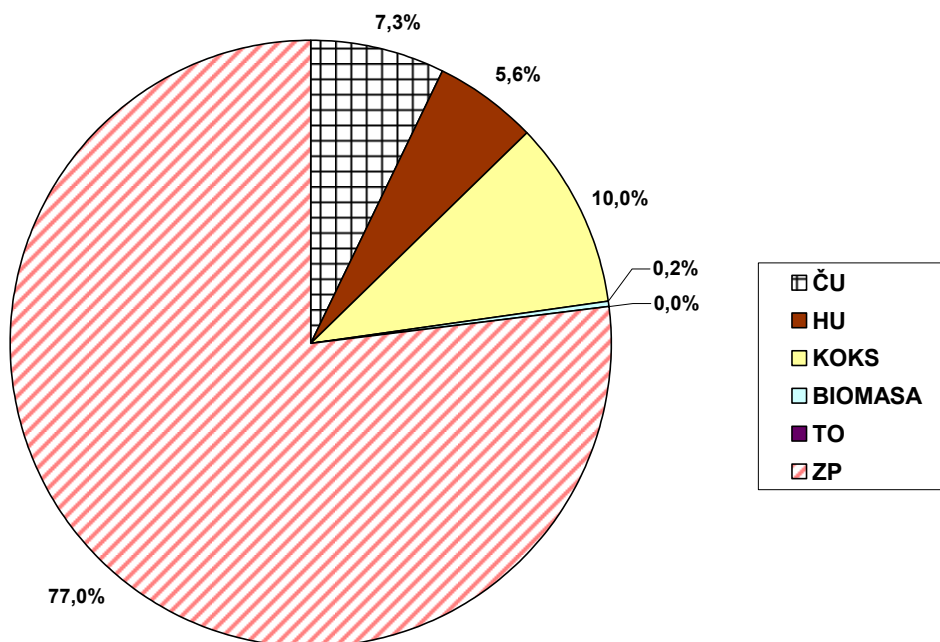
Samozřejmě, že poptávku po teple zajišťuje rozsáhlý soubor okrskových, objektových a lokálních zdrojů tepla užívajících všechny formy primárních energetických zdrojů. Z hlediska struktury zdrojů energie a struktury užitých druhů primárních energetických zdrojů lze přibližně v současné době konstatovat stav uvedený v následujících Obr. č. 37-42.



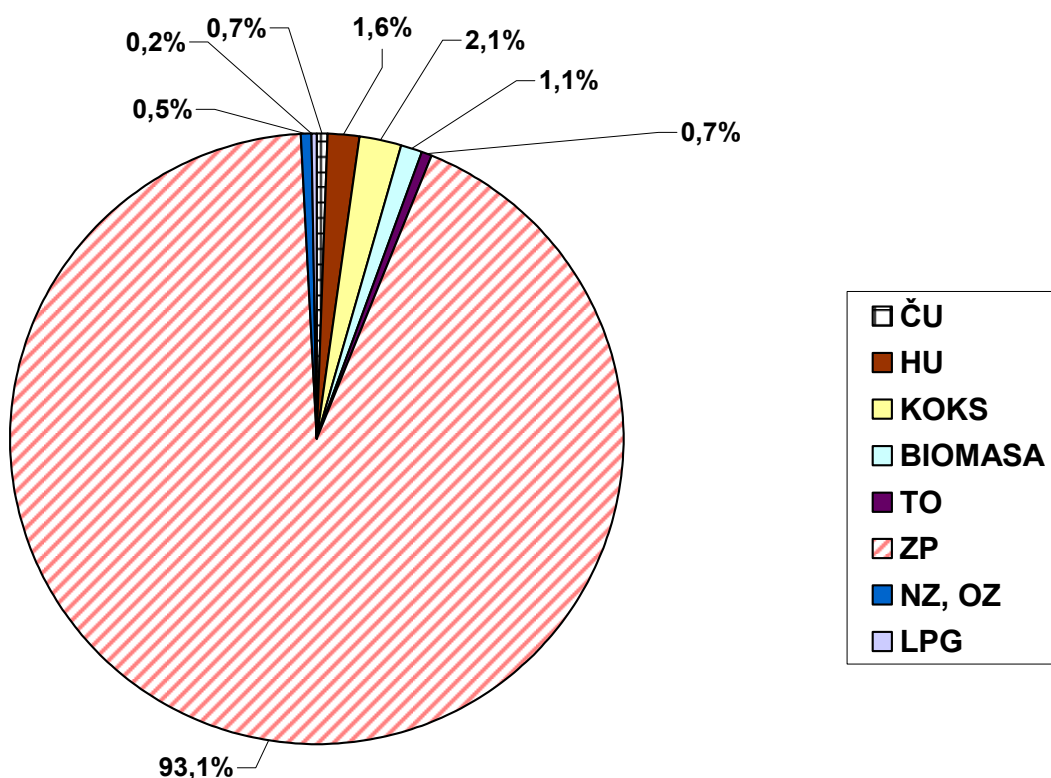
Obr. č. 37 Struktura výkonové spotřeby MS kraje



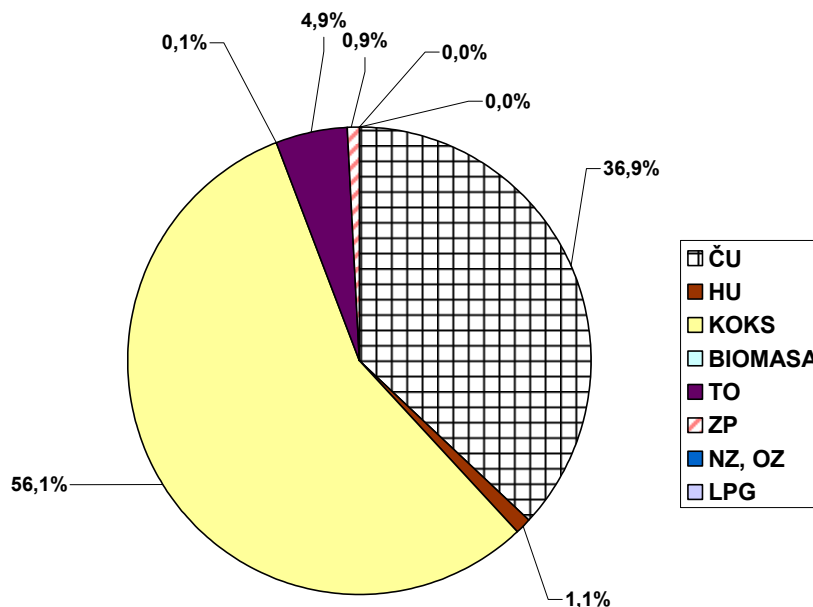
Obr. č. 38 Struktura spotřeby PEZ v jednotlivých zdrojích energie



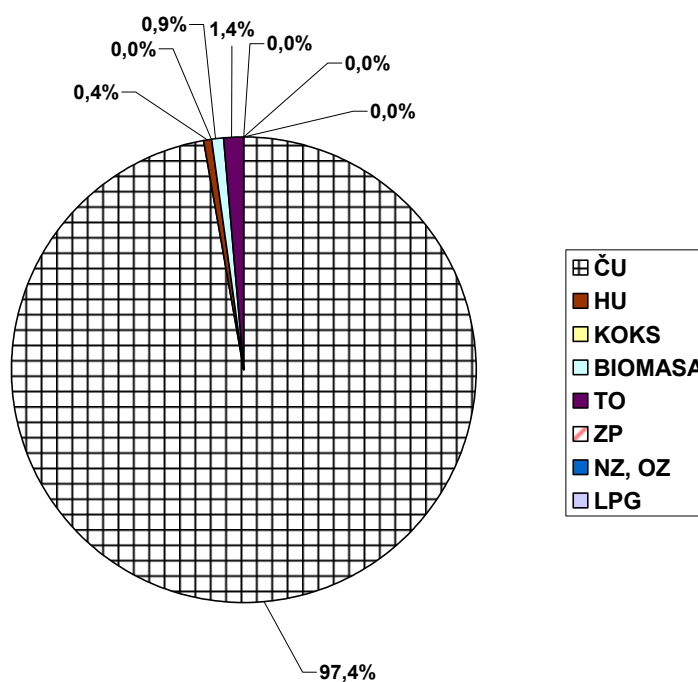
Obr. č. 39 Struktura PEZ užitých ve zdrojích do 0,2 MW



Obr. č. 40 Struktura PEZ užitých ve zdrojích 0,2-3 MW



Obr. č. 41 Struktura PEZ užitých ve zdrojích do 3-5 MW



Obr. č. 42 Struktura PEZ užitých ve zdrojích nad 5 MW

Ze struktury výrobní energetické základny lze shrnout následující:

- na zajištění výkonových potřeb území se podílejí poměrně rovnoměrně jednotlivé skupiny energetických zdrojů členěných podle kapacity (mírně převažují zdroje nad 5 MW),
- nejvyšší objem spotřeby primárních energetických zdrojů je realizován ve zdrojích od 3 do 5 MW (132 000 TJ), nejnižší ve zdrojích do 0,2 MW (20 000 TJ),

- v malých zdrojích do 0,2 MW je nejvíce zastoupeno spalování zemního plynu (cca 80 %), hnědé a černé uhlí je spalováno přibližně ve 13 %, tj. cca 25 tisíc spotřebitelských míst,
- zastoupení pevných fosilních primárních energetických zdrojů ve skupině energetických zdrojů od 0,2 do 3 MW je marginální, cca 2,3 %, naopak zemní plyn je užíván z 94 %,
- podíl pevných fosilních paliv ve velkých zdrojích energie je naopak zásadní, více než 95,5%.

### 7.1.2. Dostupný potenciál biomasy

Dostupná velikost potenciálu obnovitelných zdrojů energie (při zachování určitého realistického pohledu na aplikační možnosti využití) je odhadována podle Územní energetické koncepce [79] pro biomasu tak, jak je uvedeno v Tab. č. 45.

Tab. č. 45 Odhad dostupného potenciálu OZE pro MS kraj

Druh OZE	Množství/rok	Energetický potenciál
Dřevní hmota	310 tis. t.	4030 TJ
Sláma z obilovin	226 tis. t.	3140 TJ
Energetické rostliny	11 tis. ha	3360 TJ
Bioplyn	102.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	2200 TJ
Teplo suchých rostlin		3300 TJ

Závěry ve věci dostupnosti biomasy v Moravskoslezském kraji lze formulovat takto:

- Využití biomasy je účelné realizovat v blízkosti pěstování a sběru biomasy.
- Rozsah využití biomasy je určen kapacitou disponibilních ploch pro pěstování energetických rostlin či obilovin. V případě dřevní hmoty je kapacita určena rozsahem těžebních aktivit, ale také podmínkami pro zachování či zlepšení podmínek v územích lesních porostů.
- Další podmínkou je zavedení účelové technologie zpracování biomasy pro potřeby spalování a systému logistiky užití biomasy (tj. pěstování, sběr, skladování, svoz, úprava a doprava ke spotřebiteli).

### 7.1.3. Hodnocení využitelnosti biomasy

Hodnocení využitelnosti obnovitelných zdrojů (biomasy) je účelné odvozovat zejména od potřeb řešeného území z hlediska hlavního cíle, tj.: zajištění kvality ovzduší a snižování emisí skleníkových plynů. Pro splnění těchto cílů je třeba úvahy směřovat takto:

- substituce pevných fosilních paliv, zejména hnědého a černého uhlí spalovaných v malých a středních zdrojích znečišťování. U těchto zdrojů není z ekonomického hlediska účelné instalovat odlučovací zařízení snižující produkci emisí škodlivin a spalovací proces je obvykle realizován z horší energetickou účinností. Substituce

hnědého a černého uhlí u velkých či zvláště velkých zdrojů znečišťování není prioritou, za předpokladu hospodárného užití energie a účinného čištění spalin.

- substituce kapalných paliv je účelná zejména při spalování paliv s vyšším obsahem síry a dále
- u zdrojů malých a středních, přičemž je vhodné preferovat změnu u zdrojů na konci životnosti.
- statistika plyných paliv obecně účelná není, neboť zemní plyn je možné považovat za ekologicky šetrný primární energetický zdroj. Úbytek poptávky po zemním plynu by navíc zvýšil měrné náklady na dodávku a tím i konečnou cenu energie pro konečné spotřebitele. Důsledkem by pravděpodobně byl nežádoucí návrat zejména malých spotřebitelů k pevným fosilním palivům. Substituce zemního plynu je proto předmětná zejména u zdrojů situovaných v blízkosti výrobních systémů produkujících ekologicky vhodné odpady vhodné ke spalování.
- substituce dodávkového tepla ze systému CZT není vhodná za předpokladu efektivního užití primárních energetických zdrojů při výrobě a distribuci energie zejména na bázi kombinované
- výroby tepla a elektřiny.
- substituce elektřiny pro vytápění je účelná zejména v oblastech vhodných pro spalování biomasy.

#### 7.1.4. Opatření k využití obnovitelných zdrojů energie (biomasy)

Při aplikaci využití obnovitelných zdrojů energie (biomasy) je třeba vycházet z reálných možností, které lze formulovat takto:

- Využití biomasy je vhodné zejména v oblasti využití obilovin a využití redundantní zemědělské půdy pro pěstování energetických plodin, tj. energetických rostlin. Pěstování rychle rostoucích dřevin je potencionálně vhodné na rekultivovaných plochách po důlní činnosti
- Využití lesních dřevin ke spalování ve větším množství není, vzhledem ke stavu lesních porostů a nutnosti jejich revitalizace, vhodné. Pro individuální účely je spalování dřevní hmoty akceptovatelné přibližně ve stávajícím rozsahu.
- Využití bioplynu je vhodné za přijatelných ekonomických podmínek pouze v místě jeho vzniku.

Nutnými podmínkami pro využití biomasy je zejména:

- zainteresování pěstitelů na využití biomasy pro spalování,
- minimalizace nákladů na sušení, úpravu a dopravu biomasy k místu spotřeby,
- dostupnost vhodných topenišť a dalšího vybavení pro spalování biomasy,
- zajištění konkurenční ceny biomasy ve vztahu k ostatním primárním energetickým zdrojům zejména uhlí,

- zajištění účelné informovanosti a případně motivace potencionálních spotřebitelů biomasy,
- stabilita vytvořeného systému pěstování, úpravy, dopravy a spalování biomasy.

Z hlediska systémového, tedy hlediska zajišťujícího splnění hlavního cíle celého územního programu, tj. zlepšení kvality ovzduší, lze specifikovat následující priority v oblasti využití obnovitelných zdrojů energie:

- spalování biomasy ve středních a velkých stacionárních zdrojích znečišťování jako náhrady za dosud spalované hnědé uhlí,
- spalování biomasy ve středních a velkých stacionárních zdrojích znečišťování pro zajišťování energetických potřeb nově budovaných územních zón, zejména tam, kde není oblast plynofikována,
- spalování biomasy v malých stacionárních zdrojích znečišťování jako substitute hnědé uhlí,

#### 7.1.5. Reálný potenciál biomasy do roku 2022

Pro jednotlivé druhy paliv byl stanoven následující potenciál:

##### a) dřevo

Vzhledem k růstu kapacit na zpracování dřeva i z mimokrajských zdrojů a k nárůstu zásoby dřevní hmoty lze zvýšit množství reálného potenciálu na 80 % celkového potenciálu = 3 226 860 GJ/rok, kde největší potenciál mají NUTS Bruntál a Frýdek-Místek (celkem 70 % podíl).

##### b) obiloviny

Trendy ve využití slámy v zemědělství umožňují zvýšit odhad využití reálného potenciálu na 50 % celkového potenciálu = 1 567 160 GJ/rok, kde největší potenciál mají NUTS Nový Jičín a Opava a to v řepkové a pšeničné slámě.

##### c) rychlerostoucí energetické plodiny

Vhodné plochy pro stanovení potenciálu rychlerostoucích energetických plodin lze rozšířit na 10 % plochy orné půdy v kraji, tedy na 18 032 ha. Průměrný výnos energ. plodin (v sušině) lze na základě zkušeností stanovit na 10 t/ha, energetickou výhřevnost pak na 15 GJ.t<sup>-1</sup>. Reálný potenciál pak vychází ze součinu těchto veličin (18 032 ha x 10 t/ha x 15 GJ.t<sup>-1</sup>) na 2 704 800 GJ/rok, kde největší potenciál mají NUTS Karviná (cca 60% z výsledné hodnoty) a Frýdek-Místek.

##### d) spalitelný bioodpad

K horizontu r. 2022 lze v kraji předpokládat potenciál 37 000 t energeticky využitelného starého papíru a lepenky, které nelze využít materiálově. Při výhřevnosti

20 GJ.t<sup>-1</sup> a účinnosti využití 85 %, lze počítat s potenciálem 629 000 GJ/rok. Celkový využitelný potenciál biomasy (suché) pro spalování tedy činí 8 127 820 GJ/rok.

### e) Bioplyn

Vzhledem ke koncentraci chovů hosp. zvířat a s ohledem na vývoj výkupních cen energií z bioplynu je reálné počítat s 50 % využitím potenciálu bioplyn z odpadů hosp. zvířat, který činí 1 012 940 GJ = 506 470 GJ. Změny v zemědělství vedou k přebytku v produkci „zelené“ biomasy – trávy a podobných produktů. Tato produkce je využitelná v rámci tzv. kofermentace k produkci bioplynu. Potenciál tohoto zdroje bioplynu lze odvodit z disponibilního množství biohmoty (180 000 t/rok) a produkce bioplynu z 1 t travní hmoty = 150 m<sup>3</sup> s výhřevností 21,5 MJ.m<sup>-3</sup>. Tento využitelný potenciál pak činí 580 500 GJ/rok. Z koncepce nakládání s odpady v MSK a Plánu odpadového hospodářství MSK vyplývá možnost, že v horizontu r. 2022 bude v kraji k dispozici 111 000 t vyseparovaných BRO, s možnou produkcí 16 650 mil m<sup>3</sup> plynu s výhřevností 21,5 MJ.m<sup>-3</sup>, což představuje využitelný potenciál 357 970 GJ/rok. Celkový využitelný potenciál bioplynu tedy činí 1 593 195 GJ/rok.

