

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**Katedra elektroenergetiky a ekologie**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Životní cyklus (LCA) pevných biopaliv**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Stanislav RANDA**  
Osobní číslo: **E16B0182P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Technická ekologie**  
Název tématu: **Životní cyklus (LCA) pevných biopaliv**  
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište současný stav produkce, prodeje a spotřeby pevných biopaliv v ČR a EU.
2. Analyzujte zdroje a dostupnost biomasy pro výrobu pevných biopaliv.
3. Zjistěte energetické, environmentální a ekonomické požadavky na výrobu a distribuci pevných biopaliv.
4. Navrhněte optimální způsob výroby a využití pevných biopaliv z hlediska LCA.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 30 - 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická


Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

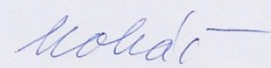
Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Eduard Ščerba, Ph.D.  
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: 10. října 2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 7. června 2018

  
Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



  
Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 10. října 2017

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá pevnými biopalivy, jejich výrobou a využitím v České republice a v EU. Konkrétně se zaměřením na jejich zdroje, environmentální a ekonomické požadavky na výrobu a distribuci, včetně návrhu na optimální způsob využití pevných biopaliv z hlediska životního cyklu.

## **Klíčová slova**

Pevná biopaliva, zdroje biopaliv, životní cyklus pevných biopaliv, biomasa, využití biopaliv, výroba biopaliv, distribuce biopaliv.

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with solid biofuels, their production and utilization in the Czech republic and the EU. Specifically, focusing on their resources, environmental and economic requirements for production and distribution, including a proposal for an optimal way of using life – cycle biofuels.

## **Key words**

Solid biofuels, biofuels sources, life cycle of solid biofuels, biomass, use of biofuels, biofuels production, biofuels distribution.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....  
podpis

V Plzni dne 18.5.2018

Jméno příjmení

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Mgr. Eduardu Ščerbovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

## Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>8</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>10</b>
<b>1 SOUČASNÝ STAV PRODUKCE, PRODEJE A SPOTŘEBY PEVNÝCH BIOPALIV V ČR A EU</b> .....	<b>11</b>
1.1 BIOMASA.....	11
1.2 ROZDĚLENÍ BIOMASY.....	12
1.2.1 Fytomasa.....	12
1.2.2 Dendromasa.....	12
1.3 BIOPALIVA.....	12
1.4 ROZDĚLENÍ BIOPALIV.....	12
1.4.1 Tuhá biopaliva.....	12
1.4.2 Kapalná biopaliva.....	12
1.4.3 Plynná biopaliva.....	12
1.4.4 První generace.....	13
1.4.5 Druhá generace.....	13
1.4.6 Třetí generace.....	13
1.5 VÝHODY VYUŽÍVÁNÍ BIOPALIV.....	13
1.6 NEVÝHODY VYUŽÍVÁNÍ BIOPALIV.....	14
1.7 SOUČASNÝ STAV PRODUKCE SPOTŘEBY A PRODEJE PEVNÝCH BIOPALIV.....	14
<b>2 ANALÝZA ZDROJŮ A DOSTUPNOST BIOMASY PRO VÝROBU PEVNÝCH BIOPALIV</b> .....	<b>16</b>
ZDROJE PEVNÉ BIOMASY.....	16
2.1 BIOMASA ZÁMĚRNĚ PĚSTOVANÁ.....	17
2.1.1 Rostliny bylinného charakteru.....	17
2.1.2 Rychle rostoucí dřeviny.....	21
2.2 ODPADNÍ BIOMASA.....	24
<b>3 ENERGETICKÉ, ENVIRONMENTÁLNÍ A EKONOMICKÉ POŽADAVKY NA VÝROBU A DISTRIBUCI PEVNÝCH BIOPALIV</b> .....	<b>26</b>
3.1 ENERGETICKÉ POŽADAVKY NA VÝROBU A DISTRIBUCI PEVNÝCH BIOPALIV.....	26
3.1.1 Energie spotřebovaná.....	26
3.1.2 Energie získaná.....	27
3.2 ENVIRONMENTÁLNÍ POŽADAVKY NA VÝROBU A DISTRIBUCI PEVNÝCH BIOPALIV.....	28
3.2.1 Základní environmentální požadavky na biopaliva.....	29
3.3 EKONOMICKÉ POŽADAVKY NA VÝROBU A DISTRIBUCI PEVNÝCH BIOPALIV.....	29
3.3.1 Ekonomická efektivita pěstování na příkladu ozdobnice.....	30
<b>4 NÁVRH OPTIMÁLNÍHO ZPŮSOBU VÝROBY A VYUŽITÍ PEVNÝCH BIOPALIV Z HLEDISKA LCA</b> .....	<b>37</b>
4.1 LCA.....	37
4.2 VÝZNAM LCA PRO HODNOCENÍ ENVIRONMENTÁLNÍCH DOPADŮ.....	37
4.3 SCHÉMA VÝROBY BIOPALIV.....	38
4.4 NÁVRH OPTIMÁLNÍHO VYUŽITÍ.....	39
4.5 DOPRAVA BIOPALIV.....	42
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>43</b>
<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ</b> .....	<b>44</b>



## Úvod

Tématem bakalářské práce je životní cyklus pevných biopaliv. Toto téma jsem si zvolil, jelikož studuji obor technická ekologie a o obnovitelné zdroje se zajímám. Podle mého názoru mají obnovitelné zdroje z biomasy největší potenciál v pokrývání spotřeby energie a to hlavně z důvodu jejich menší závislosti na přírodních vlivech než například solární či větrné elektrárny. V současné době se biopaliva podílí na spotřebě obnovitelných zdrojů energie zhruba z 85%. Z toho důvodu jsou biopaliva nejvýznamnější obnovitelný zdroj energie.

V první kapitole této práce jsem se zaměřil na biomasu obecně, rozdělení biopaliv, jejich výhody a nevýhody. Dále pak na současný stav produkce, spotřeby a prodeje pevných biopaliv a to jak v České republice tak EU.

Ve druhé kapitole popisuji zdroje a dostupnost biomasy pro výrobu pevných biopaliv. Konkrétně rozdělení zdrojů biopaliv na biomasu záměrně pěstovanou a odpadní. Záměrně pěstovanou biomasu dělíme dále na rostliny bylinného charakteru a rychle rostoucí dřeviny.

Ve třetí části analyzuji energetické, ekonomické a environmentální požadavky. Z energetického hlediska uvažuji energii spotřebovanou a energii získanou. Co se environmentálních požadavků týče, je vysvětlena environmentální technologie a základní environmentální požadavky. Ekonomické zhodnocení je ukázáno na příkladu pěstování ozdobnice čínské v oblasti Praha – Ruzyně.

V poslední části se zabývám obecně posuzováním životního cyklu, jeho významem pro hodnocení environmentálních dopadů. Dále uvádím schéma výroby biopaliv ve srovnání s výrobou fosilních paliv. V poslední řadě se zaměřuji na návrh optimálního životního cyklu pevných biopaliv.

Při vypracování bakalářské práce jsem čerpal z odborné literatury, novinových článků, internetu a studijních materiálů.

## **Seznam symbolů a zkratk**

EU – evropská unie

ČR – Česká republika

CO<sub>2</sub> – oxid uhličitý

MEŘO – methylester řepkového oleje

EEŘO – ethylester řepkového oleje

FAME – methylester mastných kyselin

MJ/kg – megajoule na kilogram

ČSÚ – český statistický úřad

RRD – rychle rostoucí dřeviny

KTOE – kiloton of oil equivalent (jednotka výhřevnosti – 44868 GJ)

ha – hektar

mjbp – měrná jednotka biopaliva

VUZT – výzkumný ústav zemědělské techniky

LCA – posuzování životního cyklu

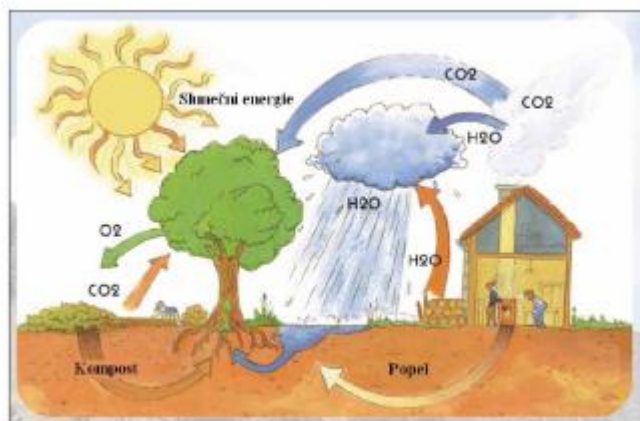
GHG – skleníkové plyny

# 1 Současný stav produkce, prodeje a spotřeby pevných biopaliv v ČR a EU

V této kapitole se budu zabývat biomasou, co to je a jak vzniká. Dále se zaměřím na biopaliva obecně, jejich rozdělení a výhody či nevýhody. V závěru této kapitoly se zmíním o současné produkci, prodeji a spotřebě pevných biopaliv v ČR a EU.

## 1.1 Biomasa

Za biomasu je považován souhrn látek tvořících těla všech živých organismů a to jak rostlin, bakterií, sinic a hub, tak i živočichů. Pojem biomasa je označována rostlinná biomasa využitelná pro energetické účely. Energie biomasy má svůj původ v zdroji slunečního záření, konkrétně fotosyntéze a proto se jedná o obnovitelný zdroj energie. Produkty a odpady z biomasy jsou rozložitelné. Základní výhodou biomasy je, že se z hlediska emisí oxidu uhličitého, který je hlavním plynem způsobující tzv. skleníkový efekt, chová neutrálně. Při udržitelném přístupu je  $\text{CO}_2$ , který vzniká při spalování pohlcen nově rostoucí biomasou.



