

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
KATEDRA LESNICKÝCH TECHNOLOGIÍ A STAVEB

ENVIRONMENTÁLNÍ ASPEKTY VYUŽITÍ  
DENDROMASY PRO ENERGETICKÉ ÚČELY  
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Václav Štícha, Ph.D.

Diplomant: Bc. Štěpán Horký

2019

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Štěpán Horký

Regionální environmentální správa

Název práce

Environmentální aspekty využití dendromasy pro energetické účely

Název anglicky

Environmental aspects of the use of dendromass for energy purposes

---

Cíle práce

Cílem práce je popsat a zhodnotit environmentální aspekty využití dendromasy v energetice na úrovni EU.

Metodika

Metodika:

Práce bude zpracována na základě informací získaných z odborné literatury a dalších relevantních zdrojů. V práci bude podrobně popsán současný stav využití dendromasy pro energetické účely v EU, budou popsány hlavní environmentální aspekty, stanovena rizika i limity a bude diskusní formou popsán předpokládaný budoucí vývoj. Práce bude obsahovat originálně zpracované tabulky, příp. grafy popisující využití dendromasy v EU a dále tabulky, příp. grafy ilustrující vybrané environmentální aspekty využití dendromasy pro energetické účely.

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

dendromasa, energetika, životní prostředí, Evropská unie

---

Doporučené zdroje informací

Ghaffariyan M. R., et al. Review of European biomass harvesting technologies. *Silva Balc*, 2010, 11.1: 5-20.

Chytrý M. The potential of forest dendromass suitable for energy utilization and energy policy in the Czech Republic. *Zprávy Lesnického Výzkumu*, 2007, vol. 52, no. Special Issue, pp. 21-25.

Manning D. B., et al. (ed.). *Bioenergy from dendromass for the sustainable development of rural areas*. John Wiley & Sons, 2015.

Ramsay S., W. *Energy from forest biomass*, Elsevier, 2012, 294 s.

Sdružení pro biomasu [online]. c2018, [cit. 2018-01-20]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz>>.

---

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Václav Štícha, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra lesnických technologií a staveb

---

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2019

doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 12. 3. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 24. 03. 2019

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, pod vedením Ing. Václava Štíchy, Ph.D., a že jsem uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze 18.04.2019

.....

## **Abstrakt**

Dendromasa je jedním z nejvyžívanějších zdrojů pro výrobu tepelné i elektrické energie a nejvyžívanější obnovitelný zdroj energie vůbec. Práce se zabývá zpracováním dendromasy a možnostmi jejího využití pro energetické účely a porovnává výhody a nevýhody jednotlivých způsobů. Popisuje legislativu a způsoby podpor týkajících se využití dendromasy pro energetické účely. Součástí je popis environmentálních vlivů od pěstování, zpracování, přepravu a skladování, až po samotnou výrobu energie. Práce analyzuje jednotlivé způsoby přeměny dendromasy na energii a možnosti jejich využití. Součástí práce je porovnání dat využívání obnovitelných a neobnovitelných zdrojů energie a porovnání dat využívání dendromasy a biomasy obecně v České republice a Evropské unii.

## **Klíčová slova**

dendromasa, energie, životní prostředí, Evropská unie, biomasa

## **Abstract**

Dendromass is one of the most commonly used resources for the production of heat energy, as well as electrical energy, and the most commonly used renewable energy source as such. The research is focusing on the processing of dendromass and the possibilities of use for energetic purposes, comparing the pros and cons of each. This work is also describing the main legislation regarding the topic and possible financial support and subventions in this field. At the same time, it includes the description of the influence on environment, from its cultivation, processing, transport and storage till the fabrication of energy itself. The research is also analyzing numerous ways of transformations, from dendromass to energy, and their use. Last but not least, it demonstrates the comparison of data concerning the use of conventional resources, as well as renewable ones and the data demonstrating the use of dendromass and biomass in Czech Republic and in European Union in general.

## **Key words**

dendromass, energy, environment, European Union, biomass

# Obsah

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Úvod.....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2. Cíle práce.....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>3. Metodika.....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>4. Literární rešerše.....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>4.1 Biomasa a dendromasa .....</b>  | <b>3</b>  |
| 4.1.1 Druhy biomasy .....  | 3         |
| 4.1.2 Rozdělení biomasy .....  | 4         |
| 4.1.3 Legislativa .....  | 5         |
| <b>4.2 Lesní dendromasa využitelná pro energetické účely .....</b>               | <b>8</b>  |
| 4.2.1 Výběr vhodných lokalit.....  | 8         |
| 4.2.2 Využitelná dendromasa.....   | 9         |
| 4.2.3 Pěstování intenzivních lesních kultur na lesní půdě .....                  | 12        |
| 4.2.4 Ekonomika zpracování těžebních zbytků .....                                | 16        |
| 4.2.5 Vliv zpracování na životní prostředí.....                                  | 19        |
| 4.2.6 Zpracování biomasy pro energetické účely.....                              | 20        |
| <b>4.3 Využití lesní dendromasy v energetice .....</b>                           | <b>23</b> |
| 4.3.1 Vlastnosti dendromasy a aspekty jejího využití k energetickým<br>účelům 24 |           |
| 4.3.2 Využití dendromasy pro získání energie a tepla .....                       | 28        |
| 4.3.3 Dendromasa jako zdroj tepla.....   | 36        |
| 4.3.4 Environmentální vlivy využití dendromasy pro energetické účely .....       | 41        |
| <b>4.4 Energetické využití v České republice a Evropské unii.....</b>            | <b>43</b> |
| 5.1.1 Využívání dendromasy .....   | 47        |
| <b>5. Diskuse.....</b>   | <b>50</b> |
| <b>6. Závěr.....</b>   | <b>51</b> |
| <b>7. Seznam literatury .....</b>  | <b>52</b> |

# 1. Úvod

Vzhledem k neustále narůstajícímu počtu obyvatel planety, je nutné se začít zamýšlet nad uspokojením současně narůstající poptávky na trhu s energiemi. Nejen v České republice nebo Evropské Unii roste spotřeba energie. Tento trend je celosvětový. Hlavním důvody pro omezení využívání fosilních paliv jako zdroje energie je ochrana životního prostředí a neobnovitelnost této suroviny. Jejich významnou nevýhodou je vypouštění emisí do ovzduší a tím pádem i negativní vliv na životní prostředí. Jedním z obnovitelných zdrojů, které je možné využívat pro energetické účely, je dendromasa. Mezi hlavní důvody, proč využívat dendromasu k energetickým účelům na místo fosilních paliv, je její obnovitelnost, vyrovnaná bilance oxidu uhličitého, nízké emise a lehká biologická odbouratelnost. Dendromasa má však mnoho výhod i oproti obnovitelným zdrojům energie. Zásadními výhodami jsou stálá dostupnost, energetická stabilita na rozdíl od jiných obnovitelných zdrojů a snadné skladování. V České republice, stejně jako v celé Evropské Unii, má využití obnovitelných zdrojů pro energetické účely rostoucí tendenci. Využití dendromasy hraje mezi těmito zdroji významnou roli. Při nahlížení na dendromasu, jako šetrného energetického zdroje, je potřeba brát v potaz vlivy na životní prostředí již od samotného pěstování, přes výchovné zásahy, zpracování, dopravu, výrobu energie, až po zpracování a využití vzniklého odpadu. Při celém procesu je totiž mnoho faktorů, které ovlivňují nejen výsledné náklady ale i vlivy na životní prostředí. V současné době existuje mnoho způsobů jak nejen dendromasu, ale biomasu obecně, přeměnit na energii tepelnou nebo elektrickou. Od využití v domácnostech za účelem vytápění, po využívání v elektrárnách pro vznik elektrické energie. Vzhledem k mnohdy neefektivnímu využívání, finanční náročnosti provozu, vysokým pořizovacím nákladům, nebo z důvodu šetrnosti k životnímu prostředí, existují různé druhy podpor a dotací. K využívání obnovitelných zdrojů nabádají dotace a podpora nejen z fondů České republiky ale i z fondů Evropské Unie.

## **2. Cíle práce**

Cíle práce jsou zhodnocení způsobů získávání dendromasy a možností jejího využití pro energetické účely, popis environmentálních vlivů využití a zpracování dendromasy, popis jednotlivých způsobů přeměny dendromasy na energii a analýza environmentálních aspektů a současného stavu využití dendromasy pro energetické účely v České republice a Evropské unii.

## **3. Metodika**

Práce je zpracována na základě informací nastudovaných z odborné literatury, zákonů a dokumentů institucí státních i Evropských. Součástí je podrobný popis způsobů, jak lze dendromasu k využití pro energetické účely získávat a zpracovávat. Práce obsahuje popis jednotlivých možností využití dendromasy pro získání energie, jejich výhod, nevýhod a účinnost, s jakou lze energii získat a jsou zde stanoveny rizika a limity omezující její využití. Do podrobnosti jsou zde rozepsány environmentální aspekty, které ovlivňují životní prostředí po celou dobu procesu od růstu po přeměnu na energii. Popis budoucího vývoje je podložen grafy a tabulkami, které jsou zpracovány na základě získaných dat. Tyto grafy a tabulky zároveň popisují současný stav využití dendromasy pro energetické účely v České republice a Evropské unii. Součástí je také výpis jednotlivých zákonů a nařízení upravujících využití dendromasy a podpor a dotací sloužících ke stimulaci subjektů k jejímu využívání.



## **4. Literární rešerše**

### **4.1 Biomasa a dendromasa**

Biomasaou můžeme nazvat jakoukoliv hmotu organického původu, která byla vyprodukována živočišnými nebo rostlinnými organismy. Jedná se o souhrn všech látek, které tvoří těla všech organismů, jako jsou houby, sinice, bakterie, rostliny a živočichové. Legislativně je biomasa definována v zákoně 165/2012 Sb. a ve vyhlášce 477/2012 Sb. Vyhláška č. 477/2012 Sb., o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení a uchování dokumentů a zákon č. 165/2012 Sb., zákon o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. (PSP ©2019)

Dendromasou nazýváme různé typy dřevin nebo dřevní odpad v podobě pilin, hoblin nebo odřezků z dřevozpracujících průmyslů. Jedná se tedy o zdřevnatělou organickou hmotu (biomasu).

#### **4.1.1 Druhy biomasy**

Biomasu rozdělujeme, dle akčního plánu pro biomasu, do pěti skupin. Jedná se o cíleně pěstovanou energetickou biomasu, materiálově nevyužitá biomasa, biomasa pro anaerobní fermentaci a procesy termické přeměny, biomasa výhradně pro anaerobní fermentaci a biomasa neobsažená v předchozích skupinách – využitelná pro anaerobní fermentaci a procesy termické přeměny. (MZE ©2012)

##### **4.1.1.1 Cíleně pěstovaná energetická biomasa (skupina 1)**

Do cíleně pěstované energetické biomasy patří biomasa určená pro spalování a zplynování nebo k anaerobní fermentaci (anaerobní fermentace je kontrolovaná přeměna organických látek bez přístupu vzduchu kdy dochází ke vzniku bioplynu a digestátu). Jedná se plodiny, u kterých se využívá veškerá nadzemní hmota. (MZE ©2012) Cíleně pěstovanou biomasu můžeme dle vyhlášky č. 477/2012 Sb. rozdělit do několika kategorií. Jsou to dřeviny (vrby, olše, topoly), obiloviny, travní porosty a ostatní (konopí seté, křídlatka, šťovík). Tuto kategorii označujeme jako lignocelulózoové. Další kategorií jsou olejnaté, mezi které řadíme např. řepku, slunečnici nebo len. Třetí kategorií jsou škrobnato-cukernaté, sem řadíme brambory, cukrovku, kukuřici nebo cukrovou třtinu.

#### **4.1.1.2 Biomasa neobsažená ve skupinách 1, 3, 4, - využitelná pro anaerobní fermentaci a procesy termické přeměny (skupiny 2)**

Biomasa určená pro anaerobní fermentaci, spalování a zplynování. Dle akčního plánu pro biomasu řadíme do této skupiny zrno obilovin (které není vhodné k potravinářskému využití), slámu obilovin a olejnin a ostatní části rostlin použité k energetickým účelům, invazní a expanzivní druhy vyšších rostlin, travní hmotu a biomasu z údržby zeleně, čistírenské kaly nebo dřevní hmotu o maximálním průměru 7 cm a délky 1 m. Rovněž sem patří zbytková biomasa z průmyslu, jako jsou pivovary, pekárny, lihovary, zpracování ovoce a zeleniny a podobně. (PSP ©2019)

#### **4.1.1.3 Materiálově nevyužitá biomasa (skupina 3)**

Do této skupiny řadíme veškeré zbytky a odřezky z dřevozpracujícího průmyslu, piliny, hobliny a štěpku. Jedná se o biomasu určenou ke spalování a zplynování. (PSP ©2019)

#### **4.1.1.4 Biomasa pro anaerobní fermentaci a procesy termické přeměny (skupina 4)**

Do této skupiny je zařazena biomasa určená pro anaerobní fermentaci, spalování nebo zplynování. Řadíme sem zbytkové oleje a tuky, výpalky a rostlinné zbytky z lihovarů, alkoholy vyráběné z biomasy, ostatní kapalná paliva a kůru. (PSP ©2019)

#### **4.1.1.5 Biomasa výhradně pro anaerobní fermentaci (skupina 5)**

Jedná se o biomasu určeno pouze pro anaerobní fermentaci, do které patří biomasa z živočišného průmyslu (masokostní moučka, kafilerní tuk, kaly, tuhé a kapalné živočišné exkrementy, znečištěná sláma), zbytky z kuchyní a jídelen a biologicky rozložitelná část vytríděného komunálního nebo průmyslového odpadu. (PSP ©2019)

### **4.1.2 Rozdělení biomasy**

Biomasu můžeme dále rozdělit podle místa jejich vzniku. Dle tohoto dělení rozlišujeme čtyři skupiny. Jedná se o zemědělskou biomasu, lesní biomasu, zbytkovou

biomasy a „staré dřevo“ (již nějakým způsobem využití dřevo vhodné ke zpracování pro energetické účely).

#### **4.1.2.1 Zemědělská biomasa**

Dle tabulky ve vyhlášce č. 477/2012 Sb. spadají do této kategorie skupina č. 1 a č. 2. Patří sem např. cíleně pěstované plodiny, biomasa obilovin, olejnin, sláma kukuřice, biomasa přadných rostlin, travní porost ale i rychlerostoucí dřeviny pěstované na zemědělské půdě. (PSP ©2019)

#### **4.1.2.2 Lesní biomasa**

Z hlediska lesnického sektoru můžeme do této kategorie zařadit vybrané druhy biomasy z vyhlášky č. 477/2012 Sb. Jedná se o zbytkovou hmotu z těžby dřeva, probírek, prořezávek, hmota z údržby zeleně v oblasti tratí a vodotečí a biopaliva vzniklá z této hmoty (štěpka) včetně vedlejších a zbytkových produktů vzniklých při jejich zpracování. Dále sem patří cíleně pěstované byliny a dřeviny včetně biopaliv z nich vyrobených a zbytkové hmoty vzniklé při jejich zpracování. Odřezky, hobliny, piliny, kůra nebo dřevo nevhodné k materiálovému zpracování a zbytky z průmyslového zpracování dřeva jako jsou dřevotřískové desky a dýhy. (PSP ©2019)

#### **4.1.2.3 Zbytková biomasa**

Do této skupiny spadá podle tabulky ve vyhlášce č. 477/2012 Sb. skupina č. 4 a č. 5. Jedná se především o biologicky rozložitelní zbytky z kuchyní a stravoven, biologicky rozložitelná vytríděná část průmyslového a komunálního odpadu, zbytkový jedlý olej a tuk, zbytkové produkty z destilace lihu, rostlinné oleje a živočišné tuky a taky kůra. (PSP ©2019)

#### **4.1.2.4 „Staré“ dřevo**

Do této kategorie řadíme starý nábytek, staré dřevo využití jako stavební materiál a podobně. (PSP ©2019)

### **4.1.3 Legislativa**

Mezi legislativu, která se zabývá pěstováním a využitím lesní biomasy, patří legislativa týkající se lesnictví, zemědělství a energetiky.

#### **4.1.3.1 Legislativa České republiky**

- Zákon č. 289/1995 Sb. Lesní zákon.
- Zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny.

#### **4.1.3.2 Legislativa zabývající se energetikou a obnovitelnými zdroji**

- Zákon č. 107/2016 Sb. O podporovaných zdrojích energie.
- Zákon č. 165/2012 Sb. O podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů.
- Předpis č. 477/2012 Sb. Vyhláška o stanovení druhů a parametrů obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení uchování dokumentů.
- Vyhláška č. 5/2007 Sb., kterou se mění vyhláška č. 482/2005 Sb., o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy.
- Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie pro rok 2003.
- Usnesení vlády ČR č. 1140/2001 ze dne 7.11.2001, o vyhlášení Státního programu na podporu úsporenergie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2003.
- Usnesení vlády ČR č. 1095 ze dne 5.11.2003 ke Státnímu programu na podporu úspor energie avyužití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2004.  
(PSP ©2019)

#### **4.1.3.3 Energetická legislativa ČR:**

- Zákon č. 131/2015 Sb. Zákon, 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, a další související zákony
- Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření s energií.
- Usnesení vlády ČR č. 17 ze dne 3.1.2001, o protokolu z Melku.
- Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon).

- Usnesení vlády č.1079/2001, které schvaluje Národní program hospodárného nakládání s energií avyužívání jejích obnovitelných a druhotných zdrojů.
- Nařízení vlády č. 195/2001 Sb., ze dne 21.5.2001, kterým se stanoví podrobnosti obsahu územníenergetické koncepce. Směrnice Ministerstva životního prostředí o poskytování finančních prostředků ze SFŽP ČR.
- Rozhodnutí ERÚ o výkupních cenách OZE.
- Vyhláška MPO o povinném výkupu elektřiny z OZE.
- Vyhláška MPO ze dne 28.6.2001 o způsobu výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů a z kombinované výroby elektřiny a tepla.

(PSP ©2019)

#### **4.1.3.4 Dokumenty Evropské unie**

- Akční plán pro biomasu
- Akční plán pro lesy
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/77/ES, o podpoře elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie na vnitřním trhu s elektřinou

#### **4.1.3.5 Národní lesnický program**

Aktuálním lesnickým programem platným v České republice je Národní lesnický program pro období do roku 2013, schválený usnesením vlády č. 1221 ze dne 1. října 2008. Realizací klíčových akcí se zabývala Koordinační rada Národního lesnického programu. Výsledkem činnosti této rady je dokument „Závěry a doporučení Koordinační rady k realizaci Národního lesnického programu.“ Ačkoli je v názvu uveden rok 2013 je tento plán stále aktuální. V současnosti stále probíhá řada navržených opatření a výše zmíněný dokument „závěry a doporučení Koordinační rady k realizaci Národního lesnického programu“ byl například použit pro přípravu nového Programu rozvoje venkova pro období 2014–2020. Jedná se o strategické dokumenty vytvořené za účelem uplatňování trvale udržitelného obhospodařování lesů. Cílem je zvyšování konkurenceschopnosti lesního hospodářství při zohledňování nejnovějších vědeckých poznatků a zájmů ochrany přírody. (ÚHÚL ©2008)

#### **4.1.3.6 Akční plán pro biomasu**

„Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012–2020 představuje analýzu využití biomasy v ČR pro energetické účely a navrhuje opatření vhodná pro

udržitelnost zemědělsko-energetického propojení do roku 2020.“ (MZE ©2012) Akční plán byl schválený vládou České republiky dne 12.9.2012. Dokument slouží k určení potenciálu zemědělské půdy, aby byla zajištěna 100% potravinová soběstačnost a určení možností využití potenciálu zemědělské půdy a lesní biomasy pro energetickou potřebu. „Účelem je upřesnění odhadu možného přínosu biomasy pro energetickou bilanci.“ (MZE ©2012) Akční plán pro biomasu obsahuje informace o využití biomasy, včetně té pevné. Součástí jsou i informace o využití biomasy pro výrobu tepla a elektrické energie, výrobu bioplynu a kapalných biopaliv. Nedílnou součástí akčního plánu je návrh opatření vhodných pro udržitelnost této oblasti do roku 2020. (MZE ©2012)

## **4.2 Lesní dendromasa využitelná pro energetické účely**

Pro energetické účely je využitelných několik druhů produktů, které vznikají buď již při samotné těžbě, nebo při dalším zpracování. Při procesech zpracování by se však vždy měl brát zřetel na životní prostředí a na možné poškozování funkčnosti ekosystému. Z toho důvodu je důležitý výběr vhodných lokalit a porostů. Pro energetické účely jsou z lesní biomasy využitelné sortimenty hroubí, hmoty pařezů a kořenů a zbytkové hmoty ze zpracování dřeva.