Většina tohoto potenciálu je využitelná v kogenerační výrobě tepla a elektřiny, s dobrou možností využití odpadního tepla, hlavně v technologických spotřebách v zemědělství. Celkový využitelný potenciál biomasy pro MS Kraj [79] s ohledem na cílový rok 2022 činí 9 721 015 GJ/rok, což je 84 % z celkového využitelného potenciálu všech obnovitelných zdrojů energie. Podrobné rozdělení na jednotlivé zdroje v optimální variantě je uvedeno v Tab. č. 46.

Tab. č. 46 Potenciál obnovitelných zdrojů energie v Moravskoslezském kraji při optimálních podmínkách

Obnovitelný zdroj	GJ/rok	podíl v %
geotermální energie a energie vzduchu	630 000	5
energie biomasy	8 529 220	70
energie bioplynu	1 593 195	13
energie slunce	1 000 000	8
vodní energie	300 000	2
energie větru	100 000	1
<b>Celkem</b>	<b>12 152 415</b>	<b>100</b>

## 7.2. Potenciál biomasy v regionu Zlínském

Pro potřeby této studie byly dále shromážděny údaje o dostupném energetickém potenciálu biomasy, hodnocení využitelnosti obnovitelných zdrojů energie v regionu Zlínského kraje, který je definován příslušnými správními celky, zobrazenými na Obr. č. 43.



Obr. č. 43 Okresní uspořádání Zlínského kraje

Mezi největší spotřebitele paliv v průmyslu Zlínského kraje patří následujících 13 společností: Teplárna Otrokovice, a.s., Moravské Teplárny, a.s. Zlín, DEZA, a.s., Valašské Meziříčí, CS CARBOT, s.r.o., Valašské Meziříčí, Teplárna Jiráskova, Vsetín, Energoaqua, a.s. – výtopna Rožnov, Energetika Chropyně, a.s. STV Glass, a.s., Valašské Meziříčí, TON-ENERGO, kotelna Holešov, TON-ENERGO, a.s. teplárna Bystřice pod Hostýnem, Energetika Jasenice, Vsetín, CZT, s.r.o. Uherské Hradiště, Osvětlovací sklo LARES, s.r.o., Valašské Meziříčí.

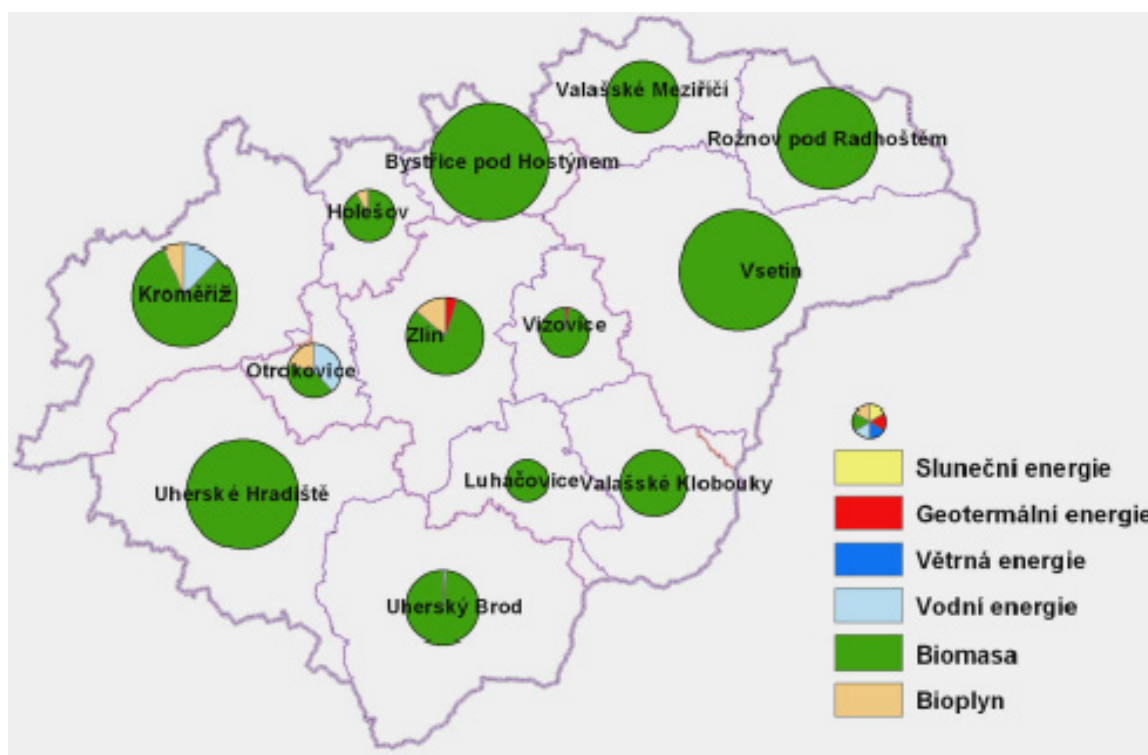
### **7.2.1. Současný stav ve využití OZE**

Ve Zlínském kraji je podíl OZE ve spotřebě pro výrobu tepla mnohem vyšší, než je průměr ČR v důsledku průmyslového využití a snadné dostupnosti dřevní hmoty v mnoha regionech, zejména ve východní části Zlínského kraje (spalování dřevního odpadu v závodech nábytkářského a dřevozpracujícího průmyslu a v menších soustavách CZT a používání dřevní hmoty pro otop v lokálních topeništích – celých 9 % konečné spotřeby paliv a energie). Celkový příspěvek využití OZE do bilance primárních energetických zdrojů činí 2 281 TJ, z toho je cca 94 % podíl tuhé biomasy. Významný podíl mají i bioplyn, vodní energie a geotermální energie, ostatní OZE přispívají do bilance víceméně symbolicky. V porovnání s celkovou bilancí primárních energetických zdrojů ve Zlínském kraji mají OZE podíl cca 4,91 %, což značně převyšuje celostátní průměr. Podíl obnovitelných zdrojů elektrické energie na hrubé spotřebě elektřiny činí cca 1%, což je méně než celostátní průměr. Je to dáno zejména tím, že na území kraje se nenachází žádná velká vodní elektrárna. Následující Tabulka č. 47 shrnuje příspěvek jednotlivých druhů OZE do bilance primárních energetických zdrojů.

Tab. č. 47 Přehled o využívání OZE ve Zlínském kraji

Zdroj obnovitelné energie	Výroba tepla a elektřiny z OZE – GJ/rok
Solární tepelné systémy	2 1246,6
Solární fotovoltaické systémy	13,4
Malé vodní elektrárny	66 263,9
Větrné elektrárny	1 319,0
Tepelná čerpadla	11 814,9
Biomasa – tuhá	2 067 985,7
Bioplyn	56 504,9
Celkem	2 281 022,7

Na následujícím Obr. č. 44 je zobrazen přehled o rozdělení využívání OZE v jednotlivých regionech Zlínského kraje.



Obr. č. 44 Využití obnovitelných zdrojů energie ve Zlínském kraji

### 7.2.2. Stanovení současného využití energie biomasy

Při odborném odhadu současného využití tuhé biomasy a bioplynu bylo čerpáno především z databází REZZO 1 a REZZO 2 a údajů ze SLBD 2001, doplňujícími zdroji informací byly pak údaje z Atlasu OZE a informace o projektech podpořených SFŽP a ČEA.

### **Tuhá biopaliva a spalitelný bioodpad**

Současné využití tuhých biopaliv, tedy převážně palivového dřeva a dřevního odpadu, eventuelně upravených biopaliv jako jsou dřevní štěpky, pelety či brikety bylo stanoveno na základě údajů z databáze REZZO. Údaje o spotřebě biomasy ve velkých zdrojích byly převzaty přímo z databáze REZZO 1 a REZZO 2. Údaje o spotřebě biomasy (převážně palivového dřeva) v lokálních topeništích a malých zdrojích (REZZO 3) byly zjištěny na základě modelového výpočtu, kde byly využity především údaje o domovním a bytovém fondu a energii použité pro vytápění ze SLBD 2001. Celková spotřeba tuhé biomasy je poměrně vysoká - celkem je ve Zlínském kraji spotřebováváno cca 2068 TJ energie v biomase, viz. Tab. č. 48. Toto poměrně vysoké číslo je dáno charakterem regionu (vysoká lesnatost, zejména v okresech Vsetín a Zlín), charakterem zástavby i průmyslové výroby) vysoký podíl dřevozpracujícího průmyslu).

**Tab. č. 48 Spotřeba tuhé biomasy na území Zlínského kraje - podle velikosti a typu zdrojů a po správních obvodech obcí s rozšířenou působností [GJ]**

Název ORP	REZZO 1	REZZO 2	REZZO 3	Celkem
			(malé zdroje a lokální topeniště)	
Bystrice pod Hostýnem	73 575	141 960	122 702	338 237
Holešov	7 725	1573	52 195	61 443
Kroměříž	37 332	1 755	158 866	197 953
Luhačovice		33	43 783	43 815
Otrokovice			29 838	29 838
Rožnov pod Radhoštěm		86 580	157 454	244 034
Uherské Hradiště	133 203	6 565	148 806	288 574
Uherský Brod		14 313	110 647	124 960
Valašské Klobouky	6 840	11 050	91 986	109 876
Valašské Meziříčí		14 705	110741	125 446
Vizovice		4 046	55 054	59 100
Vsetín	1139	56 815	283 620	341 575
Zlín		7 241	95 844	103 085
Celkem	259 814	346 636	1 461 536	2 067 986

### **Kapalná biopaliva**

Kapalná biopaliva (bionafta, bioetanol apod.) se pro energetické účely ve Zlínském kraji nevyužívají. Metylester řepkového oleje je jako tzv. směsná bionafta využíván jako palivo v sektoru dopravy a je běžně dostupný o řady čerpacích stanic.

### **Plynná biopaliva**

Současné využití plyných biopaliv, pod která jsou zahrnuta bioplyn, skládkový plyn a kalový plyn z čistíren odpadních vod, bylo stanoveno na základě údajů z databáze REZZO 1 a REZZO 2. Ve zdrojích REZZO 3 bioplyn není využíván.

Tab. č. 49 Spotřeba bioplynu na území Zlínského kraje v [GJ]

Název ORP	REZZO 1	REZZO 2	Celkem
Bystrice pod Hostýnem			
Holešov		5 520	5 520
Kroměříž		15 640	15 640
Luhačovice			
Otrokovice		15 065	15 065
Rožnov pod Radhoštěm			
Uherské Hradiště			
Uherský Brod			
Valašské Klobouky			
Valašské Meziříčí			
Vizovice			
Vsetín			
Zlín	9 934,5	10 345,4	20 279,9
Celkem	9 934,5	46 570,4	56 504,9

Celková spotřeba bioplynu ve Zlínském kraji je opět poměrně vysoká, viz. Tab. č. 49, zejména díky využití skládkového plynu (Zlín) a kalového plynu v řadě ČOV. Celkem je ve Zlínském kraji spotřebováváno cca 56 505 GJ energie v bioplynu, což představuje cca 0,13 % spotřeby primárních energetických zdrojů v kraji.

### 7.2.3. Dostupný potenciál biomasy

Potenciál obnovitelných zdrojů energie byl analyzován na úrovni jednotlivých obcí nebo na úrovni okresů Zlínského kraje a byl analyzován pro následující zdroje energie:

- energie získané z biomasy získané pěstováním energetických plodin na v současné době nevyužívané zemědělské půdě
- energie získané z dřevního odpadu deklarovaného jako odpad;

V rámci stanovení potenciálu obnovitelných a druhotných zdrojů energie byl analyzován tzv. dostupný potenciál, jehož charakteristika je uvedena Tab. č. 50.

#### Tab. č. 50 Druhy potenciálů

##### Technický potenciál

Je určen přítomností zdroje a jeho technickými podmínkami jeho přeměny na využitelnou elektrickou energii. Stanovení technického potenciálu nemá praktický význam a bývá obvykle mezistupněm pro stanovení využitelného potenciálu.

##### Využitelný potenciál

Využitelný potenciál je technický potenciál zdroje, který je možno využít v současnosti dostupnými technickými prostředky a je limitován pouze administrativními, legislativními, ekologickými nebo jinými omezeními. Tato omezení jsou

obvykle jasně definována.

#### Dostupný potenciál

Dostupný potenciál se v některých případech rovná využitelnému potenciálu. Většinou je však limitován dalšími faktory např. využíváním zdroje pro jiné než energetické účely (omezení možností pěstování energetických plodin na zemědělské půdě, která je využívána pro potravinářskou produkci. apod.) Udává obvykle maximální možnou hranici využití daného zdroje za současných podmínek. U tohoto potenciálu nejsou posuzována ekonomická omezení.

#### Ekonomický potenciál

Ekonomický potenciál je ta část dostupného potenciálu, kterou je možno za současných podmínek, ovlivňujících ekonomické parametry zařízení pro využívání obnovitelných zdrojů energie (ekonomické, fiskální a legislativní podmínky, energetická politika státu, investiční a provozní náklady, dostupnost kapitálu, úrokové

sazby apod.) ekonomicky využít. Ekonomický potenciál není definován jako fixní hodnota, závisí na ekonomických a dalších faktorech a na zvolených kriteriích.

### **Potenciál energetických rostlin a plodin na nevyužívané zemědělské půdě.**

Potenciálním, ale zatím ne příliš využívaným zdrojem biomasy pro energetické využití jsou plantáže tzv. energetických rostlin a plodin. Optimálně energetické rostliny a plodiny pěstovat na nevyužívané zemědělské půdě, uvolněné z využívání pro potravinářské účely. Jako vstupní podklad pro analýzu potenciálu biomasy byly použity aktuální výměry pozemků v rámci celého území Zlínského kraje. Dále byly zajištěny údaje o podílu výměry nevyužitých zemědělských půd, kde je předpoklad nejefektivnějšího pěstování energetických plodin. Přesné údaje o nevyužívaných zemědělských půdách v rámci Zlínského kraje byly zjištěny na základě informací z Agrocensu 2000. Bohužel, tyto údaje byly k dispozici pouze po okresech a proto stanovení dostupného potenciálu bylo možné pouze na úrovni okresů (NUTS IV). Dle údajů z Agrocenzu 2000 je ve Zlínském kraji nevyužitých, neobdělávaných zemědělských půdního fondu v součtu cca 1253,4 ha (tj. cca 1,2 % z celkové výměry zemědělské půdy kraje). Na rozloze nevyužitých zemědělských půd po jednotlivých okresech byl proveden výpočet výnosů hmoty jednotlivých energetických rostlin, které jsou vhodné pro pěstování v České republice.

Energetické rostliny jsou jednak energetické byliny, případně energetické trávy, a rychle rostoucí dřeviny. Celkový dostupný potenciál využití energie energetických rostlin činí cca 313 348 GJ ročně, což odpovídá cca 0,7 % současné spotřeby primárních energetických zdrojů ve Zlínském kraji. Ve srovnání se současným využitím biomasy je tento potenciál poměrně nízký, zejména vzhledem k nízkému podílu nevyužívané zemědělské půdy ve Zlínském kraji, na které bylo uvažováno s pěstováním energetických rostlin.

### **Obilná sláma**

Podle Agrocenzu 2000 byly na území Zlínského kraje sklizeny obilniny na celkové ploše 56 658 ha což při uvažovaném průměrném výnosu 4 t slámy znamená produkci 234 634 t slámy. Celkový výnos slámy není možno bezezbytku využít. Z celkového množství vyprodukované obilní slámy lze pro jiné (např. energetické) využití uvažovat maximálně s 20 -30 %. Zbývající sláma zůstává v zemědělských podnicích ke krmení a na stelivo, část slámy zůstává na polích k zaorání. Dostupný potenciál obilní slámy je při 30 % využití roční celkem 70 390 tun slámy, s energetickým obsahem 1 013 620 GJ, při uvažované výhřevnosti 14,4 GJ.t<sup>-1</sup>. Plnému využití dostupného potenciálu brání celá řada překážek souvisejících s nutností dopravy slámy na místo využití, ochotou zemědělců a zemědělských podniků poskytovat část vyprodukované slámy atd.). Díky těmto překážkám není možno dostupný potenciál stoprocentně využít. Reálný potenciál se podle zpracovaných studií (VÚZT, CZ BIOM a j.), pohybuje od 7 % (realistický scénář) do 20 % (optimistický scénář) roční produkce slámy. Při mírně optimistických předpokladech a použití poddílu 15 % využití vyprodukované slámy se dostupný potenciál obilní slámy pohybuje ve výši 35 195 tun ročně, s energetickým obsahem 506 810 GJ.

