

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra rostlinné výroby



**„Energetická biomasa“ – efektivní příspěvek
k ekologické udržitelnosti agroekosystémů?**

Bakalářská práce

Autor práce: Jitka Macháčková

Obor studia: ekologické zemědělství

Vedoucí práce: Ing. Perla Kuchtová, Ph.D.

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Energetická biomasa – efektivní příspěvek k ekologické udržitelnosti agroekosystémů?“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 18. dubna 2018 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Ing. Perle Kuchtové, Ph.D. za odborné vedení a trpělivost a dále mým rodičům za podporu během celého studia.

„Energetická biomasa“ – efektivní příspěvek k ekologické udržitelnosti agroekosystémů?

Souhrn

Rostoucí spotřeba energie, která je v současnosti převážně kryta využíváním fosilních neobnovitelných zdrojů paliv, vede k hledání alternativ v podobě těch obnovitelných. Poptávka po této energii, spojené se sníženou produkcí skleníkových plynů, se rozšířila z vodních, větrných a fotovoltaických elektráren i na využití energie získané z biomasy. K výhodám posledně jmenované patří dostupnost, skladovatelnost a pozitivní ovlivňování emisí oxidu uhličitého.

V historii se využívala biomasa hlavně spalováním dřevní hmoty, avšak plně uspokojit současnou poptávku po energii ještě není schopna. Celkové možnosti narážejí na limity spojené s půdou jako základním prostředkem k získávání biomasy. Cílené pěstování energetických plodin se tak může dostávat do konfliktu se zemědělstvím potravinářským, které má za úkol nasytit lidskou populaci. Tento jeho úkol bude v budoucnu s populačním růstem ještě více vyžadován.

Podpora obnovitelných zdrojů energie však může vést k rozrůstání produkční a distribuční sítě a zabírání hospodářsky využitelných pozemků, jako tomu bylo v případě fotovoltaických elektráren. Tento globální přechod od fosilních paliv může mít nepříznivý dopad na potravinovou soběstačnost. V případě snižování rozlohy přirozených ekosystémů by zase docházelo ke snižování biodiverzity a poškozování životního prostředí. Z toho vyplývá, že je třeba se zaměřit na hledání prostředků, které by mohly závislost na fosilních palivech snížit, čemuž napomáhá například lokální využívání obnovitelných zdrojů energie.

Klíčová slova: biomasa, obnovitelné zdroje energie, biodiverzita, biopaliva, potravinová soběstačnost

"Biomass Energy" - an effective help to the environmental sustainability of agro-ecosystems?

Summary

Increasing energy consumption, which is mostly covered by using fossil non-renewable energy sources in present, leads to search for alternative renewable energy sources. Demand for this type of energy, associated with reduced greenhouse gas production, has expanded from hydroelectric power stations, wind power plants and photovoltaic power plants to use of energy in biomass. Its benefits are availability, storage and positive influence of carbon dioxide emissions.

In history, biomass was mainly used by burning wood mass, but to fully satisfy the current demand for energy is not able yet. Total possible encounter limits associated with the soil as an essential means of obtaining biomass. Targeted cultivation of energy crops may come into conflict with agriculture food industry of which task is to feed the human population. This task will be even more demanded in the future with population growth.

Promotion of renewable energy sources can lead to expansion of the production and distribution network and occupying economically usable land as in the case of photovoltaic power plants. This global transition from fossil fuels can have a negative impact on food self-sufficiency. In the case of reduction of the extent of natural ecosystems would turn in causing the loss of biodiversity and environmental degradation. It follows that the focus should be on finding resources which could reduce dependence on fossil fuels, which is conducive to using local renewable energy sources, for example.

Keywords: biomass, renewable energy sources, biodiversity, biofuel, food self-sufficiency

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce.....	2
3	Literární rešerše	3
3.1	Pěstování rostlin pro energetické využití.....	7
3.1.1	Vklad energie	8
3.1.2	Péče o půdu	11
3.1.3	Druhy energetických plodin.....	13
3.1.4	Právní úprava	17
3.2	Způsoby využití	19
3.2.1	Paliva	22
3.2.2	Bioplyn	23
3.2.3	Spalování.....	26
3.2.4	Kompost.....	27
3.3	Konkurence potravinám	28
3.4	Biodiverzita	29
3.5	Energetické využití kukuřice	30
3.6	Energetické využití řepky.....	32
4	Diskuse	35
5	Závěr a doporučení	37
6	Seznam zkratk.....	38
7	Seznam příloh	39
8	Seznam použité literatury.....	40

1 Úvod

Podle definice uvedené ve směrnici 2003/54/ES se rozumí energií z obnovitelných nefosilních zdrojů energie větrná, solární, aerotermální, geotermální, hydrotermální a energie z oceánů, vodní energie, energie z biomasy, ze skládkového plynu, z kalového plynu z čistíren odpadních vod a z bioplynů.

Fosilní paliva, uhlí, ropa či plyn, mohou být nahrazena obnovitelnými zdroji energie, jež zastupuje především energie sluneční, větrná a v menší míře využití nových technologií zpracování biomasy, doplněné o energii geotermální či využívání oceánů a jeho síly. Před lety se lidé zajímali o obnovitelné zdroje, které by nahradili zdroje konvenční, hlavně z důvodů environmentálních. V současnosti však tyto nové možnosti dokazují i přínosy ekonomické díky vytváření pracovních příležitostí, rozčlenění ekonomického výnosu a podpoře nových technologií (Moldan, 2015).

K cílené produkci biomasy využívané jako zdroj energie vedou ekonomická i politická rozhodnutí a její podíl by se měl v blízké době ještě výrazně zvyšovat. Už nynější používání některých plodin, například kukuřice či sóji, k produkci biopaliv za přispění subvencí zvyšuje ceny potravin. V souvislosti s tímto zdražováním potravin a možnostmi dodávek pro průmysl vyrábějící biopaliva, a to s ekonomickými výhodami, dochází ke zvětšování ploch pro zemědělské plodiny, mnohdy v závislosti na odlesňování. Plochy energetických plodin se rovněž mohou rozšiřovat i do méně vhodných lokalit (Nátr, 2011).

Energetické plodiny nemůžeme považovat za podporu při zajištění potravin na Zemi. Patří k jedné z důležitých forem obnovitelné energie, jejíž rozšíření však mnohdy působí na produkci potravin dokonce negativně. Do budoucna je však třeba s touto formou využití rostlinné produkce počítat (Nátr, 2002).

U nás reprezentuje klíčový dokument MZe k tématu vztahu zemědělství a energetiky Akční plán pro biomasu na období 2012-2020. ABS analyzuje využití biomasy v ČR pro energetické účely a stanovuje principy pro její efektivní a účelné použití. Disponibilní potenciál pro produkci biomasy tvoří významný předpoklad pro využití biomasy k dosažení národního cíle podílu OZE (13,5 % dle NAP OZE) na hrubé energetické spotřebě v roce 2020 (Musilová, 2013).

2 Cíl práce

Cílem práce je na základě analýzy dostupných informačních zdrojů zpracovat srovnávací kritickou studii o rozvoji produkce a využívání biomasy k výrobě energie na území České republiky. Bude hodnocena efektivita a udržitelnost produkce energetické biomasy a jejího využití včetně.

3 Literární rešerše

Biomasa podle Šulce (2015) představuje uhlíkově neutrální obnovitelný zdroj energie, jež je nadále zkoumán. Zájem o ni je zejména podmíněn možností vytvořit variantu k jiným, méně udržitelným formám paliv. Petříková a Weger (2015) k tomuto dodávají, že jedním z nejdůležitějších významů biomasy pro energetické využití je její nezávislost na politicko-hospodářské situaci u nás i v zahraničí.

Dle definice zákona o podporovaných zdrojích energie je biomasa popisována jako rozložitelná část produktů, odpadů a zbytků biologického původu z provozování zemědělství a hospodaření v lesích a souvisejících průmyslových odvětvích, zemědělské produkty pěstované pro energetické účely a biologicky rozložitelná část průmyslového a komunálního odpadu.

Biomasa není jen to, co „naroste na poli nebo v lese“. Podle různých definic je to všechna hmota biologického původu. Rozlišujeme dřevní biomasu, biomasu rostlin a zemědělských plodin a biomasu živočišného původu (Benda a kol., 2012). Pohnutkou k započítání využívání biomasy je i potřeba neutrální produkce oxidu uhličitého – množství oxidu uhličitého absorbovaného při růstu organické hmoty by tak mělo být rovno jeho emisi při energetickém využití této hmoty (Benda a kol., 2012). Avšak Patzek et Pimentel (2005) poukazují na to, že by se na biomasu mělo nahlížet stejně jako na ropu či uhlí se všemi jejími celosvětovými environmentálními riziky. Klíčový rozdíl vidí v tom, že fosilní zdroje vytvořené před miliony let znečišťují dnes prostředí, pokud je používáme. Naopak nová biomasa produkuje plyny bez ohledu na to, zda ji právě využíváme.

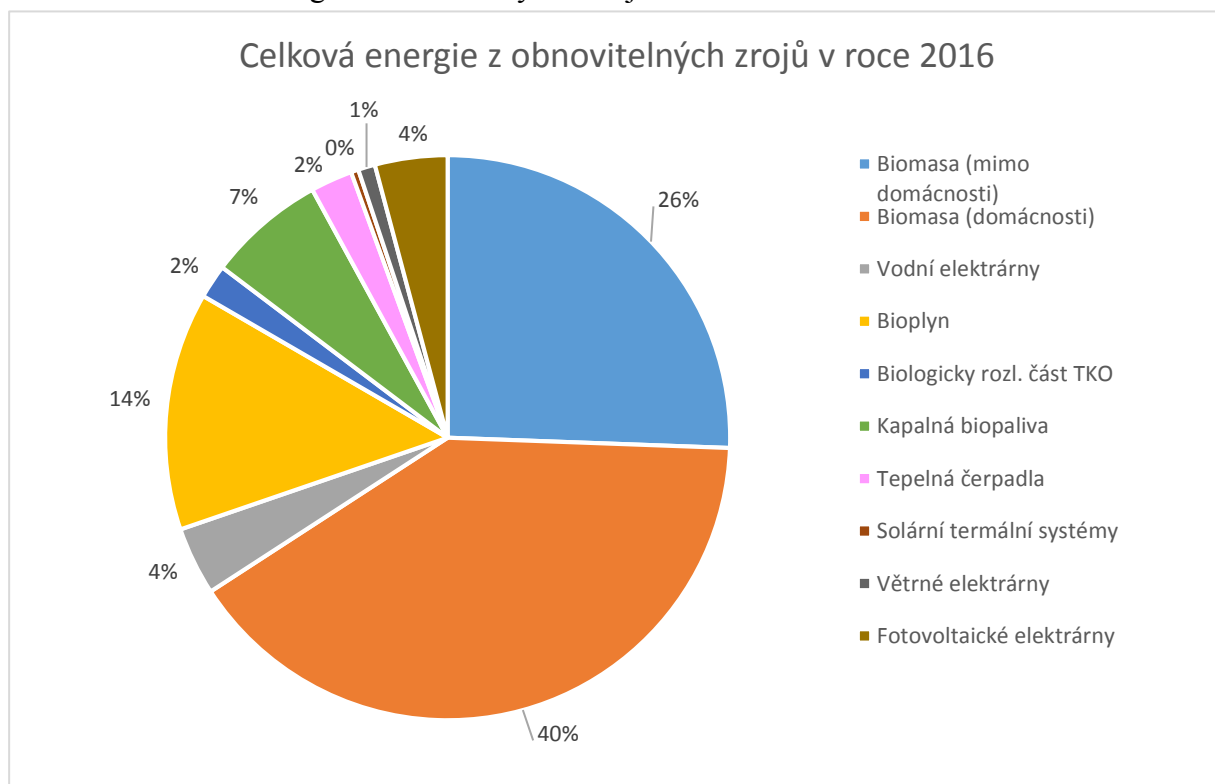
Obnovitelné suroviny jsou tedy produkty zemědělství, lesnictví a rybolovu, jež se využívají mimo oblast potravin a krmiv. V podmínkách ČR zdroje energie kromě pevné biomasy zahrnují vodní či geotermální energii, bioplyn, kapalná biopaliva, energii větru, slunce. Celková bilance energeticky využití pevné biomasy je v tabulce č. 1.

Tabulka 1: Celková energie z obnovitelných zdrojů v roce 2016

	Energie z OZE celkem (GJ)	Odhad podíl na PEZ (%)	Podíl na energii z OZE (%)
Biomasa (mimo domácnosti)	47269179	2,71	25,58
Biomasa (domácnosti)	74394528	4,26	40,26
Vodní elektrárny	7201758	0,41	3,9
Bioplyn	25160188	1,44	13,62
Biologicky rozl. část TKO	3581155	0,21	1,94
Kapalná biopaliva	12476471	0,71	6,75
Tepelná čerpadla	4441843	0,25	2,4
Solární termální systémy	787319	0,05	0,43
Větrné elektrárny	1789046	0,1	0,97
Fotovoltaické elektrárny	7673236	0,44	4,15
Celkem	184774723	10,58	100

(Zdroj: MPO, 2017)

Graf č. 1: Celková energie z obnovitelných zdrojů v ČR



(Zdroj: dle MPO, 2017, vypracovala autorka)

V podmínkách ČR se využívá biomasa odpadní a záměrně pěstovaná. Do prvně jmenované náleží rostlinné odpady ze zemědělství a údržby krajiny, lesní odpady po těžbě dřeva, organické odpady z průmyslových výroby, např. dřevařských provozoven či provozů na zpracování rostlinné produkce, odpady ze živočišné výroby (hnůj, zbytky krmiv aj.) a komunální organické odpady (Beranovský, Truxa a kol., 2004).

Avšak neplatí přímá úměra mezi spotřebou energie a růstem populace. Karp et Shield 2008 uvádějí, že spotřeba energie se ve 20. století zvýšila 13 krát, přičemž jen od roku 1960 třikrát, což je rychlejší než růst počtu obyvatel. S tímto tvrzením souhlasí i Debez et al. (2017), který naznačuje nerovnováhu mezi růstem populace (1,3 násobek) a spotřebou energie (2 násobek) mezi lety 2009 a 2050. Současně odhaduje, že při současné úrovni spotřeby se bude v roce 2035 poptávka po energii pohybovat mezi 15 a 18 Mtoe, což je 50 % nárůst. Odhad konečné spotřeby OZE je v tabulce č. 2 a energetické využití pevné biomasy v grafech č. 2 a 3.