Uzavřený koloběh uhlíku v přírodě – ilustrační obrázek

## 1.2 Rozdělení biomasy

Biomasa se rozděluje na dvě hlavní skupiny podle zdroje původu.

### 1.2.1 Fytomasa

Tímto pojmem označujeme rostlinnou biomasou využitelnou pro energetické účely.

### 1.2.2 Dendromasa

Tímto pojmem označujeme biomasu ze stromů a dřevin využitelnou pro energetické účely.

## 1.3 Biopaliva

Biopalivo je v podstatě cílový produkt zpracování biomasy. Biopaliva se z biomasy získávají buďto chemickou nebo mechanickou úpravou. Jako jeho definici lze částečně použít i to, že se jedná o uhlíkově neutrální zdroj energie, což ovšem není úplně pravda. K účinnému pěstování rostlin, je potřeba hnojivo. Dále se musí rostliny sklídit, transportovat na místo určení a poté zpracovat na biopaliva. Z hlediska uhlíkové bilance nám do reakce vstupuje vnější energie, která vytváří znečištění CO<sub>2</sub>.

## 1.4 Rozdělení biopaliv.

Biopaliva můžeme dělit buď podle skupenství, nebo dle generace.

### 1.4.1 Tuhá biopaliva

Biopaliva, která jsou skladována, dopravována a připravována pro energetické využití se nacházejí v pevném skupenství (dřevo, seno, sláma).

### 1.4.2 Kapalná biopaliva

Biopaliva, která jsou v kapalném stavu (alkoholy, biooleje, zkapalněná plynná biopaliva)

### 1.4.3 Plynná biopaliva

Biopaliva, která jsou v plynném stavu (bioplyn, dřevoplyn, vodík).

#### 1.4.4 První generace

Surovinou pro výrobu současných biopaliv první generace je biomasa, kde existuje její konkurenční užití ve výrobě potravin či krmiv. Mezi biopaliva první generace patří bioetanol, vyrobený z obilí, cukrové řepy, cukrové třtiny, kukuřice, škrobu, rostlinných odpadů kvašením a rafinací, metylester řepkového oleje (MEŘO, RME), vyrobený z vylisované řepky olejné esterifikací, resp. jeho modifikace etylester řepkového oleje (EEŘO), dále metylester mastných kyselin (FAME), vyrobený z vylisovaných olejnatých rostlin (palmový olej, slunečnicový olej, aj.) či biobutanol vyrobený katalytickou konverzí bioetanolu.

#### 1.4.5 Druhá generace

U biopaliv druhé generace je surovinou tzv. nepotravinářská biomasa jako je lesní biomasa včetně těžebních zbytků, zemědělský odpad (sláma, seno, kukuřičné, řepkové a jiné zbytky), energetické rostliny (křídlatka, širok, štovík apod) či biologický odpad z domácností.

Mezi biopaliva, vyrobená z této suroviny, patří bioetanol, motorová nafta jako syntetický produkt Fischer-Tropschovy syntézy, methanol, resp. benzin jako produkt katalytické konverze syntézního plynu, biobutanol z bioetanolu aj.

#### 1.4.6 Třetí generace

Mezi biopaliva třetí generace patří kapalná a plynná biopaliva. Dále se mezi třetí generaci biopaliv zahrnují biopaliva vyrobená z vodních řas. Řasy jsou vodní organismy, které nejsou náročné na pěstování. K růstu využívají slunečního záření. Rostou jak ve sladké tak slané vodě. V symbióze s houbami tvoří lišejníky. Podle obsahu fotosyntetických barviv dělíme řasy na červené, zelené a hnědé, přičemž nejvhodnější jsou řasy zelené z důvodu obsahu chlorofylu.

Některé druhy řas obsahují až 60% tuku, díky tomu je snadné z nich vytvořit bionaftu. Nepochybnou výhodou řas je rychlejší růst, než u plodin pěstovaných na poli a možnost sklizení průběžně. Tím je zajištěno plynulé využití.

### 1.5 Výhody využívání biopaliv

Biomasa je obnovitelný zdroj bez škodlivých emisí, při jejím spalování dochází k neutrální uhlíkové bilanci (CO<sub>2</sub> vzniklé při spalování je pohlcováno nově vznikající biomasou). Pěstování plodin pro energetické účely zabraňuje erozi půdy, zadržuje vodu

v krajině, a pokud jsou plodiny pěstovány v rozumné míře, tak přispívá k biodiverzitě a tudíž větší stabilitě krajiny. Z ekonomického hlediska je výhodné efektivní zpracování odpadů a nové pracovní příležitosti pro místní obyvatele.

## 1.6 Nevýhody využívání biopaliv

Nevýhody při využívání biopaliv jsou hlavně z logistického hlediska při nesprávném využití zdrojů. Týká se to vyšších nákladů na přepravu, pokud k místě spalování nedochází v blízkosti místa pěstování. Dále jde o vybrání správné plodiny k dané lokalitě a sezónnosti plodin. Z technického hlediska může být problém u nižšího energetického potenciálu oproti fosilním palivům z důvodu velkého množství vody obsažené v plodinách.

V dnešní době dále vysoká vstupní investice pro bioplynové stanice. Jako další pěstování energetických plodin na úkor zachování přirozeného řádu v přírodě za účelem navýšení zisku.

## 1.7 Současný stav produkce spotřeby a prodeje pevných biopaliv

V současné době představuje biomasa přibližně 85% podíl z celkově využitelného potenciálu obnovitelných zdrojů energie. Mezi tuhá biopaliva patří hlavně dřevo v různých formách: polena, štěpky, pelety, brikety, piliny. Dále se k pevným biopalivům řadí seno, sláma, rychle rostoucí traviny. Dřevo má podobnou výhřevnost jako hnědé uhlí (cca 15MJ/kg). Výhřevnost biopaliv velmi ovlivňuje obsah vody – čerstvě sklizené dřevo má obsah vody kolem 60%, ale doporučené vlhkost pro spalování je 10%-20%.

Největšími producenty energie z biomasy jsou Německo (3,83 PWh), Švédsko (2,67 PWh) a Francie (2,67 PWh). Bioenergie představuje cca 62% všech obnovitelných zdrojů v Evropě.

### Výroby elektřiny z biomasy v ČR

Výroba z biomasy v ČR (leden – listopad 2015)	Výroba elektřiny brutto
Biomasa celkem	1 897 320
Brikety a pelety	233 365
Celulóznové výlohy	630 482
Kapalná biopaliva	1 688
Ostatní biomasa	65 637
Palivové dříví	269
Piliny, kůra, štěpky, dřevní odpad	884 261
Rostlinné materiály	91 615

**Stav zdrojů biopaliv**

Zdroj biopaliv	Celkem paliva 2010 [T]
Dřevní odpad, štěpka, piliny	1 752 000
Palivové dřevo	36 500
Rostlinné materiály	106 305
Brikety a pelety	172 400

V současné době je bioenergie spotřebovávána hlavně pro vytápění a chlazení (88%). Bioenergie představuje 16% z celkové hrubé spotřeby EU pro vytápění a chlazení. Spotřeba v průmyslu (26,6%) a výroba tepla (15,8%) tvoří dohromady okolo 40% spotřeby biomasy v sektoru tepla.

V roce 2014 bylo 73% bioenergie využito na vytápění, kdežto elektřina vyrobená z bioenergie čítala pouze 12%. Jak již bylo zmíněno, biomasa představuje největší zdroj obnovitelné energie a to jak v ČR, tak v EU. Její největší podíl v národním energetickém mixu má Švédsko (60%), Finsko (90%) a Litva (80%). Spotřeba tepla v ČR činila 12,6 ktoe celkové spotřeby a s 2,1 ktoe se na výrobě tepla podílely obnovitelné zdroje energie. Teplo z obnovitelných zdrojů tedy činilo 16,75% celkové produkce. Podíl biomasy na produkci tepla v ČR činil 15,9% v roce 2014.

Databáze zahraničního obchodu ČSÚ poskytuje měsíční data o dovozech a vývozech komodit podle kombinované nomenklatury TARIC. V případě biomasy vhodné pro energetické účely je definována položka 4401 „Palivové dřevo“. Tato položka obsahuje nejen klasické palivové dřevo, ale i dřevěné štěpky, třísky, piliny a brikety a pelety. Od roku 2009 jsou zvláště evidovány pelety z dřevní hmoty. Z dat ČSÚ byly dále vyčleněny dřevěné brikety, které vlastní položku nemají.

**Dovoz biomasy vhodné k energetickým účelům (tis. tun)**

	2010	2011	2012
Dřevo palivové	54	28	32
Štěpky, třísky jehličnaté	15	87	148
Štěpky, třísky ostatní	4	5	5
Piliny dřevěné	33	19	68
Zbytky, dřevěný odpad	22	23	14
Brikety a pelety	40	65	56
Celkem	168	227	323

**Vývoz biomasy vhodné k energetickým účelům (tis. tun)**

	2010	2011	2012
Dřevo palivové	65	70	64
Štěpky, třísky jehličnaté	51	167	102
Štěpky, třísky ostatní	15	50	52
Piliny dřevěné	164	132	117
Zbytky, dřevěný odpad	57	39	77
Brikety a pelety	173	185	188
<b>Celkem</b>	<b>525</b>	<b>642</b>	<b>599</b>

Z přiložených tabulek můžeme vyčíst, že v roce 2012 ČR vyváželo asi dvakrát více biomasy, než dovezlo. Z hlediska vývozu se jedná hlavně o brikety a pelety, které pokrývají téměř třetinu vývozu biomasy z ČR.

## 2 Analýza zdrojů a dostupnost biomasy pro výrobu pevných biopaliv

V této kapitole se budu zabývat zdroji pevné biomasy a jejich dostupností.