### **4.2.1 Výběr vhodných lokalit**

Při výběru lokalit, vhodných pro následné využití zbytkové biomasy, by se měl brát zřetel na vhodné přírodní a stanovištní podmínky. Vhodné jsou porosty na souboru lesních typů, kde není nutnost ponechat vyprodukovanou hmotu. Obecně lze využívat porosty, které se nachází na živných a kyselých edafických řadách. Do této kategorie spadá většina u nás se nacházejících hospodářských lesů. Dalším faktorem pro výběr porostů je lokalita. Výběr vhodné lokality je důležitý nejen z ekonomického hlediska, ale také z hlediska ochrany životního prostředí. Při výběru nevhodné lokality (nepřístupnost, svažitost, vzdálenost k odvoznímu místu, překážkovost) se zvyšují nejen náklady ale i míra poškození životního prostředí. To je poškozováno hlavně technikou využitou pro těžbu a transport. Vhodné jsou lokality s porosty spadající do terénních skupin A a B (viz tab. č. 1). Ty jsou únosné bez větších terénních překážek a sklon se pohybuje v rozmezí 0–40 %. (ÚHÚL ©2012, Kadavý et al. 2007)

Tabulka 1: tabulka terénní klasifikace a technologická typizace. (ÚHÚL ©2012)

| Sklon terén<br>v % |           | Únosné<br>terény |         | Neúnosné<br>terény |         | Terény s<br>překážkami |         |
|--------------------|-----------|------------------|---------|--------------------|---------|------------------------|---------|
|                    |           | typ              | skupina | typ                | skupina | typ                    | skupina |
| 1                  | do 8 %    | 11               | A       | 21                 | D       | 31                     | E       |
| 2                  | 9 - 15 %  | 12               |         | 22                 |         | 32                     |         |
| 3                  | 16 - 25 % | 13               |         | 23                 |         | 33                     |         |
| 4                  | 26 - 40 % | 14               | B       | 24                 |         | 34                     |         |
| 5                  | nad 40 %  | 15               | C       | 25                 |         | 35                     |         |

#### 4.2.2 Využitelná dendromasa

Hmotu lesní dendromasy využitelnou k energetickým účelům můžeme rozdělit do několika kategorií. Jedná se o sortimenty hroubí, pařezy a kořeny a využití zbytků ze zpracování v dřeva.

##### 4.2.2.1 Využití sortimentů hroubí

Pro energetické účely je vhodné využít objem sortimentů spadajících do 5. (vláknina) a 6. (palivo), popřípadě i 4. (důlní dříví, dolovina) třídy z celkem šesti rozlišovaných tříd jakosti sortimentu (viz tabulka č. 2). Ostatní třídy jdou vzhledem k vyšší kvalitě, z toho důvodu i vyšší ceně, pro využití k energetickým účelům nevyužitelné. Další faktor ovlivňující možnost využití hroubí je množství kůry. (Palacka et al. 2017) Objem kůry je vypočítáván jako 10 % z celkového vytěženého objemu. Objem využitelné kůry je 20 % z objemu kůry. Po přepočtu je tedy objem využitelné kůry roven 2 % celkového vytěženého objemu. Celkový využitelný objem se tedy rovná 92 % z celkového vytěženého objemu. (ÚHÚL ©2012, Kadavý et al. 2007)

Tabulka 2: Tabulka jakostních tříd dříví. (LČR ©2002)

| Třída jakosti | sortimenty  | značky                   |
|---------------|---|--------------------------|
| I.            | dýhárenské výřezy<br>rezonanční výřezy<br>speciální průmyslové výřezy   | D<br>R<br>SP             |
| II.           | překližkárenské, zápalkářské,<br>sudárenské výřezy  | L                        |
| III.          | paliřské výřezy a pražcové výřezy<br>jakost A<br>jakost B<br>sloupové výřezy<br>speciální důlní výřezy<br>buková pražcovina | A<br>B<br>S<br>SDV<br>BP |
| IV.           | dříví pro výrobu dřevoviny<br>dolovina<br>tyče a tyčky  | DR<br>DV<br>TY, TK       |
| V.            | vlákninové a ostatní průmyslové dříví   | VP                       |
| VI.           | palivové dříví  | PAL                      |
| ostatní       | lesní štěpka<br>surové kmeny  | LS<br>SK                 |

#### 4.2.2.2 Využití pařezů a kořenů

Hmota pařezů a kořenů je získávána tzv. klučením. Jedná se o odstraňování podzemních částí stromů. V historii se tato činnost prováděla sekerou, pilou a koňským nebo volským potahem. (Kadavý et al. 2007) V současnosti je k tomu využívána těžká technika, jako jsou lesní kolový traktor, speciální lesní kolový traktor nebo bagr. Vzhledem k náročnosti tohoto procesu je obvyklé tuto činnost provádět pouze v určitých formách lesnického obhospodařování, a to převážně v borových oblastech a lužních lesích nebo v případech odlesňování za účelem vzniku nových staveb, komunikací nebo vodních ploch. Podle odhadů je klučení zdrojem kolem 50 000 m<sup>3</sup> pařezové hmoty ročně. Jedná se o plochu zhruba 1000 ha při zásobě hmoty 50 m<sup>3</sup>/ha. Tato hmota je ovšem pro energetické účely prakticky nevyužitelná. Nejen z důvodu nestandardních rozměrů, a proto i vyšších nákladů na přepravu. Dalším důvodem je, že obsahuje značné množství zeminy a kamenů. Z toho důvodu je možné pro zpracování pařezové hmoty využít pouze drtiče, a ne běžné sekačky nebo štěpkovače. Výsledná drť má ale jiné vlastnosti a při přeměně na energii pomocí spalování se chová, kvůli nižší prostupnosti vzduchu jinak. Dalšími možnostmi pro



zpracování této hmoty jsou shrnování do valů nebo prohlubní, zasypávání ve vyhloubených příkopech nebo vypalování. Při vypalování ale dochází ke spálení veškeré organické hmoty nacházející se v blízkosti vypalovaného místa. To má za následek nedostatek živin a vznik méně úrodné půdy. (ÚHÚL ©2012).

#### 4.2.2.3 Využití zbytků ze zpracování dřeva

Při zpracování dřeva dochází ke vzniku poměrně značného množství vedlejších a zbytkových produktů, které je vhodné využít pro vznik energie. Přibližné množství odpadu nám ukazuje tabulka č. 3. Ke vzniku těchto vedlejších produktů dochází hlavně v nábytkářském a dřevozpracujícím průmyslu nebo při výrobě celulózy. V případě nábytkářského průmyslu se jedná o zbytky vznikající při výrobě nábytku, především hobliny a odřezky. U dřevozpracujících závodů vznikají při zpracovávání dřeva vedlejší produkty, jako jsou krajiny, odřezky, piliny a řezivo. Při výrobě celulózy se jedná o zbytkovou dřevní hmotu vznikající při výrobním procesu.

Tabulka 3: Zdroje zbytků ze zpracování dřeva. (MZE ©2012)

| Druh provozu                  | Výrobek               | % odpadu při zpracování | Vlastní spotřeba |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------|
| Stavební truhlářství          | Okna                  | 40                      | až 50 %          |
| výroba profilů                | Podlahy               | 30                      | až 66 %          |
| Truhlářství (masivní nábytek) | Masivní nábytek       | 40-50                   | cca 33 %         |
| Truhlářství (dřevotřískas)    | Dřevotřískový nábytek | 10-15                   | 100-150 %        |

Na základě průměrného pořezu při zpracování, dodávek dříví, poměru odvozu a vývozu můžeme stanovit přibližné množství objemu dřevního odpadu ze zpracování dřeva. „Průměrná hodnota pořezu byla stanovena na 25 % ze zpracovaného množství, celkový objem dřevního odpadu ze zpracování dřeva byl vyčíslen na 1,617 mil. m<sup>3</sup>.“ (Nikl, 2007) Celkové množství energeticky využitelné dendromasy se pohybuje kolem 4 083 000 m<sup>3</sup> (viz tab. č. 4).

Tabulka 4: Potenciál lesní dendromasy pro ČR. (ÚHÚL ©2012).

| Odhad potenciálu lesní dendromasy pro ČR (k roku 2005) |                          |
|--|--------------------------|
| palivové dříví   | 1 225 000 m <sup>3</sup> |
| zbytky po mýtní a předmýtní těžbě v lese               | 1 241 000 m <sup>3</sup> |
| dřevní odpad ze zpracování dřeva                       | 1 617 000 m <sup>3</sup> |
| dendromasa pro energetiku celkem                       | 4 083 000 m <sup>3</sup> |

### 4.2.3 Pěstování intenzivních lesních kultur na lesní půdě

Dalším způsobem získání dendromasy vhodné k využití k energetickým účelům je pěstování intenzivních kultur na lesní půdě. Vzhledem k lesnímu zákonu je pěstování intenzivních lesních kultur na lesní půdě možné pouze u lesů vedených jako hospodářské. Nejvýhodnější je k tomuto záměru využít pozemky lužních stanovišť (CHS 19), popřípadě i olšových podmáčených stanovišť. Pěstování dřevin s velmi krátkou dobou obmýti však na lesní půdě možné není. K pěstování rychle rostoucích dřevin jsou nejideálnější lužní stanoviště topolových, jilmových a potočních luhů s občasným nebo každoročním zaplavováním nacházející se v teplých oblastech. Pro pěstování dřevin za účelem využití v energetice jsou nejčastěji využívány topoly, vrby a olše. Další možností, jak pěstovat dřevní hmotu pro energetické využití je tzv. nízký les. Nízký les „je charakterizován převažujícím podílem vegetativní obnovy, zejména využitím pařezové nebo kořenové výmladnosti.“ (ÚHÚL ©2012)

#### 4.2.3.1 Pěstování topolů

Přirozený rozsah topolu (*Populus* sp.) přesahuje velmi široké ekologické podmínky napříč severní polokoulí. (Stanton et al. 2014)

Pro pěstování topolů jsou ideální oblasti, které jsou dobře zásobené živinami a trvale zásobeny vodou. Teplota by zde neměla v období od června do srpna klesat pod 15 °C. Jako vhodné se tedy jeví oblast od Polabí až po Žateckou pánev v Poohří a oblast jižní Moravy. Nejvhodnější jsou půdy hlinité a jílovité až těžce jílovité, které jsou mocné v průměru 2–3 m. Výška hladiny spodní vody by se měla pohybovat mezi 1–2 m, popřípadě až k půdnímu povrchu. Jde tedy o půdy dobře zásobené vodou. Půda by měla být kyselá nebo mírně kyselá až neutrální, která je dobře zásobena rostlinnými živinami. Nejčastěji jsou využívány topoly ze sekce *Aigerios*. Ty se vyznačují produkcí kvalitní dřevní hmoty s poměrně rychlou obmýtní dobou. Dále se pěstují topoly ze sekcí *Leuce* a *Tacamahaca*. Pro výsadbu plantáží za účelem využití v energetice se doporučuje multiklonální směs „Max 4 J-104“ a „Max 5 J-105“, ty se jsou typické svou velmi vysokou produkcí. Z hlediska cílů hospodaření rozlišujeme 4 způsoby intenzivního pěstování topolů. (ÚHUL ©2012)

#### - **Pěstování v lignikulturách**

Cílem tohoto způsobu pěstování je vypěstovat výřezy zvláštní jakosti s dobou obmýetí 15–20 let. Na celoplošně připravené půdě se zakládají pomocí 2 až 3letých odrostků ve sponu nejméně 6 x 6 m. Kultivace se provádí 2 – 3x ročně. (ÚHUL ©2012)

#### - **Intenzivní topolové kultury**

Cílem je vypěstování sortimentů kulatiny s dobou obmýetí 20–25 let. Kultury jsou zakládány pomocí sazenic, a to ve sponu 4 x 4 m až 5 x 5 m. Když se koruny začnou dotýkat, upravíme spon na 6 x 6 m. (ÚHUL ©2012)

#### - **Topolové kultury pro produkci celulózy nebo pro jiné využití**

Jedná se o takový způsob pěstování, jehož cílem je produkce suroviny pro výrobu dřevotřískových a dřevovláknitých desek nebo produkce vlákniny. Kultury se zakládají v sponěch 3 x 3 m a doba obmýetí se pohybuje mezi 10–15 lety. (ÚHUL ©2012)

#### - **Pěstování pro energetické nebo jiné využití**

Zakládání porostů na lesních pozemcích je téměř stejné jako zakládání plantáží rychle rostoucích dřevin na zemědělské půdě. Na celoplošně připravené půdě se zakládá porost pomocí řízků ve sponěch od 0,3 x 0,9 m až po 3 x 3 m s dobou obmýetí od 1 do 5 let. Vzhledem k tomu, že již po prvním cyklu se půda vyčerpává, je vhodné přihnojení. Biomasa z těchto ploch se nejčastěji využívá pro energetické účely, je jí však možné využít i jako krmivo nebo chemicky zpracovat. (ÚHUL ©2012)

#### **4.2.3.2 Pěstování vrb**

K výsadbě a pěstování vrb na lesní půdě se vrby využívají v mnohem menší míře než topoly. Ideální jsou oblasti lužních lesů, kde je nevhodné využití jiných dřevin z důvodu příliš vysoké podzemní vody. Dále jsou pro pěstování vrb vhodné plochy v okolí vodních ploch nebo v okolí vodotečí, kde hladina se hladina podzemní vody pohybuje ideálně kolem 0,6 m, ale neklesne pod 1 m. Ve výsadbách určených k využití v energetice se nejčastěji využívá vrba košíkářská nebo kříženci s vrbou trojmužnou a vrbou nachovou. To jsou zároveň nejvyužívanější druhy vrb k výsadbě na lesních pozemcích. Plochu pro výsadbu je nutné celoplošně připravit hlubokou orbou, hnojením a ničáním vytrvalých plevelů. Pro zakládání vrbových plantáží na

lesních pozemcích se využívají řízky o délce 20 cm ve sponu 50 x 10 – 70 x 20 cm. Pro energetické využití se proutí z vrboven sklízí každoročně nebo ve dvouletém až pětiletém intervalu. (ÚHUL ©2012)

#### **4.2.3.3 Pěstování olší**

Vzhledem ke svému rychlému růstu a vysoké produkci dřevní hmoty můžeme olše rovněž zařadit do skupiny rychle rostoucích dřevin s využitím na lesních pozemcích. V České republice rozlišujeme tři druhy olší, jsou to olše zelená, šedá a lepkavá. Olše zelená se vyskytuje na stanovištích s tekoucí pramenitou vodou nacházející se ve vyšších nadmořských výškách. Vzhledem ke schopnosti kořenů poutat pohyblivé podklady se často využívá ke zpevňování horských bystrin nebo v lavinových oblastech. Je poměrně odolná a schopná obohacovat chudší stanoviště. Pro využití k energetickým účelům je však nevhodná. Olše lepkavá a šedá jsou mnohem více rozšířené než zmiňovaná olše zelená. Olše lepkavá má ovšem vyšší přírůstky a zároveň i vyšší kvalitu dřeva. Ideální jsou stanoviště s humózní a hlubokou půdou, která je trvale zásobená vodou. Olše je tedy vhodné využít pouze na stanovištích, které nejsou vhodné pro jiné dřeviny. Vhodné je tuto dřevinu využít jako přípravou kdy se dřevní hmota využije k energetickým účelům a následnou obnovou porostu na stanovišti cílovou dřevinou. (ÚHUL ©2012)

#### **4.2.3.4 Nízký les**

Dle vyhlášky č. 83/1996 Sb. se rozlišují tři tvary lesů. Jsou jimi les vysoký, střední a nízký. V případě nízkého lesa se jedná o tvar lesa, který se zakládá systematicky opakovanou vegetativní obnovou výmladky (Tesař, 1994). K zakládání pařezin se využívá buď přirozená obnova, nebo umělá obnova pomocí výsadby. Výchova se provádí pouze v případě, kdy je nutné upravit hustotu nebo kvalitu budoucích sortimentů. Dle platné legislativy se doporučuje doba obmýtlí 40 let u tvrdých pařezin a 20 - 30 let u pařezin měkkých. Dřeviny využívané pro tvar nízkého lesa jsou hlavně duby, habry a olše (viz tab. č. 5), dále se také využívají javory, jilmy, jasany, buky a další (Kadavý et al. 2007)

Tabulka 5: Přehled produkce a energetického potenciálu tří hlavních dřevin nízkého lesa a srovnání se smrkem (\* přepočítáno na 20% vlhkost, V. - nejhorší bonitní třída, I. - nejlepší bonitní třída, CPP – potencionální těžba dříví na 1 ha za rok). (Kadavý et al. 2007)

| Dřevina                       | Dub   |       | Habr |       | Olše  |       | Smrk |       |
|-------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|
| Relativní bonita              | V.    | I.    | V.   | I.    | V.    | I.    | V.   | I.    |
| Obmýetí                       | 30    | 20    | 50   | 40    | 40    | 20    | 120  | 100   |
| CPP (m <sup>3</sup> /ha)      | 2,8   | 11,7  | 1,1  | 4,7   | 3,2   | 14,4  | 2,2  | 7,5   |
| Hustota (kg/m <sup>3</sup> )* | 760   |       | 820  |       | 520   |       | 470  |       |
| Výhřevnost (KJ/kg)*           | 9340  |       | 9000 |       | 9402  |       | 9528 |       |
| Energie z 1 ha celkem (MJ)    | 19874 | 83047 | 8118 | 34686 | 15646 | 70405 | 9852 | 33586 |

#### 4.2.3.5 Vliv rychle rostoucích dřevin na životní prostředí

Jedná se o udržitelnou alternativu jako zdroje pro energetické účely oproti fosilním palivům. (Bacenetti et al. 2016)

Pěstování rychle rostoucích dřevin přispívá ke snižování emisí CO<sub>2</sub>, produkce odpadů a nebezpečných emisí (CH<sub>4</sub>, NO<sub>X</sub>, SO<sub>X</sub>, toxických stopových prvků). (Niemczyk et al. 2018)

Rychle rostoucí dřeviny také napomáhají k zachycování a uchování toxických složek, které jsou obsaženy v popelu. (Vassilev, 2015)

Při pěstování rychle rostoucích dřevin však dochází k ochuzování půdy o značné množství prvků. Sušina dřeva obsahuje 45–50 % uhlíku (C), 43 % kyslíku (O), 6 % vodíku (H), 0,6 % dusíku (N), 0,2 % síry (S) a ve velmi nízkém procentu také fosfor (P), draslík (K), sodík, (Na), hořčík (Mg), vápník (Ca) a železo (Fe). V ekosystému jsou tyto prvky po odumření z velké části mineralizovány a znovu využity, část je uvolněna do ovzduší a vlivem srážek se dostane do povrchových i podzemních vod. Pokud tedy se většina narostlé hmoty sklídí a odveze, dochází k významnému narušení koloběhu. Ubývají živiny obsažené v půdě a dochází k poklesu pH. To má za následek nižší úrodnost půdy, tím pádem i nižší výnosy. (Kašinský, Wagner, 2019)

#### 4.2.4 Ekonomika zpracování těžebních zbytků

Veškeré práce spojené se zpracováním energeticky využitelné dendromasy ovlivňují její konečnou cenu. Tyto práce dělíme do několika skupin, které na sebe navazují. Prvním krokem je přibližování dendromasy. Jedná se o vývoz z místa zpracování, obvykle nazývaného lokalitou „pařez“, na odvozní místo. Z této lokality se v Evropské Unii podaří vyvézt průměrně 60–80 % těžebních zbytků. (Lundborg, 1998) V České republice se je vyvážení těžebních zbytků méně úspěšné a pohybuje se kolem 35 %. (Simanov, 1995) Dalším krokem je zpracování dendromasy. Vzhledem k nákladům na přepravu je vhodné, aby přepravovaný náklad měl co nejmenší objem. Proto se před transportem zpracovává pomocí štěpkování, drcení nebo balení. Následuje manipulace a přeprava dendromasy na místo využití ke zpracování k energetickým účelům. Posledním krokem je skladování.