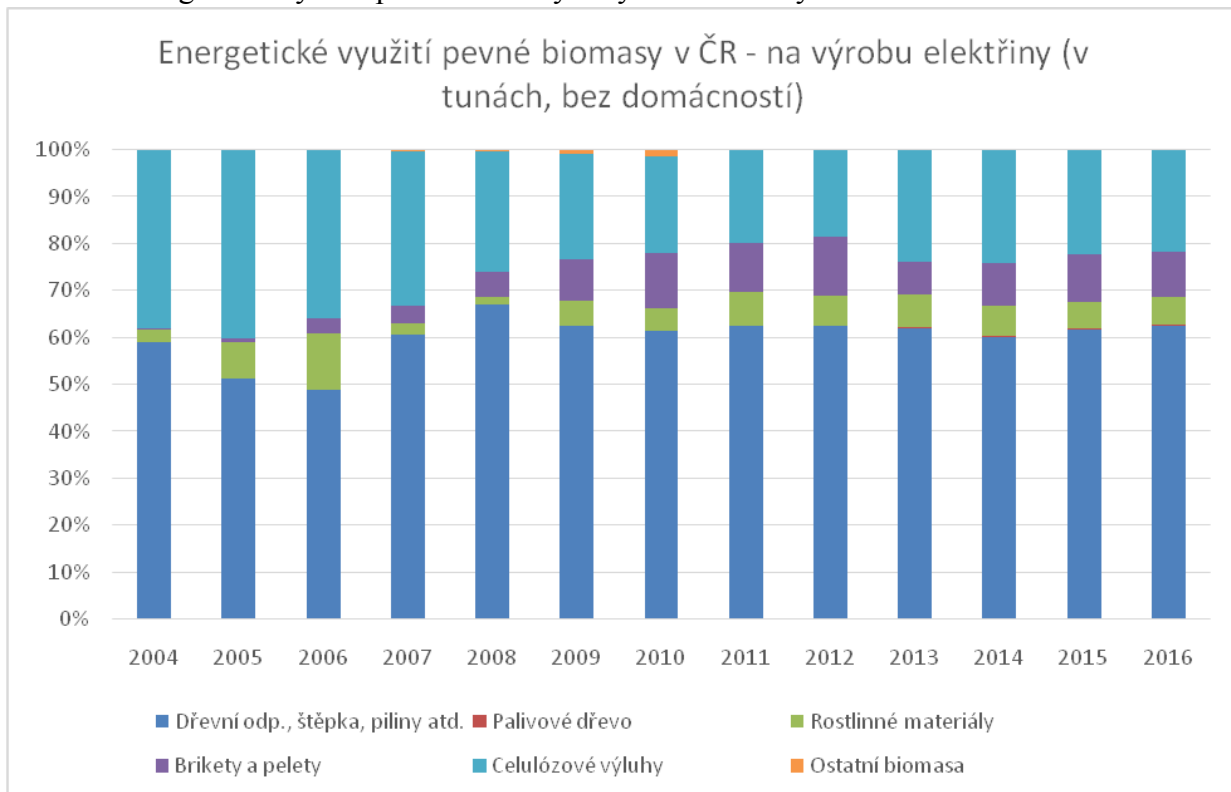
Tabulka 2: Odhad konečné spotřeby OZE v letech 2015 až 2020 vycházející z aktualizované verze NAP OZE

Rok		2015	2016	2017	2018	2019	2020
Biomasa (domácnost)	TJ	53 343	54 230	55 126	56 034	56 953	57 885
Biomasa (mimo domácnost)	TJ	33 239	33 839	34 438	35 038	35 638	36 238
Vodní elektrárny	TJ	8 365	8 437	8 416	8 676	8 812	8 896
Biologicky rozložitelná část TKO	TJ	2 786	3 108	3 108	3 108	3 108	3 108
Bioplyn	TJ	16 045	16 793	17 276	17 760	18 243	18 727
Biologicky rozl. část PRO a ATP	TJ	0	0	0	0	0	0
Tepelná čerpadla	TJ	4 400	5 438	6 722	8 308	10 270	12 700
Geotermální energie	TJ	0	0	0	0	75	222
Biokapaliny pro el. A tep.	TJ	0	0	0	0	0	0
Biopaliva pro dopravu *)	TJ	18 345	19 962	21 590	25 085	26 571	28 082
Solární termální kolektory	TJ	750	843	945	1 058	1 182	1 318
Větrné elektrárny	TJ	1 793	1 863	2 156	3 096	3 740	3 780
Fotovoltaické systémy	TJ	7 649	7 788	7 977	8 211	8 470	8 750
Biometan	TJ	0	0	0	0	0	0
Celkem	TJ	146 714	152 301	157 755	166 374	173 062	179 706

Poznámka: *) NAP OZE 2015 pro oblast dopravy nebyl zatím schválen, údaje převzaty z NAP 2012

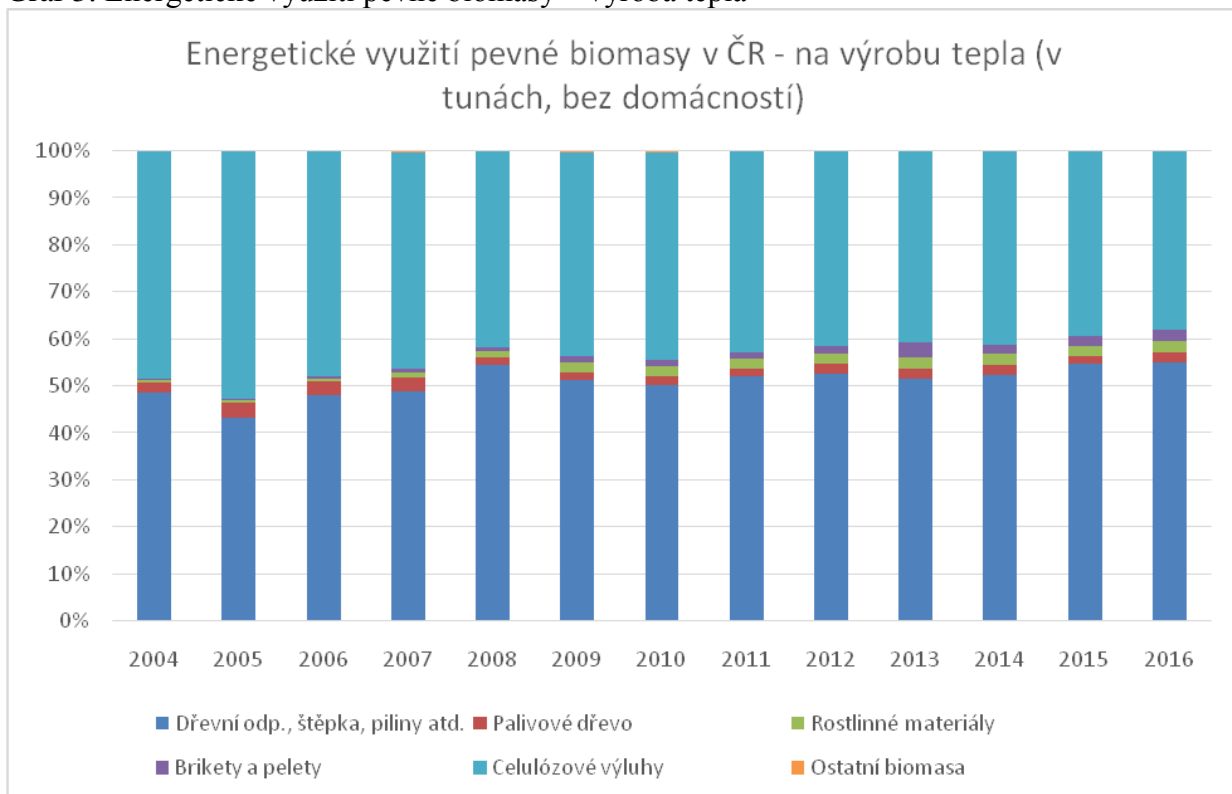
(Zdroj: MZe, Situační a výhledová zpráva Půda, 2015)

Graf 2: Energetické využití pevné biomasy – výroba elektřiny



(Zdroj: dle MPO, 2017, zpracovala autorka)

Graf 3: Energetické využití pevné biomasy – výroba tepla



(Zdroj: dle MPO, 2017, zpracovala autorka)

3.1 Pěstování rostlin pro energetické využití

Jedním z nejpodstatnějších významů biomasy pro energetické využití je její nezávislost na politicko-hospodářských poměrech u nás i v zahraničí. Jde o lokální nezávislý zdroj použitelný bezprostředně v místě produkce biomasy bez výstavby složitých přepravních konstrukcí (Petříková, Weger, 2015). Z pohledu energetického využití se biomasa v ČR rozděluje (podle vyhlášky MŽP ČR č. 482/2005 Sb.) na zemědělskou, lesní a zbytkovou (Benda a kol., 2012). APB rezervuje pro energetické využití plochu 1120 tis. ha, tj. 32,2 % celkové výměry zemědělské půdy (MZe, 2012). Bližší údaje přináší tabulka č. 3. Dle ČSÚ (2018) bylo v roce 2017 zemědělské půdy 3 521 329 ha, a z toho 2 497 792 ha půdy orné.

Tabulka 3: Plocha zemědělské půdy disponibilní pro energetické využití při různých stupních k zajištění určité míry potravinové soběstačnosti

Způsob využití půdy	Druh zemědělské půdy	Míra soběstačnosti (lineární pro všechny potravinářské komodity)		
		70 %	100 %	130 %
		plocha půdy (tis. ha)		
Půda pro potravinovou soběstačnost	orná půda	1 401	1 858	2 390
	trvalé travní porosty	19	114	822
Volná půda (využitelná pro OZE)	orná půda	1 147	680 / (689)	169
	trvalé travní porosty	913	440 / (819)	99
Celkem zemědělská půda pro energetické využití		2 060	1120 / (1508)	268
Celkem zemědělská půda		3 480	3 480	3 480

(Zdroj: MZe, 2012)

Petříková a Weger (2015) poukazují i na další přínos, protože biomasa je významná i díky své dlouhodobé skladovatelnosti, ať již v suchém či jinak konzervovaném stavu, až do doby použití jak pro výrobu tepla, tak i elektřiny. Na rozdíl od toho musí být elektřina ve větrných nebo fotovoltaických elektrárnách ihned předávána do rozvodné sítě, což je relativně drahá, náročná a mnohdy nelehká záležitost.

Záměrně produkovaná biomasa pro energetické účely se může dále dělit dle využitelné složky na škrobnocukernaté (brambory, cukrová řepa, zrno obilovin, topinambur, kukuřice), olejnaté (řepka olejná, slunečnice, len) a lignocelulózoové (dřeviny, celé rostliny obilovin, travní porosty a další rostliny, např. šťovík krmný či konopí seté). Kromě vhodné volby plodiny jsou

důležité další faktory zahrnující mimo jiné druh půdy, klimatické podmínky, možnosti sklizně a dopravy (Beranovský a kol., 2004).

Avšak pěstování těchto plodin má i svá rizika. Jak uvádí Mana (2007), za nejvážnější nebezpečí působení pěstování biomasy na krajinu v České republice je třeba označit zhoršení rezistence území proti vodní erozi, sjednocování a další ochuzování agroekosystémů, přílišné vyčerpání a postupná degradace půdy, zhoršení retenčních schopností krajiny a šíření zeměpisně nepůvodních druhů rostlin. S některými z předchozích tvrzení polemizují Petříková a Weger (2015), když uvádějí, že se v případě energetických plodin jedná o jiné druhy rostlin než obilí, řepka či kukuřice, převažujících v současné době na polích a působících problematicky na trvalé udržení půdní úrodnosti. Rozšířením výběru plodin (mimo jiné o nové PEP) se tak zvýší biologická diverzita, a tím se posílí i ekologická rovnováha v zemědělské krajině.

Karp et Shield (2008) uvádějí, že udržitelnost s ohledem na produkci surovin může být dosažena pomocí několika ukazatelů. Důraz by měl být kladen na rostoucí výnosy s ohledem na jednotku vstupu, včetně solární energie, živin (zejména dusíku), ale na druhou stranu s minimalizací emisí či nízkou potřebou vody a půdy, tak aby pěstování udrželo nebo zlepšilo biologickou rozmanitost. Jednotlivé body zařadili autoři do několika skupin, jež jsou uvedeny v tabulce č. 4.

3.1.1 Vklad energie

Spotřeba energie v zemědělství se rovná asi 1,8 až 2,8 % celkové potřeby ve vyspělých státech. Při pěstování polních plodin bývá využití energie menší než 20 % energie zahrnuté v rostlinných produktech, takže i při zvýšené intenzifikaci se vyznačuje pozitivní bilancí (Nátr, 2002).

Základní myšlenka pro pěstování a použití energetických plodin vychází z předpokladu, že spalení těchto surovin se záměrem získat energii uvolní uhlík, který rostliny nedlouho předtím odebraly z atmosféry fotosyntézou. Toto využití se tak jeví jako uhlíkově neutrální. Avšak při samotném pěstování se spotřebovává nezanedbatelné množství fosilních paliv, jež tuto teorii narušují (Frouz, Moldan, 2015).

Výpočet vhodnosti využívání biomasy bývá znehodnocen tím, že se nepočítá s průměrnými výnosy, ale často s rekordními či potencionálně možnými (Nátr, 2011).

Tabulka 4: Navrhované vlastnosti pro udržitelný výnos a zlepšení kvality

Kvantitativní vlastnosti	Kvalitativní vlastnosti
Maximalizace záchyty záření	Snadné sklizení / skladování
Brzké jarní vzcházení	Rovné, svislé stonky
Mrazuvzdornost	Odolnost vůči poléhání
Rychlé zapojení porostu	Nízká vlhkost
Tolerance vysoké hustoty rostlin	Odolnost proti rozkladu po sklizni – nemoci, mikrobi
Odolnost vůči poléhání	Nízká prašnost
Maximalizace efektivity využití radiace	Vhodnost pro technologie tepelné přeměny
Fotosyntéza C4 s tolerancí k nízkým teplotám	Maximální energetická hustota
Efektivní fotosyntetická rychlost C3 a C4	Optimální kvetení a stárnutí (pro remobilizaci)
Pokryv s nízkým koeficientem zániku	Efektivní využití živin
Vlastnosti listů pro efektivní zachycení světla	
Vysoká účinnost dusíku	Vhodnost technologií biologické konverze
Tolerance vůči suchu	Zlepšená dostupnost uhlíku v buněčné stěně pro průmyslové zpracování
Odolnost vůči onemocnění (včetně poškození a mikrobiálním poruchám)	Maximální hustota / vysoký podíl "dostupných" energetických substrátů
Odolnost proti škůdcům	Požadované: optimální kvetení a stárnutí (pro remobilizaci)
Odolnost vůči poléhání	Požadované: účinné využití živin
Maximalizace efektivity využití vody	Zdraví a bezpečnost
Rychlé dosažení maximální míry růstu (vyhýbání se období sucha)	Nemoci / mikrobiální odolnost proti rozkladu po sklizni
Tolerance stresu při suchu	Nízká prašnost
Environmentální a finanční udržitelnost	
Optimální kvetení a stárnutí (pro remobilizaci)	
Efektivní recyklace živin	
Optimální rozdělení kořenů / výhonů	
Vysoká účinnost dusíku	

(Zdroj: Karp, Shield, 2008)

Energetický obsah plodin (v průměru 17 MJ/kg), který je zachycen při fotosyntéze, vyžaduje při pěstování další doplnění energie, většinou dodávaných z fosilních paliv.

Představuje to energii dodávanou nezávisle na výnosech při obdělávání půdy a setí a dále tu, jež souvisí s očekávaným výnosem, například při hnojení, ošetřování proti škůdcům, zavlažování a sklizni. Podpůrná energie s tou dodanou při dopravě a zpracování má přímý vztah k účinnosti biopaliv. Energetický obsah biopaliv je snadno měřitelný, ale doplňková energie se většinou odhaduje a záleží na metodě výpočtu a započtených krocích výroby. Takto vznikají odchylky ve zjištěném poměru mezi energií vyrobenou v biopalivech k celkové (většinou fosilní) energii použité při pěstování a výrobě. Tento poměr čisté energie (NER) je uveden pro běžné plodiny v tabulce č. 5. Je důležité NER zahrnovat do souboru úvah o užitečnosti výroby biopaliv. Vysoké hodnoty pro cukrovou třtinu a palmu olejnou je možné vysvětlit celoroční vysokou produktivitou v tropickém prostředí a nízkou podpůrnou energií při zpracování (Howard, Bringezu, 2009).