### **Řepková sláma**

Řepka olejná patří z hlediska agroenergetiky k významným plodinám. Oproti obilné slámě, u které se kalkuluje s výhřevností 14,0-14,4 GJ.t<sup>-1</sup>, má řepková sláma vyšší výhřevnost 15 až 17,5 GJ/t. Od roku 1989 se v rámci celé České republiky výměra sklizňové plochy řepky zdvojnásobila. Na výši hektarových výnosů řepky olejné má vliv jednak průběh počasí během zimy, zvláště dlouhotrvající zima má zásadní vliv na přezimování porostů. Dalším významným faktorem je stav včelstev a jejich rozptýlení po krajině. Nepřízeň počasí a snížení stavu včelstev snižuje opylení řepky olejné a tím výnosovost plodiny. Celková osevní plocha řepky se podle Agrocenzu 2000 na území Zlínského kraje pohybovala ve výši 11 110 ha. Výnos řepkové slámy se v ideálním případě pohybuje kolem 4 t/ha, což by v ideálním případě, 100 % využití slámy a osevní ploše 11 110 ha přineslo roční produkci 44 440 tun slámy. Při výhřevnosti řepkové slámy 15 GJ.t<sup>-1</sup> je dostupný potenciál takto vyprodukované řepkové slámy 666 600 GJ. Vzhledem k tomu, že část slámy je zaorávána a řepka je pěstována i v oblastech, kde jsou dosahovány nižší výnosy slámy. a vzhledem k různým dalším překážkám souvisejícím s nutností dopravy slámy na místo využití, ochotou zemědělců a zemědělských podniků poskytovat část vyprodukované slámy atd., bude možno využít maximálně 60 % vyprodukované řepkové slámy. Při osevní ploše řepky 11 110 ha tak činí dostupný potenciál řepkové slámy 26 663 tun, což činí 399 948 GJ v palivu.

### **Potenciál dřevních odpadů – metodika podle těžby dřeva**

Při těžbě dřeva, probírkách a prořezávkách zůstává v lese určitá část biomasy nevyužita. Jedná se zejména o pařezy, kořeny, větve, manipulační odřezky, části nebo celé stromky z probírek a prořezávek, dříví nestandardních rozměrů a kvality atd. . Dalším zdrojem dřevního odpadu je prvotní a druhotné zpracování dřeva, které je rovněž doprovázeno

ztrátami resp. produkcí odpadů. U bilancování potenciálu dřevního odpadu se vycházelo z celkových ploch lesních pozemků po obcích a údajů o celkové těžbě dřeva ve Zlínském kraji (ČSÚ zpracovává a publikuje údaje pouze na úrovni krajů a celé republiky). Při bilancování byly brány v úvahu pouze lesy kategorie 1 – hospodářské. Průměrná hodnota podílu dřevního odpadu při těžbě byla uvažována ve výši cca 30% z celkové vytěžené dřevní hmoty, což vychází ze struktury těžené dřevní hmoty. Metodika podle Simanova (1988) udává podíl dřevního odpadu ve výši cca 1/3 těžby. Tato hodnota udává maximální dostupný potenciál odpadní dřevní hmoty při těžbě i zpracování dřeva. Při vyhodnocení byly uvažovány následující průměrné parametry odpadního dřeva:

- Měrná hmotnost  $0,21 \text{ t.m}^{-3}$  (dřevní štěpka – 30 % vlhkost)
- Výchřevnost  $12 \text{ GJ.t}^{-1}$  (dřevní štěpka – 30 % vlhkost)

Na základě výše uvedených předpokladů byl vyhodnocen dostupný potenciál dřevního odpadu, který je sumarizován v Tab. č. 51. Tato metodika nebere v úvahu přesuny nezpracované dřevní hmoty v rámci kraje nebo mimo kraj a nebere rovněž v úvahu stávající energetické využití.

Tab. č. 51 Dostupný potenciál dřevního odpadu

Název ORP	Plocha lesů (ha)	Z toho plocha hosp. lesů – odhad (ha)	Těžba dřeva – odhad ( $\text{m}^3$ )	Dřevní odpad 30% ( $\text{m}^3$ )	Odpad (t)	Odpad (GJ)
Bystrice pod Hostýnem	8 348	6 782	28 932	8 680	1 823	21 872
Holešov	1674	1 360	5 801	1 740	365	4 386
Kroměříž	11 695	9 501	40 533	12 160	2 554	30 643
Luhačovice	8 462	7 278	31 048	9 315	1 956	2 303
Otrokovice	2 375	2 043	8 714	2 614	549	6 588
Rožnov pod Radhoštěm	13 929	12 939	55 201	16 560	3 478	41 732
Uherské Hradiště	14 539	10 668	45 512	13 654	2 867	34 407
Uherský Brod	18 118	13 294	56 716	17 015	3 573	42 877
Valašské Klobouky	11 942	10 271	43 817	13 145	2 760	33 126
Valašské Meziříčí	7 657	7 113	30 345	9 103	1 912	22 941
Vizovice	6 496	5 587	23 835	7 150	1 502	18 019
Vsetín	39 359	36 561	155 981	46 794	9 827	117 921
Zlín	14 937	12 846	54 806	16 442	3 453	41 433
<b>Celkem</b>	<b>159 532</b>	<b>136 241</b>	<b>581 241</b>	<b>174 372</b>	<b>36 618</b>	<b>439 418</b>

### **Potenciál skládkového plynu**

Produkce plynu byla vypočtena z údajů o evidenci odpadů jednotlivých skládek TKO. Celkové množství uloženého odpadu na těchto skládkách v roce 2002 bylo zjištěno 228 000 t/rok. Pro každou skládku byl na základě dalších údajů sestaven prognostický model vývoje plynu. Dle odhadů zpracovatelů je z uloženého množství odpadů na těchto skládkách produkováno v roce 2002 celkem 2619 m<sup>3</sup> bioplynu za hodinu. Za předpokladu, že složení plynu ve stabilní metanogenní fázi je 55 % CH<sub>4</sub> a 45 % CO<sub>2</sub> je produkováno množství metanu z těchto skládek 12,6 mil. m<sup>3</sup>/rok 2002 nebo 9 034,2 t/rok v roce 2002. Vyjádření emise metanu z ukládání tuhého komunálního odpadu v ekvivalentu CO<sub>2</sub> je rovna 171 538 t/rok 2002 a celková emise CO<sub>2</sub> 191954 t/rok 2002. Jak je nám známo z dostupných údajů provozovatelů skládek, je v současné době na těchto skládkách odplyňováno pouze 1/2 etapy skládky Suchý důl II. Etapa, jenž navazuje na plynový systém etapy Suchý důl II. Skládkový plyn je sbírán a odváděn k využití. Toto množství se pohybuje v rozmezí okolo 80-100 m<sup>3</sup>/hod což je přibližně max. 876 000 m<sup>3</sup>/rok 2002. Toto je 5 % z celkové produkce skládkového plynu v oblasti kraje. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. č. 52.

Tab. č. 52 Emise z produkováných skládek odpadů na území Zlínského kraje (2002)

Skládka	Produkováno množství bioplynu bioplynu	Vytěžitelné množství bioplynu 65 %	Produkováno množství CH <sub>4</sub>	Emise CH <sub>4</sub> v (CO <sub>2</sub> ) ekvív.	Emise CO <sub>2</sub>	Celková emise CO <sub>2</sub>
Rok 2002	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /rok	m <sup>3</sup> /rok	t/rok	t/rok	t/rok
Březová	69,75	397 165,7	336 063,3	5 060,1	543,6	5 603,7
Bystřice p. H.	200,57	1 142 025,2	966 329,0	13 095,0	1 563,1	14 658,1
Horní Lideč	22,36	127 293,1	107 709,6	1 459,6	174,2	1 633,8
Hrachovec	283,50	1 614 272,1	1 365 922,5	18 510,0	2 209,4	20 791,5
Kvitkovice	841,31	4 790 410,5	4 053 424,2	54 929,2	6 556,6	61 485,8
Prakšičice	237,16	1 350 363,4	1 142 615,2	15 483,9	1 848,2	17 332,2
Radašovy	42,54	242 247,8	204 987,9	2 777,7	331,6	3 109,3
Smolina	57,04	324 765,5	274 801,6	33 577,6	444,5	4 168,4
Kuchyňky	514,28	2 928 328,9	2 477 816,7	33 577,6	4 008,0	37 585,6
Suchý důl II.	351,07	1 999 013,0	1 691 472,5	22 921,7	2 736,0	25 657,7
Celkem	2619,58	14 915 885,1	12 621 133,5	171 538,7	20 415,2	191 954,1
<b>Po odečtu plynu k využití</b>				<b>164 503,7</b>	<b>20 415,2</b>	<b>184 919</b>

### **Potenciál energie bioplynu v sektoru živočišné výroby**

Využití bioplynu ze zemědělské výroby je možné tam, kde je koncentrováno velké množství ustájených hospodářských zvířat, kde potenciál produkováného bioplynu je vyšší než 10 TJ ročně. Jsou to zejména oblasti v okolí: Korytné, Kroměříže, Nivnice, Starého Města, Kunovic, Valašského Meziříčí, Zlechova, Uherského Hradiště a Střížovic. Potenciál energie bioplynu na území Zlínského kraje byl vyhodnocen na základě informací o počtu hospodářských zvířat z údajů ČSÚ po okresech (Agrocensus 2000). Údaje v podrobnějším členění nebyly dostupné. Bioplyn je možno využít jako palivo pro spalování v kotlích, tak i při kombinované výrobě elektřiny a tepla v kogeneračních jednotkách s plynovými motory. Z hlediska technicko-ekonomického je nutno podotknout, že přestože

již byla v ČR realizováno několik bioplynových stanic, zejména vývoj technologie zpracování a získávání bioplynu není ve světě zcela dořešen, a to především po finanční stránce (vysoké náklady na pořízení technologií). V následující Tab. č. 53 je proveden výčet zdrojů a potenciálu energie obsažené v bioplynu v sektoru živočišné výroby ve Zlínském kraji.

Tab. č. 53 Dostupný potenciál produkce bioplynu z exkrementů hospodářských zvířat na území Zlínského kraje

Název NUTS 4 (okres)	GJ/rok
Kroměříž	281 175
Uherské Hradiště	278 640
Vsetín	154 554
Zlín	199 699
CELKEM	914 038

### 7.3. Potenciál biomasy v Žilinském a Trenčianském regionu

#### 7.3.1. Dosavadní zkušenosti s využitím biomasy

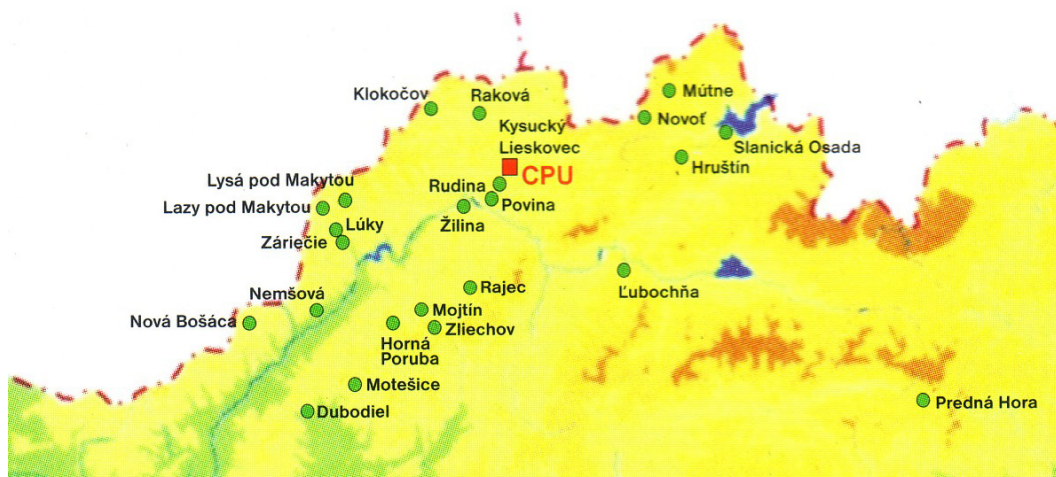
Žilinský a Trenčianský region patří mezi ty oblasti Slovenska, které jsou charakterizovatelné z hlediska využití potenciálu biomasy (hlavně dřevní) jako nadprůměrné.

Z hlediska nastartování a kontinuity zájmu o biomasu má v regionu Žilinského a Trenčianského VÚC významné místo sdružení BIOMASA, které realizuje projekt „Integrovaná logistika pre využívanie energie z biomasy – Redukcia emisií tvoriacich skleníkový efekt cez využívanie biomasy na severozápadnom Slovensku“.

Projekt je zaměřený na využívání obnovitelných zdrojů energie – biomasy (pelet) v objektech členů sdružení BIOMASA (Obr. č. 45) a v dalších objektech, ve kterých se vytápělo nebo se vytápí fosilními palivy. Rekonstrukcí zdrojů tepla se dosahuje nejen redukce emisí, ale také snížení nákladů na vytápění v porovnání s vytápěním zemním plynem nebo elektrickou energií.

Projekt je umístěný především v Žilinském a Trenčianském kraji, dnes má však realizace i v Košickém a Banskobystrickém kraji, připravuje realizace v dalších krajích a pelety dodává na celé území Slovenska, do Česka, Polska, Rakouska, Maďarska, Itálie, Německa a jedná o dodávkách do dalších zemí.

Cílem projektu je redukce emisí obzvláště skleníkových plynů CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, zvýšení využívání místního dřevního odpadu, modernizace starých systémů vytápění a snížení provozních nákladů. Po zrealizování projektu se sníží množství emisí o cca 20 000 tun CO<sub>2</sub> ročně.



Obr. č. 45 Mapa členů sdružení BIOMASA

Strategickým cílem je vytvoření trhu s peletami na Slovensku, posílení místní a celkové ekonomiky Slovenska a snížení závislosti Slovenska na dovozu paliv.

Neodmyslitelnou součástí projektových aktivit je zvýšení informovanosti a celkového povědomí obyvatel, zástupců samospráv a státních institucí v jiných regionech Slovenska a o zpracování biomasy na vysoce hodnotné palivo a o jeho využití v energetice.

Dosud proběhla rekonstrukce 44 kotelen, které původně spalovaly uhlí, koks, kaly, lehký topný olej, zemní plyn, propan-butan nebo vytápěly elektrickou energií ve školách, zdravotnických zařízeních a jiných veřejných budovách, byly postupně rekonstruovány na kotelny spalující dřevní pelety. Sdružení BIOMASA zabezpečuje v těchto nových kotelnách výrobu a rozvod tepla, provoz a servis kotelen.



Obr. č. 46 Celkový pohled na CPU v Kysuckom Lieskovci

Výrobu paliva pro kotelny zabezpečuje Centrálna spracovateľská a riadiaca jednotka na výrobu dřevných peliet z dřevného odpadu (CPU) v Kysuckom Lieskovci (Obr. č. 46), která zabezpečuje:

- sovoz dřevního odpadu ve formě suchých a mokrých pilin,
- technologické zpracování dřevního odpadu na dřevní pelety,
- balení, skladování a prodej pelet,

- rozvoz pelet do kotelen,
- centrální management a řízení kotelen.

Předpokládaná roční produkce pelet, hlavně z pilin a hoblin je 12 000 tun a spotřeba suroviny na výrobu pelet a jejich přípravu je 22 000 tun dřevního odpadu. V roce 2005 bylo vyrobeno 6 000 tun a plný výkon CPU je odhadován na rok 2006.

### 7.3.2. Zásoby dřevní suroviny a těžba dřeva

Struktura uživatelů lesů a jejich výměra v Žilinském a Trenčianském regionu jsou uvedené v Tab. č. 54. Porostové zásoby v Žilinském a Trenčianském kraji jsou uvedené v Tab. č. 55. Těžba jednotlivých druhů dřeva, palivového dřeva a produkce odpadů z lesní biomasy v roce 2005 stejně jako jejich prognóza do roku 2020 v Žilinském a Trenčianském kraji (m<sup>3</sup>) je uvedena v Tab. č. 56, resp. Tab. č. 57.