##### 4.2.4.1 Přibližování dendromasy

Způsob sběru a přibližování dendromasy na odvozní místo je závislý na způsobu jakým probíhá samotná těžba. V případě využití harvesterové technologie je vhodné už při odvětvování a výrobě sortimentů ukládat klest na hromady vedle linek s následným odvozem pomocí vyvážecí soupravy. Ačkoli je využití mechanizace až o 30 % účinnější než manuální síla, zůstává na lokalitě „pařez“ až 20-30 % těžebních zbytků. (Eriksson, 1994) V České republice při moto-manuelním způsobu těžby bývají nejčastěji využívány shrnovače klestu v kombinaci s kolovými traktory, které jsou vybaveny adaptéry na vyvážení klestu. Takto shrnutý klest obvykle obsahuje velké množství zeminy a není proto vhodné následné využití štěpkovače. Pro zpracování této hmoty se z pravidla využívají drtiče. Cenu přibližování klestu pomohla určit veřejná soutěž vyhlášená Vojenskými lesy a statky, s. p. Jednou z podmínek soutěže byla nabídka ceny přibližování klestu z lokality „pařez“ na odvozní místo.

Tabulka 6: Cena vyvážení klestu na odvozní místo. (Chytrý, 2007)

|        | Vyvážecí vzdálenost   |                       |                       |                       |                                  |
|--------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|
|        | do 300 m vč.          | 301-800 m             | 801-1 000 m           | 1 001-1 300 m         | Každých dalších započatých 300 m |
| Průměr | 102 Kč/m <sup>3</sup> | 122 Kč/m <sup>3</sup> | 140 Kč/m <sup>3</sup> | 152 Kč/m <sup>3</sup> | 19 Kč/m <sup>3</sup>             |

Dle Chytrého (2007) je klest nejčastěji přepravován na vzdálenost do 800 m, kdy jsou první dvě skupiny zastoupeny ve stejném podílu. Vyvážení klestu nad 800 m se vyskytuje pouze zřídka. Z toho lze vypočítat, že průměrná cena za odvoz klestu je 112 Kč/m<sup>3</sup> (viz tab. č. 6).

#### **4.2.4.2 Zpracování dendromasy**

Zpracování dendromasy slouží k úpravě velikosti, aby byla přeprava co nejefektivnější a tím i ekonomicky co nejvýhodnější. Dendromasu lze zpracovávat štěpkováním, drcením nebo balíkováním. Výsledkem zpracování ovšem není zušlechtnění paliva nebo zvýšení jeho výhřevnosti. (Ramsay, 2012)

##### **- Štěpkování**

Ke štěpkování je využívána pouze kvalitní neznečištěná dendromasa, jejíž součástí nejsou horniny nebo zemina. Je to hlavně z důvodů využívání ostrých nožů, které slouží ke krácení hmoty a mohlo by dojít k jejich otupení. (Chytrý, 2007) V průměru se uvádí cena štěpkování 3025 Kč za hodinu práce štěpkovače. Produkt vzniklý štěpkováním je odběrateli nejpreferovanější. (LHMP ©2018)

##### **- Drcení**

U odběratelů méně oblíbený produkt, který vzniká drcením dendromasy kladivý. Výsledkem drcení jsou různorodě velké části rozlámané dendromasy pro jejichž spalování je nutné mít kotel s upravenými dopravními cestami pro přepravu této hmoty. Cena drcení je obdobná jako u štěpkování, 3095 Kč za hodinu práce drtiče. (LHMP ©2018)

##### **- Balení dendromasy**

Balení dendromasy je poměrně moderní způsob zpracování dendromasy po těžbě, nejčastěji využívaný ve skandinávských zemích. Jedná se o stlačení dendromasy do balíků, s nimiž je snazší manipulace a mají delší trvanlivost než štěpka nebo drť. Pro tento způsob zpracování dendromasy jsou však vhodné pouze jehličnaté stromy, které po vylisování drží tvar. Dendromasu z listnatých stromů nedokáže balička slisovat a zabalit do tvaru vhodného k přepravě, a proto je ke zpracování tohoto druhu dendromasy nevhodná. V České republice však zatím nejsou pro takto zpracovanou dendromasu odběratelé vybaveni a z toho důvodu je nutné balíky před jejich využitím

pro energetické účely štěpkovat, což jsou náklady navíc. Z těchto důvodů se u nás tato metoda nevyužívá. (Pari et al. 2017)

#### 4.2.4.3 Manipulace a doprava dendromasy

Manipulací rozumíme veškeré kroky, které je třeba udělat pro zajištění přepravy z odvozního místa k odběrateli dendromasy. Jedná se o operace, které nejsou nezbytné a v ideálním případě jsou vynechány. Jejich provedení zvyšuje náklady a tím i konečnou cenu dendromasy. Při manipulaci a dopravě rovněž dochází ke ztrátám materiálu, tyto ztráty se pohybují kolem 5 %. (Vávrová et al. 2017) Nejčastěji se jedná o foukání štěpky na hromady, z nichž jsou pak nakládány pomocí nakladače do prostředků sloužících k přepravě. Druhou variantou je foukání štěpky do traktorových vleků, které ji odváží na překladiště kde se překládá do velkoobjemových přepravních prostředků. Doprava dendromasy je naopak krok nezbytně nutný. Jedná se o přepravu ke konečnému odběrateli. V zásadě se jedná o přepravu regionální, neboť delší vzdálenosti opět zvyšují náklady a zároveň i cenu. K přepravě dendromasy se využívají dva způsoby. Jde o dopravu silniční a kombinovanou (železniční a silniční). Kombinovaná přeprava je vzhledem k využití železnic vhodná pouze pro přepravu na delší vzdálenosti. Kalkulace pro oba druhy přepravy byla zpracována v rámci studie „potenciál dřevní hmoty pro energetické využití v Plzeňské teplárenské, a.s., II. Část.“ (Chytrý, 2007)

Tabulka 7: Ceny přepravy dendromasy v Kč/t. (Chytrý, 2007)

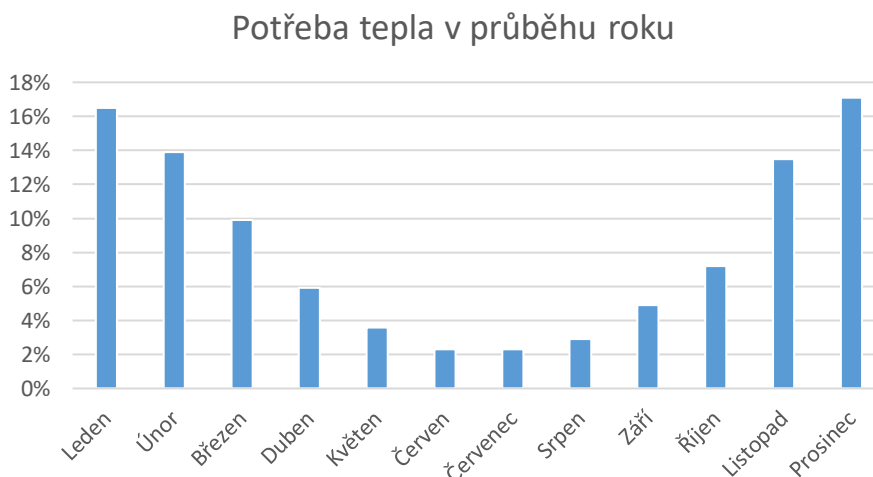
|                       | Silniční | Kombinovaná | Rozdíl |
|-----------------------|----------|-------------|--------|
| Oblast do 20 km       | 78       | 358         | -280   |
| Oblast do 40 km       | 121      | 387         | -265   |
| Oblast do 60 km       | 173      | 434         | -261   |
| Oblast do 80 km       | 220      | 481         | -261   |
| Zájmová oblast celkem | 172      | 435         | -263   |

Ze studie vyplývá, jak je vidět v tabulce č. 7, že silniční přeprava je v porovnání s kombinovanou mnohem výhodnější. Pokud by se ke kombinované přepravě připočetly i náklady na manipulaci, je kombinovaná přeprava naprosto konkurence neschopnou.



#### 4.2.4.4 Skladování dendromasy

Vzhledem k chemickým procesům a aktivitě bakterií a hub, je štěpka pro skladování poměrně nevhodnou surovinou. Vlivem těchto faktorů dochází ke ztrátě objemu a ke zvyšování vlhkosti. (Simanov, 1993) Spotřeba dendromasy pro energetické účely je však v průběhu roku nevyrovnaná a závisí na ročním období a aktuální potřebě tepla (obr. 1). Z toho důvodu je potřeba skladování nutná.



Obrázek 1: Procentuální potřeba tepla v průběhu roku. (Chytrý, 2007)

Vzhledem k výše zmíněným důvodům se však dlouhodobé skladování nedoporučuje. Ideální je minimalizovat zásoby a nahradit je včasnými dodávkami, neboť skladování opět zvyšuje náklady.

#### 4.2.5 Vliv zpracování na životní prostředí

Při zpracování dendromasy může docházet k mnoha způsobům ovlivnění životního prostředí a narušení lesního ekosystému. Práce strojů má vliv nejen na zvěř, která v lesním porostu žije ale i na samotný porost. Hlavním způsobem, jakým dochází k poškozování životního prostředí, je práce strojů. Vzhledem k velikosti a náročné manipulaci se stroji jako jsou harvestory, vyvážecí soupravy, lesní kolové traktory nebo speciální lesní kolové traktory dochází poměrně často k poškozování porostu a půdy. Nejčastějším způsobem je odírání kmenů a lámání větví a nízkého porostu. Vlivem hmotnosti může rovněž docházet ke zhutňování půdy a tím zvýšenému povrchovému odtoku vody. To má za následek nedostatek vody vlivem snížení funkce vsakování a zadržování vody. Stroje rovněž svým hlukem a vibracemi stresují zvěř, což může mít za následek snížení reprodukčních schopností. Méně častý

vliv na životní prostředí je možný únik provozních kapalin, který může kontaminovat povrchové zdroje vody sloužící k napájení zvěře, jako jsou studánky nebo potoky a potůčky. Je třeba také zmínit znečišťování ovzduší, ke kterému dochází při práci strojů vlivem spalování pohonných hmot. Nejzásadnějším způsobem, jak tyto negativní vlivy v co největší míře omezit je řádné proškolení operátora který daný stroj obsluhuje a jeho zodpovědné chování při manipulaci se stroji. Tím lze snížit nejen množství odřených kmenů nebo polámaného porostu ale i možnost vzniku havárie v podobě úniku provozních kapalin. Zodpovědným chováním lze dosáhnout snížení znečišťování ovzduší omezováním neproduktivních časů při těžební činnosti.

#### **4.2.6 Zpracování biomasy pro energetické účely**

Biomasu lze pro energetické účely zpracovávat několika způsoby. Hlavními způsoby jsou mechanická úprava, termické procesy a biochemické a chemické přeměny.

##### **4.2.6.1 Mechanická úprava**

Mechanicky se biomasa zpracovává buď za účelem usnadnění její přepravy, nebo již do finální podoby. Jedním z důležitých ekonomických aspektů, které mají vliv na cenu a tím pádem i na využívání biomasy, jsou náklady na přepravu. Ke snížení těchto nákladů a zvýšení efektivity přepravy patří řezání pro zpracování na řezivo a palivo a štěpkování nebo drcení. Štěpkování a drcení zmenší objem přepravovaného nákladu a zároveň slouží jako předstupeň pro výrobu briket a pelet. Všechny tyto produkty jsou využívány především pro výrobu tepla nebo energie.

##### **- Štěpkování**

Při štěpkování je vstupní materiál pomocí štěpkovače dělen ostrými noži na homogenní štěpku. „Štěpkovač je stroj dělící dendromasu řezným účinkem nožů umístěných na rotujícím disku nebo bubnu.“ (Příhoda, 2007)

##### **- Drcení**

Drcení je způsob zpracování materiálu, kdy je vstupní hmota dělena pomocí kladiv, která jsou umístěna po obvodu rotoru. Vstupní hmotou bývá zpravidla hmota nevhodná pro štěpkování, tedy hmota znečištěná, drobná a mimořádně netvárná.

Drtiče mají na rotoru pohyblivě nebo pevně umístěná kladiva, která nárazy rozměňují hmotu. (Příhoda, 2007)

#### - **Brikety a jejich výroba**

Briketa je mechanicky zhutněný hořlavý materiál (nejčastěji vyráběný z lesní biomasy) do tvaru válce, kostky nebo kvádru (obr. 2). Nejčastěji využívanou formou dřeva pro výrobu briket jsou piliny, hobliny, třísky a štěpka. Touto sypkou biomasou se naplní zásobník, ze kterého jde hmota přes síto o frakci 0–10 mm. Hrubší hmota, která neprojde skrz síto se dále dodrcuje buď v kladivovém mlýně nebo v rychloběžném drtiči. Takto zpracovaná hmota se opět smíchá s prosetou biomasou. Dalším krokem je sušení. K vysušení přebytečné vlhkosti se nejčastěji používají zemědělské horkovzdušné sušárny. Jedná se o třicestné rotační bubnové sušárny, u kterých lze dosáhnout odpařivosti až 2 000 kg vody za hodinu. Lisování vysušené hmoty do požadovaného tvaru se provádí za pomoci vysokého tlaku a zvýšené teploty. Vysoká teplota slouží k tavení smůly a ligninu obsaženého v ní. To zároveň slouží jako pojivo, neboť lepidla a jiné příměsy se používat nesmí. Pro samotné lisování se používají tři druhy lisů, jsou to hydraulické, šnekové a mechanické (klikové) lisy. Princip výroby briket je ovšem téměř totožný. V případě šnekového lisu je ze zásobníku dávkována vysušená biomasa. Hmota je vtačována do lisovací komory, která je trvale vyhřívána na teplotu 250 °C. Dále prochází přes kuželové lisovací pouzdro, ze kterého vychází konečný produkt, kterým je v podstatě nekonečný válec o průměru zhruba 60 mm a měrnou hmotností kolem 1200 kg/m<sup>3</sup>. V případě mechanických a hydraulických lisů jsou využívány formy ve tvaru kvádrů nebo krychlí ve kterých je hmota tlakem lisována. (Mlaťák, Vaculík, 2008)



Obrázek 2: Brikety ([www.ceska-peleta.cz/brikety](http://www.ceska-peleta.cz/brikety)).

## - Pelety a jejich výroba

Podobně jako u briket se nejčastěji jedná o lesní biomasu (odkorněnou), která je zpracována pomocí vysokého tlaku a teploty (obr. 3). Výhodou je vysoká výhřevnost, mechanická stálost a poměrně nízkým množstvím popela vzniklého při spalování. Toho je docíleno využitím chemicky neošetřeného dřeva, které neobsahuje kůru a další příměsi. K výrobě pelet je však možné využít i lesní biomasu neodkorněnou. Surovinou pro výrobu peletek je nejlépe čistá dřevní hmota ve formě pilin s minimem dřevního prachu, který zhoršuje pevnost pelet.“ (Mlat’ák, Vaculík, 2008) Protože se pelety nejčastěji vyrábí ze zbytků zpracovaného surového dřeva, u kterého se vlhkost pohybuje mezi 40–60 %, je potřeba hmotu vysušit, aby se vlhkost pohybovala mezi 10–15 %. Vzhledem k rozdílné velikosti vstupního materiálu je po vysušení nutné hmotu upravit na požadovanou zrnitost (nejčastěji 3 – 3,5 mm). K tomu je nejčastěji využíván kladívkový drtič s oky v sítu o průměru 3,5 mm. Před samotným lisováním je hmota povrchově vlhčena. To má za následek změkčení a následnou ideální lepší pojivost materiálu. K lisování je ideálně využíván prstencový lis. Při protlačování skrz matici je hmota zahřívána na teplotu kolem 100 °C. Po vylisování je potřeba výsledný produkt v chladiči schladit na teplotu kolem 40 °C. Podíl jemných částic by neměl být vyšší než 1 % objemu. K dosažení tohoto výsledku je místěn mezi chladičem a zásobníkem výsledného produktu separátor. Separátor je vibrační síto, pomocí kterého je od pelet oddělen odrol, který je následně opět využit pro výrobu pelet. (Mlat’ák, Vaculík, 2008)



Obrázek 3: Pelety ([www.ceska-peleta.cz/pelety](http://www.ceska-peleta.cz/pelety)).

#### **4.2.6.2 Termické procesy**

Do této kategorie ředíme hlavně karbonizaci. Karbonizací se nazývá proces zušlechťování dřeva pro energetické účely. V minulosti se používal značně neekologický a ekonomicky neefektivní tepelný rozklad za anaerobních podmínek. V současnosti se využívá suchá destilace v karbonizačních pecích a retortách. Při tomto procesu vzniká oxid uhelnatý, toxické látky (formaldehyd a acetaldehyd) a karcinogenní pátky (fenoly a kondenzované uhlovodíky). Na 1 tunu dřevěného uhlí se spotřebuje zhruba 10 tun dřeva. (Kašinský, Wagner, 2019)

Dalším termickým způsobem přeměny je zplyňování. Jedná se o zpracování palivového a odpadního dřeva, nebo i slámy, k přeměně na plyn. Produktem je v tomto případě plyn, který je využíván k výrobě elektřiny a tepla. Rovněž lze využít například jako palivo do vozidel.

#### **4.2.6.3 Biochemické a chemické přeměny**

Biochemická a chemická přeměna je způsobována buď alkoholovým kvašením, metanovým kvašením nebo esterifikací surových olejů. Pro tyto způsoby jsou však využívány např. odpadní vody, exkrementy nebo rostlinná biomasa obsahující cukr a škrob. Pro lesní biomasu je proto tento způsob zpracování nepoužitelný. (Murtinger, Beranovský, 2008)

### **4.3 Využití lesní dendromasy v energetice**

Nejjednodušším a nejstarším způsobem využití dendromasy je spalování. Tato činnost byla provozována už v pravěku za účelem přežití a v podstatě tak byl položen základ pro energetické využívání dendromasy a biomasy obecně. Do současnosti ale prošlo toto odvětví velkými pokroky a v současnosti, díky moderním technologiím, dokážeme tento zdroj využívat mnohem efektivněji a hospodárněji. Ačkoliv objem energie vyrobené z biomasy nemůže konkurovat jiným zdrojům, jako jsou uhelné a jaderné elektrárny, jedná se o neustále se rozvíjející obor. (Ramsay, 2012)

Globální spotřeba energie je přibližně 140 000 TWh ročně, roční produkce biomasy představuje přibližně 270 000 TWh ročně, ale její podíl využití pro

energetické účely se pohybuje pouze mezi 10 a 13 % celosvětové spotřeby energie. (Dahlquist, 2013)

Z obnovitelných zdrojů je v Evropské unii vyrobeno 22,3 % energie a 65,5 % z tohoto podílu bylo vyrobeno z biomasy. (Vávrová et al. 2016)

V posledních 20 letech však význam biomasy jako zdroje pro výrobu elektrické energie neustále roste. „Dendromasa je jeden ze zdrojů obnovitelné energie, který může pomoci ke zmírnění změn klimatu a závislosti světa na fosilních palivech.“ (Manning, 2015)

Například na Slovensku se jako zdroj energie využívá ročně zhruba 400 000 tun biomasy. (Ilavský, Oravec, 2000)

Výhodou využití dendromasy pro energetické účely jsou přínosy nejen ekologické a krajinářské. Příznivý může být i dopad na zaměstnanost v méně osídlených částech republiky a zároveň může snížit závislost na dovozu primárních zdrojů energie. Dva nejběžnější způsoby, jak přeměnit energii lesní biomasy na energii elektrickou jsou spalování suché hmoty v tepelné elektrárně nebo přeměna na bioplyn pomocí anaerobní fermentace a následné spalování v motorovém agregátu. Dalším způsobem je spalování dendromasy za účelem vzniku tepla a ohřívání vody. To lze realizovat buď regionálně (pro celé obce) nebo v domácnostech.