Tabulka 5: Čistý energetický poměr (NER) pro vybrané plodiny

Plodina	Biopalivo	NER
cukrová řepa	bioetanol	1,2-2,2
cukrová třtina		2,2-8,4
pšenice		1,2-4,2
kukuřice		1,2-1,8
palma olejná	biodiesel	8,6-9,6
sója		1,4-3,4
řepka		1,2-3,6

(Zdroj: Howard, Bringezu, 2009)

Pěstování jednoletých plodin je závislé na vysokých vstupech dusíkatých hnojiv, jejichž výroba je energeticky náročná. Isermann (1998) odhaduje, že v letech 1991-1992 byl v Německu vstup 2 - 3 krát větší, než bylo třeba, ale účinnost se zvýšila jen o 25 %. V návaznosti na to se zvýšily 2 - 8 krát emise dusíku do okolí. Lépe jsou na tom vysoko výnosné trvalé trávy a rychle rostoucí dřeviny, které dosahují růstu a výnosů sušiny s minimálním množstvím dodatkového hnojení (o 20 - 50 % méně oproti jednoletým), což má významný dopad na hodnocení energetických požadavků (Karp, Shield, 2008). Při sklizni 10 tun sušiny biomasy se odebírá 222 kg dusíku, 13 kg fosforu, 110 kg draslíku, 85 kg vápníku a 14 kg hořčíku, takže i při pěstování energetických plodin se musí počítat s dodatkovou energií a vstupy (Nátr, 2002).

Mezi energetické vstupy je rovněž třeba zohledňovat náklady spojené s využitím nebo likvidací odpadu, vzniklého při výrobě (Nátr, 2011).

3.1.2 Péče o půdu

Při přeměně přírodních na zemědělské ekosystémy dochází ke ztrátě půdní organické hmoty, která je významná pro postupné uvolňování minerálních živin, udržení struktury půdy, vodní retence a snížení eroze (Nátr, 2002).

Protože půda dokáže vázat dvakrát více CO₂ a skoro čtyřikrát tolik kolik rostliny, je žádoucí jí věnovat náležitou péči. Vhodné technologie zahrnující šetrnou orbu, setí krycích plodin či správný osevní postup dokáží nejen zvýšit sekvestraci tohoto plynu a takto snížit jeho množství v atmosféře, ale i zvýšit půdní úrodnost (Smil, 2013).

Ještě před časem se půda a její vlastnosti pokládaly za produkt pěti přírodních činitelů: matečné horniny, klimatu, vegetace, topografie a času. Až v poslední době začínáme chápat, že i sám člověk výrazně ovlivňuje vlastnosti a množství půdy. Ač mu zde začíná potravní řetězec, a tím na ní nenahraditelně závisí, tak ji stále více znehodnocuje (Nátr, 2011).

Tabulka 6: Průměrné chemické složení slámy v %

Druh slámy	Sušina	Organické látky	N	P	K	Ca	Mg	C:N
Obilniny	86	82	0,45	0,09	0,79	0,24	0,06	80-100
Kukuřice	86	80	0,48	0,16	1,26	0,32	0,14	60-80
Řepka	84	80	0,56	0,11	0,85	0,81	0,16	60-80
Luskoviny	86	80	1,33	0,16	1,07	0,91	0,16	20-25

(Zdroj: Kačicová, Prokeš, 2014)

Samotné pěstování plodin, dále využívaných pro energetické účely, může přispívat k zlepšení půdy. Opadem listů řepky vznikne 2 – 5 t/ha sušiny a dále slámou a kořeny dalších 10 – 15 t/ha. Z obojího se vytvoří 1600 – 2400 kg humusotvorných látek odpovídajících tak dávce hnoje o množství 40 - 60 t/ha. S třítunovým výnosem semene řepka vrátí do půdy asi 225 kg draslíku, 15 kg fosforu a 105 kg dusíku na hektar. Rovněž zvyšuje svým kořenovým systémem přístupnost živin z hlubších půdních horizontů, což je významné hlavně u fosforu (Bečka a kol., 2007). Využití slámy pro energetické účely může mít negativní vliv na půdní úrodnost a způsobit pokles půdní organické hmoty (Nátr, 2002). Podle DZES 6 nesmí žadatel pálit bylinné zbytky a současně na minimálně 20 % jím užívaných pozemků orné půdy zajistit aplikaci tuhých statkových hnojiv v dávce 25 tun na hektar. Při zapravování ponechaných produktů pěstování rostlin, např. slámy, není dávka stanovena. K tomuto dodává Smil (2013), že zbytky plodin jsou cenným zdrojem pro půdní ekosystém a jejich recyklace by měla náležet

k zodpovědnému jednání zemědělství a nemělo by docházet k bezhlavému odstraňování z polí. Doporučuje tak z konvenčně obdělávaných polí využívat 35 % slámy a z bezorebných až 70 %. APB předpokládá u slámy obilnin využití 65 % a u řepkové slámy 45 % pro energetické účely (MZe, 2012). Průměrné chemické složení slámy v procentech je uvedena v tabulce č. 6 a výtěžnost slámy k zrně v tabulce č. 7.

Tabulka 7: Přepočty mezi výtěžnostmi zrna a slámy pro jednotlivé druhy plodin

Plodina	Zrno	Sláma
Pšenice	1	0,85
Žito	1	1,7
Ječmen	1	0,8
Oves	1	1,4
Kukuřice na zrně	1	1,2
Řepka olejná	1	1,2 - 1,8

(Zdroj: Beranovský, 2004)

Takže při přebytku slámy je možné ji použít na vytápění, ale nesmí to tak být příliš, protože je zdrojem humusu k zachování půdní úrodnosti a po redukci chovů hospodářských zvířat rovněž jistou náhražkou hnoje (Petříková, Weger, 2015)

Dle zákona č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, je zakázáno způsobovat ohrožení zemědělské půdy erozí překračováním přípustné míry jejího erozního ohrožení stanovené prováděcím právním předpisem; přípustná míra erozního ohrožení se stanoví na základě průměrné dlouhodobé ztráty půdy vyjádřené v tunách na 1 ha za 1 rok v závislosti na hloubce půdy.

Standard DZES 5 udává povinnost žadateli, hospodařícího na půdě silně erozně ohrožené vodní erozí, aby zajistil, že se zde nebudou pěstovat erozně nebezpečné plodiny kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója, slunečnice a čirok. Porosty ostatních obilnin a řepky olejné tu budou zakládány s využitím půdoochranných technologií. S těmito technologiemi se rovněž zakládají porosty prvně jmenovaných plodin i v mírně erozně ohrožených oblastech. Tato opatření se týkají pozemků s výměrou nad 0,40 ha. K půdoochranným technologiím náleží zaskovací pásy, osetí souvratí, setí či sázení po vrstevnici, přerušovací pásy, odkameňování, podryvání, důlkování, hrázkování, pěstování luskoobilných směsí, metoda strip-tillage (pásové zpracování půdy) pěstování kukuřice.

Runge et Senauer (2007) si pokládají otázku, zda se vůbec mají kukuřice a sója používat jako energetické plodiny. Obě jsou totiž rostlinami, které přispívají k erozi půdy, znečištění

vody a vyžadují množství hnojiv, pesticidů a paliva pro obhospodařování či sklizni. Současně může docházet i k průsaku dusíku z polí.

Howard et Bringezu (2009) přinesli přehled energetických plodin pro výrobu biopaliv, kde jsou zřejmé charakteristiky vstupní suroviny a účinku prostředí (klíma, obhospodařování, zavlažování – tabulka č. 8.

Tabulka 8: Průměrný energetický výtěžek dvou nejlepších výrobců biopaliv v různých zemích – obsah energie biotanol 21,1 MJ/l, biodiesel 32,9 MJ/l (*)

Plodina	Země	Výnos (t/ha)	Produkt	Biopalivo (l/ha)	Energie (*) (GJ/ha)
palmový olej (a)	Malajsie	20,6	biodiesel	4736	155,8
	Indonésie	17,8		4092	134,6
cukrová třtina (b)	Brazílie	73,5	bioetanol	5475	115,5
	Indie	60,7		4522	95,4
kukuřice (d)	USA	9,4	bioetanol	3751	79,1
	Čína	5,0		1995	42,1
kasava (c)	Brazílie	13,6	bioetanol	1863	39,3
	Nigérie	10,8		1480	31,2
řepka (d)	Čína	1,7	biodiesel	726	23,9
	Kanada	1,5		641	21,1
sojové boby (d)	USA	2,7	biodiesel	552	18,2
	Brazílie	2,4		491	16,1

Pozn.: a) plody sklizené čerstvé, b) nadzemní část sklizená čerstvá, c) podzemní část sklizená čerstvá, d) semeno sklizené při nízkém obsahu vody

(Zdroj: Howard, Bringezu, 2009)

3.1.3 Druhy energetických plodin

Energetické byliny se dělí na jednoleté (např. kukuřice, čirok, triticales, řepka) a vytrvalé nedřevnaté plodiny (např. mužák prorostlý, šťovík OK2, ozdobnice, lesknice rákosovitá). Dále se využívají vytrvalé energetické plodiny dřevnaté, neboli rychle rostoucí dřeviny (u nás jsou nejvhodnější topoly a vrby).

Protože se mnohdy jedná o plodiny, jejichž pěstování u nás nemá tradici, je potřeba vypracovat podrobnou agrotechniku, jelikož mnohé zkušenosti z ciziny nelze u nás kvůli půdním a klimatickým podmínkám převzít. Kromě nových plodin lze využít i druhy, které byly dříve pěstovány k jiným účelům, ať již technickým či léčivým (světlice barviřská, konopí seté) a jejich agrotechniku přizpůsobit pro účely energetiky (Petříková, Weger, 2015). Seznam energetických plodin je uveden v příloze 1 a výběr v tabulce č. 9.

Tabulka 9: Přehled rostlin vhodných k energetickým účelům – výběr

Plodina	Termín	Výsevek	Šířka řádků	Výnos suché hmoty	Spalné teplo
	setí	[kg/ha]	[cm]	[t/ha]	(s popelovinami)
					[GJ/t]
Čirok obecný <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	květen	20	25	zrno 5,8	17,633
Konopí seté <i>Cannabis sativa</i> L.	květen	100 15 - 130	12,5	8,85 - 10,5	18,06
Proso seté <i>Panicum miliaceum</i> L.	začátek května	20 - 80	25 - 30		
Slunečnice setá <i>Helianthus annuus</i> L.	březen-duben	24 - 30	25 - 30	8,3	16,7 (výhřevnost)
Sudánská tráva <i>Sorghum sudanense</i> (Piper) Staf in Prain	začátek května	24 - 30	25 - 30		
Světlice barvířská Saflor <i>Carthamnus tinctorius</i> L.	březen	20 - 25	25	zrno 2,59 sláma 4,91	
Jestřabina východní <i>Galega orientalis</i> Lam.	duben	20 - 30	50		
Mužák prorostlý <i>Silphium perfoliatum</i> L.	duben	15	50		
Ozdobnice čínská <i>Miscanthus sinensis</i> Anderss	květen	oddělky	50	30 - 40	17, - 17,5 (výhřevnost)
Šťovík krmný <i>Rumex patientia</i> L. x <i>R. tianshanicus</i>	duben	6	50	30 - 40	

(Zdroj: Beranovský a kol., 2004)

Můžeme si zde položit otázku, jaké jsou výhody a nevýhody pěstování plodin z jednotlivých skupin.

Jednoleté energetické rostliny je možno zařazovat do rotace osevních postupů, avšak je třeba například u kukuřice věnovat pozornost místům výsevu, aby nedocházelo k erozi půdy. V rámci možností se doporučuje vhodná redukce počtu vstupů do porostů, aby nedocházelo k utužení půdy (Strašil, 2013).

Strašil (2013) vysvětluje, proč je výhodnější pěstování vytrvalých energetických plodin. Vzhledem k přetrvávání porostu se zvyšuje akumulace organické hmoty v půdě a snižuje její mineralizace. Nepřehlédnutelný je i ekonomický aspekt, kdy dochází k úsporám práce i energie. Nejvyšší náklady vznikají v prvním roce, tedy při založení plantáže, avšak v následujících

letech klesají a přidávají se i úspory na zpracování půdy, setí, hnojení či chemickou ochranu. K tomuto dodává Petříková a Weger (2015), že osiva polních energetických plodin jsou oproti sadbě rychle rostoucím dřevinám levnější. Porosty RRD a ozdobnice se navíc musejí zakládat vysazováním, což je náročnější než setí. Nejvýhodnější sklizeň RRD je po třech až pěti letech od výsadby a po celou tu dobu je nutné plantáže ošetřovat proti zaplevelení či okusu zvěří.

Z víceletých plodin má velké výnosy křídlatka sachalinská (*Reynoutria sachalinensis* Nakai) s 30 – 40 t sušiny z ha, avšak tato plodina patří současně v ČR mezi invazní druhy a její pěstování není dle vyhlášky 477/2012 podporována jako cíleně pěstovaná biomasa. Její spalné teplo je 19,444 GJ/t (Beranovský a kol., 2004).

Z původních českých plodin je výhodné pěstování konopí setého (*Canabis sativa* L.). Dorůstá výšky 2 – 6 m a jeho zapojený porost zakrývá půdu tak dokonale, že není nutné ošetřování proti plevelům. Problematická v tomto případě je ovšem sklizeň, protože je potřeba speciální technika. Běžné sklízecí stroje omezují vlákna ze stonků. Výnosy v podmínkách ČR jsou 5 – 7 t/ha. Využívá se k výrobě pelet nebo briket s výhřevností 16,5 – 18,2 MJ/kg (Petříková, Weger, 2015). Povinnosti při pěstování konopí přináší zákon č. 167/1998 Sb., o návykových látkách. Dle údajů Celní správy ČR se konopí v roce 2016 věnovalo 71 pěstitelů na ploše 595,58 ha a bylo dosaženo výnosu 4 329 910 kg.

Jako významná plodina se jeví krmný šťovík (*Rumex patientia* L. x *Rumex tianschanicus* A. Los), jehož pěstování je důkladně ověřeno v provozu. Produkce biomasy je srovnatelná s RRD a dá se pěstovat pro krmné účely, na suchou biomasu k vytápění budov i k produkci bioplynu. I přes obavy nezapleveluje okolí.

Hořčici sarepské (*Brassica juncea* L.), pěstované pro kremžskou hořčici, se daří v místech, kde se pěstují jarní brukvovité olejninu. V energetice se používá pro přímé spalování. Výnosy dosahují 6 – 8 t/ha. Jako jednoletou plodinu ji lze zařadit do osevního postupu jako přerušovače nevhodného sledu plodin.

Převážně na jižní Moravě se pěstuje světlice barvířská, neboli saflor (*Carthamus tinctorius* L.), které se daří v suchých a teplých oblastech. Sklízí se koncem srpna či v září. Výnos slámy je 3,5 – 6,8 t/ha a spalné teplo 17,8 MJ/kg.

Mezi víceleté plodiny zařazují Petříková a Weger (2015) ozdobnici čínskou (*Miscanthus sinensis* Anderss.), teplomilnou vysokou travu typu C4, která vydrží na stanovišti až 20 let s výnosem kolem 20 t/ha. Problematická je její sterilnost, kdy je nutné rozmnožování oddenky.