Tab. č. 54 Struktura využívání lesů v Žilinském a Trenčianském kraji

kraj	okres	Výměra lesov [ha]					
		štátné	súkromné	spoločnosti	cirkevné	mestá a obce	spolu
ŽI	Bytča	3702,51	4842,61	7028,41	12,5	126,1	15712,13
	Čadca	23803,92	18521,24	1071,65	66,19	0	43463
	Dolný Kubín	4259,29	730,96	11020,55	44,13	0	16054,93
	Kysucké Nové Mesto	3517,47	3516,9	2150,08	0	15,55	9200
	Liptovský Mikuláš	14270,24	1231,31	18353,15	158,94	0	34013,64
	Martín	6119,56	3147,21	12138,85	1218,58	82,23	22706,43
	Námestovo	18272,09	4273,37	7098,56	29,86	0	29673,88
	Ružomberok	13429,1	149,46	6089,16	9,41	3739,43	23416,56
	Turčianske Teplice	5018,89	1369,71	2557,3	66,67	6568,78	15581,35
	Tvrdošín	3767,71	1450,55	6863,42	0	0	12081,68
Žilina	14115,87	4561,32	11517,01	48,26	401,77	30644,23	
TN	Bánovce nad Bebravou	11612,82	812,8	5545,44	64,04	128,28	18163,38
	Ilava	8836,98	1846,47	4162,48	27,87	0	14873,8
	Myjava	5108,54	91,39	427,65	0	3193,29	8820,87
	Nové Mesto nad Váhom	9329,08	1004,44	3847,65	43,06	1848,86	16073,09
	Partizánske	9526,98	108,9	1726,81	20,39	0	11383,08
	Považská Bystrica	10218,81	689,19	8925,65	102,15	2339,57	22275,37
	Prievidza	29151,99	2990,45	7147,07	2134,11	178,91	41602,53
	Púchov	11130,14	3515,6	3187,88	246,03	205,28	18284,93
	Trenčín	15796,71	2935,6	6745	367,34	955,89	26800,54
SR	Spolu	*947338,1	104627,4	350555,42	42004,98	138607,96	1583133,92

\* bez výměry lesů v působnosti Ministerstva obrany SR

Zdroj: Národné lesnícke centrum, 2005

Tab. č. 55 Přehled zásob a plánované roční těžby v Žilinském a Trenčianském kraji mimo kategorie lesů ochranných a v 5. stupni ochrany přírody (m<sup>3</sup> hrubiny b. k.)

kraj	okres	Zásoba			Těžby		
		Ihličnaté	Listnaté	Spolu	Ihličnaté	Listnaté	Spolu
ŽI	Bytča	4057474	692652	4750126	89427,6	13432,8	102860,4
	Čadca	12883370	463502	13346872	223146,4	7278,7	230425,1
	Dolný Kubín	3622729	602375	4225104	45519,4	7954	53473,4
	Kysucké Nové Mesto	2419448	294464	2713912	41556,4	5212,7	46769,1
	Liptovský Mikuláš	9955667	310591	10266258	169382,6	6684,1	176066,7
	Martin	3940209	1790365	5730574	68422,4	33956,4	102378,8
	Námestovo	8035740	147117	8182857	140658,3	2112,6	142770,9
	Ružomberok	4993959	1015496	6009455	73815,9	15512,1	89328
	Turčianske Teplice	3976790	809882	4786672	67335,4	17023,4	84358,8
	Tvrdošín	3368648	70221	3438869	52429,2	1002,8	53432
	Žilina	6202407	1603132	7805539	100026,9	23511,5	123538,4
TN	Bánovce nad Bebravou	802034	3496749	4298783	11250,8	60962,7	72213,4
	Ilava	1551081	2393282	3944363	33275,2	43383,9	76659,1
	Myjava	754362	1676540	2430902	8417,7	23027,3	31445
	Nové Mesto nad Váhom	834381	3165619	4000000	18813,9	56618,7	75432,6
	Partizánske	359280	2310512	2669792	6797,8	29354,7	36152,5
	Považská Bystrica	3922823	1622259	5545082	89196,8	31628,3	120825,1
	Prievidza	2962242	6058062	9020304	42810,9	93698,6	136509,5
	Púchov	3023714	1985700	5009414	67359,2	36503,3	103862,5
	Trenčín	1575476	5928148	7503624	32948,9	98977,9	131926,8
SR	Spolu	160683717	191560573	352244290	2855564	3526590	6382154

Zdroj: Národní lesnické centrum, 2005

Tab. č. 56 Těžba jednotlivých druhů dřeva, palivového dřeva a produkce odpadů z lesní biomasy v roce 2005 a prognóza do roku 2020

 v Žilinském kraji (m<sup>3</sup>)

Kraj	Okres	Roky	Ihličnaté				Listnaté				Spolu			
			prognózy třažieb	podiel		spolu biomasa	prognózy třažieb	podiel		spolu biomasa	prognózy třažieb	podiel		spolu biomasa
				palivové drevo	odpad			palivové drevo	odpad			palivové drevo	odpad	
ŽI	BYTČA	2005	104705	4188,2	15810,5	<b>19998,7</b>	12168	608,4	2750	<b>3358,4</b>	116873	4796,6	18560,4	<b>23357</b>
		2020	89617	3584,7	13532,2	<b>17116,8</b>	12341	617,1	2789,1	<b>3406,1</b>	101958	4201,7	16321,2	<b>20523</b>
	ČADCA	2005	226765	9070,6	34241,5	<b>43312,1</b>	6533	326,7	1476,5	<b>1803,1</b>	233298	9397,3	35718	<b>45115,2</b>
		2020	285870	11434,8	43166,4	<b>54601,2</b>	7995	399,8	1806,9	<b>2206,6</b>	293865	11834,6	44973,2	<b>56807,8</b>
	DOLNÝ KUBÍN	2005	60241	2409,6	9096,4	<b>11506</b>	8218	410,9	1857,3	<b>2268,2</b>	68459	2820,5	10953,7	<b>13774,2</b>
		2020	79564	3182,6	12014,2	<b>15196,7</b>	11488	574,4	2596,3	<b>3170,7</b>	91052	3757	14610,5	<b>18367,4</b>
	KYSUCKÉ NOVÉ MESTO	2005	49419	1976,8	7462,3	<b>9439</b>	5029	251,5	1136,6	<b>1388</b>	54448	2228,2	8598,8	<b>10827</b>
		2020	51664	2066,6	7801,3	<b>9867,8</b>	5279	264	1193,1	<b>1457</b>	56943	2330,5	8994,3	<b>11324,8</b>
	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ	2005	189185	7567,4	28566,9	<b>36134,3</b>	5329	266,5	1204,4	<b>1470,8</b>	194514	7833,9	29771,3	<b>37605,1</b>
		2020	194980	7799,2	29442	<b>37241,2</b>	6409	320,5	1448,4	<b>1768,9</b>	201389	8119,7	30890,4	<b>39010,1</b>
	MARTIN	2005	87936	3517,4	13278,3	<b>16795,8</b>	31314	1565,7	7077	<b>8642,7</b>	119250	5083,1	20355,3	<b>25438,4</b>
		2020	90221	3608,8	13623,4	<b>17232,2</b>	32245	1612,3	7287,4	<b>8899,6</b>	122466	5221,1	20910,7	<b>26131,8</b>
	NÁMESTOVO	2005	161811	6472,4	24433,5	<b>30905,9</b>	1917	95,9	433,2	<b>529,1</b>	163728	6568,3	24866,7	<b>31435</b>
		2020	178501	7140	26953,7	<b>34093,7</b>	2760	138	623,8	<b>761,8</b>	181261	7278	27577,4	<b>34855,5</b>
	RUŽOMBEROK	2005	100388	4015,5	15158,6	<b>19174,1</b>	15224	761,2	3440,6	<b>4201,8</b>	115612	4776,7	18599,2	<b>23375,9</b>
		2020	109933	4397,3	16599,9	<b>20997,2</b>	19439	972	4393,2	<b>5365,2</b>	129372	5369,3	20993,1	<b>26362,4</b>
	TURČIANSKE TEPLICE	2005	88455	3538,2	13356,7	<b>16894,9</b>	16194	809,7	3659,8	<b>4469,5</b>	104649	4347,9	17016,5	<b>21364,4</b>
		2020	82851	3314	12510,5	<b>15824,5</b>	15260	763	3448,8	<b>4211,8</b>	98111	4077	15959,3	<b>20036,3</b>
	TVRDOŠÍN	2005	66296	2651,8	10010,7	<b>12662,5</b>	920	46	207,9	<b>253,9</b>	67216	2697,8	10218,6	<b>12916,5</b>
		2020	66897	2675,9	10101,4	<b>12777,3</b>	1422	71,1	321,4	<b>392,5</b>	68319	2747	10422,8	<b>13169,8</b>
ŽILINA	2005	125490	5019,6	18949	<b>23968,6</b>	23855	1192,8	5391,2	<b>6584</b>	149345	6212,4	24340,2	<b>30552,6</b>	
	2020	140633	5625,3	21235,6	<b>26860,9</b>	31455	1572,8	7108,8	<b>8681,6</b>	172088	7198,1	28344,4	<b>35542,5</b>	
SR		2005	3369326	134773	508768	<b>643541</b>	3156638	157832	713400	<b>871232</b>	6525964	292605	1222168	<b>1514773</b>
		2020	3503160	140126	528977	<b>669104</b>	3295894	164795	744872	<b>909667</b>	6799054	304921	1273849	<b>1578770</b>

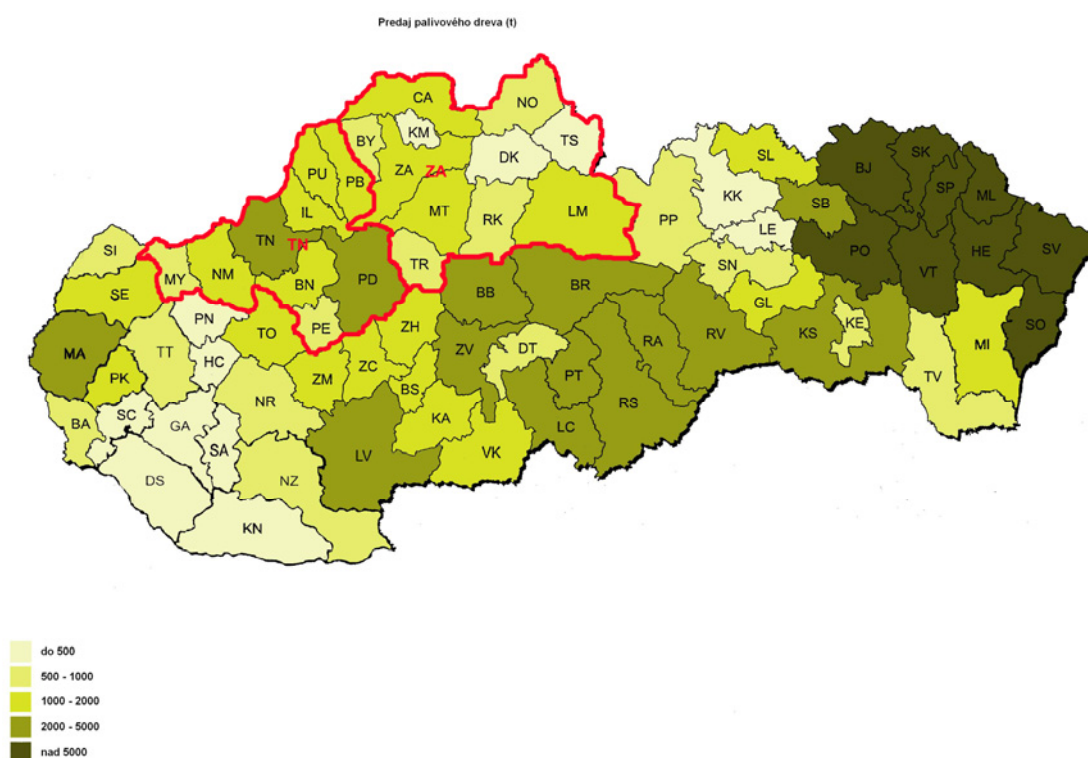
Tab. č. 57 Těžba jednotlivých druhů dřeva, palivového dřeva a produkce odpadů z lesní biomasy v roce 2005 a jejich prognóza do roku 2020  
 v Trenčianském kraji (m<sup>3</sup>)

Kraj	Okres	Roky	Ihličnaté				Listnaté				Spolu			
			prognózy ťažieb	podiel		spolu biomasa	prognózy ťažieb	podiel		spolu biomasa	prognózy ťažieb	podiel		spolu biomasa
				palivové drevo	odpad			palivové drevo	odpad			palivové drevo	odpad	
TN	BÁNOVCE NAD BEBRAVOU	2005	12981	519,2	1960,1	<b>2479,4</b>	54300	2715	12271,8	<b>14986,8</b>	67281	3234,2	14231,9	<b>17466,2</b>
		2020	13797	551,9	2083,3	<b>2635,2</b>	46340	2317	10472,8	<b>12789,8</b>	60137	2868,9	12556,2	<b>15425,1</b>
	ILAVA	2005	36730	1469,2	5546,2	<b>7015,4</b>	38407	1920,4	8680	<b>10600,3</b>	75137	3389,6	14226,2	<b>17615,8</b>
		2020	32896	1315,8	4967,3	<b>6283,1</b>	38376	1918,8	8673	<b>10591,8</b>	71272	3234,6	13640,3	<b>16874,9</b>
	MYJAVA	2005	11360	454,4	1715,4	<b>2169,8</b>	21319	1066	4818,1	<b>5884</b>	32679	1520,4	6533,5	<b>8053,8</b>
		2020	15761	630,4	2379,9	<b>3010,4</b>	28696	1434,8	6485,3	<b>7920,1</b>	44457	2065,2	8865,2	<b>10930,4</b>
	NOVÉ MESTO NAD VÁHOM	2005	21954	878,2	3315,1	<b>4193,2</b>	54047	2702,4	12214,6	<b>14917</b>	76001	3580,5	15529,7	<b>19110,2</b>
		2020	16966	678,6	2561,9	<b>3240,5</b>	45143	2257,2	10202,3	<b>12459,5</b>	62109	2935,8	12764,2	<b>15700</b>
	PARTIZÁNSKE	2005	7163	286,5	1081,6	<b>1368,1</b>	22184	1109,2	5013,6	<b>6122,8</b>	29347	1395,7	6095,2	<b>7490,9</b>
		2020	7566	302,6	1142,5	<b>1445,1</b>	32684	1634,2	7386,6	<b>9020,8</b>	40250	1936,8	8529,1	<b>10465,9</b>
	POVAŽSKÁ BYSTRICA	2005	101322	4052,9	15299,6	<b>19352,5</b>	29116	1455,8	6580,2	<b>8036</b>	130438	5508,7	21879,8	<b>27388,5</b>
		2020	86496	3459,8	13060,9	<b>16520,7</b>	29233	1461,7	6606,7	<b>8068,3</b>	115729	4921,5	19667,6	<b>24589</b>
	PRIEVIDZA	2005	57284	2291,4	8649,9	<b>10941,2</b>	78188	3909,4	17670,5	<b>21579,9</b>	135472	6200,8	26320,4	<b>32521,1</b>
		2020	69788	2791,5	10538	<b>13329,5</b>	100523	5026,2	22718,2	<b>27744,3</b>	170311	7817,7	33256,2	<b>41073,9</b>
	PÚCHOV	2005	69741	2789,6	10530,9	<b>13320,5</b>	28860	1443	6522,4	<b>7965,4</b>	98601	4232,6	17053,3	<b>21285,9</b>
		2020	65191	2607,6	9843,8	<b>12451,5</b>	31766	1588,3	7179,1	<b>8767,4</b>	96957	4195,9	17023	<b>21218,9</b>
	TRENČÍN	2005	38974	1559	5885,1	<b>7444</b>	94393	4719,7	21332,8	<b>26052,5</b>	133367	6278,6	27217,9	<b>33496,5</b>
		2020	30692	1227,7	4634,5	<b>5862,2</b>	86819	4341	19621,1	<b>23962</b>	117511	5568,6	24255,6	<b>29824,2</b>
SR		2005	3369326	134773	508768	<b>643541</b>	3156638	157832	713400	<b>871232</b>	6525964	292605	1222168	<b>1514773</b>
		2020	3503160	140126	528977	<b>669104</b>	3295894	164795	744872	<b>909667</b>	6799054	304921	1273849	<b>1578770</b>

### 7.3.3. Palivové dřevo

Roční objem prodeje palivového dřeva podle okresů SR byl zpracovaný na základě údajů Národního lesnického centra Zvolen (plánované dodávky za roky 2003-2005). Údaje byly přepočítány na tuny. Přepočtové koeficienty: 1 m<sup>3</sup> jehličnatého dřeva = 0,57 t, 1 m<sup>3</sup> listnatého dřeva = 0,861 t. Roční plánovaný prodej palivového dřeva podle okresů v Žilinském a Trenčínském kraji je uvedený v Tab. č. 58 a za celou SR znázorněný na Obr. č. 47.

Celkový objem prodeje palivového dřeva byl plánovaný v objemu 162 tis. tun. Z regionálního aspektu se nejvíce palivového dřeva prodává na severovýchodě SR. Jde o regiony s nízkým přírůstkem HDP, nízkou průměrnou mzdou a poměrně vysokou nezaměstnaností. Druhou oblastí je region střed SR a jižní okresy středního Slovenska. Tyto okresy jsou charakteristické poměrně vysokými zásobami dřeva a z ekonomického hlediska jde podobně jako severovýchod SR o ekonomicky méně rozvinuté regiony. Roční prodej palivového dřeva převyšující 5 000 t je v okresech: BJ, HE, ML, PO, SK, SO, SP, SV, VT. Nejnižší roční prodej palivového dřeva nedosahující 500 t je v okresech: GA, DK, HC, LE, KM, KN, KK, PN, SA, SC, TS.