### Zdroje pevné biomasy

#### Předpoklad využití biomasy v ČR v roce 2010

Typ biomasy	Celková energie		Teplo	Elektřina
	%	PJ	GWh	
<b>Dřevo a dřevní zbytky</b>	<b>24,0</b>	<b>33,1</b>	<b>25,2</b>	<b>427</b>
<b>Sláma z obilovin a olejnatých rostlin</b>	<b>11,7</b>	<b>15,7</b>	<b>11,9</b>	<b>224</b>
<b>Energetické zařízení</b>	<b>47,1</b>	<b>63,0</b>	<b>47,7</b>	<b>945</b>
<b>Bioplyn</b>	<b>16,3</b>	<b>21,8</b>	<b>15,6</b>	<b>535</b>
<b>Celkem</b>	<b>100</b>	<b>133,6</b>	<b>100,4</b>	<b>2231</b>

Z tabulky můžeme vidět, že pevná biomasa tvoří asi třetinu využití biomasy v ČR. Zdroje biomasy pro energetické účely můžeme dělit dle jejího původu a to na odpadní neboli zbytkovou biomasy a záměrně pěstovanou (rostliny a dřeviny záměrně vypěstované pro energetické zpracování)



## 2.1 Biomasa záměrně pěstovaná

Biomasu záměrně pěstovanou lze v zásadě rozdělit na dva hlavní typy a to rychle rostoucí dřeviny (RRD) a rostliny bylinného charakteru.

### 2.1.1 Rostliny bylinného charakteru

Jedná se zejména o byliny a trávy, které dosahují poměrně vysoký výnosů. Dělíme je na rostliny jednoleté a víceleté. Rostliny jednoleté nejsou pro pěstování biomasy tolik výhodné a jsou používány především na potravinářské a krmivářské účely.

Do této skupiny patří například některé obilniny jako pšenice ozimá nebo len setý. Víceleté a vytrvalé rostliny jsou vhodnější pro pěstování hmoty na energetické využití, jejich nevýhoda spočívá v tom, že nejsou připraveni ke sklizni během prvního roku a musejí nejdříve dostatečně zakořenit.

#### 2.1.1.1 Jednoleté rostliny

##### Triticale

Jedná se o křížence žita a pšenice, není náročná na podmínky, má menší nároky na ochranu proti chorobám a škůdcům. Další výhodou této plodiny je že dobře snáší i půdu s nepříznivým pH.



Porost triticale – ilustrační obrázky

##### Pšenice ozimá

Pšenice ozimá má větší výnos biomasy než pšenice jarní. Jako energetická surovina je vhodná především sláma získaná po sklizni, kdy je mlátičkou oddělené zrna od slámy. Výhřevnost slámy z obilovin se pohybuje mezi 12-15 GJ/t při obsahu sušiny 80-85%.

### Len setý

Len setý je vhodný především do oblastí s vyšší nadmořskou výškou. Len se využívá hlavně na výrobu vláken a výrobu oleje. K energetickému využití pro výrobu biopaliv například briket či pelet je vhodné pazdeří (dřevitá dužina ve stoncích rostlin)



Porost lnu setého - ilustrační obrázky

### Lnička setá

Lnička setá je nenáročná plodina na pěstování, vhodná téměř pro všechna stanoviště. Sklízí se sklízecími mlátičkami, její semeno je možné použít k výrobě oleje. Sláma ke spalování se lisuje do hranatých balíků. Její výhřevnost je podobná jako u pšenice ozimé a to zhruba 15 GJ/t při obsahu sušiny 90%



Porost lničky seté – ilustrační obrázek

### Řepka olejka

U nás se pěstuje ve 30 odrůdách, 7 jarních a 23 je řepka ozimá. Hlavní důvod pěstování řepky jsou olejnaté semena. Výnosy z řepkové slámy se pohybují v rozmezí od 2,8 -4,5 t/ha. Slámu získanou po sklizni semene je možné slisovat do balíku, briket nebo pelet.





Porost řepky olejné – ilustrační obrázek

### **Konopí seté**

Jedná se o teplomilnou rostlinu náročnou na vodu. Vyžaduje úrodnější půdu, v horších půdách a chladnějším prostředí klesá výnos. Vhodné jsou dva typy konopí setého. Jižní typ, dorůstá výšky 300-400 cm a dozrává za 130-180 dní. Dává velký výnos vláken, ale malý výnos semen.

Druhý typ konopí setého je přechodný typ. Dorůstá výšky 170-250 cm a dozrává za 90-120 dní. Dává dobrý výnos vláken i semen. Konopí zpočátku roste velmi rychle a tím zamezuje růstu okolního plevelu. Výhřevnost konopí setého je 15 GJ/t při obsahu sušiny 90%.



Porost konopí setého – ilustrační obrázky

### **2.1.1.2 Víceleté a vytrvalé rostliny**

#### **Krmný šťovík Uteuša**

Jedná se o jednu z nejvýznamnějších energetických plodin. Je vytrvalý, vydrží na stanovišti i 10 let. Sklízí se již koncem července a v suchém stavu, což poté nevyžaduje nákladné dosoušení. Poskytuje vysoké výnosy a není potřeba speciální technika. Má

vysokou výhřevnost (podobnou dřevu) a v kotli se nespéká. Působí protierozně a má hluboké kořeny, díky čemuž netrpí na nedostatečné zásobování vodou.

Při pěstování šťovíku není třeba vyjímat půdu z kategorie zemědělské půdy jako v případě RRD a po zrušení porostů energetického šťovíku ho lze jednoduše zaorat a začít pěstovat jakoukoliv jinou plodinu.



Porost šťovíku – ilustrační obrázky

### **Chrastice rákosová**

Jde o vytrvalou travu náročnou na vodu a živiny, ale odolnější vůči klimatickým podmínkám. Pro co neekonomičtější využití se sklízí po zimě, kdy má nejmenší obsah vody (12-20%). Slisovaná chrastice rákosovitá určená ke spalování má výhřevnost 16 GJ/t při obsahu sušiny 94%.



Porost chrastice rákosové – ilustrační obrázek



### Ozdobnice čínská

Ozdobnice čínská je vytrvalá tráva vysokého vzrůstu. Nejlépe se jí daří v teplejších oblastech z vysokým množstvím srážek. V prvním roce se ozdobnice nesklízí, v druhém má výnos do 10 t/ha, ve třetím roce a dalších letech až 30 t/ha. Založení plantáže ozdobnice čínské je velmi nákladné. Na jednom stanovišti se může pěstovat 10-20 let. Sklízí se po zimě. Ozdobnice má výhřevnost 15 GJ/t při obsahu sušiny 92%.



Porost ozdobnice čínské – ilustrační obrázek

### Trávy

Jsou zdrojem biomasy, která se využívá pro energetické účely jako obnovitelný zdroj energie. Travní hmota se využívá buď na přímé spalování, nebo také jako substrát pro výrobu bioplynu. Jednou z největších výhod travin je, že dosahují velkých výnosů a dají se sklízet v relativně suchém stavu běžnými zemědělskými stroji.

Spalování sena je možné pouze v kotlích k tomu upravených (velké kotle nad 50 kW tepelného výkonu), pro běžné kotle musí být seno upraveno do formy pelet.

#### 2.1.2 Rychle rostoucí dřeviny

Jedná se o dřeviny s krátkou dobou obmytí a s hmotovým přírůstkem významně převyšující hmotový přírůstek ostatních dřevin. Z tohoto důvodu se pěstují a sklízí jako

energetické plodiny pro výrobu obnovitelné energie. Mezi rychle rostoucí dřeviny můžeme zařadit stromy jako topol, vrba, jilm, pajasan, olše, lípa, baobab atd.

### Základní vlastnosti RRD

Vysoká objemová produkce dřeva přes 10 m<sup>3</sup>/ha/rok což odpovídá přibližně 4,5 t (suš.)/ha/rok v průměru za životnost porostu (kritérium IUFRO). V pozdější literatuře se uvádí i výrazně více např. minimálně 22 m<sup>3</sup>/ha/rok což odpovídá přibližně 10 t (suš.)/ha/rok (Dimitri, 1989).

Rychlý terminální růst v prvních letech po výsadbě, což v podmínkách ČR znamená v prvním roce přes 0,5 metru/rok v dalších letech přes 1 metr/rok.

Snadné zakládání porostů zejména vegetativním způsobem např. řízky, pruty či biletý u většiny topolů a vrb, ale i generativně zejména sazenicemi jako např. u olše, některých vrb a topolů

Hospodářské porosty jsou pěstovány z lesnického pohledu v tzv. krátkém obmytí 15-30 let v některých případech i méně.

Sklizeň jednou za 4 - 5 let.

### Základní charakteristiky RRD

Obvyklé obmytí	3-6 let
Opakování sklizně	ano (4 - 7x ve stejném porostu)
Zakládání na půdě	zemědělské (orná i TTP)
Sortiment dřevin	Topoly, vrby a jiné dřeviny, dle pokynů Mze, MŽP a předpisů ÚKZÚZ
Hustota výsadby	6 000 - 15 000 ks/ha
Cílový produkt	Štěpka pro energetické a průmyslové využití
Výnos	5 - 19 t/ha/rok (sušiny*) - průměr za celou dobu existenci porostu

### Pěstování RRD

Stejně jako i jiné rostliny potřebují RRD pro dobrý výnos potřebnou agrotechnickou péči. Založení plantáže RRD vyžaduje dobrou přípravu půdy (orba, příprava půdy před vysazením, vysazení, odstranění plevelů, zavlažování, běžná péče). Dalšími kroky je sklizeň, převoz, uložení, transport, spotřeba.

V půdně-klimatických podmínkách ČR jsou rychle rostoucími dřevinami zejména topoly a vrby. Ty byly a jsou přirozenou součástí lesních porostů a jsou to dřeviny, které vynikají vysokou tolerancí k zátěži prostředí a mohou plnit všechny funkce lesa i v extrémních ekologických podmínkách.