Energetické trávy nevyžadují každoroční zakládání porostů a nevdají, že stébla budou hrubá, protože tak jsou vhodnější ke spalování, na rozdíl od požadavků na krmiva. Mohou se

pěstovat i v marginálních oblastech, kde kromě výnosů pro fytoenergetiku mohou mít i ekologické přínosy, hlavně v omezení eroze.

Mezi tyto traviny zařazují Petříková a Weger (2015) chřastici rákosovitou (*Phalaris arundinacea* L. Rauschert), kterou je možné sklízet běžnou mechanizací. Dále sveřepy (rod *Bromus*), jež jsou vhodné do sušších oblastí. Ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius* L. Beauv. ex J. et C. Presl) roste na celém území ČR a pro účely fytoenergetiky se sklízí celá nadzemní hmota s výnosy 7 – 9 t/ha. K nejvýznamnějším druhům patří psineček veliký (*Agrostis gigantea* Roth.), který v monokultuře využije vlhčí stanoviště a těžší půdu. Pro energetiku se sklízí celá nadzemní hmota včetně semene s výnosy 8 – 9 t/ha. Poslední zde jmenovanou trávou je kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea* L. Schreb.) s vysokým výnosovým potenciálem a tolerancí k půdně-klimatickým podmínkám. Výnosy nadzemní hmoty jsou 8 – 12 t/ha a lze ji použít k vytápění podobně jako slámu obilnin.

U rychle rostoucích dřevin je doba periodické sklizně, neboli obmýtní doba, 2 až 8 vegetačních období, přičemž životnost samotné plantáže je 15 – 20 let. Abbas et al. (2011) předpokládá, že plantáže energetických dřevin jsou pozitivní doplněk k národnímu i globálnímu ekosystému. Upozorňuje, že pokud tyto dřeviny nahradí jednoleté zemědělské plodiny, mohou být nápomocny obnově některých funkcí ekosystému a posílení biologické rozmanitosti, avšak když se pěstují na místě původních lesů či mokřadů, působí opačně.

Termín RRD se objevuje v první polovině 20. století. Výmladkové plantáže jsou založeny díky výborné regenerační schopnosti po sklizni nadzemní biomasy. V ČR byla první plantáž založena v r. 1994.

Nejvhodnějším obdobím pro sklizeň na štěpku jsou zimní měsíce, kdy je v pletivech nejméně vody. Výhodou je pak i zamrzlá půda, která usnadňuje pohyb mechanizace (Petříková, Weger, 2015).

Howard et Bringezu (2009) uvádějí, že obavy z konkurence potravinám přivedly odborníky k návrhu možných plodin (viz. tabulka č. 10), jejichž pěstování nemá intenzivní požadavky, mohou využít i chudší půdy, nevhodné pro potravinářskou výrobu, a to s větší efektivností. Avšak i zde je problémem zavlažování či hnojení. Ze široké škály nejedlých olejnatých plodin přitahuje nejvíce pozornosti dávivec (*Jatropha curcas* L.), pěstovaný v Asii, Africe a Jižní Americe, jehož semeno obsahuje 30 – 35 % extrahovatelného oleje. Výzvou jsou rovněž řasy. Bionafta na bázi řas je cenově výhodná a ekologická alternativa. Nejnovější výzkum ukázal snížení spotřeby paliva i emisí skleníkových plynů ve srovnání s komerční motorovou naftou (Baldev et al., 2018). Debez et al. (2017) doplňují o možnost využití

halofytních rostlin. Tyto slanomilné rostliny nekonkurují potravinám a nerozšiřují vodní stopu bioenergie, využívají tak marginální, hlavně přímořské oblasti.

Tabulka 10: Některé plodiny, které byly pro účely výzkumu zařazeny mezi specializované energetické plodiny

Celulóžové plodiny		Nejedlé olejnaté plodiny	
Stromy a keře s krátkou dobou obmytí	Eukalyptus (<i>Eucalyptus</i> spp.)	Polní plodiny	Skočec obecný (<i>Ricinus communis</i> L.)
	Topol (<i>Populus</i> spp.)		Dávivec černý (<i>Jatropha curcas</i> L.)
	Vrba (<i>Salix</i> spp.)		Ředkev setá (<i>Raphanus sativus</i> L.)
	Bříza (<i>Betula</i> spp.)		Kaleda (<i>Pongmia</i> spp.)
Vytrvalé trávy	Trst' rákosovitá (<i>Arundo donax</i> L.)	Stromy a keře	Karyocar brasilský (<i>Caryocar brasiliensis</i> Cambess.)
	Chrastice rákosovitá (<i>Phalaris arundinacea</i> L.)		Mauricie převislá (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.)
	Proso prutnaté (<i>Panicum virgatum</i> L.)		Akrokomie mexická (<i>Acrocomia aculeata</i> Jacq. Lodd. ex Mart.)
	Ozdobnice (<i>Miscanthus</i> hybrids)		Zederach indický (<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.)
	Čirok halabský (<i>Sorghum halepense</i> L. Pers.)		Různé domácí stromy (brazilský spp.)
	Čirok obecný (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench)		
Vodní rostliny		Různé řasy	

(Zdroj: Howard, Bringezu, 2009)

3.1.4 Právní úprava

Biomasa slouží k výrobě elektřiny a tepla a je usměřována podle zákona č. 310/2013 Sb., kterým se změnil zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie. Jeho cílem je podpořit využívání OZE, přispět k šetrnému využívání přírodních zdrojů. Tento zákon doplňuje vyhláška č. 390/2015 Sb., o způsobu určení hlavního předmětu činnosti zemědělská výroba. Další vyhláška č. 477/2012 Sb., o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení a uchovávání dokumentů, v příloze č. 1 uvádí zařazení druhů biomasy, které jsou předmětem podpory, do jednotlivých skupin podle kategorií. Současně je v příloze č. 4 rozepsán přehled nepodporovaných druhů biomasy, kdy jde vesměs o nepůvodní a invazní druhy.

Dříve bylo možné čerpat přímou podporu pěstování energetické biomasy na základě nařízení vlády č. 80/2007 Sb, o stanovení některých podmínek poskytování platby pro pěstování energetických plodin vyjmenovaných v samostatné příloze. Toto nařízení bylo zrušeno novelou zákona č. 179/2014 Sb., kterou se změnil zákon č. 252/1997 Sb., o zemědělství, avšak samotná podpora byla ukončena již od roku 2010.

Na pěstování energetických plodin nelze v současné době čerpat dotace ani z Programu rozvoje venkova 2014 – 2020. Nedoporučuje se umístování ploch pro pěstování těchto plodin v území NATURA 2000 a ZCHÚ či v jejich bezprostředním sousedství, aby nedocházelo ke snížení diverzity krajiny a následné snížení biodiverzity s ohledem k úbytku potravních a hnízdních možností (eAGRI, 2018).

Vzhledem k samotné základní povaze rostlin je zde třeba uvést zákon č. 252/1997 Sb., o zemědělství. Na něj navazuje nařízení vlády č. 50/2015 Sb., o stanovení některých podmínek poskytování přímých plateb zemědělcům, kde jsou ve dvou přílohách uvedeny druhy rychle rostoucích dřevin a jejich kříženců pěstovaných ve výmladkových plantážích v ČR s uvedením maximální délky jejich sklizňového cyklu. Jako odporný podklad pro rozhodování dle podmínek zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny slouží Seznam rostlin vhodných k pěstování za účelem využití biomasy pro energetické účely z pohledu minimalizace rizik pro ochranu přírody a krajiny, který zpracoval VÚKOZ.

Jednotlivé formy energetického využívání rovněž upravují ČSN, například pro tuhá či kapalná biopaliva.

Výroba bioplynu má vzhledem ke své struktuře složitější právní rámec, jež zahrnuje oblasti odpadového hospodářství, energetiky, technických požadavků na výrobky, ochrany životního prostředí, zemědělství, podnikání či stavební činnosti (Benda a kol., 2012).

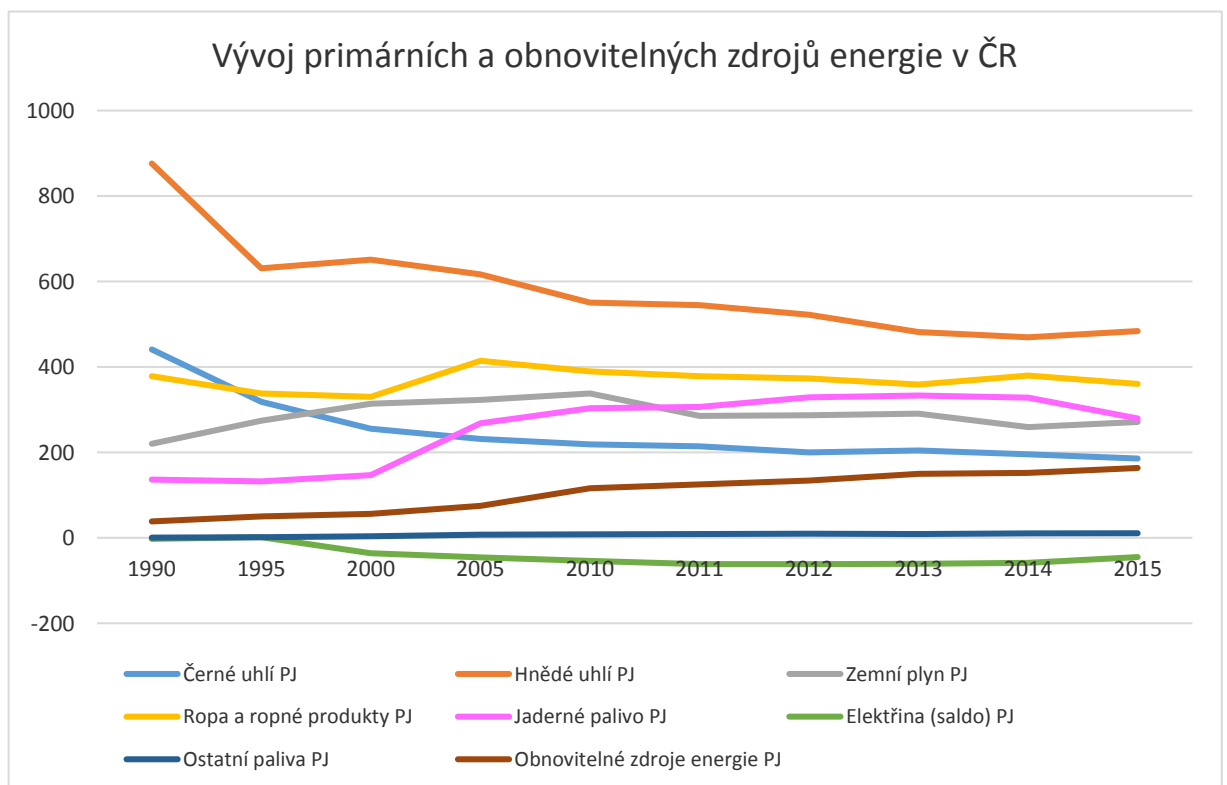
Biopaliva upřesňují směrnice 98/70 ES o jakosti benzínu a motorové nafty (FQD), jíž se mají snížit emise do roku 2020 o 6 %, a 2009/28 ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů (RED), která ukládá 20 % energie z obnovitelných zdrojů a 10 % energie z obnovitelných zdrojů v dopravě. Definice směrnice RP 2003/30/ES o podpoře užívání biopaliv nebo jiných obnovitelných pohonných hmot v dopravě udává, že biopalivo je kapalné nebo plynné pohonné hmoty pro dopravu vyráběná z biomasy. Dále je možné uvést zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší či zákon č. 353/2003 Sb. o spotřebních daních.

3.2 Způsoby využití

Rostliny jsou primárními zdroji v potravním řetězci a jsou nenahraditelné pro výživu lidské populace, ale v dlouhé historii byly využívány rovněž jako palivo, zahrnující většinou dřevo pro vytápění či vaření. Tuto praxi nahradila energie z uhlí, ropy, zemního plynu či jaderná energie, nicméně pozornost je opět věnována biomase jako součásti budoucího energetického mixu (Karp, Shield, 2008).

Jak je vidět z grafu č. 4, tak v posledních letech výrazně poklesla spotřeba hnědého i černého uhlí a zvýšila se na rozdíl od toho výroba jaderné energie, spojená s postupným spuštěním jaderné elektrárny Temelín v roce 2000 (ČEZ, 2018) a postupně i energie z obnovitelných zdrojů.

Graf 4: Vývoj primárních a obnovitelných zdrojů energie v ČR v letech 1990 – 2015



(Zdroj: dle MPO, 2016, vypracovala autorka)

Při fotosyntéze dochází k využívání vody a oxidu uhličitého k výrobě dalších látek a rozklad organické hmoty vrací tento plyn zpět to atmosféry. Rostliny takto odstraní z atmosféry více než 120 miliard tun CO₂ ročně. Při dýchání se zhruba polovina vrací zpět a zbytek je spotřebováván dalšími organismy a člověkem (Smil, 2013).

Náhrada fosilních paliv by měla řešit vzrůstající množství skleníkových plynů unikajících do ovzduší. Avšak už samotná přeměna území na zemědělskou půdu uvolňuje do ovzduší velké množství CO₂. Pokácením lesů mizí i porosty, které by tyto škodliviny zachycovaly. Moldan (2015) představil Kjótský koš obsahující šest plynů, které se považují za hlavní příčinu celosvětové změny klimatu – blíže tabulka č. 11.

Tabulka 11: Plyny Kjótského koše

plyn	nárůst koncentrace	podíl na globálním oteplování	hlavní antropogenní zdroje
CO ₂	30 %	64 %	Spalování fosilních paliv, odlesňování a změny využívání půdy, výroba cementu, vápna atd.
CH ₄	145 %	20 %	Výroba a užívání energií (včetně biomasy), zvířata, pěstování rýže, odpadní vody, organické odpady na skládkách, úniky při těžbě uhlí a dalších paliv
N ₂ O	15 %	6 %	Používání hnojiv, výroba kyseliny dusičné a adipové, spalování biomasy, spalování fosilních paliv
Chlorované a fluorované uhlovodíky (CFC)	a)	10 %	Používání chladniček, klimatizací, chemický průmysl, spreje, nadouvadla
Polyfluorované uhlovodíky (PFC)	a)		Výroba hliníku
SF ₆ - fluorid sírový	a)		Distribuce elektřiny

Nárůst koncentrace je počítán ve srovnání s předindustriálním obdobím okolo roku 1850.

a) Tyto látky jsou výhradně antropogenního původu

(Zdroj: Moldan, 2015)

Hrubá domácí spotřeba energie v EU 28 byla v roce 2016 1 604 Mtoe, což je o mírný nárůst od předchozího roku, avšak nedosáhlo to spotřeby před finanční a hospodářskou krizí v roce 2009. Nejnižší hodnoty byly v EU zaznamenány v roce 2014, a to od roku 1990, kdy se sledování provádí. Největší podíl měly ropné produkty (32 %), následované plynem (21 %) a

jadernou energií (21 %). Podíl obnovitelných zdrojů představoval 12 % z energetického mixu. Typy pohonných hmot a jejich podíly v hrubé domácí spotřebě v různých zemích závisí mimo jiné na dostupnosti přírodních zdrojů, ekonomické struktuře a národním energetickém plánu (Eurostat, 2016).

K nejvýznamnějším způsobům využití patří spalování a výroba bioplynu, případně metylesteru. Kromě cíleného pěstování je třeba využívat i zbytkovou složku, například slámu.

Komplikujícím faktorem při spalování či zplyňování mohou být alkalické kovy, kdy může docházet ke znečišťování topidel, snižuje se kvalita popela a kotel bývá potažen škodlivými nánosy nebo chemickým reakcím (Karp, Shield, 2008).