**Obr. č. 47** Roční prodej palivového dřeva (t) podle okresů Slovenska

BA – Bratislava	KK – Kežmarok	PD – Prievidza	SL – Stará Ľubovňa
BB – Banská Bystrica	KM – Kysucké Nové Mesto	PE – Partizánske	SN – Spišská Nová Ves
BJ – Bardejov	KN – Komárno	PK – Pezinok	SO – Sobrance
BN – Bánovce nad Bebravou	KS – Košice – okolí	PN – Piešťany	SP – Stropkov
BR – Brezno	LC – Lučenec	PO – Prešov	SV – Snina

BS – Banská Štiavnica	LE – Levoča	PP – Poprad	TN – Trenčín
BY – Bytča	LM – Liptovský Mikuláš	PT – Poltár	TO – Topoľčany
CA – Čadca	LV – Levice	PU – Púchov	TR – Turčianske Teplice
DK – Dolný Kubín	MA – Malacky	RA – Revúca	TS – Tvrdošín
DS – Dunajská Streda	MI – Michalovce	RK – Ružomberok	TT – Trnava
DT – Detva	ML – Medzilaborce	RS – Rimavská Sobota	TV – Trebišov
GA – Galanta	MT – Martin	RV – Rožňava	VK – Veľký Krtíš
GL – Gelnica	MY – Myjava	SA – Šaľa	VT – Vranov nad Topľou
HC – Hlohovec	NM – Nové mesto nad Váhom	SB – Sabinov	ZA – Žilina
HE – Humenné	NO – Námestovo	SC – Senec	ZC – Žarnovica
IL – Ilava	NR – Nitra	SE – Senica	ZH – Žiar nad Hronom
KA – Krupina	NZ – Nové zámky	SI – Skalica	ZM – Zlaté Moravce
KE – Košice	PB – Považská Bystrica	SK – Svidník	ZV – Zvolen

Tab. č. 58 Roční plánovaný prodej palivového dřeva podle okresů v Žilinském a Trenčianském kraji

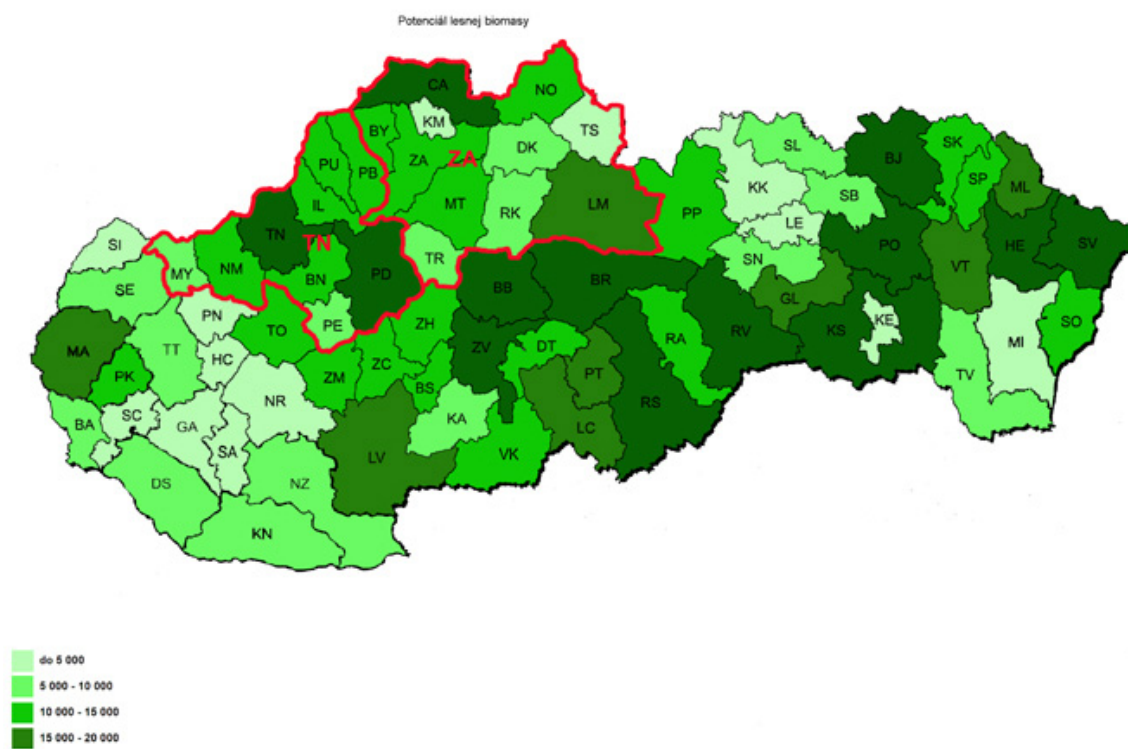
Kraj	Okres	(m <sup>3</sup> ) bez kôry			(t) s kôrou		
		ihličnaté	listnaté	spolu	ihličnaté	listnaté	spolu
ŽI	Bytča	850	280	1 130	533	265	798
	Čadca	1 618	143	1 761	1 014	135	1 150
	Dolný Kubín	318	191	509	199	181	380
	Kysucké Nové Mesto	342	111	453	214	105	320
	Liptovský Mikuláš	1 382	147	1 529	867	139	1 006
	Martin	558	783	1 341	350	742	1 091
	Námestovo	1 002	53	1 055	628	50	678
	Ružomberok	588	391	979	369	370	739
	Turčianske Teplice	646	331	977	405	313	719
	Tvrdošín	391	25	416	245	24	269
Žilina	954	518	1 472	598	491	1 089	
TN	Bánovce nad Bebravou	236	1 404	1 640	148	1 330	1 478
	Ilava	490	833	1 323	307	789	1 096
	Myjava	100	465	565	63	440	503
	Nové Mesto nad Váhom	152	1 081	1 233	95	1 024	1 119
	Partizánske	144	705	849	90	668	758
	Považská Bystrica	1 145	751	1 896	718	711	1 429
	Prievidza	768	2 049	2 817	482	1 941	2 422
	Púchov	759	702	1 461	476	665	1 141
	Trenčín	376	1 951	2 327	236	1 848	2 084
SR		24533	155080	179613	15384	146876	162259

### 7.3.4. Lesní biomasa

Lesní biomasa je kvantifikovaná na základě údajů o výšce těžby v jednotlivých okresech SR (zdroj: Národní lesnické centrum Zvolen). Průměrná výška odpadu při těžbě jehličnatého dřeva představuje 15 %, listnatého dřeva 22 %. Na základě těchto koeficientů jsme přepočítali využitelný potenciál lesní biomasy v tunách pro jednotlivé okresy.

Z regionálního hlediska nejvyšší potenciál je v okresech středního a východního Slovenska charakteristické vysokou lesnatostí a výškou těžeb dřeva. Roční potenciál lesní biomasy převyšující 20 000 t je v okresech: BB, BJ, BR, CA, HE, KS, PD, PO, RS, SV, TN, ZV. Nejnižší roční potenciál lesní biomasy nedosahující 5 000 t je v okresech: GA,

HC, KM, KK, LE, MI, NR, SA, SC, TS. Celkový prehľad o využiteľnom potenciálu lesní biomasy v Žilinském a Trenčianském kraji podle okresů je na Obr. č. 48 a Tab. č. 59.



Obr. č. 48 Ročně využitelný potenciál lesní biomasy (t) podle okresů SR

Tab. č. 59 Přehled potenciálu lesní biomasy v Žilinském a Trenčianském kraji (m<sup>3</sup>)

Kraj	Okres	Zásoba (m <sup>3</sup> )			Ťažby (m <sup>3</sup> )			Odpad + tenčina (t)		
		Ihličnatá	Listnatá	Spolu	Ihličnaté	Listnaté	Spolu	Ihličnaté	Listnaté	Spolu
ŽI	Bytča	4057474	692652	4750126	89428	13433	102860	7646	2544	10191
	Čadca	12883370	463502	13346872	223146	7279	230425	19079	1379	20458
	Dolný Kubín	3622729	602375	4225104	45519	7954	53473	3892	1507	5399
	Kysucké Nové Mesto	2419448	294464	2713912	41556	5213	46769	3553	987	4540
	Liptovský Mikuláš	9955667	310591	10266258	169383	6684	176067	14482	1266	15748
	Martin	3940209	1790365	5730574	68422	33956	102379	5850	6432	12282
	Námestovo	8035740	147117	8182857	140658	2113	142771	12026	400	12426
	Ružomberok	4993959	1015496	6009455	73816	15512	89328	6311	2938	9250
	Turčianske Teplice	3976790	809882	4786672	67335	17023	84359	5757	3225	8982
	Tvrdošín	3368648	70221	3438869	52429	1003	53432	4483	190	4673
Žilina	6202407	1603132	7805539	100027	23512	123538	8552	4454	13006	
TN	Bánovce nad Bebravou	802034	3496749	4298783	11251	60963	72213	962	11548	12509
	Ilava	1551081	2393282	3944363	33275	43384	76659	2845	8218	11063
	Myjava	754362	1676540	2430902	8418	23027	31445	720	4362	5082
	Nové Mesto nad Váhom	834381	3165619	4000000	18814	56619	75433	1609	10725	12333
	Partizánske	359280	2310512	2669792	6798	29355	36153	581	5560	6142
	Považská Bystrica	3922823	1622259	5545082	89197	31628	120825	7626	5991	13617
	Prievidza	2962242	6058062	9020304	42811	93699	136510	3660	17748	21409
	Púchov	3023714	1985700	5009414	67359	36503	103863	5759	6914	12674
Trenčín	1575476	5928148	7503624	32949	98978	131927	2817	18748	21566	
SR	SPOLU	1,61E+08	1,92E+08	3,52E+08	2855564	3526590	6382154	244151	668007	912157

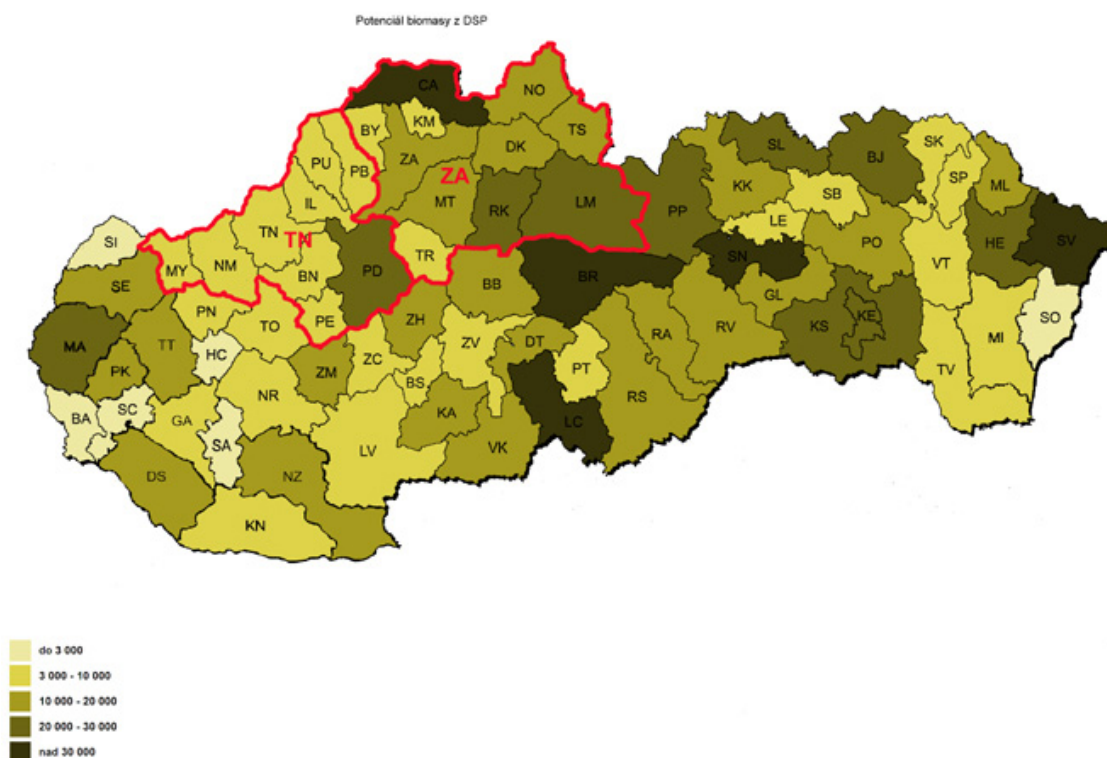
K potenciálu odpadní biomasy po těžbě se přidává biomasa z prořezávek a probírek v mladých lesních porostech.

### 7.3.5. Potenciál biomasy z dřevozpracujícího průmyslu

Zdrojem potenciálu biomasy k energetickému využití jsou taktéž odpady z dřevozpracujícího průmyslu (DSP). Předmětem kvantifikace potenciálu biomasy z DSP jsou menší provozy – pily, u kterých se nepředpokládá vlastní spotřeba. V současnosti zpracovává v SR kulatinové dřevo více jak 500 takých provozů.

Výtěžnost při pořezu na pilách dosahuje 60-62 %. Odpad (38-40 %) je tvořený odřezky – 65 % a pilinami – 35 %. Roční potenciál biomasy (t) na energetické účely z menších provozů DSP podle okresů v SR je znázorněný na Obr. č. 49 a pro okresy Žilinského a Trenčianského kraje v Tab. č. 60.

Roční potenciál biomasy DSP převyšující 30 000 t je v okresech: BR, CA, LC, SN, SV. Nejnižší roční potenciál biomasy DSP nedosahující 3 000 t je v okresech: BA, HC, SA, SC, SI, SO.



Obr. č. 49 Ročně využitelný potenciál biomasy (t) z DSP podle okresů SR

Tab. č. 60 Roční potenciál biomasy z DSP v Žilinském a Trenčianském kraji

Kraj	Okres	Biomasa (t)		
		Kusové odpady	Piliny	Spolu
ŽI	Bytča	4630	2410	7040
	Čadca	26130	9470	35600
	Dolný Kubín	16380	3110	19490
	Kysucké Nové Mesto	2380	1210	3590
	Liptovský Mikuláš	15810	8830	24640
	Martin	10130	8550	18680
	Námestovo	11820	5920	17740
	Ružomberok	13460	6940	20400
	Turčianske Teplice	3720	2440	6160
	Tvrdošín	8360	4300	12660
	Žilina	8690	3780	12470
TN	Bánovce nad Bebravou	4990	2720	7710
	Ilava	4790	2980	7770
	Myjava	2650	1190	3840
	Nové Mesto nad Váhom	4350	1910	6260
	Partizánske	3580	1780	5360
	Považská Bystrica	7470	2430	9900
	Prievidza	13410	7640	21050
	Púchov	3480	2010	5490
	Trenčín	3130	1600	4730
SR		648820	302070	950890

## 8. Politika ve vztahu k biomase

Chování podnikatelských objektů je limitováno a usměrňováno právními a technickými normami (zákony, vládními nařízeními, vyhláškami, ČSN, od 1. 5. 2004 též právními a technickými normami EU, se kterými je průběžně harmonizována naše právní soustava). Kontrolní funkci vykonávají složky správních a samosprávních orgánů.

Základní právní a technické normy mají za cíl vytvořit rámec pro chování podnikatelských subjektů a spotřebitelů, stanovit technické požadavky na zařízení a výrobky, implementovat právní systém EU do našeho právního systému a stanovit funkce, pravomoci a podmínky činnosti správních a samosprávních orgánů tak, aby byla zabezpečena ochrana životního prostředí, zdraví lidí a rovné podmínky pro hospodářskou soutěž včetně ochrany spotřebitelů.

### 8.1. Hierarchie právních a technických norem

1. Právní a technické normy EU.
2. Základní zákony ČR.
3. Nařízení vlády ČR, prováděcí vyhlášky k základním zákonům.
4. Složkové zákony a související právní normy.
5. Vyhlášky a předpisy samosprávních orgánů.
6. České technické normy (ČSN) a předpisy.
7. Podnikové normy, předpisy a smluvní ujednání.

Energetické využití biomasy je po právní stránce řízeno základními právními normami a koncepčními materiály z oboru:

- požadavků na výroby,
- odpadů,
- energetiky,
- podnikání, ochrany životního prostředí a zemědělství.

Obecně jsou požadavky na výrobky stanoveny zákonem č. 22/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů a příslušnými nařízeními vlády ČR. Ochranu spotřebitelů zajišťuje zákon č. 634/1992 Sb. ve znění pozdějších předpisů (poslední změna je obsažena ve znění zákona č. 439/2003 Sb.).

V případě, že vedlejším produktem při energetickém využití biomasy je hnojivářský substrát, musí být respektován režim zákona o hnojivech č. 156/1998 Sb. ve znění zákona č. 308/2002 Sb. Další novela této právní normy je v současné době v legislativním schvalovacím řízení.

Ustanovení zákona o hnojivech jsou upřesněna vyhláškami MZe ČR:

- č. 401/2004 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, kterou se mění vyhl. č. 474/2000 Sb.,
- č. 475/2000 Sb., kterou se mění vyhl. MZe č. 273/1998 Sb., o odběrech a chemických odběrech vzorků hnojiv,
- č. 399/2004 Sb., kterou se mění vyhl. MZe č. 274/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv ve znění vyhl. MZe č. 476/2000 Sb. a č. 473/2002 Sb.,
- č. 400/2004 Sb., kterou se mění vyhl. MZe č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků, ve znění vyhl. č. 477/2000 Sb.

## 8.2. Realizační program pro biologicky rozložitelné odpady (BRO)

Plán odpadového hospodářství ČR počítá s postupným omezováním skládkování organických odpadů tak, že bude snižováno množství organických odpadů ukládaných na skládky po roce 2013 na 75 %, po roce 2016 na 50 % a po roce 2020 na 35 % stavu v referenčním roce 1995. Vzdálenějším cílem států EU je zcela odstranit skládkování organických a dalších recyklovatelných odpadů. Z hlediska ustanovení zákona o odpadech č. 185/2001 Sb. však má být upřednostňováno materiálové využití odpadů před energetickým, pokud to ekonomické podmínky umožní. Má-li využívaná biomasa charakter odpadu ve smyslu zákona o odpadech č. 185/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů (poslední změna byla provedena ustanovením zákona č. 188/2004 Sb.), tzn. že jí lze přiřadit kód podle platného Katalogu odpadů (vyhl. MŽP č. 381/2001 Sb.), je nutné dodržet ustanovení zákona a souvisejících předpisů o odpadech.

To neplatí pro nakládání s odpadními vodami, které je regulováno zákonem o vodách č. 254/2001 Sb. ve znění zákona č. 20/2004 Sb. Ustanovení zákona o odpadech jsou upřesněna vyhláškami MŽP, MZ a nařízením vlády:

- vyhl. č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů,
- vyhl. č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, ...,
- vyhl. č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě,
- vyhl. č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady,
- vyhl. č. 384/2001 Sb., o nakládání s PCB,
- nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství v ČR.

Pokud výchozí biomasa má charakter vedlejšího produktu živočišného původu, který nevstupuje do potravního řetězce, je nakládání s ní regulováno ustanoveními nařízení EP a Rady ES č. 1774/2002. Nařízení dělí uvedené materiály živočišného původu do tří kategorií a stanovuje požadavky mimo jiné i na bioplynové stanice a podmínky, za kterých je možné uvedené materiály v nich zpracovávat s jímáním bioplynu pro další energetické využití (pozn.: pro nakládání s kuchyňským odpadem, na který se uvedené nařízení nevztahuje, bude do konce roku 2004 vydána orgány EU zvláštní směrnice).

Při uplatňování ustanovení zákona o odpadech na straně jedné a veterinárního zákona na straně druhé dochází občas ke sporům o to, který orgán je oprávněn povolit provoz zařízení zpracovávajícího vedlejší produkty živočišného původu a zároveň i odpady ve smyslu zákona č. 185/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů. K provozování takového zařízení je logicky třeba získat souhlas místně příslušných útvarů jak Státní veterinární správy, tak i krajského úřadu, které mohou v rozsahu svých kompetencí nařídít zastavení provozu zařízení, shledají-li k tomu právně podloženou příčinu.