## Plantáže topolů a vrb

Nejdůležitější odlišnost pěstování energetických dřevin na plantážích v porovnání s běžným lesním hospodařením, spočívá v délce intervalu mezi výsadbou dřeviny a její těžbou, který je u energetických plantáží výrazně kratší. Pro tento účel se nejlépe hodí eukalypty, platany, topoly, vrby, akáty, olše.

Podmínky ČR nejlépe vyhovují pěstování těchto rychle rostoucích dřevin: topol – nejčastěji topol černý, topol balzámový a kříženci topolu černého a bavlíkového a vrb. Z ostatních druhů je možné pěstovat břizu, akát, olši, osiku, ty jsou však méně produktivní. Pro zakládání plantáží rychle rostoucích dřevin (RRD) lze vhodně využít uvolněnou zemědělskou půdu, nevyužívané pozemky např. v blízkosti dálnic, na důlních výsypkách, na tzv. antropogenních (rekultivovaných) půdách, skládkách, lokalitách ohrožených imisemi apod.

## Výběr stanoviště pro pěstování RRD

Máme-li možnost vybírat stanoviště pro výsadbu výmladkové plantáže nebo matečnice RRD je možno postupovat podle známých požadavků RRD. Řada druhů a klonů topolů a vrb preferuje vodou dobře zásobená stanoviště s nejvyšší produkcí (až 19 t sušiny ha/za rok). Některé druhy (klony) snášejí i dočasně zaplavovaná stanoviště.

Vybrané klony vrb a olše lepkavá snesou více vody než topoly, takže prospívají i na silně podmáčených stanovištích, příp. zaplavovaných. Je však nutno zvážit možnost využití mechanizace při zakládání, ošetřování a sklizni RRD z hlediska únosnosti půdy.

Obecně tradovaný názor, že vodou hůře zásobené či sušší stanoviště nejsou pro RRD vhodná, vyvracejí poslední výsledky výzkumu, ukazující, že lze nalézt vhodné klony topolů a vrb k zabezpečení dobrého růstu a produkce. Dřeviny jsou schopny svými kořeny získávat vodu z větších hloubek než většina polních plodin a některé z nich jsou přirozeně adaptovány na stepní podmínky. Např. topol černý a topol Simonův a zvláště jejich hybridy rostou lépe na vysýchavých stanovištích, jako jsou antropogenní půdy na důlních výsypkách, skládkách komunálního odpadu a atd.

## Pěstování topolů RRD

V porostech se pěstují topoly ze sekcí *Aigeiros* a *Leuce*, *Tacamahaca*. Nejžádanějšími jsou hybridní topoly ze sekce *Aigeiros*, které se vyznačují vysokou produkcí kvalitní dřevní hmoty při krátké obmýtní době. Při dodržování pěstebních technologií mají roční přírůstek ve věku 30 let 15 – 20 m<sup>3</sup>/ha a zásobu v mýtním věku asi

500 m<sup>3</sup>/ha. Dalším pozitivním aspektem je snadné vegetativní množení topolů. Přesto jsou dosud pěstovány na nepatrné výměře lesní půdy ve srovnání s jinými evropskými zeměmi, zároveň však u nás chybí i nezbytná kontinuita šlechtitelského výzkumu a získávání nových hybridních klonů.

Domácí druh topol černý nelze do porostních výsadeb doporučit, je vhodný např. do porostních okrajů. V České republice jsou topoly pěstovány na 11 638 ha lesních pozemků, z toho šlechtěné topoly zaujímají 9 475 ha. Sortiment topolů je průběžně ověřován na pokusných plochách.



Plantáž topolů RRD – ilustrační obrázek

## 2.2 Odpadní biomasa

Zbytková biomasa je v našich podmínkách nejlépe dostupnou a cenově přijatelnou formou biomasy. Zemědělské a lesní sklizňové zbytky, zejména obilná sláma a lesní štěpka se v současné době již velmi často využívá jako zdroj paliva pro vytápění zejména v obcích či menších městech.

### Obilná sláma

Sláma se po sklizni lisuje do balíků, které mají tvar odpovídající typu spalovacího zařízení. Tento způsob úpravy slámy do balíků umožňuje jednodušší dopravu, manipulaci, uskladnění a tím i automatizaci provozu.

Pro zachování přirozené půdní úrodnosti je optimální využívat asi do 50% produkce slámy pro energetické účely tj. 2 - 4 t (suš.) /ha/rok a zbytek zanechat pro zaorání a tím přispění ke zlepšení půdních podmínek.





Balíky obilné slámy – ilustrační obrázky

### Řepková sláma

Tato sláma se svojí výhřevností 15-17 GJ/t blíží výhřevnosti hnědého uhlí a pro jiné než energetické využití není vhodná.

### Lesnická biomasa a těžební zbytky

Zdrojem této biomasy je odpadní dřevní biomasa z výchovných a mýtních těžeb, probírek a prořezávek v lesních porostech. Po těžbě dřeva zůstává v lese určitá část stromové biomasy nevyužita (pařezy, kořeny, kůra, vršky stromů, větve, šišky). Tuto biomasu je třeba po těžbě soustředit na jedno místo, upravit za pomoci štěpkovače a dopravit k následnému energetickému využití

### Odpadní dřevo ze staveb

Odpadní dřevo, obaly a obalové materiály se vyskytují při různých montážních, demontážních či demoličních a úklidových činnostech. Po vhodné úpravě se tyto odpady energeticky využívají zejména spalováním.



Odpadní dřevo ze stavby – ilustrační obrázek

### **Organické odpady z průmyslových výro**

Nejčastějším zdrojem těchto odpadů jsou pilařské a dřevozpracující provozy, které jako odpad produkují piliny, odřezky, hobliny a kůru. Tyto zdroje a formy biomasy slouží k vlastnímu energetickému využívání nebo k výrobě tvarovaných biopaliv, lisovaných briket, pelet, apod.

## **3 Energetické, environmentální a ekonomické požadavky na výrobu a distribuci pevných biopaliv**

V této kapitole se budu zabývat energetickými požadavky na výrobu a distribuci pevných biopaliv. Dále na environmentální a ekonomické požadavky spojené s výrobou a distribucí pevných biopaliv.

### **3.1 Energetické požadavky na výrobu a distribuci pevných biopaliv**

Vzhledem k tomu, že záměrně pěstovaná i zbytková biomasa jsou jedním ze stále významnějších obnovitelných zdrojů energie v České republice, je důležité zjistit, jak si energie takto získaná stojí z hlediska energetické bilance. Je tedy důležité jak si biomasa stojí z poměru energie vložené a získané.

Důvodem proč se energie z biomasy, v porovnání s ostatními obnovitelnými zdroji energie, těší stále větší oblibě je mimo jiné i snadná akumulace a regulovatelnost výkonu podle potřeby. U vybraných druhů cíleně pěstované biomasy byly stanoveny výrobní náklady na měrnou jednotku paliva a energetická efektivita těchto paliv – tedy poměr získané energie (obsažené v palivu) k vložené energii, tj. energie spotřebované při výrobě paliva.

#### **3.1.1 Energie spotřebovaná**

Do spotřebované energie je zahrnuta jen energie přímo spotřebovaná na všechny technologické procesy. Do této energie není zahrnuta energie minulá jako energie na výrobu mechanizačních prostředků, energie na pracovní sílu, energie na výrobu hnojiv atd.

Spotřebovaná energie se dělí na tři hlavní druhy energie – energie na pěstování a sklizeň, energie na skladování a manipulaci a energie na výrobu biopaliv.

### **Energie na pěstování a sklizeň**

Zahrnuje spotřebu energie na všechny pracovní operace od přípravy půdy, přes založení porostu, jeho ošetřování během vegetace až po sklizeň a odvoz produktu z pole do střediska zemědělského podniku. Technologie, spotřeba energie a ekonomika pěstování a sklizně produkce se zpracovává s využitím modelovacího databázového programu, který je k dispozici na [www.vuzt.cz](http://www.vuzt.cz)

### **Energie na skladování a manipulaci**

Zahrnuje spotřebu energie na soubor operací související s posklizňovým zpracováním, uložením, skladováním a vyskladňováním produkce. Energie na dopravu vstupních surovin z místa uložení na místo určení, kde dochází ke zpracování. Se zvyšující se vzdáleností se zvedá energie na dopravu, a tudíž klesá energetická efektivita biopaliv.

### **Energie na výrobu biopaliv**

Zahrnuje energii spotřebovanou na přeměnu biomasy na konkrétní druh biopaliva. Údaje jsou získány z podkladů firem zabývajících se výrobou biopaliv.

## **3.1.2 Energie získaná**

Výpočet energie obsažené v palivu se liší u jednotlivých druhů biopaliv. Pro pevná biopaliva je stanovena na základě průměrného výnosu o obsahu sušiny 85% a výhřevnosti biomasy. Výhřevnost jednotlivých druhů biomasy je stanovena na základě dostupných informačních zdrojů a korigovaná dle výsledků měření. U vybraných plodin se pohybuje od 14,4 do 15,8 GJ/t.