Stražil (2013) rozděluje procesy zpracování fytomasy dle vlhkosti:

- suchou cestou: spalování či zplyňování rostlinné hmoty – méně než 50 % vlhkosti
- mokrou cestou: anaerobní fermentace pomocí speciálních bakterií, při níž se jako zplodina metabolismu uvolňuje metan – výroba elektrické energie a tepla, kogenerace – více než 50 % vlhkosti. Další rozdělení je v tabulce č. 12.

Tabulka 12: Způsoby využití biomasy k energetickým účelům

Konverze biomasy	Technologický postup	Energetický výstup	Druhotná surovina (odpad)
Termochemická konverze	pyrolýza	generátorový plyn	pyrolýzní olej, koks - uhlíkaté palivo
	zplyňování	generátorový plyn	dehtový olej, pevné hořlavé zbytky
	spalování	topné médium	popel
	plazmové spalování	syngas	popelovina
Biochemická konverze	anaerobní digesce	bioplyn	digestát
	aerobní fermentace	teplo vázané na nosič	kompost
	alkoholová fermentace	biolih	fermentovaný substrát (výpalky)
Fyzikálně-chemická konverze	lisování	rostlinný olej	pokrutiny
	esterifikace bioolejů	metylester, biooleje	glycerín

(Zdroj: Benda a kol., 2012)

3.2.1 Paliva

Dle EU je cílem využívat v dopravě v roce 2020 10 % energie z OZE, což vyplývá ze směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES, o podpoře OZE, a 2009/30/ES, o kvalitě paliv. U nás je směrnice zapracována do Nařízení vlády 351/2012 Sb., o kritériích udržitelnosti biopaliv. V současné době jsou v EU i ve světě nejvíce používána tradiční biopaliva (dříve biopaliva 1. generace). Náhradu benzínu tvoří bioetanol a náhradu motorové nafty metylestery mastných kyselin (FAME). Bioetanol je vyráběn v Evropě nejčastěji z obilnin nebo cukrové řepy, v Jižní Americe pak z cukrové třtiny, FAME z olejnatých plodin, v ČR hlavně z řepky olejky. Biopaliva vyrobená z nepotravinářských surovin (paliva 2. generace) nejsou zatím obchodně rozšířena (Musilová, Trapl, 2013).

Hromádko (2015) uvádí jako pokročilá biopaliva dle přílohy směrnice RED ta, která se vyrobila z použitých kuchyňských olejů a kafilerních tuků a dále z řas, směsného komunálního odpadu, bioodpadu z domácností, průmyslového odpadu nevhodného pro potravinářské použití, slámy, chlévské mrvy, kalu z čistíren odpadních vod, odpadní vody z lisovny palmového oleje a trsů prázdných palmových plodů, z dehtu z tálového oleje, surového glycerinu, bagasy, matoliny a vinných kalů, ořechových skořápek, plev, kukuřičných klasů zbavených zrn, kůry, větví, nekomerčních průklestů, listí, jehličí, nepotravinářské celulózy a lignocelulózy vláknoviny.

Podle zákona č. 201/2012 Sb, o ochraně ovzduší, musí osoby dodávající pohonné hmoty povinně přimíchávat minimální podíl biopaliv, a to 6 % V/V FAME do motorové nafty a 4,1 % V/V bioetanolu do benzínů. V ČR jsou rovněž k dispozici vysokoprocentní směsi a čistá biopaliva – etanolové biopalivo E85 a biopaliva na bázi FAME, tj. B30 a B100. Tyto produkty jsou podporovány státem formou úlevy na spotřební dani z minerálních olejů (Musilová, Trapl, 2013).

Jako hlavní plodiny je možné označit cukrovou řepu, obiloviny a řepku olejku – s různým výnosem a energetickou výtěžností z hektaru. Na základě toho byl stanoven optimální mix plodin pro zajištění surovin k výrobě biopaliv. Akční plán počítá s 380 tis. ha a energetickou hodnotou 26,2 PJ, jak je uvedeno v tabulce č. 13.

Tabulka 13: Základní scénář výroby surovin pro produkci biopaliv

Plodina	druh paliva	Alokovaná plocha	spotřeba plodiny na výrobu biopaliva	výťažnost biopaliva z ha	obsah energie		celková energ. hodnota
					<i>tis. ha</i>	<i>t/m³</i>	
Cukrovka	etanol	80	9,32	5,85	21	122,85	9,8
Kukuřice/ pšenice	etanol	30	2,12/2,57	3,43/2,04	21	72/42,8	1,7
Řepka	FAME	240	2,3	1,3	33	43	10,3
TTP	biometan	20	0,01	2700	0,0212	57,24	1,4
Kukuřičná siláž	biometan	10	0,006	8100	0,0212	172	1,7
BRO (tis.t.)	biometan	0	0	100	0,0212	0	0,1
Použité kuchyň. oleje a tuky (tis.t.)	FAME	0	0	32	37GJ/t	0	1,18
Celkem		380					26,2

(zdroj: Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012 – 2020, MZe, 2012)

V průběhu března a dubna 2015 se uskutečnilo několik jednání Evropského parlamentu a Rady s cílem najít kompromis mezi požadavky jednotlivých evropských orgánů ohledně pohonných hmot a obnovitelných zdrojů energie. Na konci dubna téhož roku došlo k dohodě s tím, že bylo ponecháno 7 % na omezení příspěvku biopaliv vyrobených z potravinářské biomasy do povinného 10 % cíle OZE v dopravě, indikativní podíl 0,5 % na minimální podíl pokročilých biopaliv, jejich vícenásobné započítávání (tj. 2 x). Úspora emisí u nových zařízení uvedených do provozu 1. 7. 2014 má činit 60 % (Hromádka, 2015).

3.2.2 Bioplyn

Bioplynem se rozumí dle zákona o obnovitelných zdrojích energie plynné palivo vyráběné z biomasy a používané pro výrobu elektřiny, tepla nebo pro výrobu biometanu.

Bioplyn je produkován anaerobními mikroorganismy a v technické praxi se tak označuje směs plynů s vysokým obsahem metanu a oxidu uhličitého vznikající anaerobní fermentací vlhkých organických materiálů za optimálního působení mnoha faktorů, ať již materiálových či procesních. První pokusy o výrobu bioplynu jsou z roku 1956. Až druhá ropná

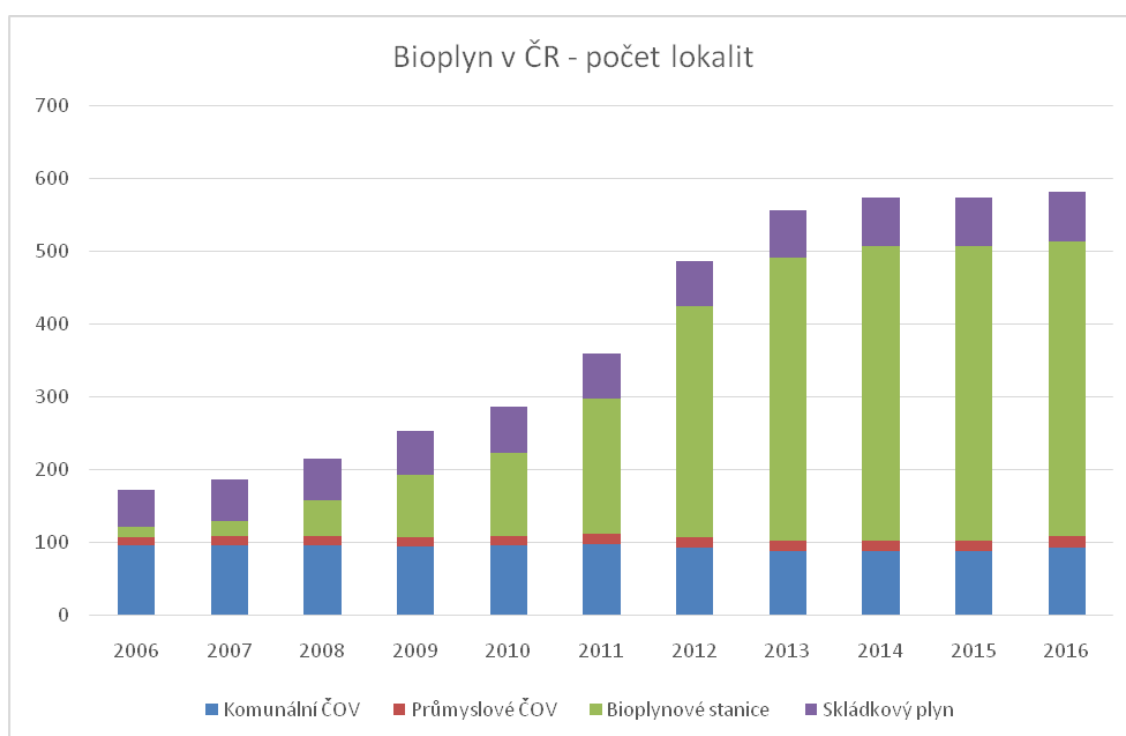
krize v r. 1982 vyvolala zájem centrálních orgánů a začalo se s využíváním výkalů hospodářských zvířat, avšak skutečný rozmach nastal až díky investičním dotacím, poskytovaným od r. 2009 (Beneš, 2012).

Výhřevnost bioplynu je dána hlavně obsahem metanu. Porovnání výhřevnosti bioplynu s dalšími palivy uvádí tabulka č. 14.

Největší podíl tvoří zemědělské BPS, proto jako suroviny slouží materiály ze zemědělské výroby a zbytkový produkt tvoří digestát, který se dá dále využít jako organické hnojivo. Přesto 92 % tržeb vytváří prodej elektřiny. Možné je i využití odpadního tepla.

Celkové množství elektřiny z BPS v roce 2013 tvořilo 1 089 GWh. Stanice jsou zařazeny do tří skupin podle výkonu: do 250 kW, do 550 kW a více než 550 kW. Ve všech hodnocených BGS byl pozitivní zisk, i když nečerpaly dotace. Ideální kombinací vstupního substrátu je možnost použití zvířecích produktů i rostlin (Homolka a kol, 2014).

Graf 5: Využívání bioplynu v ČR



(Zdroj: dle MPO, 2017, zpracovala autorka)

Na počátku roku 2018 vyhlásilo MPO dotační titul OZE3 s alokací 280 mil. Kč, z čehož je na BPS vyčleněno 140 mil. Kč.

Ke konci roku 2016 bylo evidováno v ČR 567 BPS s instalovaným výkonem 360 MW (GBA, 2018). Přehled jednotlivých BPS je uveden v grafu č. 5.

V zemědělství se nejvíce využívají tekuté výkaly hospodářských zvířat, hnůj, kukuřice či traviny (Beranovský a kol., 2004).

Tabulka 14: Výhřevnost ostatních paliv

Druh paliva	Výhřevnost [MJ/kg]	Výhřevnost [MJ/m ³]
Pevná paliva		
Koks	27,5	
Černé uhlí (20,9-31,4)	25,1	
Hnědé uhlí (10,5-17,2)	15,1	
Kapalná paliva		
Petrolej	43,97	
Nafta motorová	42,6	
Těžký topný olej (TTO)	40,3	
Lehký topný olej (LTO)	41,45	
Benzín (střední frakce)	42,7	
Etanol	26,8	
Plynná paliva		
Zemní plyn		34,05
Propan	43,5	
Butan	50	
Propan-butan		46,1
Svítiplýn		14,5
Bioplyn - 100 % CH ₄		35,8
Bioplyn - 80 % CH ₄		28,6
Bioplyn - 70 % CH ₄		25,1
Bioplyn - 67 % CH ₄		24
Bioplyn - 55 % CH ₄		19,6
Bioplyn skot průměr		21
Bioplyn prasata průměr		22,5

(Zdroj: Beranovský, Truxa, 2004)

Petříková a Weger (2015) uvádějí, že zajišťování biomasy pro BPS je závislé u nás na pěstování kukuřice, avšak použít se dají i jiné plodiny, například krmný sléz, čirok nebo technické konopí. Další efektivní plodinou je krmný šťovík, kdy výnos v hlavní seči je 21 t/ha, v druhé 8-9 t/ha a ve třetí 7 – 8 t/ha. Nedosahuje tak sice výnosů kukuřice, ale má nižší náklady na pěstování. Konzervuje se stejně jako kukuřice silážováním. Dále doporučují například mužák prorostlý či mladé porosty energetických trav. Chrastice se pro BPS sklízí dvakrát do roka s výnosem 11 – 12 t.

3.2.3 Spalování

Jako zdroj tepla slouží biomasa lidem už mnoho let, v posledních dvou letech se nahradil fosilními palivy, ale biomasa se vrací zpět.

Produkce v podmínkách ČR je pokrývána lesní biomasou, biomasou ze slámy z obilnin a olejnin či dalších stébelnin, odpadních obilnin a zbytkovou biomasou. Avšak hlavním materiálem je dřevní biomasa – palivové dřevo či štěpka, případně slisovaná a tvarovaná na brikety či pelety. Nejčastější použití je u rodinných domů.

Tabulka 15: Možnosti náhrady vybraných paliv slámou

Druh slámy	Výhřevnost MJ/kg	Náhrada hnědého uhlí (kg)	černého uhlí (kg)	LTO (kg)	zemního plynu (m ³)
Obilní	14	838,8	549	341,5	411,7
Řepková	14,6	874,8	572,5	356,1	429,4

Pozn.: Srovnáváno je množství slámy z jednoho hektaru (při předpokládaném výnosu 3,5 tuny

(Zdroj: Biom, 2006)

Sláma se sklízí po sklizni hlavního produktu při obsahu 15 – 20 % a je tvarována do balíků. Doporučuje se však je nejprve ponechat na řádcích a vymoknout. Další energetické plodiny, například ozdobnici či šťovík lze sklízet sklízecí řezačkou tzv. nastojato, avšak s rizikem vyššího obsahu vody. Výhřevnost v porovnání s fosilními palivy je uvedena v tabulce č. 15.

Jako biopalivo lze použít i odpadních obilovin, které nejsou vhodné pro potravinářské účely. Tyto mají výhřevnost 15,5 MJ/kg (Benda a kol., 2012). Spalování obilí se může zdát neetické, ale Verner (2005) polemizuje, že po celé generace byla doprava založena na koních či volch, kteří spotřebovávali obilí a nyní je jedno, zda má „spotřebič ocas, nebo volant, nebo hoří“.

Výhřevnost jednotlivých druhů dřevní biomasy, slámy a rostlinných zbytků je uvedena v tabulce č. 16.

Tabulka 16: Výhřevnost biomasy

Druh paliva	Obsah vody	Výhřevnost	Měrné hmotnosti		
			[kg/m ³]=[kg/plm]	[kg/prm]	[kg/prms]
	[%]	[MJ/kg]			
Dřevo obecně	20	14,23			
Buk	15		670	469	275
Dub	15		685	480	281
Borovice	15		517	362	212
Smrk	15		455	319	187
Listnaté dřevo	15	14,605	678	475	278
Jehličnaté dřevo	15	15,584	486	340	199
Polena (měkké dřevo)	20	14,28		400	
Dřevní štěpka	30	12,18			210
Sláma obilovin	10	15,49		120	(balíky)
Sláma kukuřice	10	14,4		100	(balíky)
Lněné stonky	10	16,9		140	(balíky)
Sláma řepky	10	16		100	(balíky)

(Zdroj: Beranovský, Truxa, 2004)

3.2.4 Kompost

Organická hmota kompostu, jež je transformována jako zdroj energie v půdě, není jako jediná využívána člověkem přímo, jak je tomu u předchozích způsobů. Tato akumulovaná sluneční energie dlouhodobě zabezpečuje živinami rostliny i půdní živočichy, čímž zvyšuje biologickou aktivitu půdy. Vnášení kompostu do půdy zlepšuje její hospodaření s vodou. Navracením této organické hmoty zpět se uzavírá přirozený koloběh (Plíva, 2013).