#### 4.3.1 Vlastnosti dendromasy a aspekty jejího využití k energetickým účelům

Významnou vlastností dendromasy je, že při zahřátí na teplotu 200 °C a se zplyňuje. To znamená, že má velký podíl tzv. prchavé hořlaviny (viz tab. č. 8). Vlivem této vlastnosti se tvoří dlouhý plamen, který komplikuje konstrukci zařízení pro spalování dendromasy.

Tabulka 8: Obsah prchavé hořlaviny pro různá paliva. (Murtinger, Beranovský, 2008)

| Palivo     | Výhřevnost (MJ/kg) | Prchavá hořlavina (%) |
|------------|--------------------|-----------------------|
| Koks       | 28,5               | 1,5                   |
| Černé uhlí | 28                 | 20                    |
| Hnědé uhlí | 17                 | 55                    |
| Dřevo      | 18                 | 75                    |
| Sláma      | 16                 | 80                    |

Další významnou vlastností je obsah vody. Při spalování v nevysušeném stavu dochází ke snížení výhřevnosti na méně než polovinu. To je zapříčiněno hygroskopičností dendromasy, neboli náchylnost k vlhnutí i po vysušení. Prvním procesem, ke kterému dochází při zahřívání dřeva je odpařování vody. Odpařování spotřebuje poměrně značné množství tepla a jeho vlivem dochází k ochlazení. „Po odpaření vody dochází k růstu teploty, jejímž vlivem začne docházet k uvolňování dalších prchavých látek (např. pryskyřice) a k tepelnému rozkladu (pyrolíze) jednotlivých látek, ze kterých se dřevo skládá.“ (Murtinger, Beranovský, 2008) Fyzikální vlastnosti jsou zásadní pro postup, jakým bude dendromasa zpracována pro získání energie. Jak bylo výše zmíněno, nejzásadnějšími vlastnostmi pro využití k energetickým účelům jsou vedle obsahu vody a výhřevnosti také obsah popela a chemické složení hořlaviny paliva.

#### 4.3.1.1 Obsah vody

Obsah vody neboli vlhkost, můžeme vypočítat dvěma různými způsoby. Prvním je výpočet tzv. dřevařské (absolutní) vlhkosti. Tento způsob se využívá ve dřevozpracujícím průmyslu a obsah vody je dán vztahem (Pastorek et al. 2004):

$$W_d = \frac{H_1 - H_2}{H_2} * 100[\%]$$

kde:

$H_1$  – hmotnost surové dřevní hmoty [kg]

$H_2$  – hmotnost po vysušení [kg]

Druhý způsob je využíván v energetice a obsah vody (relativní vlhkost) je dán vztahem (Pastorek et al. 2004):

$$W_e = \frac{H_1 - H_2}{H_1} * 100 [\%]$$

Pro využití dendromasy v energetice je nutné, aby obsah vody byl co nejnižší. Jedině tak lze dosáhnout co nejefektivnějšího využití. Úplného vysušení však nelze dosáhnout a vlhkost se pohybuje z pravidla kolem 30 %. (Pastorek et al. 2004)

Pro porovnání rozdílů ve výpočtu vlhkosti energetické a výpočtu vlhkosti používané v dřevařském průmyslu slouží tabulka č. 9.

Tabulka 9: Porovnání rozdílů výpočtů vlhkosti dřeva. (Pastorek et al. 2004)

| Vlhkost We [%] | Vlhkost Wd [%] |
|----------------|----------------|
| 0              | 0              |
| 10             | 11             |
| 20             | 25             |
| 30             | 43             |
| 40             | 67             |
| 50             | 100            |
| 60             | 150            |
| 70             | 230            |
| 80             | 400            |

#### 4.3.1.2 Výhřevnost

Výhřevností rozumíme teplo, které se uvolní dokonalým spálením jednotkového množství paliva. Voda vzniklá spalováním zůstává v plynném stavu. (Kočica et al. 2004) Voda je faktor s nejdůležitějším vlivem na výhřevnost dendromasy. Při hoření dochází k odpařování vody a vlivem ochlazování dochází ke snížení výhřevnosti. Porovnání závislosti obsahu vody na výhřevnosti znázorňuje tabulka č. 10.

Tabulka 10: vliv obsahu vody na výhřevnost paliva. (Pastorek et al. 2004)

| Obsah Vody | Palivo           |                       |                 |                       |
|------------|------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
|            | Výhřevnost dřeva |                       | Výhřevnost kůry |                       |
| %          | MJ/kg            | kW*h*kg <sup>-1</sup> | MJ/kg           | kW*h*kg <sup>-1</sup> |
| 0          | 18,50            | 5,10                  | 18,80           | 5,20                  |
| 10         | 16,40            | 4,60                  | 16,70           | 4,60                  |
| 20         | 14,30            | 4,00                  | 14,60           | 4,10                  |
| 30         | 12,20            | 3,40                  | 12,50           | 3,50                  |
| 40         | 10,10            | 2,80                  | 10,50           | 2,90                  |
| 50         | 8,00             | 2,20                  | 8,40            | 2,30                  |
| 60         | 6,00             | 1,70                  | 6,30            | 1,80                  |

Dalším faktorem, který výrazně ovlivňuje výhřevnost, je stáří dendromasy (biomasy). Čím starší je dřevo, tím déle je vystavováno různým plísním, houbám a mikroorganismům. Výhřevnost je dána vztahem (Pastorek et al. 2004):

$$H_u = \frac{H_{uWf} * (100 - W) - (r * W)}{100} [MJ/kg]$$



$H_u$  – skutečná výhřevnost paliva

$H_{uWf}$  – výhřevnost sušiny

W – obsah vody v palivu (vlhkost)

r – teplo potřebné k odpaření 1 kg vody

#### 4.3.1.3 Chemické složení hořlaviny dendromasy

Pro dendromasu je typické, že největší podíl plynných látek uvolňovaných pyrolýzou je obsažen ve vztahu mezi roštem a komínem. Z toho důvodu je nutné spalovat dendromasu ve speciálních topeništích k tomu určených. Vlivem nevhodně zvoleného způsobu spalování dochází ke snížení účinnosti a vzniku nežádoucích emisí, jako jsou karcinogenní látky nebo aromatické uhlovodíky (Pastorek et al. 2004).

Tabulka 11: Chemické složení hořlaviny dřevní hmoty (Pastorek et al. 2004).

| Složka v % | Dřevo      |          |         | Kůra  |
|------------|------------|----------|---------|-------|
|            | Jehličnaté | Listnaté | Smišené |       |
| Uhlík      | 51,00      | 6,20     | 50,50   | 51,40 |
| Vodík      | 6,20       | 6,15     | 6,20    | 6,10  |
| Kyslík     | 42,20      | 43,25    | 42,70   | 42,20 |
| Síra       | -          | -        | -       | -     |
| Dusík      | 0,60       | 0,60     | 0,60    | 0,30  |
| Popeloviny | 1,00       | 1,00     | 1,00    | 2,30  |

Jednou z předností využití dendromasy pro energetické účely je absence síry. Během spalování tak nedochází k uvolňování plynného exhalátů  $SO_2$ , který má negativní vliv na životní prostředí. (Pastorek et al. 2004) Obsah prvků u jednotlivých druhů stromů znázorňuje tabulka č. 11 a u jednotlivých druhů zdrojů energie tabulka č. 12.

Tabulka 12: Složení a vlastnosti vybraných druhů biopaliv. (Pastorek et al. 2004)

| Palivo          | Rozmezí | Výhřevnost<br>MJ*kg <sup>-1</sup> | Obsah<br>popelovin<br>% | Vlhkost<br>% | Elementární složení |      |      |      |      |
|-----------------|---------|-----------------------------------|-------------------------|--------------|---------------------|------|------|------|------|
|                 |         |                                   |                         |              | C                   | H    | O    | N    | S    |
|                 |         |                                   |                         |              | %                   | %    | %    | %    | %    |
| Obilní<br>sláma | min.    | 15                                | 3,5                     | 12           | 43,9                | 5,4  | 38   | 0,3  | 0,05 |
|                 | max.    | 17,5                              | 6,5                     | 25           | 48                  | 6,4  | 43,3 | 0,7  | 0,2  |
| Obiloviny       | min.    | 15,5                              | 3                       | 12           | 45                  | 6    | 39,5 | 1    | 0,09 |
| Sláma+zrno      | max.    | 18,5                              | 5,6                     | 25           | 46,6                | 6,9  | 42,6 | 1,8  | 0,2  |
| Miscantus       | min.    | 15                                | 2,5                     | 12           | 45                  | 5,5  | 36   | 0,5  | 0,05 |
| Sloní tráva     | max.    | 17,6                              | 8                       | 40           | 49                  | 6,45 | 41,3 | 1,7  | 0,3  |
| Seno            | min.    | 13,5                              | 4,2                     | 15           | 45                  | 6    | 38,8 | 0,8  | 0,08 |
|                 | max.    | 17,7                              | 5,8                     | 25           | 48,6                | 6,6  | 44,3 | 1,1  | 1,12 |
| Dřevo           | min.    | 16,9                              | 0,2                     | 10           | 45                  | 5,3  | 41,4 | 0,1  | 0,02 |
|                 | max.    | 19                                | 3                       | 60           | 52                  | 6,5  | 46   | 1,7  | 0,3  |
| Řepkový<br>olej | min.    | 35                                | 0                       | do 0,5       | 77                  | 12   | 11   | 0,1  | 0    |
| Etanol          |         | 27                                | 0                       | do 2,0       | 52                  | 13   | 25   | 0    | 0    |
| Zemní plyn      | min.    | 32                                | do 0,5                  | do 0,5       | 86                  | 13   | 0,25 | 0,25 | 0,3  |
| Hnědé uhlí      | min.    | 14                                | 3                       | 10           | 27,5                | 2,5  | 12   | 0,3  | 0,5  |
|                 | max.    | 23                                | 33                      | 30           | 64                  | 5,8  | 33   | 1,5  | 6    |
| Černé uhlí      | min.    | 27                                | 3,7                     | 10           | 65                  | 2,8  | 5    | 0,9  | 0,5  |
|                 | max.    | 32,5                              | 17                      | 30           | 84                  | 5    | 9,1  | 2    | 1,5  |
| Koks            | min.    | 30                                | 3                       | 5            | 65                  | 1    | 1    | 0,1  | 0,1  |
|                 | max.    | 32,5                              | 15                      | 15           | 90                  | 2    | 2    | 0,5  | 0,5  |

#### 4.3.1.4 Obsah popela

Významným parametrem paliva je obsah popela. Ten je u dendromasy, i biomasy obecně, poměrně nízký. Obsah popela z části závislý i na způsobu pěstování, skladování a dalších vnějších vlivech. Důležitým faktorem je zde teplota tání popela. Pokud je teplota tání nižší než teplota plamene při hoření, dochází k zalepování roštu, kde dochází ke spalování. U většiny druhů se teplota tání pohybuje nad 1100–1200 °C. (Kočica, 2004)

#### 4.3.2 Využití dendromasy pro získání energie a tepla

Existuje několik způsobů, jak zpracovat dendromasu pro využití k energetickým účelům. Tyto procesy dělíme do dvou hlavních kategorií. Jednou z kategorií termochemické procesy, které můžeme dále rozdělit na pyrolýzu, spalování a zplyňování. Druhou kategorií jsou biochemické přeměny dendromasy. Tuto kategorii dále dělíme na aerobní, anaerobní fermentaci a alkoholovou fermentaci.

#### 4.3.2.1 Termochemické procesy

Termochemické procesy, také nazývány jako suché, jsou založeny na principu působení teploty. Jedná se o procesy přeměny biomasy, při kterých dochází k překročení meze jejich chemické stability vlivem teploty. Teploty používané při jednotlivých technologiích se pohybují v rozmezí 300–2000 °C. Mezi termochemické procesy patří pyrolýza, spalování a zplyňování. (Pohořelý, Jeremiáš, 2010)

##### - **Pyrolýza**

Pyrolýza je termický rozklad organických materiálů za nepřístupu kyslíku. Principem pyrolýzy je ohřev nad hranici termické stability přítomných organických sloučenin. Tento proces dělíme podle dosahovaných teplot na nízkoteplotní (teploty do 500 °C), středněteplotní (teploty od 500 do 800 °C) a vysokoteplotní (teploty nad 800 °C). (Pohořelý, Jeremiáš, 2010) Průběh pyrolýzy můžeme podle teploty rozdělit do tří kategorií.

- Teploty 0–200 °C – při této teplotě dochází k sušení materiálu a tvorbě páry. Při tomto procesu dochází k vysoké spotřebě tepla (jsou silně endotermické)
- Teploty 200–500 °C – dochází k přeměně makromolekulárních struktur, tzv. fáze suché destilace. Vznikají plynné a kapalné organické produkty a pevný uhlík (dřevěné uhlí).
- Teploty 500–1200 °C – produkty suché destilace jsou dále štěpeny. Z kapalných látek i pevného uhlíku dochází k tvorbě stabilních plynů (H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>). Tento proces se nazývá fází tvorby plynu.

Energii ze spalování plynů lze využít v kotlích na odpadní teplo za účelem výroby páry nebo teplé užitkové vody. Dalším způsobem využití plynu vzniklého při pyrolýze je využití jako topného např. pro motory kogeneračních jednotek. V budoucnu je možné využití jako náhradní palivo pro pohon pomaloběžných lodí nebo podobných velkoobsahových diesellových motorů. (Pohořelý, Jeremiáš, 2010)

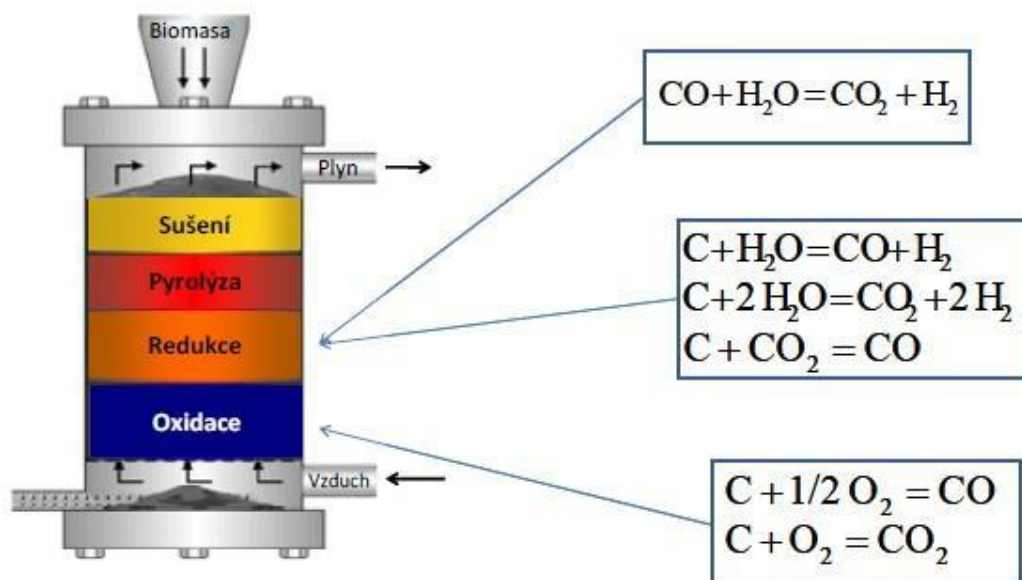
##### - **Spalování**

Při spalování dendromasy (biomasy), je získávána energie ve formě tepla, které se váže na vodič. Výhodou spalování dendromasy oproti spalování fosilních paliv, je mnohem nižší produkce oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>). Při spalování dendromasy se totiž do ovzduší uvolní pouze takové množství CO<sub>2</sub>, jaké bylo do dané dřeviny nebo rostliny

akumulováno fotosyntézou během růstu. Spalování probíhá ve čtyřech fázích, kterými jsou sušení, pyrolýza, spalování plynné složky a spalování pevné složky. (Pastorek et al. 2004)

- Sušení – dochází k zahřívání materiálu a k odstranění vlhkosti
- Pyrolýza – materiál se rozkládá na hořlavé plyny, destilační produkty a zuhelnatělé zbytky
- Spalování plynné složky – dochází k hoření plynné složky
- Spalování pevné složky – za přístupu dostatečného množství kyslíku dohořívají pevné látky a dochází ke vzniku oxidu uhelnatého s následnou oxidací na CO<sub>2</sub>. (Pastorek et al. 2004)
- **Zplyňování**

Zplyňování je proces, při kterém dochází ke vzniku výhřevného energetického plynu z uhlíkatého materiálu v pevném nebo kapalném skupenství. Ke vzniku tohoto produktu dochází ve zplyňovacích médiích vlivem tepla. Při zplyňování dochází buď postupně (v případě sesuvných generátorů), nebo současně (v případě fluidních generátorů), k sušení, pyrolýze, redukci a oxidaci (obr. 4).



Obrázek 4: Sesuvný generátor. (Pohořelý, Jeremiáš, 2010)

„První tři procesy, tj. sušení, pyrolýza a redukce, jsou endotermní (spotřebovávají teplo). Potřebné teplo může být získáno přímo v reaktoru oxidací (hořením) části paliva, nebo může být přivedeno z okolního prostředí“. (Pohořelý,

Jeremiáš, 2010) Produkty zplyňování je možné využít pro výrobu tepla nebo elektrické energie. Teplo nebo elektrickou energii lze získat využitím generátorového plynu v plynovém motoru, plynové turbíně nebo v palivových článcích. Možnosti využití však závisí na čistotě a tlaku plynu, např. při využití v plynové turbíně jsou na čistotu plynu kladeny mnohem vyšší požadavky než na využití v plynovém motoru. Mezi výhody zplyňování oproti přímému spalování za účelem výroby elektrické energie nebo tepla řadíme (Pohořelý, Jeremiáš, 2010):

- Úspora primárních paliv na jednotku výkonu
- Nižší provozní náklady na jednotku výkonu
- Snadnější odstraňování škodlivin v plynné fázi
- Při spalování plyných paliv nedochází ke vzniku tuhých emisí
- Možnost dosažení vyšších teplot
- Dosažení větší konverze paliva na elektrickou energii
- Snížení produkce CO<sub>2</sub> a SO<sub>2</sub>

Hlavní nevýhodou zplyňování je nutnost čistit generátorový plyn od dehtů, což zapříčiňuje vyšší náklady.

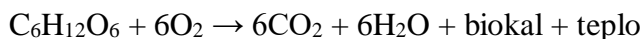
#### **4.3.2.2 Biochemické přeměny**

Biochemickou přeměnou biomasy rozumíme zpracování vlhkého organického odpadu a má tři hlavní výhody. Při biochemické přeměně (mokrá proces) dochází ke vzniku biopaliva, kvalitního organického hnojiva a zároveň slouží ke zlepšování životního prostředí. Hlavními zdroji materiálu určeného k tomuto zpracování je lesnictví, zemědělství a komunální hospodářství. Tento proces přeměny dělíme, podle technologie zpracování, do tří skupin. Jsou to aerobní fermentace, anaerobní fermentace a alkoholová fermentace.