Ilustrační obrázek

**Energetická a ekonomická efektivnost**

Plodiny		Šťovík krmný	Konopí seté	Ozdobnice čínská	Chrastice rákosovitá	Triticale
Náklady variabilní	Kč/ha	8054	24412	22595	5582	17709
Náklady fixní	Kč/ha	3500	3500	3500	3500	3500
Výnos	t/ha	9	12	12	9	11,5
Vstupy energie - stroje + sklizeň	MJ/ha	1189	2829	886	921	2769
Vstupy energie - manipulace a skladování	MJ/ha	90	120	120	90	231
Vstupy energie - výroba	MJ/ha	3150	4200	4200	3150	4150
Vstupy energie celkem	MJ/ha	4429	7149	5206	4161	7025
Celkový obsah energie	GJ/ha	134,4	175,8	183,9	125,7	176,7
Náklad na zpracování	Kč/mjbp	1000	1000	1000	1000	1000
Cena paliva na trhu	Kč/mjbp	3500	3500	3500	3500	3500
Vstupy energie	MJ/mjbp	507,3	614,2	447,2	476,6	629,8
Obsah energie na výstupu	MJ/mjbp	15400	15100	15800	14400	15840
Energetická efektivnost	Poměr	30,4	24,6	35,3	30,2	25,2

Ekonomika výroby a energetická efektivnost byla spočítána pro 5 druhů pevných biopaliv. Nejlepší poměr energie získané a vložené je zaznamenán u ozdobnice čínské a to díky vysokému výnosu suché hmoty z hektaru a nižším energetickým nárokům na pěstování a sklizeň.

Ekonomické ukazatele i energetickou efektivnost může výrazně ovlivnit kapacita zpracovatelské linky. S vyšší kapacitou zpracovatelské linky se zvyšuje přepravní vzdálenost, s tím spojená vyšší energie spotřebovaná pro manipulaci a z toho důvodu se snižuje energetická efektivita biopaliv.

**3.2 Environmentální požadavky na výrobu a distribuci pevných biopaliv**

Environmentální požadavky na výrobu a distribuci pevných biopaliv jsou vlastně požadavky týkající se vztahu k životnímu prostředí.

Základním účelem politiky životního prostředí je poskytovat rámec a vodítka pro rozhodování a aktivity na mezinárodní, celostátní, krajské i místní úrovni, směřující k dosažení dalšího zlepšení kvality životního prostředí jako celku i stavu jeho složek a součástí. Politika životního prostředí se zaměřuje na uplatnění principů udržitelného rozvoje, na pokračování integrace hlediska životního prostředí do sektorových politik a

na zvyšování ekonomické efektivity a sociální přijatelnosti environmentálních programů, projektů a činností.

Environmentální technologie je technologie, která využívá obnovitelné zdroje energie a není škodlivá vůči životnímu prostředí. Za environmentální technologii považujeme takovou, která výrazně přispívá ke snížení znečištění životního prostředí. Standard konkrétní environmentální technologie odvozujeme z legislativy (limity stanovující stupeň znečištění). Typickým příkladem environmentální technologie je například čistička odpadních vod.

### 3.2.1 Základní environmentální požadavky na biopaliva

Úspora emisí skleníkových plynů vyprodukovaných během celého životního cyklu biopaliva musí být nejméně 35% oproti fosilní alternativě.

Zákon o ochraně ovzduší stanoví obecné povinnosti pro prokazování plnění kritérií udržitelnosti u pěstitelů biomasy, prodejců biomasy a výrobců plyných a kapalných produktů určených k výrobě biopaliva a samotných biopaliv. Podrobné specifikace jsou obsaženy v nařízení vlády 351/2012 S., o kritériích udržitelnosti biopaliv

### 3.3 Ekonomické požadavky na výrobu a distribuci pevných biopaliv

Biopaliva jsou technologicky i ekonomicky vhodnou alternativou k fosilním palivům. Jedním z nejdůležitějších zdrojů biopaliv je záměrně pěstovaná i druhotná odpadní biomasa. S ohledem na limitní zdroje dřevin je potřeba orientace na zemědělskou biomasu.

O pěstování zemědělských plodin na nezemědělské využití je velký zájem. Jedná se ovšem o poměrně drahou investici s delší dobou návratnosti. Z toho důvodu jsou důležitou složkou v nezemědělské produkci dotační programy.

Ve VÚZT byl pro potřebu rozhodování v této oblasti vytvořen expertní program. Jedná se o databázový modelovací program. Uživatel má možnost si namodelovat konkrétní podnikatelský záměr, vybrat z databáze vhodné technologické systémy pro jeho realizaci, vyhodnotit provozní a investiční náklady a dále ekonomickou návratnost a energetickou efektivnost produktu.

Vstupním materiálem může být jak fytomasa, tak dendromasa. Výsledným produktem jsou brikety respektive pelety. V databázi je možnost vybrat si vhodný druh biomasy, její konkrétní množství a to i v závislosti na dané lokalitě.

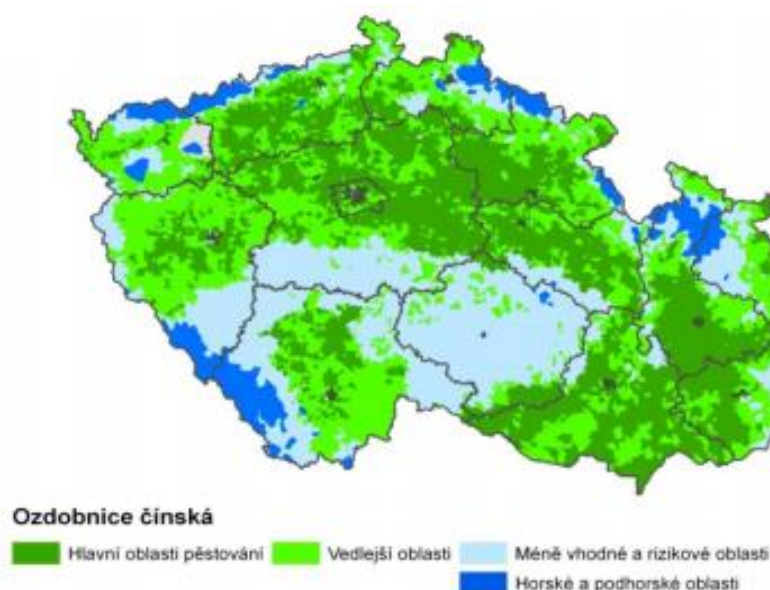
Systém pracuje s rozsáhlou databází, která usnadňuje uživateli modelování výrobního záměru, zároveň je možnost upravit či upřesnit velké množství vstupních dat a tím přizpůsobit výsledky lokálním podmínkám.

Vhodné využití biopaliv má svoje racionální i ekonomické opodstatnění, i když velkou roli hrají dotace. Využívání biomasy má několik výhod, například zvýšení ekonomické a energetické nezávislosti zemědělského podniku, využití odpadní produkce, vytvoření nových pracovních míst a v neposlední řadě přispívá ke snížení využití fosilních paliv.

### 3.3.1 Ekonomická efektivita pěstování na příkladu ozdobnice

Jedna z rostlin, které je z hlediska nezemědělské produkce věnována největší pozornost, je ozdobnice. Ozdobnice je obecně vytrvalá tráva vysokého vzrůstu dosahující za příznivých podmínek přes 30 t/ha výnosu sušiny, která dobře využívá sluneční energii, vodu, živiny a je značně odolná proti chorobám a škůdcům.

Ozdobnici se nejlépe daří na lehčích strukturních půdách, v teplejších oblastech s větším množstvím srážek. Optimální pH půdy je od 5,5 do 6,5. Při vyšší hodnotě byly zaznamenány výnosové úbytky.



Hrubé vymezení vhodnosti pěstování [<http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2015/062.pdf>]

V následující části se zaměříme na celkový proces pěstování ozdobnice od založení porostu, přes sklizeň až po energetické a ekonomické zhodnocení.



### Založení porostu

Na podzim je nutno provést podmítku s následnou hlubokou orbou. Dále následuje příprava seťového lůžka s prokypřením půdy do cca 10 cm. Porost se zakládá z odkopků nebo sazenic (nejlépe takových, které přečkali v kořenáči jednu zimu). Půda se připravuje pouze do hloubky výsadby, aby se neporušila kapilarita půdy a rostlina mohla lépe zakořenit. Nejlepší období na sázení ozdobnice je duben.

V současné době se doporučuje hustota porostu od 10 000 do 20 000 rostlina na hektar a to hlavně z ekonomických důvodů. Z jednoho hektaru lze získat odkopky až na založení 30 hektarů nového porostu. Je vhodné zakládat porost po dobrých předplodinách jako brambory, řepka, triticales nebo kukuřice. Porost ozdobnice by měl být založen na minimálně 10-20 let.

Nevýhodou ozdobnice může být vymrzání přes zimu. Na stav rostlin má vliv hlavně nedostatek sněhu a silné mrazy. Pokud po první jarní inventarizaci zjistíme, že vzešlo méně než 60% rostlin je vhodné tato prázdná místa znovu osázet.



Ozdobnice čínská – ilustrační obrázek

### Ochrana rostlin

Ozdobnice není tolik náročná na ochranu proti škůdcům a chorobám, ale i tak musíme rostliny ošetřit.

Po vzejití rostlin je vhodnější používat mechanickou ochranu proti škůdcům a plevelům namísto herbicidů. Po adaptaci ozdobnice je možné používat k ochraně selektivní herbicidy. V následujících letech je výskyt plevelů potlačen odpady listů a

následně hustotou porostu, jež redukuje světlo dopadající do spodních pater.



Ochrana rostlin – ilustrační obrázek

### Hnojení

Ozdobnice je vytrvalá rostlina, která má schopnost přesouvat živiny mezi různými orgány rostliny. Stonky a listy fungují pouze jednu sezónu, vytrvalý orgán je pouze oddenek, který slouží k vegetativnímu šíření rostliny a uskladnění živin.

Na dobře zásobených půdách se ozdobnice obejde první rok bez přihnojování, avšak na půdách s menší zásobou živin se doporučuje přihnojení jednorázově 50 kg dusíku na hektar a to do poloviny června.

V dalších letech se velikost dávky dusíkatých hnojiv má přizpůsobit zásobám živin v půdě a výnosům. V průměru se v dalších letech doporučuje 50- 100 kg dusíku, 40 kg fosforu a 70 kg draslíku na hektar.