Jako nepřímý přínos, vzhledem k vyšší vodní jímavosti půdy, se zlepšuje její zpracovatelnost, jež se projevuje úsporou energie při obdělávání.

Dalším trendem, který se objevuje, je využívání energetického kompostu, který je například ve formě pelet spalován ve speciálních kotelnách při výhřevnosti 8 – 11 MJ/kg. Avšak toto rozhodně nepatří mezi recyklaci, nýbrž v návaznosti na zákon o odpadech pouze do zpracování odpadu (Plíva, 2013).

Nadále se však zdá, že největší možností pro využití kompostů představuje jejich návrat do zemědělské půdy, což může přinášet příležitosti pro vedlejší aktivity zemědělců. Značná část zbytkové biomasy podniku se tak aplikuje na pozemky, a tím významně zvyšuje jejich hodnotu (Benda a kol., 2012).

Počet kompostáren dle jednotlivých krajů a fáze zprovoznění či specifikace je uveden v tabulce č. 17.

Tabulka 17: Databáze kompostáren

Kraj	Provoz funguje	Provoz bude zahájen	Provoz přerušen	Informace neověřeny	Substráty a hnojiva	Ve stádiu projektu
Jihočeský	5	1	1	8	2	0
Jihomoravský	11	1	2	22	0	1
Karlovarský	8	0	0	1	0	0
Královéhradecký	8	0	1	6	1	1
Liberecký	6	0	0	2	0	1
Moravskoslezský	15	0	0	7	2	0
Olomoucký	6	1	1	8	0	3
Pardubický	8	0	0	12	0	0
Plzeňský	7	1	0	4	0	1
Praha	2	0	0	0	1	0
Středočeský	17	0	4	15	0	1
Ústecký	8	0	1	7	0	0
Vysočina	14	2	0	8	0	8
Zlínský	6	0	0	13	1	1
Celkem	117	6	10	113	7	16

(Zdroj: dle Zeraagency, 2018, vypracovala autorka)

3.3 Konkurence potravinám

V minulosti i dnes se lidé vždy snažili, aby byla čistá primární produkce obhospodařovaných ploch co nejvyšší a tím mohli vyprodukovanou biomasu využít pro svou potřebu. Jedna z posledních studií udává hodnotu HANPP globálně 23,8 % - z celého množství lidmi přisvojené primární produkce dosahuje sklizeň 53 %, dalších 40 % se připojuje ke změnám produktivity terestrických ekosystémů a 7 % k požárům způsobeným lidmi (Moldan, 2015). K tomuto údaji dodává Plutzar et al. (2016), že HANPP v Evropě dosáhla 43 %. Do těchto hodnot se zahrnují jak nároky na primární produkci, tak i nepřímé ovlivnění ekosystémových dějů, jimiž lidé mění využití krajiny a jejího pokryvu. Samotné pěstování energetických plodin soutěží o půdu potřebnou k produkci potravin, ochraně biologické rozmanitosti či k dalším ekosystémovým úlohám krajiny (Frouz, Moldan, 2015).

Jestliže si člověk přivlastňuje skoro polovinu každoroční produkce biomasy, tak mnoho z dalších milionů druhů musí vyhladovět (Nátr, 2002). Jak uvádí Plutzar et al. (2016), tak nejvýraznější dynamiku HANPP lze nalézt ve východní Evropě. K poklesu HANPP v této

oblasti mezi lety 1990 a 2000 došlo pravděpodobně v souvislosti se zhroutilím socialismu, což vedlo k zásadní restrukturalizaci zemědělského a lesnického sektoru. Po roce 2000, kdy se většina z těchto východoevropských zemí připojila k EU, ceny zemědělských komodit vzrostly a byla dokončena restituice zemědělské půdy a lesů bývalým vlastníkům. Výsledkem bylo, že část opuštěné zemědělské půdy se rekultivovala a výnosy vzrostly.

Se vzrůstající cenou biopaliv přichází značný tlak i na ostatní části zemědělského sektoru. Například využívání půdy k pěstování kukuřice na výrobu etanolu s sebou nese snižování ploch vyčleněných pro jiné plodiny. Nejvíce jsou pak ohroženi lidé v zemích s nedostatkem potravin. Naplnění nádrže vozu SUV o obsahu 25 galonů (tj. zhruba 94,6 l) čistým etanolem vyžaduje více než 450 liber (tj. zhruba 204 kg) kukuřice, která obsahuje dostatek kalorií, aby mohla nakrmit jednu osobu na jeden rok (Runge, Senauer, 2007).

3.4 Biodiverzita

Pěstování vytrvalých plodin pro energetické účely je odlišné od jednoletých. Zůstávají na stanovišti několik let (rychle rostoucí dřeviny či ozdobnice okolo 20 let) a sklizeň probíhá obvykle v zimě či na jaře. Tyto faktory zasahují do vzhledu krajiny a mají rovněž vliv pro hydrologii i biodiverzitu, proto je třeba zvážit přeměnu využívání orné půdy. Podle dosavadních výsledků se mohou objevit pozitivní přínosy, ale záleží na konkrétní plodině a rozsahu výsadby (Karp, Shield, 2008). Tarr et al. (2017) k tomuto dodávají, že ač některé energetické plodiny, jako ozdobnice, čirok či proso prutnaté poskytují potravu a úkryt některým živočišným druhům, tak jejich pěstování v monokulturách snižují pro biodiverzitu jejich kvalitu kvůli nedostatku heterogenity a struktury. Navíc jejich kultivace s načasováním sklizně nemusí korespondovat s životním a rozmnožovacím cyklem zvířat a tímto může snižovat jejich přežití či reprodukci.

Polní plodiny jsou člověkem neustále šlechtěny tak, aby pokud možno největší část z celkové produkce biomasy připadal na orgány pro vlastní hospodářský výnos. Takže pěstování rostlin je obor lidské činnosti zajišťující na základě využití sluneční energie rostlinami a jeho další zpřístupnění člověku ve formě potravin nebo nepřímo jako krmivo pro zvířata. Avšak takto odebranou biomasu a její energii je potřeba do agroekosystému zase dodat. Agroekosystém by bez regulace člověkem rychle ztratil svou výnosnost a postupně by přecházel v přírodní ekosystém (Nátr, 2011).

Míra, kterou přeměna půdy negativně ovlivňuje volně žijící zvířata, závisí částečně na počátečním využití půdy nebo porostu. Nejhuře pro biodiverzitu dopadá přeměna přírodních

ekosystémů – lesů či travních porostů – na polní monokultury, jelikož právě zde dochází k největší ztrátě biotopů volně žijících živočichů. Avšak mohou existovat i případy, kdy dojde ke zlepšení oblasti. Například pokud jsou existující monokultury na orné půdě nahrazeny strukturálně heterogenními travními porosty složenými z různorodých vytrvalých rostlin, jež podporují divoká zvířata. Naproti tomu monokultury RRD jsou spojeny s nižší biodiverzitou než přirozené lesní ekosystémy, ale mohou mít větší rozmanitost než jednoleté plodiny na orné půdě (Tarr et al., 2017).

3.5 Energetické využití kukuřice

Kukuřice se řadí mezi C4 rostliny, tedy rostliny využívající efektivně vodu a živiny pro tvorbu sušiny. Z našich kulturních plodin má nejvyšší výnosový potenciál a současně patří mezi nejrozšířenější plodiny na světě. Obsahuje vysoký obsah škrobu, dusíkatých látek, tuku a minerálních látek. Primárně je pěstována, myšleno jako energetická plodina, pro produkci bioetanolu ze zrna a produkci bioplynu. Kukuřičné zrno však poskytuje škroby, a proto musí být před fermentací zajištěna konverze škrobů na cukry. Další možností je použití slámy a palic v procesu zpracování celulózních materiálů.

K výše uvedenému využívání uvádí Zimolka (2008), že stejně jako při výrobě bioetanolu ze zrna kukuřice vzniká konkurence při produkci potravin či krmiv pro hospodářská zvířata (zejména prasata a drůbež), tak využívání této plodiny pro produkci bioplynu konkuruje objemným krmivům pro skot. Výnosy některých odrůd je uveden v tabulce č. 18.

Pro pěstování kukuřice je možné využít několik technologií. Tradiční technologie má vysokou pracovní a energetickou náročnost. Vzhledem k ochraně půdního prostředí je žádanou minimalizační technologie zpracování, avšak problémem může být nedostatečné prohřívání půdy v chladnějším jaru, které může oddálit termín výsevu a zpomalit počáteční růst. Přímé setí do nezpracované půdy je krajní variantou.

Na ohrožených půdách je vhodné použít technologii s výsevem kukuřice do vymrzající či přezimující meziplodiny. I zde je ovšem problém s pomalejším prohříváním, dále větším množstvím zbytků meziplodiny, které mohou mít vliv na kvalitu setí a regulaci plevelů. Další technologií je pásové zpracování půdy (strip tillage), kdy ke zpracování dochází jen v ohraničené zóně, jíž se odstraňují posklizňové zbytky a zároveň je tato část půdy zkyprěna a připravena na setí. Tento pás je obvykle 20 – 30 cm široký. Toto zpracování se využívá hlavně v USA a má o zhruba 54 % nižší náklady oproti tradičnímu zpracování (Houšť a kol., 2014).

Další půdoochranou technologií je setí kukuřice do mulče, kdy se uchovává co největší množství posklizňových zbytků na povrchu půdy a vytváří se tak nastýlka. Lze použít setí do mulče z meziplodin, setí do slámy z předplodiny a výsevek do ochranné podplodiny (Kobzová a kol., 2014).

Petříková a Weger (2015) uvádějí několik plodin, které je možné využít pro BPS náhradou za kukuřici. Šťovík lze úspěšně pěstovat na svažitéch pozemcích včetně vyšších poloh, kde se již kukuřici nedaří a vzhledem k brzkému zapojení porostu již není ohrožen porost přívalovými dešti. Ze skupiny C4 plodin se mohou pěstovat čiroky, které efektivně hospodaří s vláhou a na produkci 1 kg sušiny potřebují 200 l vody, tedy o 100 l méně než kukuřice. Avšak mají menší výnosy a pozdější nástup vegetace.

Smil (2013) uvádí analýzu čisté energetické návratnosti výroby bioetanolu z kukuřice. Čistou energetickou návratnost shledává jako dosti nelichotivou. Kromě energie vložené do pěstování a pohonu strojů je třeba v některých zemích započítat i zavlažování. Konstatuje dle studie Pimentelova týmu, že energie obsažená v bioetanolu je v porovnání s investovanou pouhých 0,77, což je ztráta. Vyšší návratnost zjistil jiný tým, a to 1,06. Nejvyšší kladnou návratnost udává analýza, která připočítává energetický zisk vedlejších produktů fermentace a získává tak 1,56 – 1,67. Pimentel et al. (2006) dodává, že v USA je nutné dodávat více energie z fosilních paliv na výrobu, než, kolik jich lze získat. V případě bioetanolu z kukuřice to je o 29 %. Navíc pěstování zvyšuje nebezpečí eroze, zvyšuje se potřeba insekticidů a herbicidů a dusíkatých hnojiv. Odklon od potravinové produkce tak vyvolává etické otázky.

Pokrytí spotřeby energie etanolem z biomasy kukuřice pro občana Spojených států amerických by vyžadovalo 11,7 hektarů půdy, což v souhrnu na počet obyvatel asi 15 krát přesahuje stávající rozsah orné půdy (Nátr, 2011). Toto potvrzuje i Smil (2013), protože dle jeho údajů by pozemky pro pěstování kukuřice na pokrytí potřeb bioetanolu pokryly 220 milionu hektarů obdělávané půdy, což je o 20 % větší plocha, než je nynější celkové množství obhospodařované půdy v USA.

V našich podmínkách se kukuřice zůstává nezastupitelnou v provozu BPS a jako kukuřičná siláž je využívána rovněž v okolních zemích, především Německu, Rakousku či Itálii. Z 1 ha kukuřice na siláž pro BPS se ve formě metanu vyprodukuje 6 x více energie, než se v podobě vstupů investuje (Prokeš, Kačicová, 2014).

Tabulka 18: Výnosy bioplynu

		LG 2280				Atletico			
parametr		výnos	obsah sušiny	výnos sušiny	produkce bioplynu	výnos	obsah sušiny	výnos sušiny	produkce bioplynu
jednotky		t/ha	%	t/ha	m ³ /ha	t/ha	%	t/ha	m ³ /ha
stanoviště	České Budějovice	29,8	30,5	9,1	3640	37,2	31,9	11,9	6010
	Lukavec	64,4	26,8	17,2	6880	76,3	25	15,9	8030
	Sokolov - výsypka	9,5	21,9	2,1	840	30,8	23,8	7	3540

(zdroj: GBA, 2018)

SWOT analýza

Silné stránky	Slabé stránky
- vysoký výnos	- širokořádková plodina
- obohacuje půdu o množství rostlinných zbytků	- nutné použití pesticidů
	- velké množství škůdců
Příležitosti	Hrozby
- sklizeň rostlinných zbytků	- zamoření spodních vod pesticidy
- pěstování GMO kukuřice	- sklizeň rostlinných zbytků
	- zvýšené riziko vodní eroze
	- pěstování GMO kukuřice

3.6 Energetické využití řepky

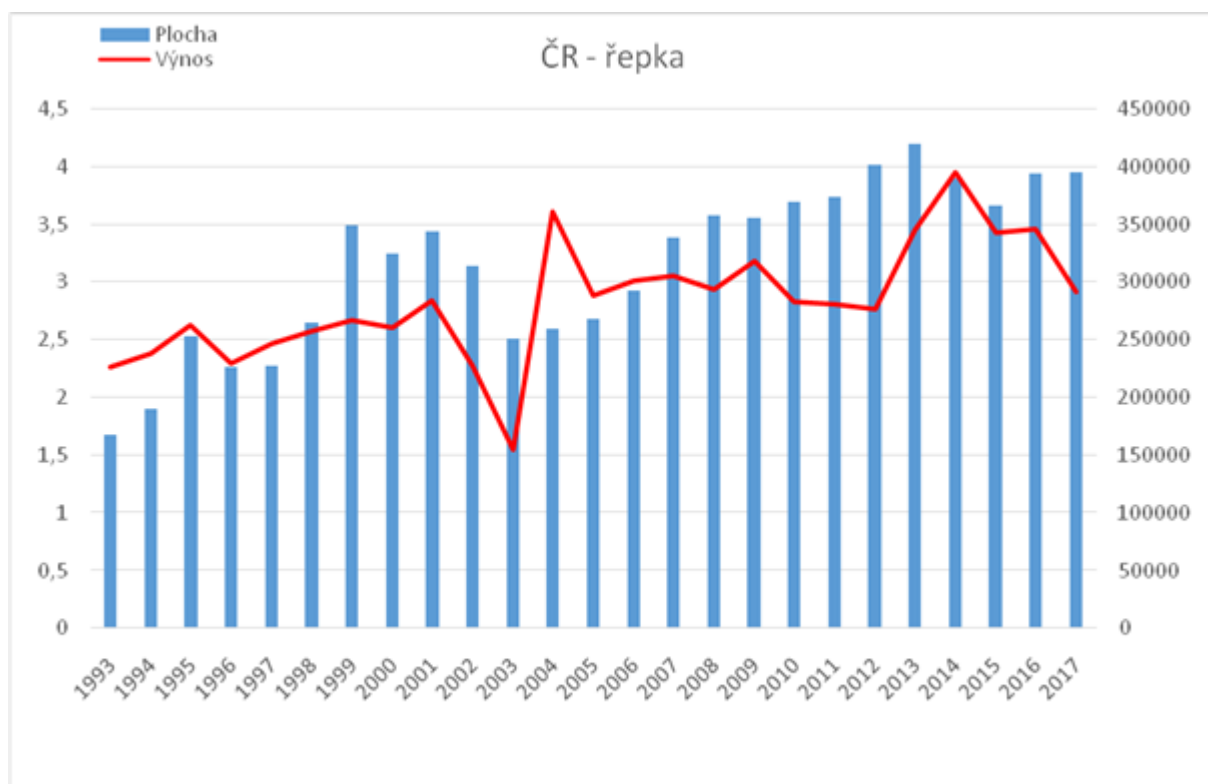
Řepka se pěstuje ve větším rozsahu od 19. století, ale její plochy se rozšiřují až v 70. letech století následujícího, kdy se začaly objevovat typ s nižším obsahem kyseliny erukové. Od roku 1984 k nám začala pronikat dvounulová odrůda s minimálním obsahem výše jmenované kyseliny a glukosinolátů a téměř deset let nato se na polích vyskytuje už pouze tato výživově příznivá odrůda.