##### **- Aerobní fermentace**

Aerobní fermentací je nazývána technologie, při které dochází k rozkladu organických látek za přístupu vzduchu a působení vhodných kultur mikroorganismů. Jako příklad lze uvést výroba kompostu. Jedná se o biomasu ve formě stabilizovaného substrátu, kde dochází samostatnému zahřívání. Na rozdíl od klasických kompostů na zahradách, kde celý proces trvá měsíce, ve velkokapacitních průmyslových zařízeních sloužících k aerobní fermentaci trvá tento proces zhruba 2–3 týdny. Organická hmota

se zde zahřívá na teplotu 70 °C, což má za následek degradaci organické hmoty a zároveň dochází k odpařování vody a uvolňování oxidu uhličitého. Výsledným energetickým produktem je teplo, vedlejším produktem je hnojivý substrát. Aerobní fermentace je dána rovnicí (Váňa et al., 2006):



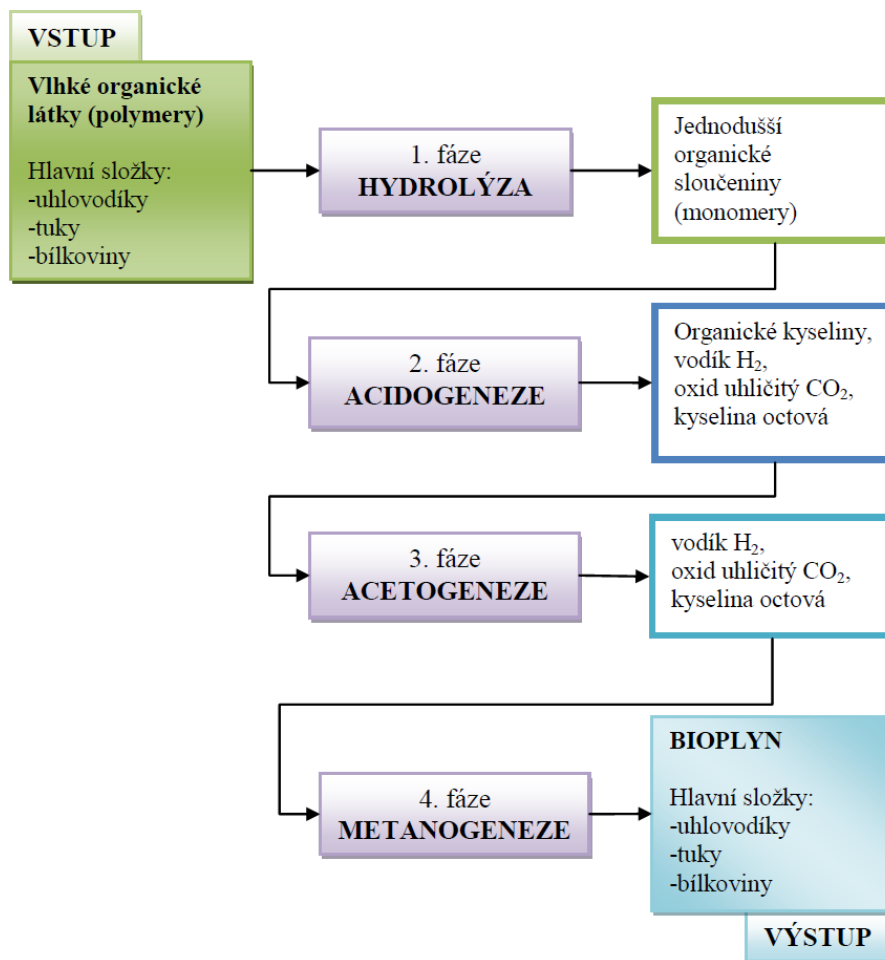
#### - **Anaerobní fermentace**

Jedná se o technologii přeměny vlhké biomasy (listy, jehličí apod.) která probíhá na rozdíl od aerobní fermentace za nepřístupu vzduchu. Dalším rozdílem je, že se materiál sám o sobě prakticky nezahřívá, nebo jen velmi málo. Anaerobní fermentace, také nazývána jako metanové kvašení, tedy probíhá v uzavřených vzduchotěsných prostorech. Anaerobní fermentace je dána rovnicí:



Anaerobní fermentace je několikastupňový proces, při kterém dochází k fyzikálním, biofyzikálním a chemickým procesům, které jsou na konci podpořeny působením metanogenních, autotrofních a hydrogentrofních mikroorganismů (obr. 5). Výsledkem celého procesu je vznik bioplynu a zbytkového fermentovaného materiálu. (Mužík, Slejška, 2003) Celý tento proces se dělí na čtyři fáze:

1. Fáze – Hydrolýza – enzymatický rozklad měnicí polymery na jednodušší organické látky. Při této fázi je v prostředí ještě obsažen vzdušný kyslík. Podmínkou je dostatečný obsah vlhkosti, ta by se měla pohybovat nad 50 % hmotnostního podílu. (Pastorek et al. 2004)
2. Fáze – Acidogeneze – fakultativní anaerobní mikroorganismy, které se aktivují i v prostředí se zbytkovým vzdušným kyslíkem, zajistí vytvoření anaerobního prostředí. Při této fázi vzniká vodík ( $\text{H}_2$ ), oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) a kyselina octová ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), která umožňuje metanogenním bakteriím tvorbu metanu. Dalším produktem jsou jednodušší organické látky (vyšší organické kyseliny a alkoholy). (Pastorek et al. 2004)
3. Fáze – Acetogeneze – v této fázi dochází k transformaci vyšších organických kyselin na  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2$ . (Pastorek et al. 2004)
4. Fáze – Metanogeneze – autotrofní bakterie se rozkládají na kyselinu octovou ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ) a oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ). Tato fáze je 5 krát pomalejší než fáze předešlé. (Pastorek et al. 2004)



Obrázek 5: Anaerobní fermentace. (Pastorek et al. 2004)

#### - **Alkoholová fermentace**

Alkoholová fermentace, také alkoholové kvašení, je proces, který probíhá v mokřém prostředí za anaerobních podmínek. Výsledným produktem je etanol. Dendromasa je však pro tento způsob nevyužitelná, protože vstupní suroviny musí obsahovat cukr nebo škrob. Vzniklý alkohol se používá jako palivo pro spalovací motory. (ÚFMI ©2009)

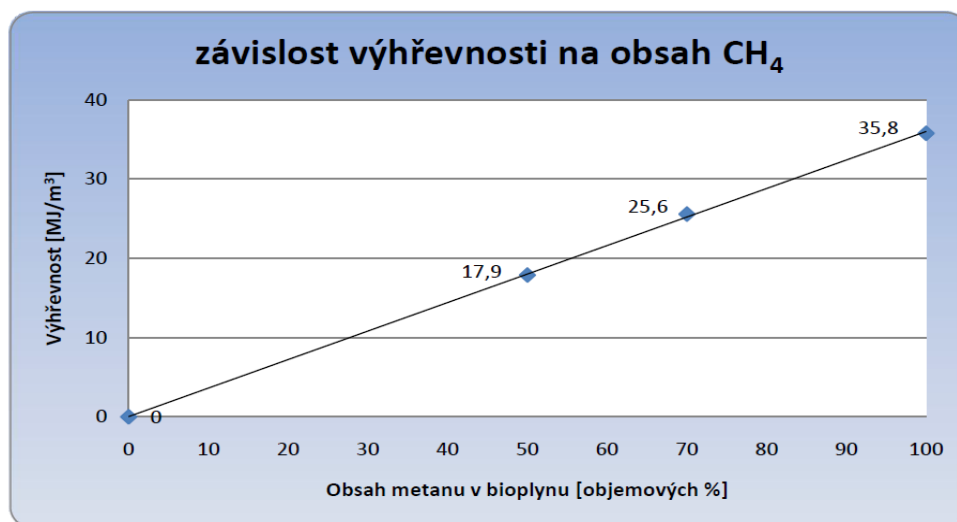
#### **4.3.2.3 Bioplyn**

Bioplynem jsou nazývány všechny druhy plyných směsí vzniklé činností mikroorganismů. V technické praxi je tímto výrazem nazývána plyná směs, která vznikla fermentací vlhkých organických materiálů za uměle vytvořených podmínek. (Pastorek et al. 2004)

Existují však i jiné bioplyny, které můžeme rozdělit podle původu nebo místa vzniku (Pastorek et al. 2004):

- Zemní plyn – energeticky nejhodnotnější plyn s obsahem metanu 98 %. Zemní plyn vznikl anaerobním rozkladem biomasy, která se nahromadila v dávných dobách.
- Důlní plyn – vznikl stejným způsobem jako zemní plyn, v energetice je však nevyužitelný a při smíšení se vzduchem vytváří výbušnou směs.
- Kalový plyn – vzniká anaerobním rozkladem organických usazenin v přírodních a umělých vodních nádržích bez pravidelného čištění.
- Skládkový plyn – ke vzniku skládkového plynu dochází na skládkách v hodných podmínkách, které obsahují velké množství organického odpadu.

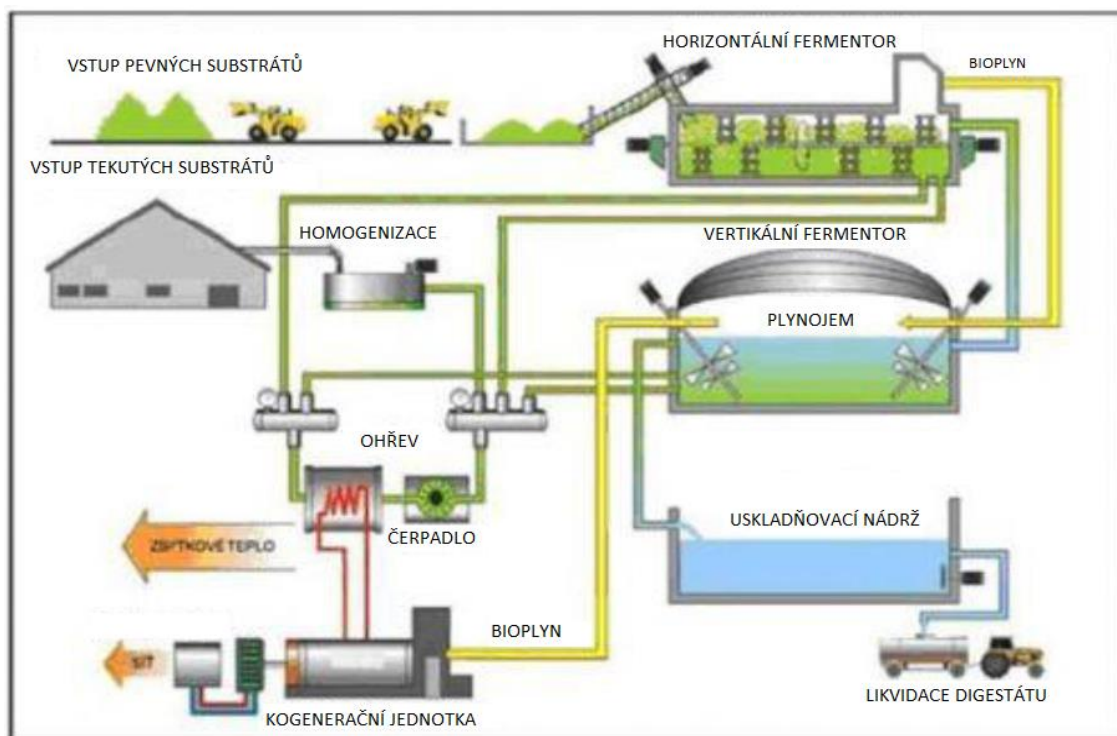
Bioplyn je tvořen hlavně metanem (50–75 %) a oxidem uhličitým (25–50 %). Bývá však doplněn značným množstvím minoritních plynů (kyslík, vodík, oxid uhelnatý, sulfan), které však tvoří zanedbatelné procento objemu. Výhřevnost bioplynu závisí hlavně na obsahu metanu ( $\text{CH}_4$ ) (obr. 6). (Pastorek et al. 2004)



Obrázek 6: Závislost obsahu metanu v bioplynu na jeho výhřevnosti. (Pastorek et al. 2004)

Bioplyn lze k energetickým účelům využít několika způsoby. Nejčastějšími jsou výroba tepla v parních kotlích a kombinovaná výroba elektřiny a tepla v kogeneračních jednotkách. Dále je možný prodej bioplynu do plynárenské sítě nebo jako palivo pro automobily a jiné dopravní prostředky. Pro výrobu bioplynu jsou využívány tzv. bioplynové stanice. Jednotlivé bioplynové stanice pro výrobu bioplynu anaerobní fermentací organických materiálů mohou mít více variant, záleží na materiálu, který se zde zpracovává (obr. 7). (Pastorek et al. 2004)





Obrázek 7: Schéma bioplynové stanice s kombinovanou technologií výroby bioplynu.  
(Agromont Vimperk, 2018)

#### 4.3.2.4 Environmentální vlivy výroby a využití bioplynu

Výroba a využití bioplynu má mnoho aspektů, které podporují nebo zlepšují kvalitu životního prostředí. Tyto aspekty zasahují nejen do lesnictví, zemědělství, energetiky a průmyslu ale i např. do zdravotnictví. (VÚZT ©2006)

- Vlivy na lesnictví – snížení spadu kyselých dešťů, snížení kontaminace ovzduší  $SO_2$  a  $NO_x$  a snížení odumírání lesních dřevin
- Vlivy na zemědělství – tvorba humusu, stabilita půdní reakce, podpora uzavřeného koloběhu látek, nižší ztráty organických látek, zvýšená biologická činnost, lepší jímavost vody, nižší zaplevelení, vyšší úrodnost, nižší potřeba průmyslových hnojiv
- Vlivy na energetiku – využívání energie z bioplynů, nižší nároky energie na výrobu průmyslových hnojiv a biocidů
- Vlivy na průmysl – snížení potřeby výroby průmyslových hnojiv, vyšší výnosy plodin pro potravinářský průmysl, nižší spotřeba fosilních paliv v dopravě

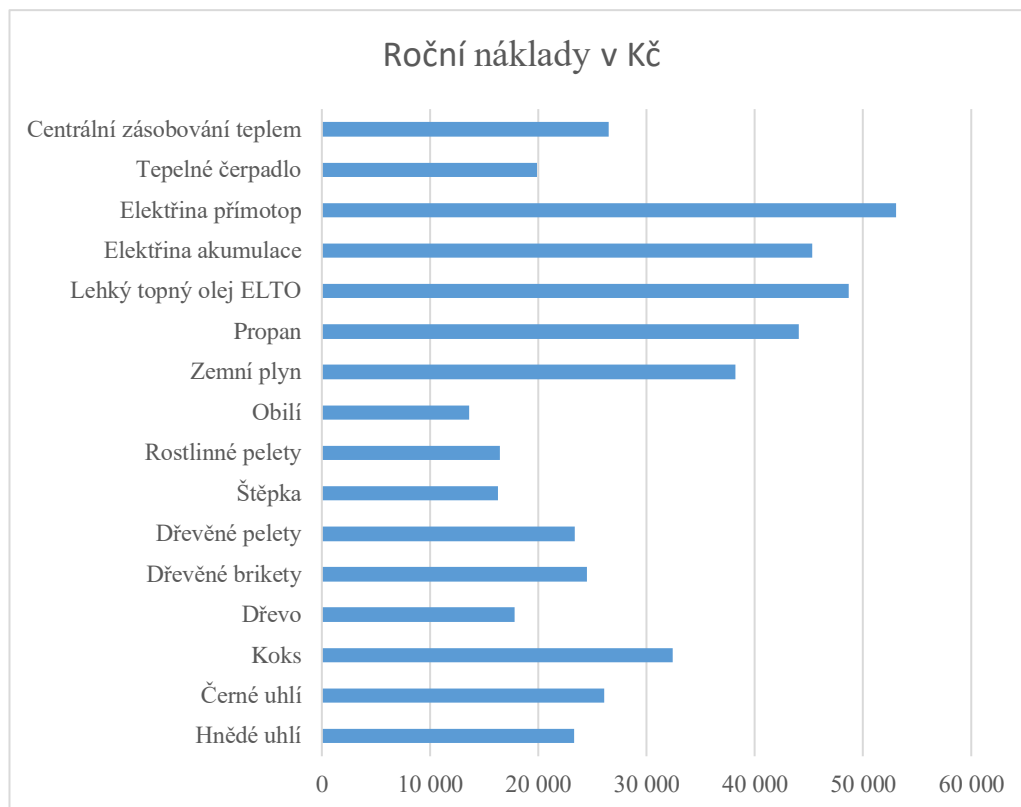
- Vlivy na zdravotnictví – čistší ovzduší, vyšší kvalita vody (snížení obsahu dusičnanů a patogenních mikroorganismů), vyšší kvalita potravin (snížení obsahu dusičnanů v krmivech)

### **4.3.3 Dendromasa jako zdroj tepla**

Poměrně významnou část elektrické energie, která se spotřebuje, je využita na vytápění domů a ohřev vody. Například v Polsku je 32–33 % veškeré energie spotřebováno v domácnostech, z čehož je největší část spotřebována na vytápění (71,2 %). Zbytek spotřeby tvoří ohřev vody (15,1 %), vaření (6,6 %) a světlo a spotřeba elektrických spotřebičů (7,1 %). (Stolarski et al. 2010) Teplo je z dendromasy nejčastěji získáváno tím nejjednodušším možným způsobem, tedy spalováním. Jedná se o řetězec chemických reakcí probíhajících za vysoké teploty a využití vzdušného kyslíku. V ideálním případě je výsledkem vznik oxidu uhličitého a vody. V ostatních případech vznikají při spalování další látky, jako jsou oxidy dusíku, polycyklické aromatické uhlovodíky, mikroskopické částice uhlíku a další. (Murtinger, Beranovský, 2008)

#### **4.3.3.1 Využití v malých objektech**

Jednou z nejdůležitějších možností využití dendromasy pro energetické účely je využití jako zdroje pro výrobu tepla v domácnostech. V současnosti jsou využívány obnovitelné zdroje zhruba v 17 % domácností. Nejčastěji ve formě pelet, briket nebo palivového dříví. Využívání dendromasy pro vytápění rodinného domu je zároveň nejekonomičtější možností. Nejlevnější možností je využívání palivového dřeva nebo štěpky. Zde se pohybují roční náklady v rozmezí 16–17 tis. Kč. Další variantou je využívání dřevěných pelet. Roční vytápění rodinného domu peletami se průměrně pohybuje, podobně jako u hnědého uhlí, kolem 23 tis. Kč. Jedná se o výrazně nižší náklady než při použití konvenčních paliv, jako jsou zemní plyn, propan, elektřina nebo lehký topný olej. Zde se náklady pohybují v průměru mezi 42 až 50 tis. Kč (obr. 8). (Murtinger, Beranovský, 2008)



Obrázek 8: Přehled nákladů na vytápění domácnosti v roce 2013 (rodinný dům s roční spotřebou 65 GJ). (<https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva>).

Pro spalování palivového dříví nebo dendromasy zpracované do briket nebo pelet v domácnostech je více možností. Nejčastějšími jsou zplyňovací kotle na dřevo, brikety a štěpku, kotle na pelety, pokojová kamna a krbové vložky na pelety.