### Sklizně a posklizňové ošetření

Termín sklizně závisí na využití plodiny. Ozdobnice může být využita jako surovina pro energetické potřeby, stavební materiál, papír, obalový materiál, rostlinný substrát. Sklizně musí být provedena nejpozději do doby, než se začnou objevovat nové výhony. Termín sklizně je od listopadu do poloviny dubna.

Ozdobnici je možno sklízet samochodnými řezačkami, se kterými se sklízí kukuřice, dále lze použít také sklízecí řezačku a lis na balíky. Pro sklizně lze rovněž využít štěpkovače, které se používají při sklizni rychle rostoucích dřevin.

Pokud jsou rostliny sklizeny příliš vlhké je potřeba je dosušet. Dosoušení může probíhat buď na poli pomocí slunce (nejlevnější způsob), nebo umělé dosoušení za pomoci vzduchu.



Sklizené balíky by měly být ukládány tak, aby se k nim dostal vzduch a byla zajištěna dostatečná ventilace. Stohy mohou být přikryté slámou, která vyplňuje štěrby mezi balíky a zabraňuje pronikání vlhkosti do spodních vrstev. Dále lze balíky zakrýt plastovou folií. Ke skladování poté slouží stodoly nebo bramborárny.



Sklizení ozdobnice – ilustrační obrázek

### Výnos na základě termínu sklizně

Největší nárůst fytohmoty		Na podzim				Na jaře		
Výnos		Vlhkost	Výnos		Vlhkost	Výnos		Vlhkost
č.h.	sušina		č.h.	sušina		č.h.	sušina	
44,44	16,00	64	31,00	15,50	50	15,25	11,70	24,0

Z tabulky můžeme vidět, že při sklizni v největším nárůstu fytohmoty je obsah vlhkosti největší, z tohoto důvodu není vhodně v této době ozdobnici sklízet pro energetické účely. Při sklizení na podzim je fytohmota potřeba dosušet, což je přes zimní měsíce energeticky náročné. Jarní termín je vhodnější z důvodu nízké vlhkosti sklizené rostliny. Je to ovlivněno stářím rostliny a také zimními mrazy, které rostlinu vysuší.

### Výnosy

Výnosy jsou závislé na mnoha faktorech jako druh ozdobnice, klimatických podmínkách, termínech sklizně, hnojení, hustotě výsadby apod.

První rok se ozdobnice nesklízí, jelikož zpravidla vytváří více hmoty v půdě než nad jejím povrchem. V druhém roce dosahuje výnos do 10 t/ha sušiny. Ve třetím roce a dalších letech dosahuje výnos 15-25 t/ha sušiny, při intenzivním hospodaření až 30t/ha

sušiny. V průběhu let zůstává výnos na podobné úrovni jako ve 3 roce. Je potřeba aby byl k co nejlepšímu výnosu po sklizni co nejmenší obsah vody a proto se sklízí v období února a března, kdy je po zimě rostlina vysušená vlivem zimních mrazů.

### Výnosy sušiny ozdobnice

Rok	Hnojení N				
	N0	N1	N2	N3	Průměr
1. rok	1.319	-	-	-	1.319
2. rok	7.165	5.554	8.867	4.094	6.420
3. rok	17.793	15.512	20.547	19.966	18.454
4. rok	21.997	23.117	25.333	21.617	23.016
5. rok	18.044	19.769	22.045	18.176	19.508
6. rok	30.069	30.462	30.879	32.625	31.009
7. rok	23.575	24.327	31.060	24.309	25.818
8. rok	20.467	25.398	26.593	27.275	24.933
9. rok	29.729	29.027	29.306	26.594	28.664
10. rok	14.703	14.959	18.536	19.248	16.862
Průměr 2-10	20.394	20.903	23.685	21.545	21.632
Průměr 4-10	22.655	23.866	26,250	24.463	24,259

Poznámky: N0=0 kg/ha, N1=50 kg/ha, N2=100 kg/ha, N3=150 kg/ha dusíku

Z tabulky můžeme vidět, že největší množství sušiny dostaneme při hnojení půdy 100kg dusíku na hektar. Dále si můžeme všimnout, že největší výnos je mezi 4 a 10 rokem. Rozdíly v jednotlivých letech jsou dány klimatickými podmínkami.

Průměrné výnosy za nejproduktivnější období (4-10 let po výsadbě) se v závislosti na hnojení liší jen nepatrně.

### Energetické vlastnosti paliva získaného z ozdobnice

Důležitým faktorem při sklizni je obsah chemických prvků v rostlinách. Pro spalování je výhodný co nejmenší obsah dusíku. Nízký obsah síry a chloru má za následek snížení možnosti koroze a tím chrání spalovací zařízení. V neposlední řadě nízký obsah draslíku a hořčíku snižuje teplotu tání popele.

### Obsah chemických prvků

Termín Sklizeně	Obsah prvků v % sušiny					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Podzim	0,876	0,086	0,631	0,358	0,103	0,122
Jaro	0,829	0,079	0,292	0,228	0,086	0,043
Průměr	0,853	0,083	0,462	0,293	0,095	0,083

Z tabulky můžeme vidět, že pro nižší obsah důležitých prvků pro spalování je lepší provádět sklizeň na jaře.

Energetické vlastnosti ozdobnice závisí hlavně na obsahu vody v rostlině. Jedná se zejména o výhřevnost, která je jedním z nejdůležitějších ekonomických a energetických požadavků na pevná biopaliva.

#### Energetický obsah na základě obsahu vody

Plodina	Termín sklizně	Obsah vody	Energetický obsah
Ozdobnice čínská	srpen – září	67	5,76
Ozdobnice čínská	listopad	50	9,97
Ozdobnice čínská	únor - březen	18	16,21
Ozdobnice čínská	suchý vzorek	0	18,23

Z tabulky můžeme vidět, že při vysokém obsahu vody je energetický obsah značně nízký, kdežto u obsahu vody 18% je energetický obsah 16,21 GJ/t, což je srovnatelné s výhřevností hnědého uhlí.

#### Likvidace porostu

Likvidaci porostu lze provádět jak chemicky tak mechanicky. Chemicky se porost likviduje různými herbicidy, což však není úplně vhodné pro půdu z hlediska založení porostu nové plodiny. Mechanické rušení porostu spočívá v zničení oddenků frézou, rozrušení oddenků kultivátorem, nebo jejich vyoráním a následným prodejem.

#### Vliv pěstování ozdobnice na krajinu

U pěstování vytrvalých rostlin můžeme obecně hovořit o pozitivním vlivu na krajinu. Konkrétně u ozdobnice se vyjma prvního roku půda nijak nezpracovává. Po prvním roce vzniká hustá soustava kořenů a oddenků, která zabraňuje erozi půdy, zadržuje tím také vodu v krajině. V následujících letech opadávají listy a tím zabraňují růstu nežádoucích plevelů. Po skončení pěstování je možné půdu opět využívat k potravinářským či jiným účelům.

Při pěstování ozdobnice dochází k zvýšení odolnosti půdy vůči větrné a vodní erozi. Dále se omezuje volné vypařování vody, vyplavování pohyblivých forem dusíku z půdy.

Po zavedení vytrvalých rostlin je nižší mineralizace, dochází k zvýšené tvorbě humusu, akumulaci živin a tvorbě povrchového mulče. Celkově se půda po sadbě vytrvalých rostlin blíží vlastnostem optimálního klimaxového stadia.

## Energetické zhodnocení

V našem konkrétním případě dochází k energetickému zhodnocení na základě dlouhodobého pokusu (od roku 1994) s pěstováním ozdobnice v oblasti Praha – Ruzyně. Jedná se o data Výzkumného ústavu rostlinné výroby.

## Ekonomické zhodnocení ozdobnice

Pracovní operace	Kč/ha
1. rok	
Herbicidní úprava (aplikace + herbicidy)	1 800
Zpracování půdy – orba	1 100
Hnojení (30 kg/ha P, 60 kg/ha K)	1 300
Příprava půdy před založením porostu	500
Sázení včetně sadby (10 000 sazenic/ha, cena sazenice 11,5 Kč, cena včetně rhizomu 4,5 Kč)	120 000 50 000
Ošetřování plodiny (plečkování, ošetření herbicidy)	1 200
Sklizeň včetně dopravy	-
2. rok	
Přihnojení (80 kg/ha N, 60 kg/ha K, 30 kg/ha P)	3 300
Sklizeň včetně dopravy (5 t) řezání+odvoz+uskladnění 1370+200	1 570
Uskladnění (750 Kč/ha)150 Kč/t	750
Lisování +odvoz balíků+uskladnění (250+30+150 Kč/t)	
3. rok	
Přihnojení	3 300
Sklizeň včetně dopravy (10 t) 1 470+400 Kč/ha	1 870
Uskladnění	1 500
4 - 9 (19) rok	
Přihnojení	3 300
Sklizeň včetně dopravy (12 t) 1 520+680 Kč/ha	2 200
Uskladnění	2 250
10 (20) rok	
Přihnojení	3 300
Sklizeň včetně dopravy (12 t) 1 520+680 Kč/ha	2 200
Uskladnění	2 350
Likvidace porostu:	
Vyorávka na podzim: dvouřádkový vyorávač	1 000
Chemický postřik (Roundup)	850
Celkové variabilní náklady (VN) za 10-ti leté období - sadba sazenice: Při založení z rhizomů:	194 390 Kč/ha 124 390 Kč/ha
VN - průměr za 10-ti leté období včetně uskladnění sadba sazenice: Při založení z rhizomů :	19 439 (Kč/ha) 12 439 (Kč/ha)
VN - průměr za 10-ti leté období včetně uskladnění sazenice:	1 620 Kč/t
VN - průměr za 10-ti leté období včetně uskladnění rhizomy:	1 037 Kč/t

Z tabulky vidíme, že náklady za 10 leté období při založení ze sazenic vycházejí na 194 390 Kč/ha a při založení z oddenků jsou náklady za 10 leté období 124 390 Kč/ha. Vychází nám tedy, že je výhodnější založení porostu z oddenků, než ze sazenic a to hlavně z důvodu rozdílné ceny sazenic a oddenků.