Pro pěstování řepky jsou limitující faktory, a to dostatek vláhy v letním období a vhodný průběh v zimě. Výsledkem přezimování by měl být nepoškozené porosty. Stavbu rostlin a tvorbu generativních orgánů ovlivňuje dostatek a dostupnost živin, avšak na konci vegetační doby je sama řepka důležitým činitelem při zvyšování úrodnosti půdy. Ve spotřebě živin náleží k velmi náročným plodinám – je citlivá mj. na nedostatek boru či síry, a odebrané živiny je třeba doplňovat hnojením. Vysoké zastoupení řepky je sice vítané pro své předplodinové vlastnosti, ale sama zvýšená koncentrace vyvolává fytopatologické problémy. Řepka je poškozována kromě chorob i řadou houbových patogenů či škůdců. Předčasná či opožděná

sklizeň patří k rizikovým faktorům – nevyzrálé šesule respektive ztráty vpadáváním (Baranyk a kol., 2007).

V následující grafu č. 6 je zobrazen vývoj ploch a výnosů řepky. Výrazný výkyv ve výnosech v roce 2003 byl způsoben velmi špatným přezimováním v sezóně 2002/2003 (Baranyk a kol., 2007).

Graf 6: Vývoj ploch a výnosů řepky olejky v ČR



(Zdroj: dle FAO, 2018, ČSÚ, 2018, vypracovala autorka)

Největším pěstitelem řepky v rámci EU byla dle FAO v roce 2015 a 2016 Francie, následovaná Německem. ČR obsadila osmé místo s výnosem semene 3,46 t/ha. Z 50 milionů tun semen je možno získat 19 milionů tun tuku, z něhož 13 – 14 milionů tun oleje míří do potravinářství a zbylých 5 – 6 milionů tun se využívá jako biopaliva, případně jako tuky do krmných směsí. Toto nepotravinářské použití je téměř výhradně spojeno se státy Evropské unie. Ve světě je výrazným konkurentem palma olejná, která produkuje z 1 ha až 3,5 krát více tuků. Avšak kromě nemorálního dopadu na význam potravin má pěstování pro energetické využití i negativní dopad na ekologii, mimo jiné z důvodu přivlastnění nové půdy z tropických pralesů (Bečka a kol., 2007). Palivo vyrobené z palmového oleje je příznivější než konvenční nafta, ale pokud bylo založeno na změněných plochách. Při pěstování na orné půdě je 80 % zlepšení,

avšak při vykácení deštného pralesa se bilance mění na -800 až -2000 % (Howard, Bringezu, 2009)

Dle pokusů se surovinami pro výrobu bionafty, při kterých se použila 100 % bionafta k pohonu jednomístného čtyřtakového motoru s přímým vstřikováním v laboratoři. Všechny suroviny vykázaly vyšší emise NO_x než nafta. Nejnižší emise CO₂ a NO_x vykázal palmový olej (Kim et al., 2018).

Přínos při pěstování řepky pro energetické využití je při výrobě bionafty a dále využívání čistého řepkového oleje. Bionafta vzniká transesterifikací, tj. chemickou reakcí řepkového oleje s metylalkoholem, a získává se tak metylester řepkového oleje (MEŘO). Mírný pokles emisí škodlivých plynů však může jen překrýt zásadní problém změny pohonu automobilů či spotřeby paliva (Nátr, 2011).

Řepková sláma se využívá k přímému spalování. Její výhřevnost je vyšší než u slámy obilnin – 15 – 17,5 GJ/t versus 14 – 14,4 GJ/t (Beranovský, Truxa a kol., 2004). Avšak je třeba použití zvážit. Na jednu tunu semen přijme rostlina 60 – 70 kg dusíku, z tohoto množství při výnosu 2,5 t/ha je 80 kg dusíku odvezeno spolu se semeny a zbytek, tj. 95 kg/ha řepkové slámy se vrátí zpět do půdy. Řepková sláma obsahuje v době sklizně 2 % N. Pokud se sláma z pole odveze, dochází ke ztrátě živin, jež se musí nakonec doplnit jinou formou a dochází i k finanční ztrátě (Baranyk a kol., 2007).

SWOT analýza:

Silné stránky	Slabé stránky
- významná předplodina pro obiloviny	- zaplevelující plodina (klíčivost semen až 21 let)
- nereaguje na polohovou rentu (tj. ekonomicky stejně úspěšná v nížinách i vyšších polohách)	- 2-3x náročnější na živiny než obiloviny
- konkurenční schopnost vůči řadě plevelů	- velké množství škůdců (dříve 2 ošetření, dnes 3-4)
- na poli 11 měsíců - omezuje vodní erozi	- masové šíření houbových chorob
- obohacuje půdu o množství rostlinných zbytků	- nutné použití pesticidů
- zlepšuje půdní strukturu	- náročná na kvalitu půdy
Příležitosti	Hrozby
- omezení vodní eroze	- zamoření spodních vod pesticidy
- zlepšení půdní struktury	- sklizeň rostlinných zbytků
- sklizeň rostlinných zbytků	- téměř nemožné ekologicky pěstovat
	- při pěstování vzniká více skleníkových plynů - díky používání dusík. hnojiv (při spalování oxid dusný)

4 Diskuse

Již od první poloviny 70. let 20. století po prudkém růstu cen ropy se začaly objevovat první úvahy o využití slunečního záření transformovaného do rostlin, které mají předpoklady pro výrazné zvýšení jeho fixace (Nátr, 2002).

Moldan (2015) uvádí, že energetika závislá na fosilních palivech je v souvislosti s otázkou změny klimatu. Snahy o její omezení by přinesly zásadní snížení až vyloučení emisí skleníkových plynů pocházejících z velké části z energetiky. Jones (2011) k problematice využívání fosilních paliv napsal: „V danou chvíli se ještě stále proháníme po zemském povrchu a žijeme z ruky do úst jako členové společenství „mrchožroutů“ – žijeme z mrtvých. Z hlubin země dobýváme zkapalněné pozůstatky uhynulých organismů, v motorech bez skrupulí spalujeme ostatky svých dávných prapředků a vzápětí se znovu obracíme k matce Zemi a jako upíři z ní vysáváme další a další ropu.“ Jako nutnost se uznává potřeba postupného celkového přechodu na bezuhlíkovou a úplně obnovitelnou energetiku, avšak problematickou je stávající energetická infrastruktura. (Moldan, 2015).

Výroba energie z rostlinné biomasy v současné době přispívá v rozvinutých státech ke spotřebě energie jen několika procenty, avšak v zemích rozvíjejících se to je až 40 % a ve velmi chudých, převážně afrických státech až 99 % (Nátr, 2002).

Výhody energie z biomasy vidí Petříková a Weger (2015) v tom, že jde o místní nezávislý zdroj, jež je možné využít přímo v místě produkce, nezávisle na nutnosti výstavby nákladných přepravních staveb. Tuto možnost přijímají s povděkem hlavně pěstitelé energetických plodin s jejich dalším využitím pro vlastní potřebu, ať již jde o obecní teplárnu či vytápění výrobních či zemědělských provozů.

Obecně je možné biopaliva a bioenergie popsat jako formu využívající nefosilní přírodní hmotu od palivového dřeva, přes etanol až po skládkový metan. Do budoucna by mohlo dojít k rozšíření o energii produkovanou řasami či sinicemi fixujícími sluneční energii (Nátr, 2011). Nátr (2002) však současně dodává, že energetické plodiny nelze ani v budoucnosti považovat za hlavní zdroj energie. Může ovšem přispět k optimalizaci zdrojů paliv pro zemědělství.

Zdá se, že samozásobení podniku by mohlo být řešením. Karpenstein-Machan (2001) předkládá model tzv. energetické zásobovací farmy, kdy 10 – 18 % orné půdy s produkcí energetických plodin zajistí požadavky na energii potřebnou k chovu hospodářských zvířat. Moroni et al. (2016) také uvádějí přednosti malých podniků, kdy například fotovoltaické panely či mikro větrné turbíny na střechách využívají obnovitelné zdroje energie s menšími dopady na životní prostředí. Jako vedlejší výhody je možné vyzdvihnout snížené ztráty při přenosu a

distribuci přes tradiční centralizované systémy, snížení rizika a důsledků výpadků elektrické energie, získání větší svobody a soběstačnosti.

Náhrada fosilních paliv biopalivy může přinášet profit, jen pokud je přijatelná po stránce biofyzikální. Pokud pro produkci 1 GJ energie je potřeba 0,015 – 0,1 hektaru orné půdy, 200 – 400 t sladké vody a 0,6 – 5,5 hodin lidské práce, nemůže takto vyprodukovaná energie nijak významně nahradit energii získanou z fosilních paliv (Giampietro a kol, 1997)

Jak k tomuto dodává Smil (2013), že výroba bioetanolu z kukuřice už stihla zhoršit emise skleníkových plynů, místo jejich zmenšení, kdy se ve výpočtu energetické návratnosti objevuje velké množství externích zdrojů energie pocházejících z neobnovitelných. Lepší výchozí surovinou se tak jeví cukrová třtina, avšak její pěstování a sklizeň není šetrná k životnímu prostředí. Runge et Senauer (2007) vidí problém v tom, že odvětví biopaliv dlouho dominuje nikoliv tržními silami, ale politickým lobby několika velkých společností. Příležitosti pro velké zisky pro obchod či spekulanty tak narušil tradiční toky komodit.

Rozšiřování energeticky využitelné biomasy přináší výzkum nových vstupních produktů, v současné době hlavně odpadních. Smil (2013) uvádí jednu studii, která naštěstí zůstává na akademickém poli, a to výrobu bionafty z kávové sedliny, kdy při svědomitém výběru a zpracování této komodity by bylo možné získat 1,3 miliardy litrů bionafty. Avšak toto by bylo pouhých 0,2 % současné spotřeby nafty. Větším problémem však se globálně stává rozšiřování ploch pro produkci biopaliv.

Ovšem energetické využití biomasy má i svá pozitiva. Kromě toho, že jsou biopaliva alternativou fosilních paliv, tak se může využít půda, která nemá uplatnění, použije se i odpadní produkce ze zemědělské výroby. Dále se využijí pracovní síly i mimo hlavní sezonu, případně se vytvoří nová pracovní místa a může dojít ke zvýšené ekonomické stabilitě a, jak bylo řečeno dříve, i energetické nezávislosti podniku (Abrham, 2013).

V posledních letech se prokázalo, že energetické plodiny mají mnohem větší potenciál k dosažení úspor emisí skleníkových plynů než běžné konvenční plodiny, jako jsou kukuřice, palma či řepka olejná. Otázkou udržitelnosti je zajistit vstupní suroviny, jejichž využití by minimalizovalo dopady v místě. Rovněž je třeba se vyhnout záměně stávajícího využití půdy, jenž by vedlo ke kompenzačnímu rozvoji jinde - ILUC (Whitaker et al., 2018).

5 Závěr a doporučení

Protože stávající využívání fosilních paliv v rostoucí ekonomice světa je do dalších let neudržitelné, zdá se, že využívání obnovitelných zdrojů energie, i přes některá omezení, bude nadále nacházet uplatnění. ČR má již v současné době některých komodit menší zastoupení, proto se biomasa jako energetická surovina uplatňuje v energetickém mixu.

Kromě tradičních jednoletých plodin pěstovaných na orné půdě se začaly objevovat i rostliny víceleté, jejichž pěstování není tak ekonomicky náročné, avšak technologie pěstování ještě není dostatečně propracovaná. Tyto energetické plodiny za vhodného pěstování doplňují krajinu a jejich dopad na ekologii vyznívá mnohdy příznivě.

Rostoucí populace světa bude vyžadovat kromě zvyšující se spotřeby energie hlavně dostatečné zásobování potravinami. U nás je vysoké procento zornění, a proto je možné část půdy využívat pro záměrné pěstování energetických plodin. Ačkoliv v dávné historii se nejvíce využívala biomasa pro prosté spalování, současné technologie umožňují kromě přeměny na teplo i produkci elektrické energie či paliva pro expandující dopravu, která v současné době spotřebovává ropná paliva, a tím výrazně ovlivňuje množství skleníkových plynů v atmosféře.

Do popředí se tak nyní dostávají biopaliva tzv. 2. generace, jež se vyhýbají používání vstupních surovin určených primárně pro výživu lidstva a hospodářských zvířat. Protože i ČR, jako člen Evropské unie dodržuje povinné kvóty v podílu biopaliv v dopravě, zůstávají plochy jedné z tradičních plodin pro výrobu FAME, tedy řepky olejné, nadále na vysoké úrovni. Intenzivní pěstování však přináší i úskalí v mizivé úspoře skleníkových plynů.

V současné době nemůže biomasa splnit energetické nároky, proto bude nutné do budoucna provádět další výzkum a hledat další alternativní možnosti, ať již v dalších plodinách nebo ve šlechtění stávajících pro jejich přizpůsobení požadavkům prostředí.