#### - **Zplyňovací kotle na dřevo brikety a štěpku**

Jedná se o kotle, ve kterých je jako palivo využíváno hlavně kusové dřevo nebo brikety. V některých případech jsou upraveny i pro spalování štěpky. Jejich pořizovací cena je oproti jiným druhům kotlů nižší, avšak u těchto druhů kotlů je nutná pravidelná obsluha. Výkon těchto kotlů se pohybuje mezi 15 a 50 kW s účinností v rozmezí 88 a 92 %. Při výkonu 15 kW a tepelných ztrátách objektu 50 W/m<sup>2</sup> se pohybuje otopná plocha kolem 300 m<sup>2</sup>. (MZE ©2013)

#### - **Kotle na pelety**

Tyto kotle jsou již plně automatizované a zároveň mají dobré spalovací vlastnosti v kombinaci s nízkými emisemi. Jsou vhodné i pro využití k ohřevu teplé užitkové vody. Jejich využití je možné jak pro vytápění rodinného domu, tak pro

vytápění více budov. Při využití v rodinném domě se výkon pohybuje mezi 10 a 30 kW s účinností až 94 %. „Existují už peletové kotle určené pro nízkoenergetické domy, jež mají regulovatelný tepelný výkon od 2 do 8 kW“. (Murtinger, Beranovský, 2008) Otopná plocha u tohoto druhu kotle se pohybuje kolem 200 m<sup>2</sup> při výkonu 10 kW a tepelných ztrátách objektu 50 W/m<sup>2</sup>. (MZE ©2013)

#### - **Pokožová kamna a krbové vložky na pelety**

Nejčastěji jsou pokojová kamna nebo krbové vložky na pelety využívány pro vytápění nízkoenergetických domů, malých bytů nebo samostatných místností. „Jejich základní výhodou je velký rozsah výkonu, u malých topidel zhruba od 1 kW, což umožňuje jejich využití v pasivních domech“. (Murtinger, Beranovský, 2008) Při využití teplovodního výměníku je možné využití i pro ohřev teplé užitkové vody a k vytápění dalších místností. Výkon se zde pohybuje v rozmezí 6–10 kW s účinností kolem 90 %. Při výkonu 6 kW a tepelných ztrátách objektu 50 W/m<sup>2</sup> se pohybuje otopná plocha kolem 60 m<sup>2</sup>. (MZE ©2013)

#### - **Podpora a financování pro využití v malých objektech.**

Nejlevnějším druhem kotlů jsou zplyňovací. Jejich cena se pohybuje od 35 tis. Kč výše. Zde je však oproti automatickým kotlům nutná pravidelná obsluha. Cena automatických kotlů na pelety začíná kolem 60 tis. Kč. Jedná se však o základní kotle s nižším výkonem a kvalitou provedení. Průměrná cena se pohybuje kolem 100 tis. Kč. Výhodou je ale poměrně nízká doba návratnosti. Ta se při roční spotřebě 4 tun paliva a ceně kotle 100 tis. Kč pohybuje kolem pěti let. Výhodou je rovněž možnost získání podpory z tzv. Kotlíkových dotací pro výměnu kotle za nový. Dalším způsobem podpory je Nová Zelená úsporám. Zde jsou hlavním předmětem podpory opatření, která vedou k úsporám energie a k efektivnímu využívání zdrojů energie. (Murtinger, Beranovský, 2008)

#### - **Kotlíkové dotace**

Cílem kotlíkové dotace je snížení znečištění ovzduší z malých spalovacích zdrojů využívajících tuhá paliva. Jedná se o nenárokovou podporu Ministerstva životního prostředí a Státního fondu životního prostředí ve spolupráci s jednotlivými kraji na výměnu kotlů v domácnostech. Předmětem podpory je výměna lokálních topenišť do tepelného výkonu 50 kW. Podpora se týká pouze výměny stávajících ručně

plněných kotlů na tuhá paliva za nové efektivní nízkoemisní zdroje. (Kraj Vysočina ©2019)

#### - **Nová Zelená úsporám**

Podpora Ministerstva životního prostředí, Nová Zelená úsporám, je cílena na úsporu energie a efektivní využívání zdrojů energie v rodinných domech. Hlavními předměty podpory je snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů a výstavba nových rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností, efektivní využívání zdrojů energie, podpora na přípravu a zajištění realizace podporovaných opatření a bonus za kombinaci vybraných opatření. (SFŽP ©2019)

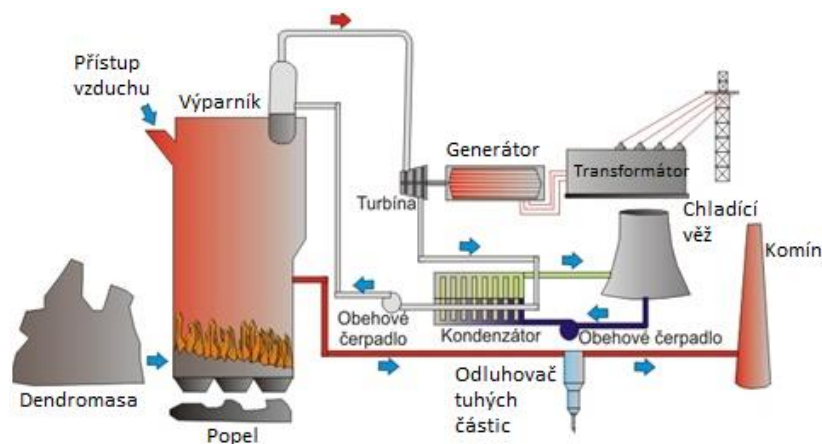
#### **4.3.3.2 Využití pro centrální zásobování obce**

Dendromasu lze rovněž využívat k centrálnímu zásobování teplem pro celou obec. Obecní výtopny jsou nejčastěji vybaveny teplovodními kotly, které spalují dendromasu v podobě štěpky nebo pilin. Hlavními výhodami těchto regionálních výtopen je zachování toku financí v regionu, rozvoj regionálního trhu s biomasou, vznik nových pracovních míst a v hlavní řadě snížení cen tepla pro obyvatele. Příkladem může být v obci Hostětín. V obci s 240 obyvateli byla vybudována výtopna v roce 2000. Zde je ročně využito zhruba 500–600 t dendromasy, která stačí k výrobě 3 500 GJ tepla. „To mělo za následek snížení množství emisí znečišťujících látek na 6 % škodlivin sledovaných před výstavbou, kdy se v Hostětíně topilo v domácích topeništích“. (Hostětín, 2019) Za deset let provozu je tato výtopna schopna ušetřit 2 700 tun uhlí a 5,9 GWh elektřiny, která byla dříve spotřebována v domácnostech. Za stejné období to představuje úsporu zhruba 15 000 tun emisí CO<sub>2</sub>. Cena 1 GJ se v obci pohybuje na 2/3 národního průměru, díky tomu zůstává v obci téměř 1,4 mil. Kč, který by byly jinak vynaloženy na vytápění elektřinou nebo plynem. Výtopna funguje na principu spalování dendromasy v kotli při teplotě 800 – 1 000 °C. Pomocí kotle je ohřívána voda, která je pak rozvodnou sítí přiváděna do připojených objektů. Vychladlá voda je pak přiváděna zpět do výtopny. (MZE ©2013)

#### **4.3.3.3 Využití pro zisk elektrické energie a tepla v elektrárnách**

Běžný způsob, jak využít dendromasu pro zisk energie v elektrárnách, je její spalování. Vzniklá tepelná energie se přeměňuje na mechanickou a mechanická na elektrickou. Při tomto způsobu se dendromasa využívá v kombinaci s uhlím. Hmota je

spalována a vzniklým teplem se zahřívá potrubí uvnitř kotle, kterým proudí voda. Vlivem tepla se voda odpařuje a vzniká vodní pára, která proudí do turbíny. Pára svou pohybovou energií, která je vyvíjena na lopatky turbíny, turbínu rozpohybuje a roztočí jí. Turbína je pevně spojená s generátorem, v elektrárenském generátoru dochází k rotaci magnetu (elektromagnetu), na statoru kolem něj se nachází vinutí, ve kterém se indukují napětí a proud. Vlivem otáčení magnetu se tedy přeměňuje mechanická energie na energii elektrickou. Pára, která vychází z turbíny, je pomocí turbíny vedena do kondenzátoru, kde se kondenzací stane z plynu opět kapalina. Ta je vedena z kondenzátoru zpět do kotle, kde celý cyklus znovu začíná (obr. 9). (ČEZ ©2019)



Obrázek 9: Elektrárna na výrobu elektrické energie z biomasy. (<http://www.eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekc/2071>)

Pára ovšem nemusí být využita pouze k výrobě energie. Může být využita pro vytápění přilehlých objektů, měst nebo obcí. Elektrárny jsou nejčastěji uspořádány do tzv. výrobních bloků. Jeden výrobní blok se skládá z kotle, turbíny a jejího příslušenství, generátoru, odlučovačů popílku, chladicí věže, blokového transformátoru a v současné době také odsiřovacího zařízení. Pro několik bloků je pak společné vodní hospodářství, komín a pomocná zařízení pro odběr popílku a odsiřování. (ČEZ ©2019)

Objem výroby elektrické energie z biomasy neustále roste. V Evropské Unii od roku 2004 do roku 2014 vzrostl celkový podíl biomasy na výrobě elektřiny o 80 % a v roce 2015 dosáhl 18 % z celkového objemu elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů

#### **4.3.4 Environmentální vlivy využití dendromasy pro energetické účely**

Dendromasa je uváděna jako vhodný zdroj pro výrobu tepla a energie z několika důvodů. Jedná se o domácí zdroj, tedy není potřeba jej dovážet. Dendromasa je zároveň zdroj obnovitelný a trvale udržitelný. Další výhodou je šetrnost k životnímu a CO<sub>2</sub> je neutrální.

##### **4.3.4.1 Domácí zdroj**

Dendromasu, jako zdroje energie, můžeme jednoznačně nazvat zdrojem domácím. V současnosti téměř neexistuje dovoz dendromasy nebo biomasy k energetickým účelům. Naopak je ročně exportováno více než 200 000 tun dřevěných pelet a nejspíš větší množství štěpky. V jiných státech Evropské Unie, které se rozhodli nahrazovat výrobu elektřiny z uhlí za spalování biomasy a dendromasy, je však situace opačná. V Dánsku nebo Velké Británii, kde byla část velkých uhelných elektráren přebudována na spalování dendromasy a biomasy, je velké množství tohoto zdroje dováženo z pobaltských států, Ruska nebo Ameriky. Dovoz sám o sobě má však také poměrně výrazný vliv na životní prostředí. (Kašinský, Wagner, 2019)

##### **4.3.4.2 Udržitelnost**

Dalším z faktorů vlivu na životní prostředí je udržitelnost. Udržitelnost je schopnost biologických systémů udržovat diverzitu a produktivitu po dobu neurčitou. V souvislosti s využitím dendromasy k energetickým účelům je nejčastěji zmiňován uhlík (resp. CO<sub>2</sub>). Tento zdroj se oproti fosilním palivům prezentuje jako CO<sub>2</sub> neutrální. To je dáno tím, že množství CO<sub>2</sub> vypuštěného během spalování se rovná množství CO<sub>2</sub>, který bylo přijato rostlinami nebo dřevinami po dobu růstu. Tato bilance ovšem nebere v potaz množství CO<sub>2</sub>, které bylo vypuštěno během spalování fosilních paliv (převážně nafty při využití mechanizace pro pěstování, zpracovávání nebo přepravu) nebo při výrobě hnojiv a pesticidů. Dalším důležitým faktorem je, že dendromasa obsahuje vysoké množství dalších prvků, které se při jejím odvozu nedostanou zpět do půdy. Dochází k nedostatečnému obsahu živin, nižšímu obsahu humusu, ztrátě bazických prvků, okyselování půd a k nižší úrodnosti. Dochází rovněž ke změně fyzikálních vlastností půdy. Může dojít ke snížení schopnosti poutat vodu nebo živiny. Způsob, jak tomuto zabránit, je vracet co největší množství organické hmoty zpět do půdy. Při využití k energetickým účelům je však zájem co největší množství dendromasy spálit a přeměnit na energii. Alespoň některé živiny lze vrátit

zpět do půdy využitím popela nebo digestátu z bioplynové stanice. Jedná se však o minerální živiny pouze v anorganické podobě. (Kašinský, Wagner, 2019)

#### **4.3.4.3 Biodiverzita**

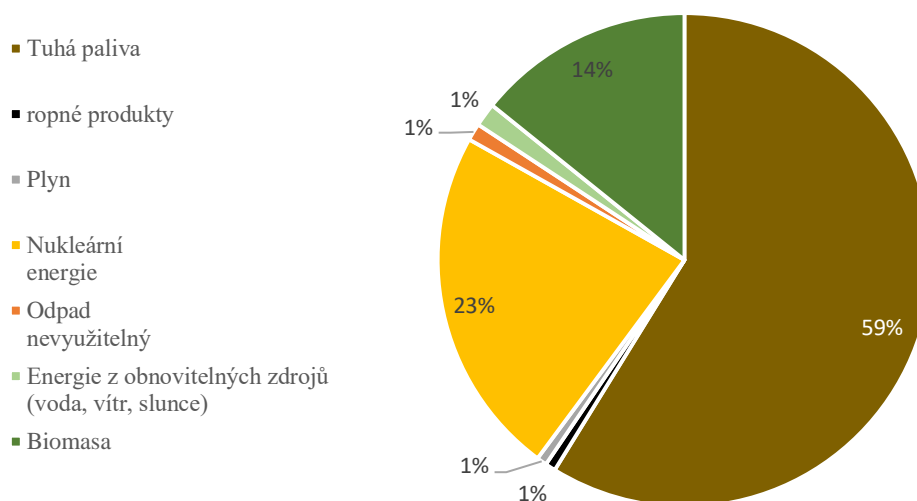
Při pěstování plodin určených k energetickým účelům je rovněž nutné brát zřetel na udržování biodiverzity. Jedná se o biologickou rozmanitost živých organismů na zemi. Zahrnuje rozmanitost druhů i diverzitu ekosystémů. Při pěstování za účelem využití v energetice jde zpravidla o čisté monokultury a výskyt jakýchkoliv jiných druhů (např. plevelů) je nežádoucí. Plochu je proto nutné hnoji umělými hnojivy a využívat pesticidy. Monokultury však mají nepříznivý vliv nejen na biodiverzitu ale i na krajinu jako celek. Při využití lesní dendromasy, kdy dochází k odvozu nejen kmenů, ale i veškerého klestu, může rovněž docházet ke ztrátě biodiverzity. Fyzikální i chemické vlastnosti půdy se výrazně zhorší. Vzhledem k tomu, že 30–50 % všech lesních organismů je závislých na mrtvém dřevu, začne docházet k vymizení nejen mikroskopických jednobuněčných organismů, bakterií, prvoků a saprofytických hub ale i háďátek a hmyzu. Také může docházet ke snižování populací hmyzožravých organismů, pavouků nebo ptáků. (Kašinský, Wagner, 2019)



#### 4.4 Energetické využití v České republice a Evropské unii

Z údajů uvedených ve zprávě Statistical report 2018 od Bioenergy Europe (2018) obsahující data do roku 2016, lze odvodit, že množství energie vyprodukované z obnovitelných zdrojů má rostoucí tendenci. Tento trend platí jak pro Českou republiku, tak pro všechny členské státy Evropské unie. V České republice dosahovala v roce 2016 produkce energie z obnovitelných zdrojů (pouze biomasa a obnovitelné odpady) 14 % z veškeré vyprodukované energie (obr. 10). Údaje jsou uváděny buď v tunách (t) nebo v ktoe (kiloton of oil equivalent). Toe je jednotka výhřevnosti, která se rovná 41,868 GJ nebo 11,63 MWh. Jednotka ktoe je pak rovná tisícinásobku toe (41 868 GJ nebo 11 630 MWh).

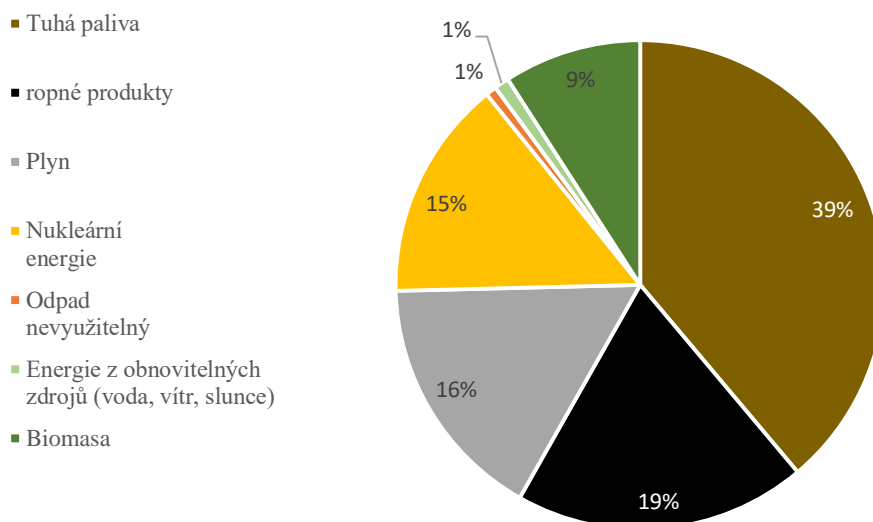
Produkce energie v České republice v roce 2016 (ktoe)



Obrázek 10: Produkce energie v České republice v roce 2016.

Hrubá spotřeba energie v České republice z obnovitelných zdrojů (pouze biomasa a obnovitelné odpady) se pak rovnala energii z obnovitelných zdrojů vyprodukované, avšak tvořila pouze 9 % z celkové hrubé spotřeby (obr. 11).

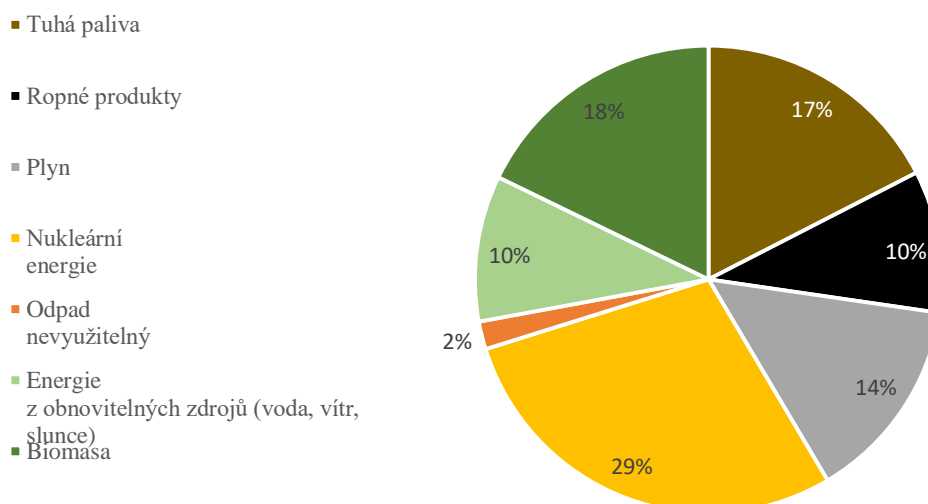
Hrubá spotřeba energie v České republice v roce 2016 (ktoe)



Obrázek 11: Hrubá spotřeba energie v České republice v roce 2016.

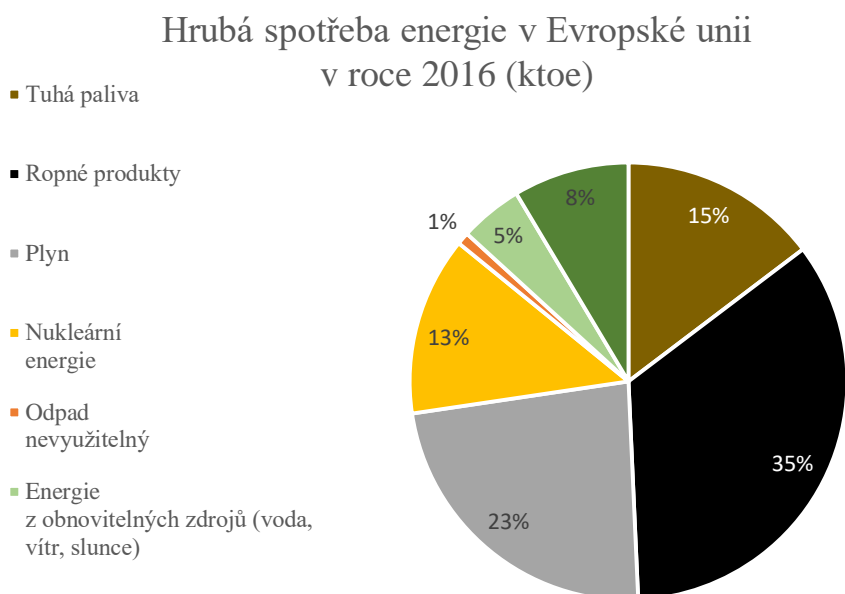
Oproti členským státům Evropské unie produkuje Česká republika méně energie z obnovitelných zdrojů, a to průměrně o 4 % (obr. 12).

Produkce energie v Evropské unii v roce 2016 (ktoe)



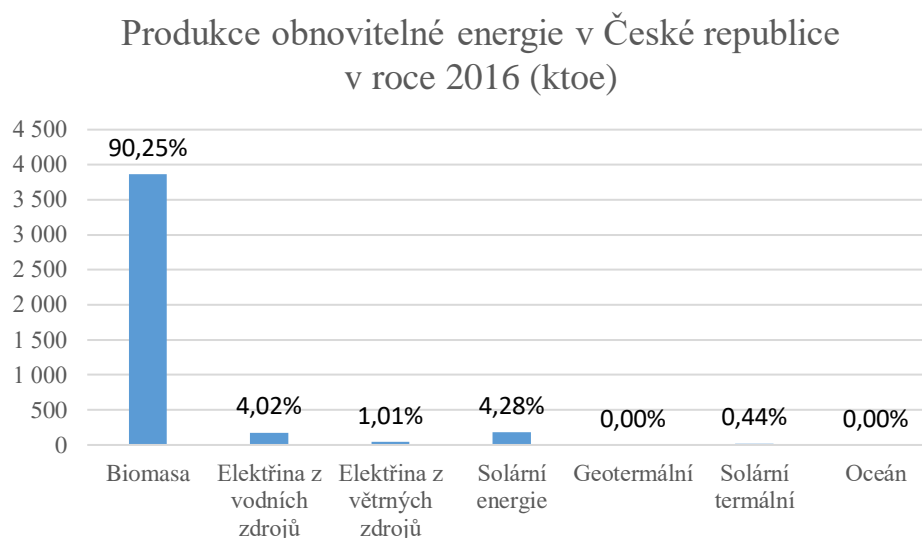
Obrázek 12: Produkce energie v Evropské unii v roce 2016.