## 4 Návrh optimálního způsobu výroby a využití pevných biopaliv z hlediska LCA

### 4.1 LCA

LCA (Life Cycle Assessment – posuzování životního cyklu). Pod zkratkou LCA si můžeme představit komplexní nástroj hodnocení možných environmentálních dopadů biopaliv s ohledem na životní prostředí.

Metoda LCA je standardizována v normách ČSN EN ISO 14040 a ČSN EN ISO 14044 (ISO 2006; ISO 2006). Je to komparativní metoda vyjadřující environmentální dopady jednotlivých produktů s ohledem na jejich celý životní cyklus. V podstatě se jedná o zhodnocení všech kroků vedoucích k výrobě a využití biopaliv. Sleduje se tedy celý řetězec od prvního zorání a osevu výchozí plodiny pro biomasu, přes bilanci zemědělské produkce, transport, skladování až po využití v energetice, v případě pevných biopaliv hlavně spalování.

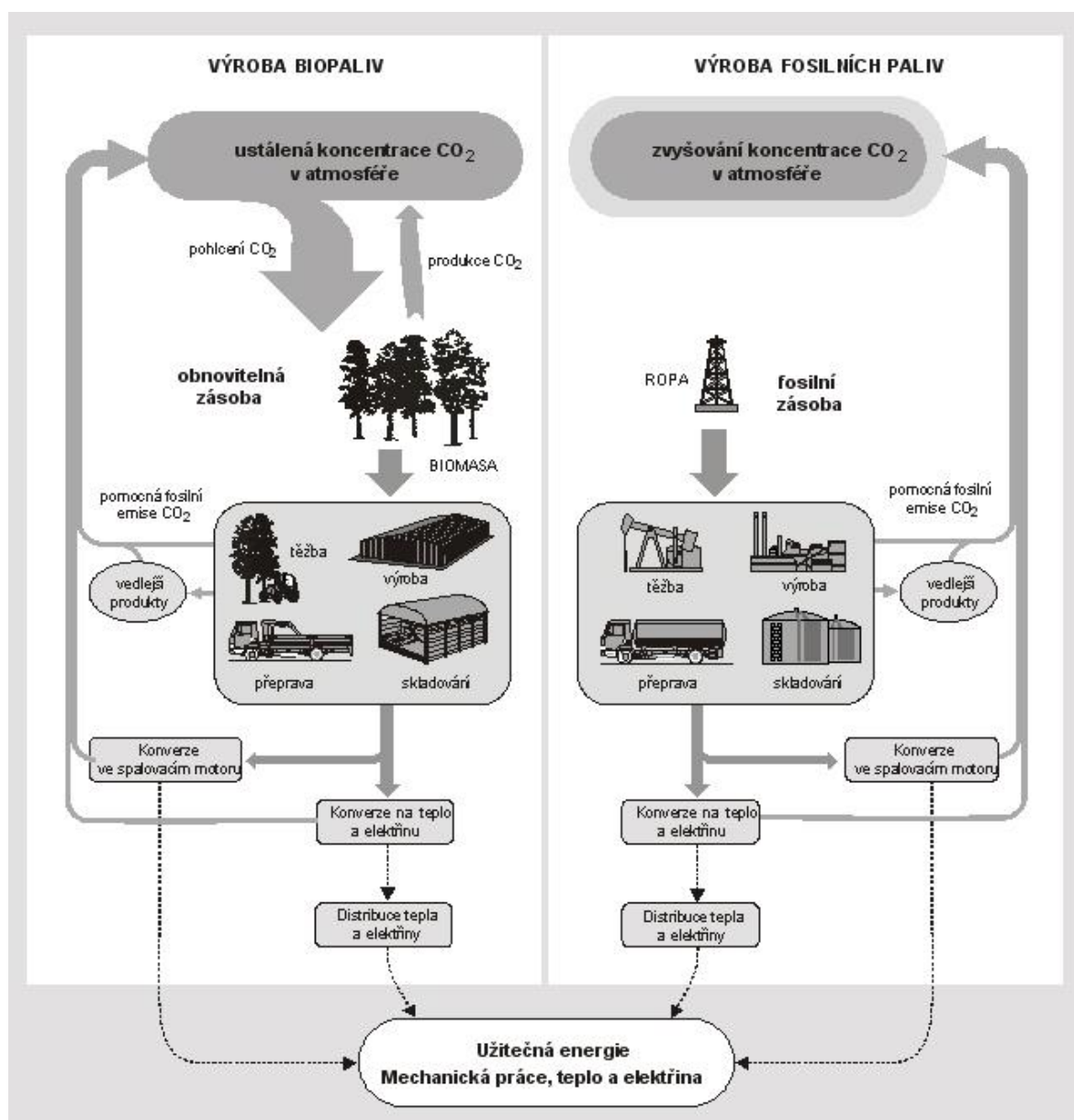
### 4.2 Význam LCA pro hodnocení environmentálních dopadů

Aby produkt lidské výroby, v našem případě energie (elektrická či obsažená v palivech) byl environmentálně šetrný, je třeba, aby všechny procesy a operace podílející se na jeho vzniku byly šetrné. Je zřejmé, že přínos pro prostředí bude malý, pakliže pouze problémy přesuneme z místa na místo – například, když optimalizujeme výrobu a snížíme její environmentální dopady, ale zároveň tím (třeba volbou materiálů) zhoršíme dopady užívání výrobku či jeho konečného odstranění.

Stejně je tomu tak i u biopaliv. Ukazuje se, že ač samotná produkce energie z biopaliv může prostředí poškozovat méně, např. nižší produkcí skleníkových plynů (GHG), je v důsledku většího množství emisí GHG při pěstování energetických plodin (zemědělské stroje, výroba pesticidů a hnojiv, transport a zpracování biomasy) produkce GHG vyšší než úspory při výrobě energie.

Tato nepříznivá bilance biopaliv na produkci GHG (a dalších environmentálních problémů) se rovněž dotýká energetické bilance. Ukazuje se, že energie vložená do výroby biopaliv může být vyšší než energie získaná. V takovém případě vede používání biopaliv k zvýšené spotřebě jiných (fosilních) paliv. Nástrojem jak tento nežádoucí jev hodnotit je metoda LCA.

### 4.3 Schéma výroby biopaliv



Životní cyklus biopaliv ve srovnání s fosilními palivy

[<https://biom.cz/cz/obrazek/produkce-emisi-sklenikovyh-plynu-pri-vyrobe-fosilnich-paliv-a-biopaliv-4>]

Při výrobě biomasy uvažujeme několik kroků od samotného založení porostu až po výsledný produkt. Pokud máme vzrostlou biomasu, musíme ji nejdříve sklídit, usušit, přepravit, uskladnit, transformovat na užitnou surovinu, popřípadě znovu přepravit k cílovému zákazníkovi.

#### 4.4 Návrh optimálního využití

Při návrhu optimálního řešení výroby a využití pevných biopaliv z hlediska LCA se musíme soustředit na to, aby námi výsledný návrh byl co nejvíce energeticky a ekonomicky efektivní a zároveň co nejšetrnější k životnímu prostředí.

##### **Plodina**

V první řadě jde o volbu vhodné plodiny v závislosti na lokalitě. Musíme vybrat takovou plodinu, abychom vytěžily co nejvíce při co nejmenších nákladech. Dále je důležité vybrat vhodný způsob osevu, aby do procesu nevstupovali další zbytečné energie.

##### **Oblast pěstování**

V závislosti na oblasti vybíráme rostlinu podle obsahu vody a živin v půdě, pH půdy, snášenlivosti chladu či tepla, povětrnostním podmínkám atd.

##### **Sklizeň a technika**

Jako další musíme zohlednit dostupnost techniky ke sklizení plodiny. V každém případě bude daleko výhodnější, pokud bude možnost námi vybranou plodinu sklízet běžnými stroji užívanými například ke sklizení obilí, či kácení dřeva. Jde o ušetření nákladů na koupi nových strojů, popřípadě zaškolení obsluhy či dalších výdajů spojených s použitím netradičních strojů.

Jako další bod při zohlednění energetických vstupů je nutné zohlednit termíny sklizně. Vhodným výběrem termínu můžeme předejít nákladnému dosoušení. V případě sklizně po zimě je obsah vody menší než v době největšího růstu. Další možností jak zamezit zbytečnému plýtvání energií je po sklizni nechat dosoušet plodinu volně na poli vlivem slunce.

##### **Doprava**

Přímo související se sklizní je doprava. Je mnohem výhodnější vozit plodinu suchou, tedy lehčí o přebytečnou vodu. Obsah vody se dá ovlivnit, jak již bylo zmíněno, termínem sklizně, či případným dosoušením.

## Místo zpracování

Místo zpracování biomasy je důležité z hlediska vzdálenosti, kterou se musí plodina dopravit z místa sklizně na místo zpracování. Vhodnější je mírná decentralizace, kde by se biomasa svážela do blízkého okolí, například 20 km od zdroje a tam byla zpracována s použitím místních zdrojů. Typickým příkladem mohou být bioplynové stanice vlastněny zemědělskými družstvy, popřípadě soukromníky.

## Zpracování

Možností zpracování je více, avšak mezi nejběžnější patří přímé spalování (hlavně u RRD) nebo peletování.