### **8.3. Složkové zákony a související normy mající významný vztah k využití biomasy k energetickým účelům jako podnikatelské činnosti**

- 1. Živnostenský zákon č. 455/1991 Sb. v úplném znění uvedeném pod č. 374/2004 Sb.** Zákon definuje živnost jako soustavnou činnost provozovanou samostatně, vlastním jménem, na vlastní odpovědnost za účelem dosažení zisku a za podmínek stanovených uvedeným zákonem. Podle § 3 odst. 3d živností není výroba elektřiny, výroba plynu, přenos elektřiny, přeprava plynu, distribuce elektřiny, distribuce plynu, uskladňování plynu, výroba tepelné energie a rozvod tepelné energie, které podléhají licenci podle zvláštního právního předpisu, kterým je zákon č. 458/2000 Sb. (tzv. energetický zákon). Živností rovněž není zemědělství, včetně prodeje nezpracovaných zemědělských výrobků za účelem zpracování nebo dalšího prodeje (s výjimkou odborných činností na úseku rostlinolékařské péče), jakož i prodej nezpracovaných rostlinných a živočišných výrobků z vlastní drobné pěstivelské a chovatelské činnosti fyzickými osobami. Živnostenské oprávnění je třeba získat v případě nakládání s odpady, a to na provozování živnosti volné v případě, že jde o kategorii odpadů ostatních, a na provozování živnosti vázané, jestliže se jedná o kategorii odpadů nebezpečných. Koncesované živnostenské oprávnění je třeba v případě výroby tepelné energie a rozvodu tepelné energie nepodléhající licenci (§ 7 písm. a) až c) vyhlášky Energetického regulačního úřadu č. 154/2001 Sb., kterou se stanovují podrobnosti udělování licencí pro podnikání v energetických odvětvích), pokud se jedná o zdroje tepelné energie s instalovaným výkonem jednoho zdroje nad 50 kW. Oprávnění k provozování živnosti vázané je třeba v případě výroby a zpracování paliv a maziv, nákupu, prodeje a skladování paliv a maziv včetně jejich dovozu, s výjimkou provozování čerpacích stanic a výhradního nákupu, prodeje a skladování paliv a maziv ve spotřebitelském balení do 50 kg na jeden kus. Stejně oprávnění je třeba získat při nákupu, prodeji a skladování zkapalněných uhlovodíkových plynů v tlakových nádobách (vyhl. č. 18/1979 Sb. ve znění pozdějších předpisů). Požadavky pro udělení oprávnění se liší podle velikosti skladovací kapacity nebo náplně tlakové nádoby.
- 2. Stavební zákon č. 50/1976 Sb. ve znění pozdějších předpisů.** Ustanovení tohoto zákona podléhají všechny stavby trvalého i dočasného charakteru. Poslední změna stavebního zákona je provedena zákonem č. 422/2002 Sb.

### **3. Zákon o posuzování vlivů na životní prostředí č. 100/2001 Sb.**

Posouzení vlivů na životní prostředí podléhají mimo jiné tyto záměry:

- chov hospodářských zvířat s kapacitou od 180 dobytčích jednotek,
- zařízení ke spalování paliv s tepelným výkonem od 200 MW,
- zařízení pro nakládání s nebezpečnými odpady,
- zařízení pro nakládání s ostatními odpady s kapacitou nad 30 000 t za rok.

### **4. Složkové zákony týkající se ochrany životního prostředí:**

- zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí,
- zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny,
- zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší,
- vyhl. MŽP č. 356/2002 Sb., kterou se stanovuje seznam znečišťujících látek, obecné emisní limity,
- nařízení vlády č. 353/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity,
- zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci (IPPC), ve znění zákona č. 521/2002 Sb.,
- nařízení vlády č. 368/2003 Sb., o integrovaném registru znečištění,
- vyhl. MŽP č. 554/2002 Sb., kterou se stanovuje vzor žádosti o vydání integrovaného povolení, rozsah a způsob jejího vyplnění,
- zákon č. 254/2001 Sb., o vodách ve znění zákona č. 20/2004 Sb.,
- nařízení vlády č. 103/2003 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv (tzv. Nitrátová směrnice).

### **5. Zemědělství a ochrana zemědělského půdního fondu**

- zákon č. 34/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů,
- vyhl. č. 191/2002 Sb., o technických požadavcích na stavby pro zemědělství.

### **6. Energetická legislativa**

- zákon č. 177/2006, kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů, 177/2006 Sb..
- zákon č. 180/2005 o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů), 180/2005 Sb.
- zákon č. 694/2004, kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, 694/2004 Sb.
- zákon č. 670/2004, kterým se mění zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění pozdějších předpisů, 670/2004 Sb.

- zákon č. 359/2003, kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, 359/2003 Sb.
- zákon č. 278/2003, kterým se mění zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění pozdějších předpisů, 278/2003 Sb.
- zákon č. 310/2002, kterým se mění zákon č. 148/1998 Sb., o ochraně utajovaných skutečností a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využití jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 38/1994 Sb., o zahraničním obchodu s vojenským materiálem a o doplnění zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 140/1961 Sb., trestní zákon, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 283/1993 Sb., o státním zastupitelství, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 42/1992 Sb., o úpravě majetkových vztahů a vypořádání majetkových nároků v družstvech, ve znění pozdějších předpisů, 310/2002 Sb.
- zákon č. 262/2002, kterým se mění zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), 262/2002 Sb.
- zákon č. 151/2002, kterým se mění některé zákony v souvislosti s přijetím soudního řádu správního, 151/2002 Sb.
- zákon č. 13/2002, kterým se mění zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění zákona č. 119/2000 Sb., zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 2/1969 Sb., o zřízení ministerstev a jiných ústředních orgánů státní správy České republiky, ve znění pozdějších předpisů, 13/2002 Sb.
- zákon č. 458/2000 o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění zákona č. 151/2002 Sb., zákona č. 262/2002 Sb., zákona č. 278/2003 Sb., zákona č. 309/2002 Sb., zákona č. 356/2003 Sb. a zákona č. 670/2004 Sb., 458/2000 Sb.
- zákon č. 406/2000 o hospodaření energií, ve znění zákona č. 359/2003 Sb., zákona č. 694/2004 Sb., zákona č. 180/2005 Sb. a zákona č. 177/2006 Sb., 406/2000 Sb.

- zákon č. 18/1997 o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění zákona č. 83/1998 Sb., zákona č. 71/2000 Sb., zákona č. 132/2000 Sb., zákona č. 13/2002 Sb., zákona č. 310/2002 Sb., zákona č. 320/2002 Sb., zákona č. 279/2003 Sb., zákona č. 186/2004 Sb., zákona č. 1/2005 Sb., zákona č. 253/2005 Sb., zákona č. 413/2005 Sb., 18/1997 Sb.
- vyhl. č. 502/2005 o stanovení způsobu vykazování množství elektřiny při společném spalování biomasy a neobnovitelného zdroje, 502/2005 Sb.
- vyhl. č. 482/2005 o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy, 482/2005 Sb.
- vyhl. č. 475/2005, kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů, 475/2005 Sb.
- vyhl. č. 442/2004, kterou se stanoví podrobnosti označování energetických spotřebičů energetickými štítky a zpracování technické dokumentace, jakož i minimální účinnost užití energie pro elektrické spotřebiče uváděné na trh, 442/2004 Sb.
- vyhl. č. 425/2004, kterou se mění vyhláška č. 213/2001 Sb., kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetického auditu, 425/2004 Sb.
- vyhl. č. 213/2001, kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetického auditu, ve znění vyhlášky č. 425/2004 Sb., 213/2001 Sb.
- nařízení vlády č. 63/2002 o pravidlech pro poskytování dotací ze státního rozpočtu na podporu hospodárného nakládání s energií a využívání jejich obnovitelných a druhotných zdrojů, 63/2002 Sb.

#### 8.4. Seznam dotčených směrnic ES

- směrnice Pitná voda (80/788/EEC s dodatky) - stanovuje standardy kvality pitné vody,
- směrnice o zacházení s městskými odpadními vodami (91/271/EEC)-upravuje sběr, čištění a vypouštění městských odpadních vod a čištění a vypouštění odpadních vod z vybraných průmyslových odvětví,
- směrnice o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu (98/83/EEC),
- rámcová směrnice ovzduší (96/62/EC) o posuzování a řízení kvality vnějšího ovzduší - týká se hodnocení a managementu ovzduší a stanovuje základní principy společné strategie, která definuje a určuje cíle týkající se kvality ovzduší, hodnotí kvalitu ovzduší v členských státech atd.,
- směrnice o velkých spalovacích zařízeních (88/609/EC) - limituje emise určitých znečišťujících látek do ovzduší z velkých spalovacích zařízení,
- rámcová směrnice 75/442/EC o odpadech - stanovuje základní povinnosti v nakládání s odpady,

- směrnice 94/62/EC o balení a odpadu z obalů - stanovuje základní povinnosti v oblasti nakládání s obaly a obalovým odpadem,
- směrnice o prevenci znečištění ovzduší z nových spaloven komunálního odpadu (89/369/EEC) - obsahuje požadavky týkající se spalování komunálních odpadů, které musí být uvedeny v koncepcích nakládání s odpady. Jsou stanoveny emisní limity pro znečišťující látky,
- směrnice o spalování nebezpečného odpadu (94/67/EC) - stanovuje požadavky týkající se spalování nebezpečných odpadů, které musí být uvedeny v koncepcích nakládání s odpady. Stanovuje emisní limity pro znečišťující látky,
- směrnice o integrované prevenci a omezování znečišťování (96/61/EC) - obsahuje požadavky týkající se provozu zařízení, výběru nejlepších dostupných technologií, systému povolování atd.,
- směrnice 2000/60/EC Evropského parlamentu a Rady - ustavuje rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (tato směrnice byla schválena, ale nevyšla zatím v Oficiálním žurnálu EK, proto není uvedeno její číslo).

### 8.5. Hodnocení a normalizace biopaliv

Jako biopaliva mohou být využity suroviny různého původu a chemického složení. Podle jejich původu se člení na:

- zemědělské výrobky (energetické plodiny) a zbytky (např. sláma a další vedlejší produkty zemědělské a potravinářské výroby),
- lesnické výrobky (dřevo z probírek) a zbytky (větvě a vršky stromů ponechané v lese a odpady ze zpracování dřeva, např. kůra, odřezky, piliny atd.),
- odpady vytvářené konzumní společností (vytříděné frakce spalitelných a biologicky odbouratelných komunálních a průmyslových odpadů, možnost dalšího zpracování na TAP - tuhá alternativní paliva, REF, PDB, RDF, viz dále).

Zatím se v EU připravují souhrnné podklady pro kompletaci evropských norem pro pevná biopaliva. Tyto práce řídí CEN (Evropský výbor pro normalizaci), v součinnosti s Českým normalizačním institutem se na těchto aktivitách, označených BT/WG 108 Solid biofuels, podílí mj. VÚHU a.s. Most.

#### Výsledné normy budou obsahovat:

- názvosloví (termíny, definice),
- identifikační a třídící systém pro zařazení paliv z pevné biomasy,
- odběr a úpravu vzorků biopaliv,
- zkušební a testovací metody.

**Za surovinové zdroje biopaliv jsou uvažovány:**

- výrobky ze zemědělství a lesnictví,
- rostlinné odpady ze zemědělství a lesnictví,
- rostlinné odpady z potravinářského průmyslu,
- dřevní odpady s výjimkou:
  - dřevních odpadů, které mohou obsahovat halové organické sloučeniny nebo těžké kovy,
  - chemicky ošetřeného dřeva ze staveb a demolic.

Během zpracování biopaliv mohou vznikat různé vedlejší produkty nebo odpady, které mění vlastnosti původního materiálu. Proto bylo rozhodnuto o nutnosti dalšího rozdělení biopaliv do těchto tříd:

- Třída A: Čistý rostlinný materiál (panenský, nekontaminovaný, který může být kontaminován pouze půdou, nebo může obsahovat alkalické prvky, chloridy či těžké kovy odebrané přírodní cestou z prostředí, kde rostl).
- Třída B: Ošetřený rostlinný materiál obsahující aditiva, která nejsou škodlivá v procesu získávání energie.
- Třída C: Ošetřený rostlinný materiál obsahující aditiva, která mohou být škodlivá v procesu získávání energie (včetně benzenu, chloru, fluoru a těžkých kovů).
- Třída D: Smíšené materiály obsahující rostlinný materiál kombinovaný s významným množstvím jiných spalitelných materiálů (papír, obalové materiály, plasty atp.).
- Třída E: Bude určena v případě potřeby atd.

Předpokládá se vytvoření několika dalších tříd, např. pro rašelinu, neboť rašelina je spíše fosilní zdroj, nikoliv obnovitelný (spor o zařazení je způsoben tím, že v rašeliníštích vzniká i v současné době). Zatím jsou jako zvláštní třídy vyloučeny papír a dřevěné uhlí. Normativně by mělo být legislativou zajištěno rozlišení mezi:

- obnovitelnými a neobnovitelnými palivy,
- panenskými nekontaminovanými palivy z biomasy a regenerovanými palivy,
- regenerovanými palivy biologického a fosilního původu.

Do zvláštní skupiny budou určitě zařazena recyklovaná paliva (recycled fuels), jež jsou vyrobená z tříděných komunálních, průmyslových nebo demoličních odpadů.

Všechny třídy paliv by měly mít některé společné normy (např. fyzikální měření parametrů) a jednoúčelové normy speciálně vytvořené pro uspokojení požadavků a potřeb trhu. Vlastnosti biopaliv mají zásadní vliv na konstrukci spalovacích zařízení.

Parametry výhřevnosti, obsahu vody a hustoty nebo obsahu energie, dané součinem objemové nebo sypané hmotnosti a výhřevnosti, podstatně ovlivňují konstrukci a regulaci spalovacího zařízení. Obsah vody v biopalivu má vliv na adiabatickou teplotu topeniště, na průběh spalování a produkované množství spalin. Se zmenšujícím se obsahem vody vzrůstá teplota v topeništi, tvoří se více emisí CO a NO<sub>x</sub>, a roste nebezpečí tavení popela. Proto je nutné zabezpečit dostatečně velký objem spalovacího prostoru k dokonalému prohoření prchavé hořlaviny (čas minimálně 0,5 s, ostré dmýchání, přivedení sekundárního, popř. terciárního spalovacího vzduchu atd.).

Za důležité taktéž považujeme zmínit platnosti Cenového rozhodnutí ERÚ č. 10/2005 ze dne 18. listopadu 2005, kterým se stanovuje podpora pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných zdrojů.

Rozhodnutí vydal Energetický regulační úřad podle § 2c zákona č. 265/1991 Sb., o působnosti orgánů České republiky v oblasti cen, ve znění pozdějších předpisů, § 17 odst. 6 písm. e) a § 32 odst. 4 zákona č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění pozdějších předpisů, a § 6 zákona č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů).

Rozhodnutí ERÚ č. 10/2005 je změněno novým Cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu č. 1/2006 ze dne 1. února 2006.

Z uvedeného cenového rozhodnutí ERÚ č. 10/2005 uvádíme Tab. č. 61 s Výkupními cenami a zelenými bonusy pro výrobu elektřiny z biomasy (bod 1.5. rozhodnutí).

Tab. č. 61 Výkupní ceny a zelené bonusy pro výrobu elektřiny z biomasy

Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh	Zelené bonusy v Kč/MWh
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O1 pro zdroj uvedený do provozu po 1. lednu 2006 včetně	2930	1960
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O2 pro zdroj uvedený do provozu po 1. lednu 2006 včetně	2600	1630
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O3 pro zdroj uvedený do provozu po 1. lednu 2006 včetně	2290	1320
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O1 pro zdroj uvedený do provozu před 1. lednem 2006	2930	1960
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O2 pro zdroj uvedený do provozu před 1. lednem 2006	2600	1630
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O3 pro zdroj uvedený do provozu před 1. lednem 2006	2290	1320
Výroba elektřiny společným spalováním palivových směsí biomasy kategorie S1 a	-	1180

fosilních paliv		
Výroba elektřiny společným spalováním palivových směsí biomasy kategorie S2 a fosilních paliv	-	850
Výroba elektřiny společným spalováním palivových směsí biomasy kategorie S3 a fosilních paliv	-	540
Výroba elektřiny paralelním spalováním biomasy kategorie P1 a fosilních paliv	-	1430
Výroba elektřiny paralelním spalováním biomasy kategorie P2 a fosilních paliv	-	1100
Výroba elektřiny paralelním spalováním biomasy kategorie P3 a fosilních paliv	-	790

#### Vysvětlivky k tabulce:

Číslování je zachováno z rozhodnutí ERÚ č. 10/2005.

- (1.5.1.) Kategorii O1, S1 a P1 se podle bodu (1.5.) rozumí účelově pěstované jednoleté a víceleté byliny, účelově pěstované traviny a účelově pěstované rychle rostoucí dřeviny pro energetické využití.
- (1.5.2.) Kategorii O2, S2 a P2 se podle bodu (1.5.) rozumí:
- vedlejší produkty při těžbě dřeva (včetně listí nebo jehličí) a paliva z něj vyrobená,
  - dřevní odpad z úprav a prořezávek lesů, parků, alejí a podobných činností (včetně listí nebo jehličí) a paliva z nich vyrobená,
  - kůra z odkornění dřeva a paliva z ní vyrobená,
  - vedlejší produkty nebo odpady z rostlinné výroby (sláma, obilné zbytky, obilí nepoužitelné pro potravinářskou výrobu).
- (1.5.3.) Kategorii O3, S3 a P3 se podle bodu (1.5.) rozumí piliny a hoblina, biopaliva vyrobená z biomasy a ostatní nezařazená biomasa.