Hrubá spotřeba energie z obnovitelných zdrojů v ostatních členských státech Evropské unie je však nižší a průměrně se jedná o 8 % (obr. 13).



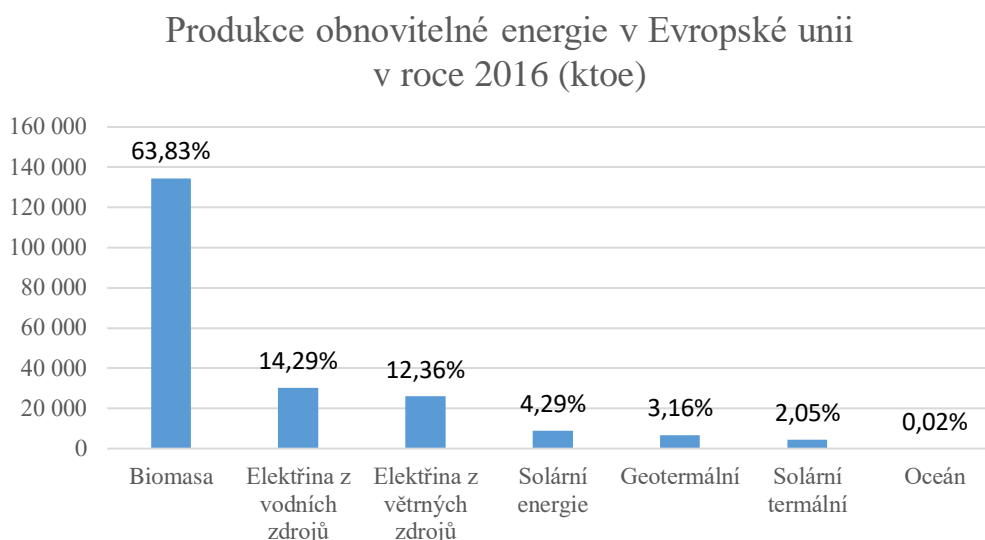
Obrázek 13: Hrubá spotřeba energie v Evropské unii v roce 2016.

Největší podíl na produkci energie z obnovitelných zdrojů v České republice má, hlavně vzhledem k podnebí a přírodním podmínkám, energie z dendromasy a biomasy obecně (90 %). Ostatní zdroje energie, jako jsou vítr, voda a solární energie, jsou zastoupeny pouze v nižších jednotkách procent. Další zdroje, oceán a geotermální energie, zde nejsou zastoupeny vůbec (obr. 14).



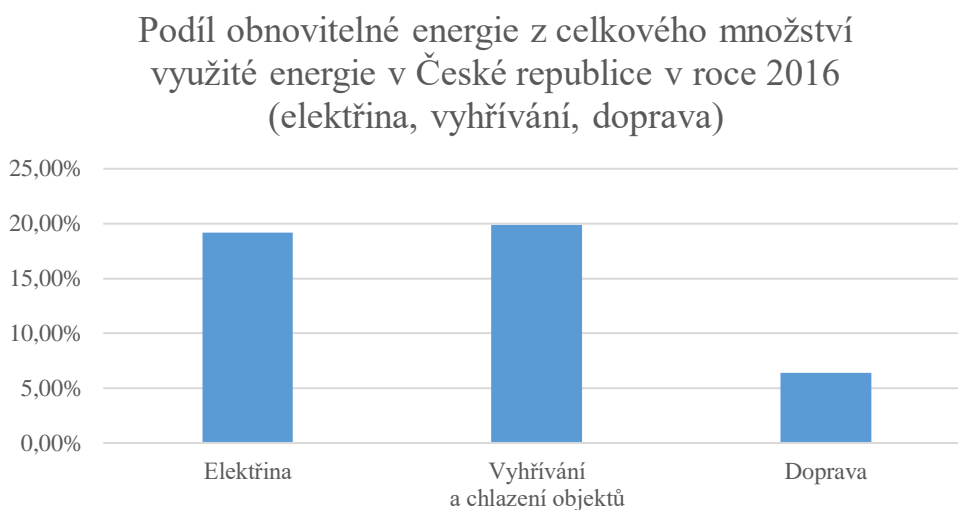
Obrázek 14: Produkce obnovitelné energie v České republice v roce 2016.

V ostatních členských státech Evropské unie také hlavním zdrojem obnovitelné energie, i když s nižším podílem (64 %), biomasa (obr. 15). Jsou zde však již zastoupeny zdroje v České republice se nevyskytující.



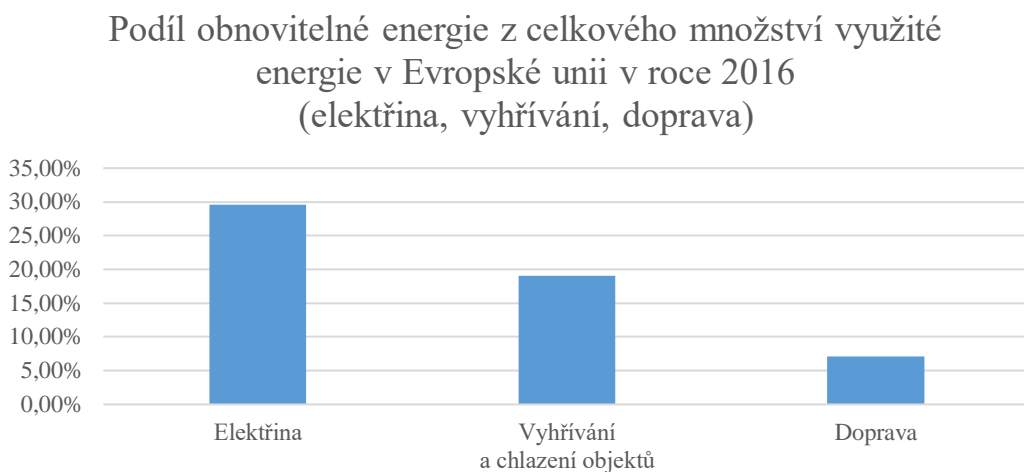
Obrázek 15: Produkce obnovitelné energie v Evropské unii v roce 2016.

Nejčastějším způsobem získávání energie z obnovitelných zdrojů je spalování dendromasy. Jak již bylo zmíněno výše, je dendromasa, a biomasa obecně, využívána pro získání elektrické energie a tepelné energie pro vyhřívání objektů. To také potvrzují data o podílu obnovitelné energie z celkového hrubého využití energie v České republice. Na dopravě obnovitelná energie podílí 6,5 %, na vyhřívání (nebo chlazení) objektů 20 % a na obecné spotřebě energie 19 % (obr. 16).



Obrázek 16: Podíl využití obnovitelné energie v České republice v dopravě, k vyhřívání objektů a obecné spotřebě elektrické energie v roce 2016.

V ostatních členských státech Evropské unie je pak podstatný rozdíl pouze u podílu obnovitelné energie na obecné spotřebě (30 %). Doprava (7 %) a vyhřívání (chlazení) objektů (19 %) mají téměř totožný podíl využití obnovitelné energie jako je v České republice (obr. 17).



Obrázek 17: Podíl využití obnovitelné energie v Evropské unii v dopravě, k vyhřívání objektů a v obecné spotřebě elektrické energie v roce 2016.

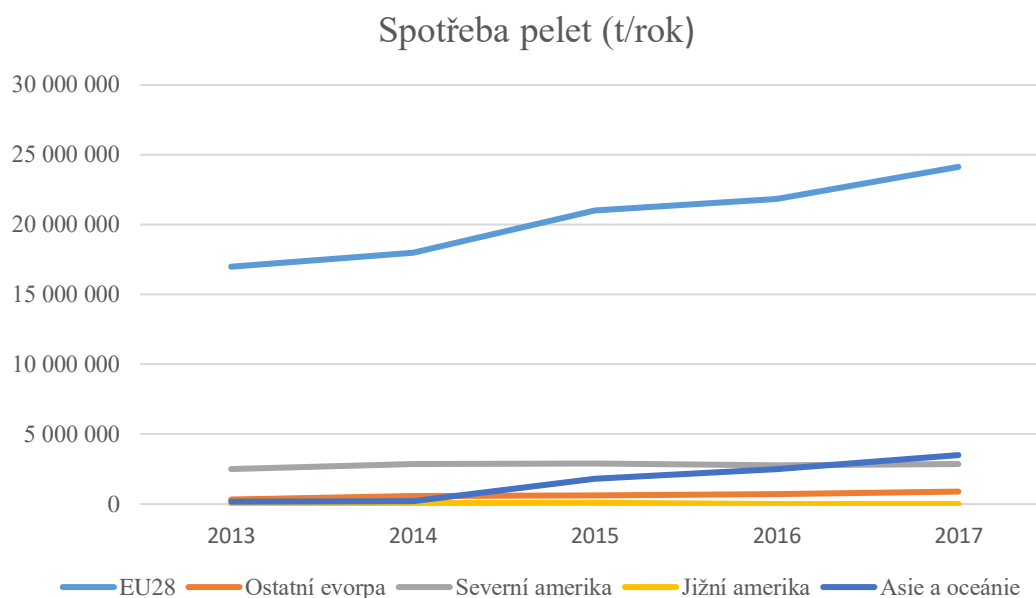
### 5.1.1 Využívání dendromasy

Vzhledem k tomu, že je dendromasa základní surovina pro výrobu pelet, lze z jejich spotřeby určit současný vývoj využití dendromasy pro získávání tepelné energie z jejího spalování ale i odhadnout vývoj budoucí. Narůstající oblibu využívání dendromasy pro získání tepelné energie, ať už z praktických důvodů nebo z důvodu šetrnosti k životnímu prostředí, potvrzují data spotřeby pelet v České republice a celé Evropské unii (viz. tabulka č. 13). Celková spotřeba pelet v České republice pro rezidenční a komerční využití narostla mezi lety 2016 a 2017 o 4 %. Ve všech členských zemích Evropské unie pak narostla spotřeba pelet v roce 2017 v průměru o 10 % oproti roku 2016.

Tabulka 13: Spotřeba pelet pro rezidenční a komerční využití v České republice a Evropské Unii v letech 2016 a 2017.

| Spotřeba pelet v letech 2016 a 2017 | 2016                   |                      |            | 2017                   |                      |            |
|-------------------------------------|------------------------|----------------------|------------|------------------------|----------------------|------------|
|                                     | Rezidenční využití (t) | Komerční využití (t) | celkem (t) | Rezidenční využití (t) | Komerční využití (t) | celkem (t) |
| Česká republika                     | 64 000                 | 30 000               | 94 000     | 68 000                 | 30 000               | 98 000     |
| Evropská unie                       | 9 002 790              | 2 906 982            | 11 909 772 | 9 741 416              | 3 370 155            | 13 111 571 |

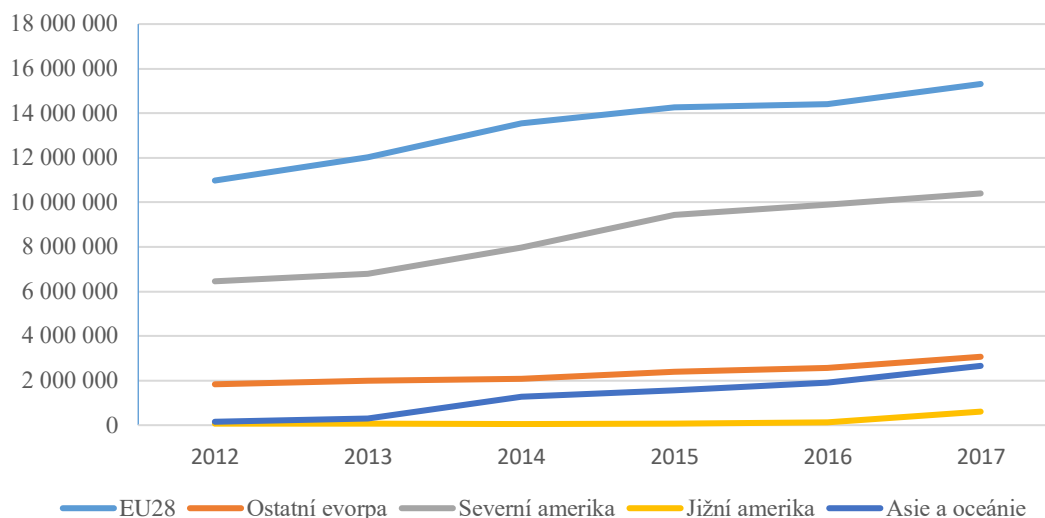
Celosvětová spotřeba pelet má, tak jako v Evropské unii, rostoucí tendenci. Nárůst je však mnohem nižší (obr. 18).



Obrázek 18: Spotřeba pelet v letech 2013–2017.

Celosvětový trend ve zvyšujícím se využívání dendromasy pro energetické účely lze doložit i narůstajícím množstvím výroby. Mezi lety 2016 (28 915 393 t) a 2017 (32 048 416 t) vzrostla výroba pelet celosvětově o 11 %. Nárůst výroby mezi lety 2012 (19 479 120 t) a 2017 (32 048 416 t) je pak 65 % (obr. 19).

### Výroba pelet (t/rok)



Obrázek 19: Výroba pelet v letech 2012 – 2017.

V České republice vzrostla výroba pelet mezi lety 2016 a 2017 o 11 %, na 366 000 t/rok. V celé Evropské unii vzrostla výroba o 6,2% na 15 310 461 t/rok (viz tabulka č. 14).

| Výroba pelet v letech 2016 a 2017 | 2016          |                        |                                      | 2017          |                        |                                      |
|-----------------------------------|---------------|------------------------|--------------------------------------|---------------|------------------------|--------------------------------------|
|                                   | Počet výrobců | Produkční kapacita (t) | Reálné množství vyrobených pelet (t) | Počet výrobců | Produkční kapacita (t) | Reálné množství vyrobených pelet (t) |
| Česká republika                   | 25            | 400 000                | 330 000                              | 26            | 450 000                | 366 000                              |
| Evropská unie                     | 637           | 21 949 115             | 14 421 208                           | 656           | 22 775 771             | 15 310 461                           |

Tabulka 14: Výroba pelet v České republice a v Evropské unii v letech 2016 a 2017.

Z prezentovaných grafů a tabulek, které byly zpracovány na základě dat získaných ze zprávy Statistical report 2018 (Bioenergy Europe ©2018), vyplývá, že využívání energie z obnovitelných zdrojů neustále roste. Vzhledem k faktu, že většina obnovitelné energie je získávána spalováním dendromasy, potvrzuje to růst využití dendromasy pro energetické účely. Nárůst je kontinuální a není důvod pro zastavení růstu. Je to dáno hlavně nižšími environmentálními vlivy oproti využití fosilních paliv a narůstajícímu zájmu o ochranu životního prostředí.

## 5. Diskuse

Využívání dendromasy pro energetické účely získává obecně na popularitě hlavně z důvodů jednoduché manipulace, nízkým nákladům a šetrnosti k životnímu prostředí. Například v Lipnici nad Sázavou, historicky významné malé obci v kraji Vysočina, využívá dřevní většina obyvatel jako zdroj tepla spalování dřevní hmoty včetně dendromasy. V porovnání s ostatními státy Evropské unie je Česká republika s 3 862 ktoe/rok průměrným producentem energie z obnovitelných zdrojů (tedy převážně z dendromasy). (Bioenergy Europe, 2018) Při bližším prozkoumání však zjistíme, že například při porovnání s Německem (26 741 ktoe/rok), tedy největším producentem energie, má Česká republika (0,36 toe/rok) na obyvatele větší množství energie vyprodukované z obnovitelných zdrojů než právě zmíněné Německo (0,32). (Bioenergy Europe, 2018) Jedním z důvodů může být právě využívání za účelem produkce tepla v domácnostech v menších obcích. V současnosti zde navíc probíhá kůrovcová kalamita, díky které bude snížena cena dřeva, tedy i nákladů na vytápění. To by mohlo přispět k rychlejšímu růstu množství energie vyprodukované spalováním dendromasy. Poměrně diskutovanou záležitostí ohledně vlivů spalování dendromasy na životní prostředí je uhlíková bilance. Uvádí se, že se jedná o proces s neutrální uhlíkovou bilancí. (Kašinský J., Wagner, V., 2019) Tedy množství uhlíků navázaného při růstu se rovná množství uhlíku uvolněného při spalování. Tato bilance však nebere v potaz uhlík vypouštěný do ovzduší při manipulaci nebo zpracování dendromasy. Je tedy možné konstatovat, že se nejedná o zdroj energie s neutrální uhlíkovou bilancí. Je však nutné podotknout, že se jedná o mnohem šetrnější zdroj energie, než např. fosilní paliva nebo uhlí a při využití v místě nebo poblíž místa růstu lze téměř dosáhnout na neutrální uhlíkovou bilanci. To ostatně potvrzují i Kašinský a Wagner (2019), kteří tvrdí, že využívání dendromasy pro energetické účely bude mít v budoucnu dále rostoucí tendenci, avšak je nutné dbát na využití jako lokálního zdroje. Další výhodou je obnovitelnost. V současnosti je již nutné začít řešit možnosti a způsoby získávání energie ze zdrojů, které jsou obnovitelné. Ačkoliv je na zemi zásob ropy ještě poměrně dost, nejsou bezedné.



## 6. Závěr

Práce se zabývá dendromasou, jako zdroje energie a environmentálními vlivy jejího využití k tomuto účelu. Součástí je i legislativní ohraničení, nejen zákony České republiky ale i dokumenty Evropské unie, pro pěstování a zpracování dendromasy. Důležité je určení těch částí lesní dendromasy, které jsou efektivně využitelné pro získávání energie a náhled na environmentální vlivy při jejich zpracování. K posouzení využitelnosti rychle rostoucích dřevin na lesní půdě slouží zhodnocení možností pěstování tohoto druhu dřevin a jejich vliv na životní prostředí. Součástí je rovněž ekonomická stránka všech těchto procesů od těžby po skladování. Práce poskytuje náhled na způsoby využití dendromasy pro získávání energie jak elektrické, tak tepelné, tak aby byl tento zdroj využit co nejefektivněji. Definuje vlastnosti dendromasy, které toto využití ovlivňují a limitují. V neposlední řadě zkoumá environmentální vlivy z pohledu udržitelnosti a zachování biodiverzity. Zpracování grafů a tabulek na základě dat získaných z Bioenergy Europe stastical report 2018 ukázalo současný trend, kterým je narůstající spotřeba i výroba energie z obnovitelných zdrojů. Vzhledem k tomu že největší podíl energie z obnovitelných zdrojů je získáván spalováním dendromasy, lze říci, že roste i využití dendromasy pro energetické účely. Hlavním důvodem, proč je dendromasa jako zdroj pro získávání energie stále populárnější, je její šetrnost k životnímu prostředí oproti fosilním palivům. To je dáno hlavně neutrální bilancí uhlíku, kdy množství uhlíku vypouštěného do ovzduší je rovno množství uhlíku, které bylo navázáno při růstu. Dalšími aspekty, které podporují využívání dendromasy jsou, jednoduchost získávání tepelné energie pro vyhřívání domácností, nízké náklady a různé podpory. Ty jsou nejčastěji ve formě dotací na nákup zařízení sloužícího ke spalování a vyhřívání objektů pomocí dendromasy ve formě pelet. Práce slouží jako komplexní náhled na environmentální vlivy využití dendromasy k energetickým účelům pro získávání tepla v malých objektech, jako jsou rodinné domy, tak pro získávání tepla a elektrické energie ve spalovnách pro obce nebo města.