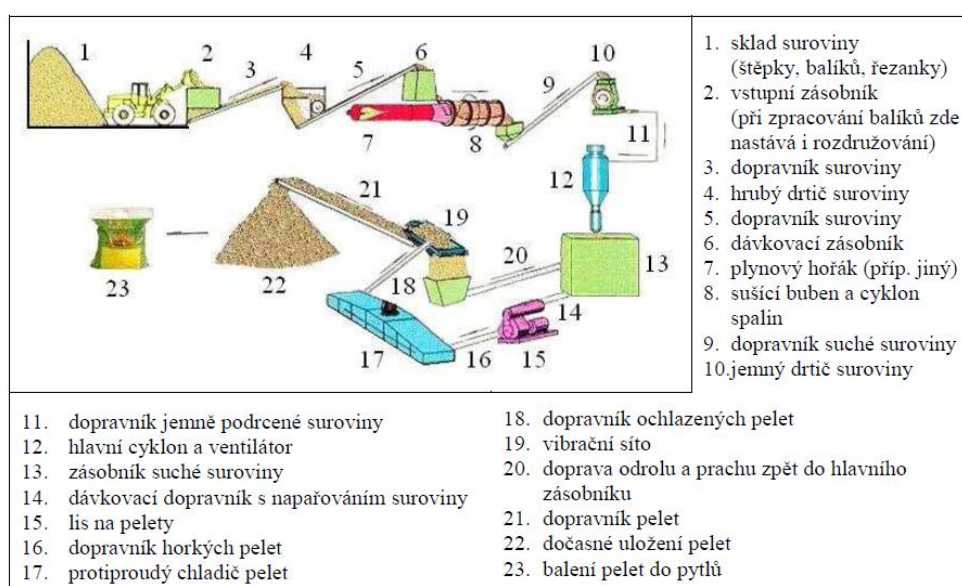


Schéma peletovací linky- ilustrační obrázek

## Jednotlivé fáze výroby pelet

### Sušení

K dosušování dochází tehdy, pokud surovina používaná pro výrobu pelet obsahuje větší množství vody, zpravidla více než 10 - 15%. Procesem sušení procházejí např. rostliny sklizené před koncem vegetační doby nebo piliny a hobliny z pil, které mají až 50 % vlhkosti. Sušení patří k velmi nákladné záležitosti.



## **Mletí, drcení**

Mletí a drcení (dezintegrace) je potřebné pro zajištění homogenizace vstupní suroviny. Mletí a drcení se zpravidla provádí v kladívkových mlýnech. Po rozemletí projde surovina soustavou sít, aby došlo k oddělení nežádoucích složek, jako např. prachu, ze suroviny.

## **Peletovací lis**

Peletovací lis se dá označit za „srdce“ cele výrobní linky. Obsahuje matici z ušlechtilé oceli, která může být provedena dvěma způsoby: talířová (plocha) nebo prstencová. Prstencová matrice se používá pro vyšší výrobní výkony až 5 t/h. Pro nižší výrobní výkony 0,5 až 1,5 t/h je vhodné použít druhý typ matrice a to talířovou matici.

## **Chlazení a skladování**

Po výstupu z peletovacího lisu projdou pelety kaskádou sít, aby se oddělily nežádoucí částice a prach. Následuje chlazení, které je podstatnou a neopomenutelnou fází peletování. Bez ochlazení mají pelety na výstupu z lisu teplotu až 90 °C a nezískají potřebnou pevnost a stálost tvaru. Chladič je zařízení, které na výrobní lince zaujímá nejvíce prostoru.

Po průchodu chladičem postupují pelety do zásobníku a odtud jsou dopravníky přenášeny na expediční váhy, kde jsou baleny do speciálních vaků či pytlů.

## **Doprava a uskladnění pelet**

Pokud v místě zpracování biomasy na biopaliva nedochází rovnou i k jejich konverzi na energii, musíme je přepravit do místa určení. V tomto případě při dopravě již nehraje roli vlhkost, takže jediné co rozhoduje je cena dopravy, její ekologičnost a dopravní dostupnost místa zpracování s místem určení. Co se týče uskladnění pelet, je vhodné jejich umístění na suché místo, co nejblíže kotli, popřípadě dalšímu zařízení na konverzi biopaliv na elektřinu či teplo.

## **Přeměna biopaliv na energii**

Přeměnit pevná biopaliva můžeme na elektrickou energii, přímým spalováním na teplo, nebo na kombinaci obou. Využití biomasy pro vytápění má hlavní význam zejména v místech vzniku tohoto druhu paliva, tedy v oblastech kde jsou pily, zemědělské statky a jiné. Dále mohou být velmi efektivní malé lokální výtopny. Pravděpodobně nejlepším

způsobem jak využívat pevná biopaliva je kombinovaná výroba elektřiny a tepla jako odpadního produktu.

#### 4.5 Doprava biopaliv

Aby docházelo ke snižování nákladů a správnému využívání biopaliv, musíme brát v úvahu, že od vyrobené energie musíme odečíst energii určenou od počátku biopaliv až po finální produkt. Jako konkrétní příklad nám bude sloužit kamionová doprava biopaliv na místo určení. Pro modelový příklad zvolíme dopravu kamionem bez vleku na vzdálenost 20 kilometrů.

Doprava	Kamion bez vleku
Nosnost	24 tun
Cena za kilometr	25 Kč
Spotřeba	32 litrů/100 km
Vzdálenost	20 kilometrů
Spotřebované palivo	6,4 litru
Celková cena	500 Kč
Užitná energie z biopaliv	360 GJ
Energetická spotřeba nafty celkem	5,76 MJ

Z tabulky můžeme vidět, že pokud je použito biopalivo o výhřevnosti 15 GJ/t, tak jeho užitná energie je 360 GJ. Jeho doprava do vzdálenosti 20 kilometrů stojí 500 korun a energetická spotřeba užití nafty je 5,76 MJ.

## Závěr

Závěrem této práce mohu konstatovat, že se mi podařilo dosáhnout vytyčených cílů. Jako informační zdroj jsem nejčastěji využíval odbornou literaturu, časopisy, studijní materiály od vedoucího práce a v neposlední řadě internet.

Cílem práce bylo zhodnotit současný stav pevných biopaliv, dostupnost jejich zdrojů, energetické, ekonomické a environmentální požadavky na jejich výrobu a navrhnout optimální životní cyklus.

Z práce vyplývá, že biomasa má v současné době největší podíl mezi obnovitelnými zdroji energie a za příhodných podmínek srovnatelnou výhřevnost s hnědým uhlím. Jde o trend, který se v nejbližší době velmi pravděpodobně měnit nebude a to hlavně díky nízké závislosti biomasy na přírodních podmínkách oproti solárním či větrným systémům.

Dále je zřejmé, že k dosažení co nejlepších výsledků je nutné důkladně vybírat plodinu, formu zpracování i další aspekty podle místa sadby. Jako nejvhodnější vytrvalou bylinou k pěstování pro energetické účely v našich podmínkách se jeví ozdobnice čínská.

Největšími producenty biomasy pro energetické účely jsou v Evropě Německo, Švédsko a Francie.

Z hlediska životního cyklu biopaliv je důležité postupovat tak, aby bylo co nejméně zatíženo životní prostředí. Nejvhodnější možností je decentralizace, tedy vytvářet a zpracovávat biopaliva poblíž vzniku biomasy. Důležité je také vybírat plodiny, které se dají sklízet zemědělskými stroji. V neposlední řadě je potřeba myslet na období sklizně, aby odpadli náklady s dosoušením. Svozem biomasy na velké vzdálenosti vstupuje do životního cyklu další energie a zároveň dochází k znečištění ovzduší. Je tedy otázka, do jaké míry se vyplatí biomasu dovážet, aby nebylo zbytečně zatěžováno životní prostředí a docházelo ke snižování uhlíkového znečištění ovzduší.

Na závěr mohu konstatovat, že tato práce přispěla k mé informovanosti o obnovitelných zdrojích energie a to zejména o pevných biopalivech. Dle mého názoru se jedná o velmi důležité téma v oblasti ekologické energie a bude docházet k vyššímu využívání biomasy jako zdroje energie.

## Seznam literatury a informačních zdrojů

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Biomasa>  
<http://www.ekoporadny.cz/faq/co-jsou-to-biopaliva-prvni-a-druhe-generace-jaky-je-mezi-nimi-rozdil.html>  
<https://publi.cz/books/90/17.html>  
<http://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/obnovitelne-zdroje-energie/biomasa/akcni-plan-pro-biomasu/akcni-plan-pro-biomasu-v-cr-na-obdobi.html>  
[https://czbiom.cz/wp-content/uploads/casopis\\_Biom\\_2016\\_01\\_WEB.pdf](https://czbiom.cz/wp-content/uploads/casopis_Biom_2016_01_WEB.pdf)  
[https://czbiom.cz/wp-content/uploads/casopis\\_Biom\\_2017\\_02\\_WEB.pdf](https://czbiom.cz/wp-content/uploads/casopis_Biom_2017_02_WEB.pdf)  
<https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/49392/55849/605175/priloha001.pdf>  
[www.eu.fme.vutbr.cz/file/279\\_1\\_1/](http://www.eu.fme.vutbr.cz/file/279_1_1/)  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Rychlerostouc%C3%AD\\_d%C5%99eviny](https://cs.wikipedia.org/wiki/Rychlerostouc%C3%AD_d%C5%99eviny)  
<http://www.vukoz.cz/index.php/rychle-rostouci-dreviny/zakladni-popis>  
<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/ekonomicka-a-energeticka-efektivnost-vyroby-biopaliv>  
<http://profipress.cz/archiv/alternativni-energie-12014/#page/14>  
[https://www.mzp.cz/cz/environmentalni\\_politika\\_nastroje](https://www.mzp.cz/cz/environmentalni_politika_nastroje)  
<http://old.cappo.cz/res/archive/001/000229.pdf?seek=1498037230>  
<http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2014/032.pdf>  
<http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2015/062.pdf>  
<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/problematika-posuzovani-zivotniho-cyklu-biopaliv>

Jako další zdroje informací byly použity časopisy, odborná literatura a studijní materiály.