Z tabulky je zřejmé, že Cenovým rozhodnutím ERÚ č. 10/2005 je podporována pouze výroba elektřiny, nikoliv ovšem výroba tepla. Zároveň je patrné, že garantovanými výkupními cenami je podporováno pro tento účel spalování čisté biomasy, spoluspalování je podporováno jen prostřednictvím zelených bonusů.

K podpoře výroby tepla z biomasy budou probíhat další jednání. Samo MŽP cítí v této oblasti velký dluh a pravděpodobně bude tato oblast zahrnuta do podpor v připravované legislativní novele.

#### **8.5.1. Současné národní normy pro biopaliva**

Vůdčí postavení v legislativě pevných biopaliv zauímají severské země, Rakousko a Německo. V následujícím přehledu uvádíme výběr hlavních národních norem pro biopaliva.

### **Norsko**

- NS 3165 Biopalivo - Válcovité granule z čistého dřeva -Třídění a požadavky NS 3166 Biopalivo-Určení mechanické pevnosti granulí
- NS 3167 Biopalivo - Určení obsahu vlhkosti v laboratorních vzorcích granulí (Tom Hdseggen, NBR, Norská rada pro standardizaci staveb)

### **Švédsko**

- SS 18 71 06 Biopaliva a rašelina - Názvosloví (1991)
- SS 18 71 13 Biopaliva a rašelina - Vzorkování (1998) (ISO 1988)
- SS 1871 14 Biopaliva a rašelina - Příprava vzorků (1992) (ISO 1988) SS 18 71 20 Biopaliva a rašelina- Palivové granule-Třídění (1988) SS 1871 23 Biopaliva a rašelina - Palivové brikety - Třídění (1988)
- SS 18 71 70 Biopaliva a rašelina - Určení celkového obsahu vlhkosti (1997) SS 18 71 71 Biopaliva - Určení obsahu popela (1984) (ISO 1171)
- SS 18 71 73 Biopaliva - Výpočet analýz (1986) (ISO 1170)
- SS 18 71 74 Biopaliva a rašelina-Určení velikostního rozdělení (1990) SS 18 71 75 Rašelina- Určení mechanické pevnosti drnové rašeliny (1990)
- SS 18 71 78 Biopaliva a rašelina - Určení hrubé sypné hmotnosti a výpočet suché sypné sypné hmotnosti ve velkém zásobníku (1990)
- SS 18 71 79 Rašelina - Určení hrubé sypné hmotnosti a výpočet suché hrubé sypné hmotnosti (1990) (ISO 567)
- SS 18 71 80 Biopaliva a rašelina-Určení mechanické pevnosti pro granule (1990)
- SS 18 71 84 Biopaliva a rašelina - Určení obsahu vlhkosti ve vzorku (1990)
- SS 18 71 88 Pevná paliva. Pevné zbytky - Vlhké prosévání drcených zbytků (návrh)
- SS 18 71 xx Pevná paliva-Určení vlastností krátkodobého a dlouhodobého vyluhování pro pevné zbytky ze spalování paliv z biomasy (návrh) (Lars Sjöberg, STG, Švédský institut všeobecných norem)

### **Rakousko**

- ONORM M 7132: Použití dřeva a kůry jako paliva z hlediska energetického a ekonomického - Definice a vlastnosti
- ONORM M 7132: Štěpka pro energetické účely - Požadavky a testovací specifikace
- ONORM M 7135: Lisované dřevo a lisovaná kůra v přirozeném stavu - Granule a brikety -Požadavky a testovací specifikace
- V některých rakouských normách jsou pouze určité části vztahující se k pevným biopalivům, jedná se o tyto normy:
- ONORM M 71 11: Koncepty ekonomie energetiky - Energie biomasy z organického odpadu, větrná a geotermální energie
- ONORM M 7550: Kotle pro ústřední vytápění s teplotou média do 100 °C - koncepty, požadavky, testování, označení přizpůsobivosti

- ONORM M 3010: Pece pro pevná biopaliva - Definice, požadavky, testování, označení přizpůsobivosti
- ONORM M 3011: Pece pro pevná paliva, požadavky, definice
- ONORM M 9465-1: Emisní limity pro znečišťování ovzduší z provozů spalujících slámu až do topného výkonu 75 kW, požadavky na testování v provozu
- ONORM M 9465-2: Emisní limity pro znečišťování ovzduší z provozů spalujících slámu až do topného výkonu 75 kW, požadavky na testování na zkušební lavici
- ONORM M 9466: Emisní limity pro znečišťování ovzduší z provozů spalujících dřevo jmenovitým topným výkonem od 50 kW výše, požadavky na testování v provozu (Wolfgang Koppensteiner, ON, Rakouský institut pro normy)

### ***Finsko***

Neexistují národní normy vztahující se k biopalivům (lze říci, že je nahrazují příručky kvality): Příručka zajištění kvality palivové rašeliny, Příručka zajištění kvality pevných dřevních paliv (vydalo FINBIO 1998, palivová štěpka, kůra, piliny) (Timo Nyronen, VAPO OY)

### ***Německo***

- DIN 51732: Testování pevných paliv-Lisované nezpracované seno-Požadavky a testování (1996)
- DIN 51749: Dřevěné uhlí a brikety z dřevěného uhlí - Požadavky - Testy (1985) (Klaus Liphard - organizátor aktivit týkajících se pevných biopaliv v Německu)

### ***Island***

Neexistují národní normy vztahující se k biopalivům (Sveinn V. Olafsson, STRI, Islandská rada pro normalizaci)

### ***Švýcarsko***

Neexistují národní normy vztahující se k biopalivům (Beat Looser, SNV, Švýcarská asociace pro normalizaci)

### ***Francie***

Neexistují národní normy vztahující se k biopalivům. Existují určité stanovy kvality pro palivové dříví v oblastech pro zajištění obchodních transakcí. Proto je vítána práce CEN za aktivní účasti ADEME v oblasti nazvané Pevná biopaliva (Pierre Ballaire, ADEME)

### ***Irsko***

IS 400: 1989 Mechová rašelina v zahradnictví

IS 422: 1989 Produkty na bázi rašeliny pro použití v zahradnictví IS 423: 1989 Rašelinná vláknina- Specifikace a testovací metody (W. B. Burns, NSAI, Úřad pro národní normy Irsko)



**Dánsko**

Neexistují národní normy vztahující se k biopalivům (Jdrgen Hagelund, DS Danish Standard)



## 9. Závěr

**Použitá literatura:**

1. Bailey, J. P. - Waal, L. C. de - Child, L. E. -Wade, P. M. - Brock, J. H.: Reproductive biology and fertility of *Fallopia japonica* (Japanese knotweed) and its hybrids in the British Isles. *Ekology and management of invasive riverside plants*, 1994, s. 141 - 158.
2. Bei der Nutzung biogener Festbrennstoffe. 30 - 31. 5. 1995, Stuttgart, Monster
3. Berling, D.: The use of non-persistent herbicides to control riparian stands of Japanese knotweed (*Reynoutria japonica* Houtt). *Biology and control of invasive plants*, 1990, s. 121 - 129.
4. Borkowska, H.: Kilka uwag o biologii i morfologii slazowca pensylwanskiego (*Sida hermaphrodita* Rusby.). In: *Biul. Jnst. hod. i aklim rosl.*, No 193., 1995, s. 171 - 180.
5. Brock, J. H.: Technical note: standing crop of *Reynoutria japonica* in the autumn of 1991 in the United Kingdom. *Preslia*, 66 : 4, 1994, s. 337 - 343.
6. Bullard, M. J.: The comparative physiology of *miscanthus sinensis*, *triticum aestivum* and *zea mays* grown under UK conditions. In: *Abstracts 8th European Conference on Biomass for Energy, Environment, Agriculture and Industry*. Viena, 1994, s.197 - 198.
7. Burvall, J. - Hedman, B.: Perennial Rhizomatous Grass-The Delayed Harvest Systems Improves Fuel Characteristics for Reed Canary Grass. In: *International conference - Sustainable agriculture for food, energy and industry. Book of abstracts*. Ed.: Carmen, Rimpär, 1997, s. 916 - 918.
8. Čepl, J. -Vacek, J. - Bouma, J.: Technologie pěstování a užití topinamburu. *Metodiky pro zemědělskou praxi*. ÚZPI Praha, č. 9, 1997, 20 s.
9. Danalatos, N. G. - Dalianis, C. - Kyritsis, S.: Growth and biomass productivity of *Miscanthus sinensis* „*Gigantheus*” under optimum cultural management in north-eastern Greece. In: *Abstracts 9th European Bioenergy Conference*, Copenhagen, 1996, 146 s.
10. Demeier, E. P. M., - Keizer, L. C. P.: Paterns of diversity in cannabis. *Genetic resources and crop evolution*. 43:1, 1996, s. 41 - 52.
11. Elias, P.: Estimation of *Reynoutria Japonica* Houtt. *Biomass in Slovakia. Acta Horticulturae at Regiotecturae*, 1:1, 1998, s. 3- 4.
12. Eppel-Hotz, A. - Jodl, S. - Kuhn, W.: *Miscanthus*: New cultivars and result of research experiments forimproving the establishment rate. In: *Sustainable agriculture for food, energy and industry. Proceedings of the International Conference*. Braunschweig, Germany, 1998, s. 178 - 183.
13. Fábry, A. a kol.: *Jarní olejniny*. MZV ER, 1990, 241 s.
14. *Firemní katalog: Tagro Červený Dvůr*, s. r. o.: Nabídka osiva sveřepu pro energetické účely, 2003. *Firemní katalog: Oseva PRO*, s. r. o., o. z. Výzkumná stanice travinářská Rožnov-Zubří. *Firemní katalog: Šlechtitelská stanice Hladké Životice*, s. r. o. Fremstad, E. - Elven, R.: Alien plants in Norway. *Blyttia*, 55:1, 1997, s. 3- 14.
15. Frohlová, A.: Konopí - průmyslová a energetická plodina. *Zemědělské aktuality* 11/97, 1997, s. 4- 6.
16. Frydrych, I. Cagaš, B. Macháč, J.: Energetické využití některých travních druhů. Praha, ÚZPI, 35 stran, *Zemědělské informace* č. 23, 2002.
17. Frydrych, J.: Trávy pro energetické využití. *Sborník konference, Chomutov - Energetické a průmyslové rostliny - X*, 2004, s. 78 - 84.
18. Harms, H. H.: Ernte und Aufbereitungstechnik von Halmgiittern. In: *Logistik*
19. Hejduk, S. Frydrych, J. Andert, D. Kára, J. Juchelková, D.: Nové poznatky ve výzkumu energetických trav. In: *František Hrabě a kolektiv: Travníkářská ročenka*, 2005, s. 93 - 97.
20. Horn, P. - Prach, K.: Aerial biomass of *Reynoutria japonica* and ist comparison with native species. *Preslia*, 66:4, 1994, s. 345 - 348.

21. Hrušková, H. - Hofbauer, J.: Generativní šíření křídlatky na území ČR. Úroda, 2, 1999, s. 24 - 25. Hrušková, H. - Hofbauer, J.: Germination capacity of Japanese knotweed (*Reynoutria Japonica* Houtt.). Rostlinná výroba, 45:4, 1999, s. 189 - 191.
22. Hrušková, H. - Hofbauer, J.: Regeneration of knotweed (*Reynoutria* spp.) from stem cuttings. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 47:3, 1999, s. 73 - 76.
23. <http://cs.wikipedia.org/wiki/Biomasa>
24. <http://www.ceskaenergetika.cz/ez/view.php?cisloclanku=2004013006&rstema=5&stromhmenu=5>
25. Ilavský, J., Oravec, M., Majer, E.: Využití lesnej biomasy na energiu. Zvolen, LVU 1991, s. 54.
26. Informace o potenciálu obnovitelných zdrojů energie v ČR - [www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPMRF45OSUY/\\$FILE/OZE-czech.pdf](http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPMRF45OSUY/$FILE/OZE-czech.pdf)
27. Jak zvýšit využívání biomasy pro energii - <http://www.biom.cz/index.shtml?x=211926>
28. Jarošová, I. - Michalová, A. - Vavrešínová, S. - Moudrý, J.: Pěstování a využití amarantu. Metodiky pro zemědělskou praxi, ÚZPI Praha, 2002.
29. Jodl, J. - Hotz, A.: Nutrient demand and translocation processes of *Miscanthus x giganteus*. In: Abstracts 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, 1996, 139 s.
30. Johanning, B. a kol.: Stroh unter Druck. *Agrartechnik*, 5/96, s. 36-37.
31. Kára, J. a kol.: Kvantifikace a využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie v zemědělství. Z-2299, VÚZT Praha, 1995, 143 s.
32. Kára, J., Hutla, P., Stražil, Z.: Technologické systémy pro využití biopaliv z energetických plodin. Z-2427, VÚZT Praha, 2003, 44 s.
33. Kára, J., Šrámek, V., Hutla, P., Stejskal, F. - Konopnická, A.: Využití biomasy pro energetické účely. Praha, ČEA 1997, s. 157.
34. Katalog: Přehled odrůd šlechtitelské stanice Tagro Červený Dvůr, s. r. o., 2002.
35. Kavka, M. a kol.: Normativy zemědělských výrobních technologií. (Pěstební a chovatelské technologie a normativní kalkulace). ÚZPI, Praha, 2003, 360 s.
36. Kidd, H.: Japanese knotweed - the world's largest female. *Pesticide-Outlook*, 11:3, 2000, s. 99 - 100. Kocourková, D. - Mrkvička, J. - Fuksa, P.: Morfologické parametry trav ovlivňující kvalitu biomasy pro přímé spalování. *Úroda* 5/2004.
37. Koessler, C. - Claupein, W.: Root-systems of *Miscanthus* in different growing periods. In: Proceedings of the International Conference. Wiirzburg, Germany, 1998, s. 842 - 845.
38. Kolb, W.: Ertragsleistungen ausdauernder Gräserarten - Versuchsergebnisse aus Weischöckheim. In:
39. Kutzbach, H. D.: Halmgutverdichtung mit rotierendem Werhzeugen. *Land und Technik* 48, 1993, Nr. 5, s. 232-236.
40. Leible, L. - Kahnt, G.: Untersuchungen zum Einfluss von Standort, Saatstärke, N-Düngung, Sorte und Erntezeitpunkt auf den Ertrag und die Inhaltsstoffe von Zuckerrhiz. *J. Agronomy & Crop Science*. 166, 1991, s. 8-18.
41. Liebhard, P.: Production of *Miscanthus sinensis giganteus* on different sites in Austria. In: Abstracts of European Conference on Biomass for Energy, Environment, Agriculture and Industry. Viena, 1994, 203 s.
42. Manhalterová, M. - Kocourková, B.: Projev interakce odrůd konopí setého (*Cannabis sativa* L.) s agrotechnickými zásahy na produkci technicky využitelné biomasy a obsah tetrahydrokanabinolu. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. Ročník I, č. 1, 2002, s. 87 - 96.
43. Matthies, J.: Die Compactrollenpresse, *Landtechnik*, 5/91, s. 225-226.
44. Mc Carthy, C.: European *Miscanthus* network. In: Abstracts of European Conference on Biomass for Energy, Environment, Agriculture and Industry. Viena, 1994, s. 28 - 29.

45. Míka, V- Řehořek, V.: Sveřepy ve střední Evropě, Praha, VÚRV, 2003, 150 s.
46. Moudrý, J. - Stražil, Z.: Energetické plodiny v ekologickém zemědělství. Ed.: vH press Hradec Králové, 1998, 56 s.
47. Muchna, B.: Písemné sdělení 2005 - dosud nepublikováno.
48. Nařízení vlády č. 352/2002 Sb.- Nařízení vlády, kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší“ - § 2
49. Pahkala, K. - Mela, T.: Farming methods and quality of reed canary grass grown for paper raw material. In: International conference-Sustainable agriculture for food, energy and industry. Book of abstracts. Ed.: Carmen, Rimpär, 1997, s. 997 - 1000.
50. Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P.: Biomasa, obnovitelný zdroj energie
51. Patyk, A. - Reinhardt, G. A.: Life cycle assesment „Life cycle net hemp products“. In: Biomass for energy and industry. Proceedings of the 10th European conference and technology exhibition. Würzburg, Germany, 1998, s.101 - 104.
52. Petříková, V., Sladký, V., Stražil, Z., Šafařík, M., Ustjak, S., Váňa, J.: Energetické plodiny.
53. Pignatelli, V. - Piscioneri, I. - Fogacci, G.: Miscanthus x giganteus productivity over different fertiliser treatment under Italian conditions. In: Sustainable agriculture for food, energy and industry. Proceedings of the International Conference. Braunschweig, Germany: 1998, s. 743 - 747.
54. Příručka pro regionální využití biomasy [www.ceacr.cz/?download=1999/99\\_8080.pdf](http://www.ceacr.cz/?download=1999/99_8080.pdf)
55. Pude, R. - Franken, H.: Reynoutria bohemica - an alternative to miscanthus x giganteus? Bodenkultur, 52:1, 2001, s. 19 - 27.
56. Pyšek, P. - Prach, K.: Invazní rostliny v české flóře. In: Zprávy České botanické společnosti. Materiály 14, 1997, s. 45 - 57.
57. Rachmetov, D. B. - Uteuš, J. A.: Vidy semejstva Malvaceae - perspektiva kormoproizvodstva. In: Problemy experimentalnoj botaniky ta ekologii roslin. Kiev, Izd. Naukova dumka, 1997, s. 204 - 207.
58. Rachmetov, D. B.: Perspektivnyje lekarstvennyje rastenija iz semejstva Malvaceae. In: Tezisy dokladov „IV Meždunarodnaja konferencija po medicinskoj botanike“, Kijev, CBS NAN Ukrajiny, Izd. „Ukrfytoterapija“, 1997, s. 235 - 236.
59. Ross, S. A. - Elsohly, H. N. - Elkashoury, E. A. - Elsohly, M. A.: Fatty acids of cannabis seeds. Phytochemical Analysis. 7:6, 1996, s. 279 - 283.
60. Schwarz, H.: Fertilization effect on production of miscanthus sinensis giganteus. Abstracts of European Conference on Biomass for Energy, Environment, Agriculture and Industry. Viena, 1994, s. 180 - 181.
61. Schwarz, K. U. - Jorgensen, U., Jonkanski, F.: Growth and quality characteristics of Miscanthus „Giganteus“ for industrial and energy use. In: Book of abstracts from the International Conference, Braunschweig, Germany, 1997, 274 s.
62. Simanov, V.: Energetické využívání dříví. Olomouc, Terra polis 1995, s. 115.
63. Sladký, V.: Příprava paliva z biomasy, 3/95. Praha, UVTIZ 1996, s. 50.
64. Sladký, V.: Dálkové vytápění biomasou na venkově. Stud. inform. ÚZPI, Zem. techn. a stavby, č. 4: 1994, 68 s.
65. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/77/ES ze dne 27. září 2001 o podpoře elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie na vnitřním trhu s elektřinou
66. Stražil, Z. - Moudrý, J. - Kalinová, I.: Produkce a ekonomika vybraných energetických rostlin. (Production and economy of some energy crops) In: Zborník prác z vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou „Udržateľné poľnohospodárstvo a rozvoj vidieka“. 25. - 26. septembra 2003, SPU v Nitre, 2003, s. 333 - 335.