## 7. Seznam literatury

- 1) Bacenetti J., Bergante S., Facciotto G., Fiala M., 2016: Woody biocel production from short rotation coppice in Italy: environmental impact assessment of different species and crop management. *Biomass Bioenergy*, Volume 94. P. 209–219.
- 2) Bioenergy Europe, ©2018: Statistical report 2018, Bioenergy Europe, Busseles, 201 p.
- 3) Dahlquist E., 2013: Biomass as energy source: resources, systems and applications. CRC Press, London, 300 s., ISBN: 978-0415620871
- 4) Chytrý, M., 2007: Ekonomika zpracování těžebních zbytků. In: Příhoda, J. (ed.): Racionální využití lesní biomasy pro energetické účely. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, s. 64-70. ISBN 978-80-213-1691-1
- 5) Ilavský J., Oravec M., 2000: Utilization of biomass in Slovakia. *Ecological Engineering*, Volume 16, Supplement 1. P. 83-89.
- 6) Kadavý J., Kneifl, M., Knott. R., 2007: Nízký les jako potenciální zdroj energetické biomasy. In: Příhoda, J. (ed.): Racionální využití lesní biomasy pro energetické účely. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, s. 60-63. ISBN 978-80-213-1691-1
- 7) Kašinský J., Wagner, V., 2019: Jaký je potenciál využití biomasy v Česku a ve světě (online) [cit. 2019-02-26], dostupné z <<https://oenergetice.cz/nazory/jaky-potencial-vyuziti-biomasy-cesku-ve-svete/>>.
- 8) Kočica, J., Berka, J., Dobrý, J., Grus, J., 2004: Vlastnosti biomasy jako paliva. *Lesnická práce* 2004/3., s. 22–23.
- 9) Kraj Vysočina, ©2019: Základní podmínky pro kotlíkové dotace v Kraji Vysočina (online) [cit. 2019.03.03.], dostupné z <<https://www.kr-vysocina.cz/zakladni-podminky-pro-nbsp-3-kolo-kotlikovych-dotaci-v-nbsp-kraji-vysocina/d-4093481/p1=79023>>.
- 10) Lesy České republiky, ©2002: Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v České republice. Pratr, a. s., Trutnov, 65 s.
- 11) Lesy hlavního města Prahy, ©2018: Štěpkování a drcení větví, klestu a kmenů do průměru 35 cm (online) [cit. 2019-02-18], dostupné z <<https://www.lhmp.cz/lesy2/ceniky/stepkovani/>>.

- 12) Lundborg A., 1998: A Sustainable Forest Fuel System in Sweden. *Biomass and Energy*, Volume 15, Issues 4-5. P. 399-406.
- 13) Manning D. B., Bemann A., Bredemeier M., Lamersdorf N., Ammer Ch., 2015: Bioenergy from dendromass for the sustainable development of rural areas. Wiley-VCH, Weinheim, 576 s., ISBN 978-3527337644
- 14) Ministerstvo zemědělství, ©2012: Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012–2020. Praha, 55 s., ISBN 978-80-7434-074-1
- 15) Mlaťák, J., Vaculík, P., 2008: Biomasa pro výrobu energie. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 206 s., ISBN 978-80-213-1810-6
- 16) Murtinger K., Beranovský J., 2008: Energie z biomasy, Vydavatelství ERA, Brno, 98 s., ISBN 978-80-7366-115-1
- 17) Mužík, O., Slejška, A., 2003: Možnosti využití anaerobní fermentace pro zpracování zbytkové biomasy (online) [cit. 2019.02.18], dostupné z <<http://www.biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-anaerobni-fermentace-pro-zpracovani-zbytkove-biomasy>>.
- 18) Niemczyk M., Kaliszewski A., Jewiarz M., Wróbel M., Mudryk K., 2018: Productivity and biomass characteristics of selected poplar (*Populus* spp.) cultivars under the climatic conditions of northern Poland. *Biomass and Bioenergy*, Volume 111. P. 46-51.
- 19) Nikl, M., 2007: Zdroje energeticky využitelné biomasy. In: Příhoda, J. (ed.): Racionální využití lesní biomasy pro energetické účely. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, s. 4–18. ISBN 978-80-213-1691-1
- 20) Obec Hostětín, ©2019: Obecní výtopna (online) [cit. 2019.02.05], dostupné z <<http://www.hostetin.cz/obecni-vytopna/d-1239>>.
- 21) Palacka M., Vician P., Holubčík M., Jandačka J., 2017: The energy characteristics of different parts of the tree. *Procedia Engineering*, Volume 192. P. 654-658.
- 22) Pari L., Suardi A., Santangelo E., García-Gilando D., Scarfone A., Alfano V., 2017: Current and innovative technologies for pruning harvesting: A review. *Biomass and Bioenergy*, Volume 107. P. 398-410.
- 23) Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P., 2004: Biomasa: obnovitelný zdroj energie, FCC PUBLIS s.r.o., Praha, 288 s., ISBN 80-86534-06-5

- 24) Pohořelý, M., Jeremiáš, M., 2010: Zplyňování biomasy – možnosti využití (online) [cit. 2019.03.26], dostupné z <<http://www.biom.cz/cz/odborne-clanky/zplynovani-biomasy-moznosti-uplatneni>>.
- 25) Příhoda, J., 2007: Technologie pro zpracování dendromasy – těžebních zbytků a rychle rostoucích dřevin. In: Příhoda, J. (ed.): Racionální využití lesní biomasy pro energetické účely. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, s. 73-82. ISBN 978-80-213-1691-1
- 26) PSP ČR, ©2019: Sběrka zákonů a mezinárodních smluv (online) [cit. 2019.01.15] dostupné z <<http://www.psp.cz>>
- 27) Ramsay S. W., 2012: Energy from biomass. Academic Press, 279 s., ISBN 978-0126527803
- 28) Simanov, V., 1993: Dříví jako energetická surovina. Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha, 116 s., ISBN 80-7084-062-5
- 29) Simanov V., 1995: Energetické využívání dříví. Nakladatelství TERRAPOLIS, Olomouc. 115 s.
- 30) Stanton B. J., Serapiglia M. J., Smart L. B., 2014: The domestication and conservation of Populus and Salix genetic resources, Poplars and Willows. Trees for Society and the Environment. P. 124–199.
- 31) Státní fond životního prostředí ČR, ©2019: Nová zelená úsporám (online) [cit. 2019.03.13], dostupné z <<http://www.novazelenausporam.cz>>.
- 32) Stolarski M., Krzyzanak M., Graban Ł., 2010: Evaluation of energy-related and economic aspects of heating a family house with dendromass in the north-east of Poland. Energy and buildings, Volume 43, Issue 2-3. P. 433-439.
- 33) Ústav fyziky a materiálového inženýrství, ©2009: Energie biomasy (online) [cit. 2019.03.05], dostupné z <[http://www.umfi.ft.utb.cz/texty/env\\_fyzika/EF\\_14.pdf](http://www.umfi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_14.pdf)>.
- 34) Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, ©2008: Národní lesnický program pro období 2013. Janova Dílna, Praha, 20 s., ISBN 978-80-7084-738-1
- 35) Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, ©2012: Pěstování a využití biomasy lesních dřevin pro další zpracování a energetické účely. ÚHÚL, Brandýs nad Labem, 39 s.

- 36) Váňa, J., Muñoz, J., Havrland, B., 2001: Aerobní fermentace substrátu na bázi čerstvé a biozplynované travní fytomasy (online) [cit. 2019.03.29], dostupné z <<http://www.biom.cz/cz/odborne-clanky/aerobni-fermentace-substratu-na-bazi-cerstve-a-biozplynovane-travni-fytomasy>>.
- 37) Vassilev S. V., Vassileva C. G., Vassilev V. S., 2015: Advantages and disadvantages of composition and properties of biomass in comparison with coal: An overview. *Fuel* 158. P. 330–350.
- 38) Vávrová K., Knápek J., Weger J., 2016: Short-term boosting of biomass energy sources – Determination of biomass potential for prevention of regional crisis situations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 67. P. 426-436.
- 39) Vávrová K., Knápek J., Weger J., Králík T., Beranovský J., 2017: Model for evaluation of locally available biomass competitiveness for decentralized space heating in villages and small towns. *Renewable Energy*, Volume 129, Part B. P. 853-865.
- 40) Výzkumný ústav zemědělské techniky, ©2006: Hlavní způsoby využití biomasy anaerobní fermentací (online) [cit. 2019.04.01], dostupné z <[www.svt.pi.gin.cz/vuzt/doporuc/energet/kara/bioplyn.htm](http://www.svt.pi.gin.cz/vuzt/doporuc/energet/kara/bioplyn.htm)>.

### **Seznam obrázků:**

Obrázek 1: Procentuelní potřeba tepla v průběhu roku

Obrázek 2: Brikety (Klastr Česká peleta – Česká peleta, z.s.p.o.: Brikety (online) [cit. 2019.02.03] dostupné z <<http://www.ceska-peleta.cz/pelety-brikety-drevo/brikety/#>>.)

Obrázek 3: Pelety (Klastr Česká peleta – Česká peleta, z.s.p.o.: Pelety (online) [cit. 2019.02.03] dostupné z <<http://www.ceska-peleta.cz/pelety-brikety-drevo/pelety/>>.)

Obrázek 4: Sesuvný generátor (Pohořelý, M., Jeremiáš, M., 2010: Zplyňování biomasy – možnosti využití (online) [cit. 2019.03.26], dostupné z <<http://www.biom.cz/cz/odborne-clanky/zplynovani-biomasy-moznosti-uplatneni>>.)

Obrázek 5: Anaerobní fermentace (Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P., 2004: Biomasa: obnovitelný zdroj energie, FCC PUBLIS s.r.o., Praha, 288 s., ISBN 80-86534-06-5)

Obrázek 6: Přehled nákladů na vytápění domácnosti v roce 2013 (rodinný dům s roční spotřebou 65 GJ), (<https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva>)

Obrázek 7: Schéma bioplynové stanice s kombinovanou technologií výroby bioplynu (Agromont Vimperk: Výroba elektrické energie z bioplynu (online) [cit. 2019.05.03] dostupné z <[www.agromont.cz/files/specifikace.pdf](http://www.agromont.cz/files/specifikace.pdf)>.

Obrázek 8: Závislost obsahu metanu v bioplynu na jeho výhřevnosti (Pastorek et al. 2004)

Obrázek 9: Elektrárna na výrobu elektrické energie z biomasy (ELUC, 2014: Spalování biomasy (online) [cit. 2019.04.02], dostupné z <<http://www.eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekc/2071>>.

Obrázek 10: Produkce energie v České republice v roce 2016.

Obrázek 11: Hrubá spotřeba energie v České republice v roce 2016.

Obrázek 12: Produkce energie v Evropské unii v roce 2016.

Obrázek 13: Hrubá spotřeba energie v Evropské unii v roce 2016.

Obrázek 14: Produkce obnovitelné energie v České republice v roce 2016.

Obrázek 15: Produkce obnovitelné energie v Evropské unii v roce 2016.

Obrázek 16: Podíl využití obnovitelné energie v České republice v dopravě, k vyhřívání objektů a obecné spotřebě elektrické energie v roce 2016.

Obrázek 17: Podíl využití obnovitelné energie v Evropské unii v dopravě, k vyhřívání objektů a v obecné spotřebě elektrické energie v roce 2016.

Obrázek 18: Spotřeba pelet v letech 2013–2017.

Obrázek 19: Výroba pelet v letech 2012–2017.

### **Seznam tabulek:**

Tabulka 1: tabulka terénní klasifikace a technologická typizace. (ÚHÚL, 2012)

Tabulka 2: Tabulka jakostních tříd dříví. (LČR, 2002)

Tabulka 3: Zdroje zbytků ze zpracování dřeva. (MZE, ©2012).

Tabulka 4: Potenciál lesní dendromasy pro ČR. (ÚHÚL, 2012).

Tabulka 5: Přehled produkce a energetického potenciálu tří hlavních dřevin nízkého lesa a srovnání se smrkem. (\* přepočítáno na 20% vlhkost, V. - nejhorší bonitní třída, I. - nejlepší bonitní třída, CPP – potenciaální těžba dříví na 1 ha za rok). (Kadavý et al., 2007)

Tabulka 6: Cena vyvážení klestu na odvozní místo. (Chytrý, 2007)

Tabulka 7: Ceny přepravy dendromasy v kč/t. (Chytrý, 2007)

Tabulka 8: Obsah prchavé hořlaviny pro různá paliva. (Murtinger, Beranovský, 2008)

Tabulka 9: Porovnání rozdílů výpočtů vlhkosti dřeva. (Pastorek et al., 2004)

Tabulka 10: vliv obsahu vody na výhřevnost paliva. (Pastorek, Kára, Jevič, 2004)

Tabulka 11: Chemické složení hořlaviny dřevní hmoty. (Pastorek et al., 2004).

Tabulka 12: Složení a vlastnosti vybraných druhů biopaliv. (Pastorek et al., 2004)

Tabulka 13: Spotřeba pelet v České republice a Evropské Unii v letech 2016 a 2017.

Tabulka 14: Výroba pelet v České republice a v Evropské unii v letech 2016 a 2017.

## Přílohy

Příloha 1: Energetická bilance pro Evropskou unii (rok 2016)

| Evropa 2016 (ktoe)    | Vše       | Tuhá palíva | Ropné produkty | Plyn    | Nukleární energie | Odpad nevyužitelný | Energie z obnovitelných zdrojů (voda, vítr, slunce) | Biomasa |
|-----------------------|-----------|-------------|----------------|---------|-------------------|--------------------|---|---------|
| Produkce Energie      | 755 389   | 131 850     | 74 354         | 107 238 | 216 703           | 14 537             | 76 283  | 134 497 |
| Export                | 579 508   | 38 239      | 411 746        | 87 613  | 0                 | 29                 | 0   | 10 575  |
| Import                | 1 483 219 | 134 902     | 941 564        | 357 102 | 0                 | 385                | 0   | 16 395  |
| Hrubá domácí spotřeba | 1 640 615 | 240 724     | 567 143        | 382 970 | 216 703           | 14 893             | 76 211  | 140 407 |

Příloha 2: Energetická bilance pro Českou republiku (rok 2016)

| Česká republika 2016 (ktoe) | Vše    | Tuhá palíva | ropné produkty | Plyn  | Nukleární energie | Odpad nevyužitelný | Energie z obnovitelných zdrojů (voda, vítr, slunce) | Biomasa |
|-----------------------------|--------|-------------|----------------|-------|-------------------|--------------------|---|---------|
| Produkce energie            | 27 159 | 15 973      | 184            | 180   | 6 239             | 305                | 417   | 3 862   |
| Export                      | 7 900  | 3 149       | 2 219          | 0     | 0                 | 0                  | 0   | 398     |
| Import                      | 21 582 | 2 995       | 10 252         | 6 715 | 0                 | 0                  | 0   | 431     |
| Hrubá domácí spotřeba       | 41 807 | 16 617      | 8 265          | 7 016 | 6 239             | 305                | 417   | 3 893   |



Příloha 3: Spotřeba energie v Evropské unii (rok 2016)

| Evropa 2016 (ktoe)       | Vše       | Tuhá paliva | Ropné produkty | plyn    | teplo  | Teplo z obnovitelných zdrojů | Obnovitelné energie* | Elektrická energie | Elektrická energie z obnovitelných zdrojů | Odpad nevyužitelný |
|--------------------------|-----------|-------------|----------------|---------|--------|------------------------------|----------------------|--------------------|---|--------------------|
| Konečná spotřeba energie | 1 107 818 | 45 338      | 437 131        | 245 284 | 33 627 | 14 305                       | 88 950               | 156 864            | 82 541                                    | 3 780              |

\* Nezahrnuje elektrinu a teplo z obnovitelných zdrojů energie

Příloha 4: Spotřeba energie v České republice (rok 2016)

| Česká republika 2016 (ktoe) | Vše    | Tuhá paliva | Ropné produkty | plyn  | teplo | Teplo z obnovitelných zdrojů | Obnovitelné energie* | Elektrická energie | Elektrická energie z obnovitelných zdrojů | Odpad nevyužitelný |
|-----------------------------|--------|-------------|----------------|-------|-------|------------------------------|----------------------|--------------------|---|--------------------|
| Konečná spotřeba energie    | 24 881 | 2 424       | 6 802          | 5 676 | 1 917 | 211                          | 2 784                | 3 986              | 833                                       | 246                |

\* Nezahrnuje elektrinu a teplo z obnovitelných zdrojů energie

Příloha 5: Tabulka světové výroby pelet

| Světová výroba pelet (t) | 2012       | 2013       | 2014       | 2015       | 2016       | 2017       | Nárůst mezi lety 2016 a 2017 |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------------------------|
| EU28                     | 10 978 087 | 12 011 594 | 13 558 541 | 14 263 427 | 14 421 208 | 15 310 461 | 6%                           |
| Ostatní evropa           | 1 835 100  | 2 003 128  | 2 084 366  | 2 384 124  | 2 568 352  | 3 069 225  | 20%                          |
| Severní amerika          | 6 456 500  | 6 781 000  | 7 978 000  | 9 450 000  | 9 900 000  | 10 400 000 | 5%                           |
| Jižní amerika            | 56 580     | 61 500     | 49 390     | 75 000     | 125 350    | 608 300    | 385%                         |
| Asie a oceánie           | 152 853    | 309 177    | 1 281 977  | 1 567 796  | 1 900 483  | 2 660 430  | 40%                          |
| Celkem                   | 19 479 120 | 21 166 399 | 24 952 274 | 27 740 347 | 28 915 393 | 32 048 416 | 11%                          |

Příloha 6: Tabulka světové spotřeby pelet

| Světová spotřeba pelet (t) | 2013       | 2014       | 2015       | 2016       | 2017       | Nárůst mezi lety 2016 a 2017 | Nárůst mezi lety 2016 a 2017 |
|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------------------------|------------------------------|
| EU28                       | 16 990 804 | 17 984 077 | 21 020 161 | 21 834 545 | 24 137 466 | 11%                          | 6%                           |
| Ostatní evropa             | 325 079    | 569 134    | 598 730    | 704 194    | 892 236    | 27%                          | 20%                          |
| Severní amerika            | 2 506 000  | 2 875 000  | 2 902 000  | 2 760 000  | 2 850 000  | 3%                           | 5%                           |
| Jižní amerika              | 0          | 58 000     | 90 000     | n.a.       | n.a.       | n.a.                         | 385%                         |
| Asie a oceánie             | 168 941    | 218 551    | 1 828 500  | 2 503 500  | 3 505 500  | 40%                          | 40%                          |
| Celkem                     | 19 990 824 | 21 704 762 | 26 439 391 | 27 802 239 | 31 385 202 | 13%                          | 11%                          |

Příloha 7: Tabulka produkce obnovitelné energie Evropské unii

| Evropa 2016 (ktoe)  | Obnovitelná energie celkem | Biomasa | Elektrina z vodních zdrojů | Elektrina z větrných zdrojů | Solární energie | Geotermální | Solární termální | Oceán |
|---------------------|----------------------------|---------|----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------|------------------|-------|
| Podíl (%)           | 100,00%                    | 63,83%  | 14,29%                     | 12,36%                      | 4,29%           | 3,16%       | 2,05%            | 0,02% |
| obnovitelná energie | 210 708                    | 134 497 | 30 105                     | 26 044                      | 9 047           | 6 660       | 4 312            | 43    |

Příloha 8: Tabulka produkce obnovitelné energie v České republice

| Česká republika 2016 (ktoe) | Obnovitelná energie celkem | Biomasa | Elektrina z vodních zdrojů | Elektrina z větrných zdrojů | Solární energie | Geotermální | Solární termální | Oceán |
|-----------------------------|----------------------------|---------|----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------|------------------|-------|
| Podíl (%)                   | 100,00%                    | 90,25%  | 4,02%                      | 1,01%                       | 4,28%           | 0,00%       | 0,44%            | 0,00% |
| obnovitelná energie         | 4 279                      | 3 862   | 172                        | 43                          | 183             | 0           | 19               | 0     |

Příloha 9: Tabulka podílu využití obnovitelné energie (elektrická energie, vytápění, doprava)

| Podíl využití obnovitelné energie (elektrická energie, vytápění, doprava) | Elektrina | Vytápění a chlazení objektů | Doprava |
|---|-----------|-----------------------------|---------|
| Česká republika   | 19,20%    | 19,90%                      | 6,40%   |
| Evropa  | 29,60%    | 19,10%                      | 7,10%   |