67. Stražil, Z. -Vorlíček, Z.: Vliv hnojení dusíkem, výsevku a stanoviště na výnosy a výnosové prvky vybraných odrůd safloru (*Carthamus tinctorius* L.). Rostl. výr., 48, (7), 2002, s. 307 - 311.
68. Stražil, Z.: Alternativní netradiční plodiny pro průmyslové využití - ozdobnice čínská a konopí seté. In: Sborník referátů z konference s mezinárodní účastí „Obnovitelné zdroje energie“. Kroměříž 98, 1998, s. 69 - 75.
69. Stražil, Z.: Economic studies in selected energy crops used for combustion. In: Sbor. Technika a technologie pro nepotravinářské využití půdy a její udržování v klidu. Techagro (2000), Brno-výstaviště, 2000, s. 17 - 22.
70. Stražil, Z.: Energetické bilance vybraných netradičních energetických rostlin určených pro přímé spalování při různých termínech sklizně a systému dosoušení. (Energy balances of selected untraditional energy plants assigned for combustion at various terms of harvest and systems of drying). In: Sborník referátů z Kalorimetrického semináře 2003. Suchá Rudná v Jeseníkách, 26. 5. - 30. 5., 2003, s. 57 - 62.
71. Stražil, Z.: Energetické rostliny - 2- Čiřok. Biom, č. 6, 1999, 8 s.
72. Stražil, Z.: Porovnání safloru a krambe - možných alternativních surovinových zdrojů pro průmyslové využití. (Comparison of safflower and crambe - possible alternative sources of raw material for industrial utilization). In: Sborník referátů z odborné konference „Energetické a průmyslové rostliny X“. Chomutov 31. 7., 2004, s. 51 - 61.
73. Stražil, Z.: Světlice barvířská - netradiční olejnina. Agro magazín, č. 1, 2001, s. 38 - 41.
74. Stražil, Z.: Topinambur hlíznatý (*Helianthus tuberosus* L.) - netradiční alternativní plodina pro průmyslové a energetické využití. [www.biom.cz](http://www.biom.cz), 2000.
75. Stražil, Z.: Využití kalorimetrického měření pro potřeby rostlinné výroby. In: Mezinárodní slovenský a český kalorimetrický seminář 1998. Vyšná Boca, Nízke Tatry, 25. - 28. května, 1998, s. 39 - 40.
76. Styk, B.: Sida - nowa roslina pastewna. In: Nowe rol., 31, No. 6, 1982, s. 17 - 19.
77. Šmirous, P.: Stane se konopí v Čechách běžně pěstovanou plodinou? Farmář, únor 1998, s.18-22. Špaldon, E. a kol.: Rostlinná výroba, SZN Praha, 1986, 715 s.
78. Tagungsband zum Fachgespräch Miscanthus. C.A.R.M.E.N., Rimpfar, 1993, s. 68 - 76.
79. Územní energetická koncepce Moravskoslezského kraje, Listopad 2003
80. Územní energetická koncepce Zlínského kraje, Leden 2004
81. Zdroje energetické biomasy v ČR  
<http://www.ekowatt.cz/library/infolisty/infolisty1999/biomasa.php3>
82. Zelená zpráva, MZE ČR, 2002.
83. Šimanov, V. Dříví jako energetická surovina, Ed. MZeČR, Agrospoj, 116 s.
84. Pilch, R.: Spalování dřeva v malých ohništích : disertační práce. Ostrava: VŠB-TU, Výzkumné energetické centrum, 2004. 138 s.
85. EKOTECHNIKA, Vlhkoměr dřevěných štěpků FS\_3, přístroj pro laboratorní i terénní měření, [www.ekotechnika.cz](http://www.ekotechnika.cz)
86. Hutla P., Sladký V. Využití velkokapacitních seníků pro sušení a skladování energetické štěpky. Dostupné na: <http://stary.biom.cz/sborniky/99kara/06.html>
87. EUBIA – European Biomass Industry Association, <http://www.eubia.org/>
88. Obernberger I., Thek G., Wood pellet production costs under Austrian and in comparison to Swedish framework conditions, Biomass and Bioenergy, 27, 671-693, (2004)
89. Janásek P: Výzkum parametrů ovlivňujících spalování biomasy. Disertační práce. Ostrava: VŠB, Výzkumné energetické centrum, 2006
90. Jandacka J., Malcho M. Biomasa jako zdroj energie - potencial, druhy, bilancia a vlastnosti paliv, Žilinská univerzita, Žilina, 2006
91. Kolektiv autorů, Biomasa jako zdroj energie, sborník příspěvků ze semináře, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 2006

**Seznam obrázků:**

Obr. č. 1 Lesnatost SR a jednotlivých krajů .....	19
Obr. č. 2 Rozložení zásob jehličnatých dřevin v krajích SR.....	20
Obr. č. 3 Rozložení zásob listnatých dřevin v krajích SR.....	20
Obr. č. 4 Prognóza těžby dřeva do roku 2020 .....	21
Obr. č. 5 Regionální centra střediska Biomasa.....	22
Obr. č. 6 Vývoj produkce lesní štěpky podnikem Lesy SR, š. p.....	23
Obr. č. 7 Konopí seté .....	36
Obr. č. 8 Šťovík Uteuša.....	40
Obr. č. 9 Chrastice rákosovitá.....	43
Obr. č. 10 Ozdobnice čínská.....	44
Obr. č. 11 Křídlatka japonská.....	45
Obr. č. 12 Produkce kalu v letech 1993-2003 .....	66
Obr. č. 13 Množství čištěných odpadních vod v ČR v letech 1993-2003.....	66
Obr. č. 14 Způsoby nakládání s kalem v ČR (rok 2003) .....	67
Obr. č. 15 Způsoby nakládání s kalem v jednotlivých krajích (2003).....	68
Obr. č. 16 Schéma procesu peletizace .....	74
Obr. č. 17 Rovné protlačovací matricové lisy pro výrobu pelet .....	75
Obr. č. 18 Prstencový protlačovací matricový lis pro výrobu pelet.....	75
Obr. č. 19 Rozložení napětí při jednostranném a dvoustranném briketování .....	76
Obr. č. 20 Princip pásového razidlového lisu .....	77
Obr. č. 21 Laboratorní válcový lis LPW-450.....	79
Obr. č. 22 Schéma lisování na válcovém lisu .....	79
Obr. č. 23 Příklad prstencového lisu s plochou maticí .....	81
Obr. č. 24 Schéma uložení prstencové matrice .....	81
Obr. č. 25 Závislost vlhkosti na výhřevnosti paliva.....	90
Obr. č. 26 Teoretická závislost výhřevnosti biomasy na obsahu vody.....	93
Obr. č. 27 Závislost obsahu popela na vlhkosti paliva .....	94
Obr. č. 28 Analyzátor vlhkosti HR 73 .....	103
Obr. č. 29 Odporový vlhkoměr .....	104
Obr. č. 30 Analyzátor vlhkosti FS_3.....	105
Obr. č. 31 Schéma sekacího ústrojí diskové sekačky.....	108
Obr. č. 32 Schéma sekacího ústrojí bubnové sekačky .....	109
Obr. č. 33 Základní systémy sklizně .....	114
Obr. č. 34 Pracovní schéma kompaktního svinovacího lisu.....	115
Obr. č. 35 Schéma různých typů zplyňování.....	118
Obr. č. 36 Okresní uspořádání MS kraje.....	138
Obr. č. 37 Struktura výkonové spotřeby MS kraje.....	139
Obr. č. 38 Struktura spotřeby PEZ v jednotlivých zdrojích energie.....	139
Obr. č. 39 Struktura PEZ užitých ve zdrojích do 0,2 MW.....	140
Obr. č. 40 Struktura PEZ užitých ve zdrojích 0,2-3 MW.....	140
Obr. č. 41 Struktura PEZ užitých ve zdrojích do 3-5 MW.....	141

Obr. č. 42 Struktura PEZ užitých ve zdrojích nad 5 MW .....	141
Obr. č. 43 Okresní uspořádání Zlínského kraje .....	146
Obr. č. 44 Využití obnovitelných zdrojů energie ve Zlínském kraji.....	147
Obr. č. 45 Mapa členů sdružení BIOMASA.....	155
Obr. č. 46 Celkový pohled na CPU v Kysuckom Lieskovci .....	155
Obr. č. 47 Roční prodej palivového dřeva (t) podle okresů Slovenska .....	160
Obr. č. 48 Ročně využitelný potenciál lesní biomasy (t) podle okresů SR.....	162
Obr. č. 49 Ročně využitelný potenciál biomasy (t) z DSP podle okresů SR .....	163

### Seznam Tabulek:

Tab. č. 1 Odhad potencionálu energetických paliv v ČR .....	16
Tab. č. 2 Výroba energie z tuhé biomasy v r. 2010.....	17
Tab. č. 3 Přehled o dostupném potenciálu biomasy v ČR .....	18
Tab. č. 4 Přehled o dostupném potenciálu lesní biomasy v ČR.....	18
Tab. č. 5 Vývoj CBP, plánované, skutečné těžby dřeva a jejich podílu na CBP .....	20
Tab. č. 6 Objem dodávek palivového dřeva a štěpky v roce 2004.....	22
Tab. č. 7 Roční potenciál biomasy z lesní biomasy a biomasy z energetických plantáží .	24
Tab. č. 8 Struktura spotřeby primárních energetických zdrojů na Slovensku za rok 2004 v PJ.....	24
Tab. č. 9 Roční potenciál biomasy z DZP .....	25
Tab. č. 10 Roční spotřeba lesní štěpky elektrárnami a teplárnami na Slovensku v roce 2005 a roční potenciál spotřeby v roce 2007 .....	25
Tab. č. 11 Roční export lesní štěpky (v roce 2004).....	26
Tab. č. 12 Seznam rostlin pro dotaci MZe na rok 2004 .....	32
Tab. č. 13 Seznam rostlin pro dotaci MZe na rok 2005 .....	32
Tab. č. 14 Časové schéma plantáže r.r.d. v podmínkách ČR.....	48
Tab. č. 15 Průměrné složení domovních odpadů .....	58
Tab. č. 16 Produkce kalů v jednotlivých regionech .....	65
Tab. č. 17 Průmyslové hořlavé odpady a jejich charakteristiky.....	68
Tab. č. 18 Základní charakteristiky kapalných odpadů .....	69
Tab. č. 19 Odpady vznikající při výrobě umělých plastických kůží a koženek .....	70
Tab. č. 20 Charakteristické vlastnosti dřevních prachových odpadů .....	71
Tab. č. 21 Členění odpadů podle krajů a OKEČ (2002-2004) .....	72
Tab. č. 22 Porovnání pelet a briket .....	74
Tab. č. 23 Hodnocení vybraných rostlinných materiálů vhodných k peletizaci .....	83
Tab. č. 24 Základní chemické složení slámy .....	85
Tab. č. 25 Fyzikální vlastnosti paliv na bázi slámy a dřeva.....	86
Tab. č. 26 Poměr mezi dřevařskou a energetickou vlhkostí .....	91
Tab. č. 27 Vlhkosti pro různé typy biomasy .....	91
Tab. č. 28 Výhřevnost biomasy v závislosti na obsahu vody .....	92
Tab. č. 29 Výhřevnost dřeva a kůry v závislosti na obsahu vody.....	93

Tab. č. 30 Obsah popela a prchavé hořlaviny u vybraných typů biomasy .....	95
Tab. č. 31 Chemické složení popele a další parametry u slámy z pšenice a ovsa .....	95
Tab. č. 32 Chemické složení hořlaviny dřevní hmoty .....	97
Tab. č. 33 Složení prchavé hořlaviny vybraných druhů biomasy .....	97
Tab. č. 34 Prvkové složení biomasy v hm. % sušiny .....	98
Tab. č. 35 Objemové jednotky .....	99
Tab. č. 36 Vzájemné přepočty mezi jednotkami objemu dřevní hmoty .....	99
Tab. č. 37 Přepočty mezi výtěžnostmi zrna a slámy pro jednotlivé druhy plodin .....	99
Tab. č. 38 Porovnání měrných hmotností suché a vlhké štěpky biomasy .....	100
Tab. č. 39 Průměr dosahovaných výnosů čiroku [t/ha] .....	121
Tab. č. 40 Průměrné výnosy konopí [t/ha] .....	122
Tab. č. 41 Délka vegetační doby (od zasetí do sklizně) a vliv hnojení N a výsevu na výnosy semene safloru přepočtené na sušinu (t/ha) na daných stanovištích (průměr z let 1996 - 2003) .....	125
Tab. č. 42 Vliv hnojení N a výsevu na výnosy slámy safloru přepočtené na sušinu (t/ha) na sledovaných stanovištích (průměrné hodnoty z let 1996 - 2003) .....	125
Tab. č. 43 Výnosy sušiny nadzemní fytomasy topinamburu na stanovišti v Lukavci sklizené na podzim za sledované období (t/ha) .....	126
Tab. č. 44 Snížení výnosu sušiny celkové nadzemní biomasy štovíku Uteuša v důsledku působení extrémního sucha (t/ha) .....	128
Tab. č. 45 Odhad dostupného potenciálu OZE pro MS kraj .....	142
Tab. č. 46 Potenciál obnovitelných zdrojů energie v Moravskoslezském kraji při optimálních podmínkách .....	145
Tab. č. 47 Přehled o využívání OZE ve Zlínském kraji .....	147
Tab. č. 48 Spotřeba tuhé biomasy na území Zlínského kraje - podle velikosti a typu zdrojů a po správních obvodech obcí s rozšířenou působností [GJ] .....	148
Tab. č. 49 Spotřeba bioplynu na území Zlínského kraje v [GJ] .....	149
Tab. č. 50 Druhy potenciálů .....	149
Tab. č. 51 Dostupný potenciál dřevního odpadu .....	152
Tab. č. 52 Emise z produkovaných skládek odpadů na území Zlínského kraje (2002) ..	153
Tab. č. 53 Dostupný potenciál produkce bioplynu z exkrementů hospodářských zvířat na území Zlínského kraje .....	154
Tab. č. 54 Struktura využívání lesů v Žilinském a Trenčianském kraji .....	156
Tab. č. 55 Přehled zásob a plánované roční těžby v Žilinském a Trenčianském kraji mimo kategorie lesů ochranných a v 5. stupni ochrany přírody (m <sup>3</sup> hrubiny b. k.) .....	157
Tab. č. 56 Těžba jednotlivých druhů dřeva, palivového dřeva a produkce odpadů z lesní biomasy v roce 2005 a prognóza do roku 2020 v Žilinském kraji (m <sup>3</sup> ) .....	158
Tab. č. 57 Těžba jednotlivých druhů dřeva, palivového dřeva a produkce odpadů z lesní biomasy v roce 2005 a jejich prognóza do roku 2020 v Trenčianském kraji (m <sup>3</sup> ) ..	159
Tab. č. 58 Roční plánovaný prodej palivového dřeva podle okresů v Žilinském a Trenčianském kraji .....	161
Tab. č. 59 Přehled potenciálu lesní biomasy v Žilinském a Trenčianském kraji (m <sup>3</sup> ) .....	162



Tab. č. 60 Roční potenciál biomasy z DSP v Žilinském a Trenčianském kraji.....	164
Tab. č. 61 Výkupní ceny a zelené bonusy pro výrobu elektřiny z biomasy.....	173

<b>Autor:</b>	<b>Tadeáš Ochodek, Jan Koloničný, Pavel Janásek</b>	
<b>Vysokoškolský ústav:</b>	<b>Výzkumné energetické centrum</b>	<b>740</b>
<b>Název:</b>	<b>Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy</b>	
<b>Místo, rok vydání:</b>	<b>Ostrava, 2006, I. vydání</b>	
<b>Počet stran:</b>	<b>124</b>	
<b>Vydala:</b>	<b>VŠB-Technická univerzita Ostrava</b>	
<b>Tisk:</b>		
<b>Náklad:</b>	<b>100 ks</b>	
<b>Neprodejné</b>		

**ISBN 80-248-1207-X**