6 Seznam zkratek

APB	Akční plán pro biomasu v ČR 2012-2020
ATP	alternativní palivo
BPEI	bonitovaná půdně-ekologická jednotka
BPS	bioplynová stanice
C	uhlík
C3	kategorie rostliny C3
C4	kategorie rostliny C4
CO ₂	oxid uhličitý
ČSN	Česká technická norma
ČR	Česká republika
DZES	Dobry zemědělský a environmentální stav
ES	Evropské společenství
EU	Evropská unie
FQD	Fuel Quality Directive (směrnice o kvalitě pohonných hmot)
FVE	fotovoltaická elektrárna
HANPP	Human Appropriation of Net Primary Production (Lidské přisvojení čisté primární produkce)
H ₂ O	voda
ILUC	Indirect Land Use Change (nepříznivé vlivy ve využívání půdy)
MEŘO	metylester řepkového oleje (bionafta)
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MZe	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
N	dušík
NAP OZE	Národní akční plán ČR pro energii z obnovitelných zdrojů 2010-2020
NER	Net Energy Ratio (poměr čisté energie)
NL	dušíkaté látky
OZE	obnovitelný zdroj energie
PEP	polní energetické plodiny
PRO	průmyslové odpady
PZE	primární zdroj energie
RED	Renewable Energy Directive (směrnice o obnovitelných zdrojích energie)

RRD	rychle rostoucí dřeviny
Sb.	Sbírka zákonů
SOC	Soil Organic Carbon (organický uhlík v půdě)
TKO	tuhý komunální odpad
TOE	Tonne Of Oil Equivalent (tuna ekvivalentu ropy)
TTP	trvalé travní porosty
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
VÚ	výzkumný ústav
VUKOZ	Výzkumný ústav pro krajinu a okrasné zahradnictví
VÚRV	Výzkumný ústav rostlinné výroby
VÚZT	Výzkumný ústav zemědělské techniky
ZCHÚ	zvláště chráněné území
ŽP	životní prostředí

Jednotky energie

GJ	gigajoule
MJ	megajoule
PJ	petajoule
TJ	terajoule
kJ	kilojoule
kW(h)	kilowatt (hodina), kWh (v technické praxi)
MW(e)	megawatt, MWe (v technické praxi)
Mtoe	milion tun ropného ekvivalentu

7 Seznam příloh

Příloha č. 1: Seznam energetických plodin

Příloha č. 2: Struktura produkce zemědělského odvětví v ČR v roce 2016

Příloha č. 3: Vývoj ploch zemědělských plodin

8 Seznam použité literatury

Vědecké a odborné publikace:

- Abbas, D., Current, D., Phillips, M. et al. 2011. Guidelines for harvesting forest biomass for energy: A synthesis of environmental considerations , *BIOMASS & BIOENERGY* Volume: 35 Issue: 11 Pages: 4538-4546 Published: NOV 2011.
- Abrham, Z. 2013. Energetické využití zemědělské biomasy. IN: *Technika a technologie pro využití biomasy jako obnovitelného zdroje energie: sborník odborného semináře pořádaného v Praze - Ruzyni dne 28. 11. 2013.* VÚZT. Praha. ISBN 978-80-86884-75-2.
- Baldev, E., Mubarakali, D., Saravanakumar, K., Arutsel van, Ch., Alharbi, N., Alharbi, A.S., Sivasubramanian, V., Thajuddin, N. 2018. Unveiling algal cultivation using raceway ponds for biodiesel production and its quality assessment. *Renewable Energy* [online]. 2018. 12.3, 48.6-498 [cit. 2018-03-12]. DOI: 10.1016/j.renene.2018.02.032. ISSN 09601481.
- Baranyk, P., Fábry A. a kol. 2007. *Řepka. Pěstování, využití, ekonomika.* Profi Press. Praha. 208 s. ISBN 978-80-86725-25-7.
- Bečka, D. a kol. 2007. *Řepka ozimá: pěstitelský rádce.* ČZÚ. Praha. 56 s. ISBN 978-80-87111-05-5.
- Benda, V., Doležalová, H., Dušička, P., Hanslian, D., Jevič, P., Matuška T., Myslil, V., Pastorek, Z., Stupovský, V., Šejvl, R., Šrefl, J., Šulek, P. 2012. *Obnovitelné zdroje energie.* Profi Press. Praha. 209 s. ISBN 978-8086726-48-9.
- Frouz, J., Moldan, B. (ed.). 2015. *Příležitosti a výzvy environmentálního výzkumu.* Karolinum. Praha. 312 s. ISBN 978-80-246-2667-3.
- Homolka, J., Slaboch, J., Švihlíková, A. 2014. Evaluation of Effectiveness of Investment Projects of Agricultural Bio-gas Stations. *Agris On-Line Papers in Economics* [online]. 2014, 6(4), 45-57 [cit. 2018-04-16]. ISSN 18041930.
- Houšť, M., Smutný, V. a kol. 2014. *Vliv agrotechnických zásahů na udržení půdní úrodnosti.* IN: *Kukuřice v praxi 2014: sborník z mezinárodní konference pořádané k 95. výročí založení univerzity v Brně / Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Agronomická fakulta a KWS Osiva.* 2014. ISBN 9788073759377.
- Howard, R. W., Bringezu, S. (ed.). 2009. *Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use.* ISBN 1441488294 [online]. 22. - 25. 8. 2008 [cit. 2018-01-18]. Dostupné z

<https://cip.cornell.edu/DPubS?service=UI&version=1.0&verb=Display&page=current&handle=scope>.

- Hromádko, J. 2015. Revize směrnice 98/70/ES o kvalitě paliv a směrnice 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů. In: Šedivá, Z., Jevič, P. Certifikovaná biopaliva - stav a požadavky na období 2015-2020. [Certified biofuels - present state and requirements for period 2015 - 2020]. Sborník přednášek a odborných prací, vydaný k mezinárodní konferenci konané 26. června 2015 jako odborná doprovodná akce Národní výstavy hospodářských zvířat a zemědělské techniky, Brno - výstaviště, Veletrhy Brno, a.s. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. 87 s. ISBN 978-80-86884-92-9.
- Isermann, K., Isermann, R. 1998. Food production and consumption in Germany: N flows and N emissions NUTRIENT CYCLING IN AGROECOSYSTEMS Volume: 52 Issue: 2-3 Pages: 289-301 Published: OCT 1998.
- Jones, V. 2011. Zelená ekonomika. Jedno řešení pro dva nejpálčivější problémy naší doby – Vyšehrad. Praha. 224 s. ISBN 978-80-7429-032-9.
- Kačicová, L., Prokeš, K. 2014. Strážci pokladu. IN: Kukuřice v praxi 2014: sborník z mezinárodní konference pořádané k 95. výročí založení univerzity v Brně / Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Agronomická fakulta a KWS Osiva. 2014. ISBN 9788073759377.
- Karp, A., Shield, I. 2008. Bioenergy from Plants and the Sustainable Yield Challenge. The New Phytologist [online]. 2008, 179(1), 15 [cit. 2018-03-30]. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2008.02432.x. ISSN 0028646X.
- Karpenstein-Machan, M. 2001. Sustainable cultivation concepts for domestic energy production from biomass. Critical Reviews in Plant Sciences [online]. 2001, 20(1), 1-1 [cit. 2018-04-12]. ISSN 07352689.
- Kim, D. S., Hanifzadeh, M., Kumar, A. Trend of biodiesel feedstock and its impact on biodiesel emission characteristics. Environmental Progress [online]. 2018, 37(1), 7-19 [cit. 2018-03-13]. DOI: 10.1002/ep.12800. ISSN 19447442.
- Kobzová, D., Novotný, I., Hladík, J., Vopravil, J. 2014. Uplatnění meziproduktů při pěstování kukuřice na mírně erozně ohrožených půdách v souladu s pravidly GAEC2: Kukuřice v praxi 2014: sborník z mezinárodní konference pořádané k 95. výročí založení univerzity v Brně / Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Agronomická fakulta a KWS Osiva. 2014. ISBN 9788073759377.
- Moldan, B. 2015. Podmaněná planeta. Karolinum. Praha. 512 s. ISBN 978-80-246-2999-5.

- Moroni, S., Antonucci, V., Bisello, A. 2016. Energy sprawl, land taking and distributed generation: towards a multi-layered density. *ENERGY POLICY* Volume: 98 Special Issue: SI Pages: 266-273 Published: NOV 2016.
- Musilová, T. 2013. Perspektivní způsoby využití biomasy z pohledu Ministerstva zemědělství. In: *Technika a technologie pro využití biomasy jako obnovitelného zdroje energie: sborník odborného semináře pořádaného v Praze – Ruzyni dne 28.11.2013*. VÚZT. Praha. 60 s. ISBN: 978-80-86884-75-2.
- Musilová, T., Trapl, K. 2013. Akční plán pro biomasu se zřetelem na potravinovou soběstačnost a zajištění stanoveného podílu biopaliv v roce 2020. In: Šedivá, Z., Jevič P. (Ed.). *Potravinová soběstačnost a udržitelná výroba směsných a biogenních pohonných hmot - Stav a rozvoj do roku 2020. [Food Self Sufficiency and Sustainable Production of Blended and Biogenic Fuels - Present State and Development up to 2020]: sborník přednášek a odborných prací k mezinárodnímu semináři, konanému 28. 6. 2013 jako odborná doprovodná akce Národní výstavy hospodářských zvířat a zemědělské techniky*. Praha: VÚZT, 2013. 140 s. ISBN 978-80-86884-74-5.
- Nátr, L. 2002. *Fotosyntetická produkce a výživa lidstva*. ISV. Praha. 424 s. ISBN: 80-85866-92-7.
- Nátr, L. 2011. *Příroda, nebo člověk? Služby ekosystémů*. Karolinum. Praha. 350 s. ISBN: 978-80-246-1888-3.
- Patzek, T., Pimentel, D. 2005. Thermodynamics of energy production from biomass, *CRITICAL REVIEWS IN PLANT SCIENCES* Volume: 24 Issue: 5-6 Pages: 327-364 Published: 2005.
- Petříková, V., Weger, J. 2015. *Pěstování rostlin pro energetické a technické využití – biomasa, bioplyn, krmiva*. Profi Press. Praha. 148 s. ISBN: 978-80-86726-69-4.
- Pimentel, D., Patzek T., Cecil G. 2006. Ethanol Production: Energy, Economic, and Environmental Losses. *Reviews of Environmental Contamination* [online]. 2006, 189, 25-41 [cit. 2018-04-10]. ISSN 01795953.
- Plíva, P. 2013. Kompost a jeho energetické využití. IN: *Technika a technologie pro využití biomasy jako obnovitelného zdroje energie: sborník odborného semináře pořádaného v Praze - Ruzyni dne 28. 11. 2013*. Praha: VÚZT, 2013. ISBN 978-80-86884-75-2.
- Plutzer, Ch., Kroisleitner, Ch., Haberl, H. et al. 2016. Changes in the spatial patterns of human appropriation of net primary production (HANPP) in Europe 1990-2006 *REGIONAL ENVIRONMENTAL CHANGE* Volume: 16 Issue: 5 Pages: 1225-1238 Published: JUN 2016.

- Prokeš, K., Kačicová, L. 2014. Kukuřice – perspektiva českého zemědělství. IN: Kukuřice v praxi 2014: sborník z mezinárodní konference pořádané k 95. výročí založení univerzity v Brně / Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Agronomická fakulta a KWS Osiva. 2014. ISBN 9788073759377.
- Runge, C. F., Senauer, B. 2007. How Biofuels Could Starve the Poor. *Foreign Affairs* [online]. 2007, 86(3), 41-53 [cit. 2018-04-11]. ISSN 00157120.
- Smil, V. 2013. Fakta a mýty o energetice. Jak vrátit debatu o energetice zpátky na zem. Moravskoslezský dřevařský klastr ve spolupráci s Moravskoslezským energetickým klastrem a Výzkumným energetickým centrem VŠB-TU. Ostrava. 190 s. ISBN 978-80-7464-365-1.
- Stražil, Z. 2013. Pěstování a využití energetických plodin. IN: Technika a technologie pro využití biomasy jako obnovitelného zdroje energie: sborník odborného semináře pořádaného v Praze - Ruzyni dne 28. 11. 2013. Praha: VÚZT, 2013. ISBN 978-80-86884-75-2.
- Šulc, J. 2015. Obnovitelné zdroje energie. Technická univerzita. Liberec. 152 s. ISBN 978-80-7494-235-8.
- Tarr, N., Rubino, J. M., Costanza, J. K., Mickerrow, A. J., Collazo, J. A., Abt, R. C. 2017. Projected gains and losses of wildlife habitat from bioenergy-induced landscape change. *GCB Bioenergy* [online]. 2017, 9(5), 909-923 [cit. 2018-04-09]. DOI: 10.1111/gcbb.12383. ISSN 17571693.
- Whitaker, J., Field, J. L., Bernacchi, C. J. et al. 2018. Consensus, uncertainties and challenges for perennial bioenergy crops and land use. *GCB Bioenergy* [online]. 2018, 10(3), 150-164 [cit. 2018-03-10]. DOI: 10.1111/gcbb.12488. ISSN 17571693.
- Zimolka, J. (ed.). 2008. Kukuřice, hlavní a alternativní užitkové směry. Profi Press. Praha. 200 s. ISBN 978-80-86726-31-1.

Elektronické zdroje:

- eAGRI. Program rozvoje venkova 2014 -2020 – 4. aktualizované znění. [online]. 2018. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z http://eagri.cz/public/web/file/577515/Program_rozvoje_venkova_na_obdobi_2014_2020.pdf
- eAGRI. Zásady správné zemědělské praxe při hospodaření s půdou. [online]. 2018. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z

- http://eagri.cz/public/web/file/507841/ZASADY_SPRAVNE_ZEMEDELSKE_PRAX_E_PRI_HOSPODARENI_S_PUDOU.pdf.+
- BIOM. Sláma nejen na ozdobu. [online]. 2006. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z <https://biom.cz/cz/legislativa/fyto-legislativa/slama-nejen-na-ozdobu>
- Celní správa. ČR. Mák setý a konopí. [online]. 2018. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z <https://www.celnisprava.cz/cz/clo/spolecne-zemedelske-politiky-a-zvlastnich-kompetenci/Documents/Data%20o%20pěstování%20konopí%20do%20listopadu%202017%20-%20konopí.pdf>
- ČEZ. Historie a současnost Elektrárny Temelín. [online]. 2018. [cit. 2018-01-23]. Dostupné z <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/jaderne-elektrarny-cez/ete/historie-a-soucasnost.html>
- ČSÚ. Struktura produkce zemědělského odvětví v ČR v roce 2016 [online]. 2017. [cit. 2018-01-23]. Dostupné z <https://www.czso.cz/documents/10180/45994835/27013217g02.pdf/6a83144c-5588-44e2-8d59-62aa53307813?version=1.0>
- ČSÚ. České zemědělství očima statistiky 1918-2017 [online]. 2018. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z <https://www.czso.cz/documents/10180/78834602/27021918.pdf/df8812aa-f530-4f43-83f7-7d56566ec3e3?version=1.0>
- Eurostat. Energy, transport and environment indicators. 2016 edition [online]. 2016. [cit. 2018-03-26]. Dostupné z <http://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-statistical-books/-/KS-DK-16-001>
- FAO. Faostat. Data. Crops [online]. 2017. [cit. 2018-03-25]. Dostupné z <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- GBA. Energetická soběstačnost a OZE. 2018 [cit. 2018-03-25]. Dostupné z <http://www.czba.cz/aktuality/energeticka-sobestacnost-a-oze.html>
- Mana, V. Pěstování biomasy v podmínkách ČR se zřetelem na ochranu krajiny [online]. 22.10.2007. [cit. 2017-09-04]. Dostupné z http://www.belbo.cz/wp-content/uploads/2009/12/Pestovani_energeticke_biomasy_v_CR.pdf
- MZe. Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012-2020 [online]. 14.9.2012. [cit. 2017-05-30]. Dostupné z <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>
- MPO. Obnovitelné zdroje energie v roce 2016 [online].

- 24.11.2017. [cit. 2018-03-26]. Dostupné z <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/obnovitelne-zdroje-energie-v-roce-2016--233480/>
- Novotný, I. Příručka ochrany proti eroze zemědělské půdy [online]. Březen 2017. [cit. 2017-01-21]. Dostupné z http://eagri.cz/public/web/file/293635/MZE_prirucka_ochrany_proti_erozi_zemedelske_pudy_2017.pdf
- Procházka, J. a kol. Produkce bioplynu z kukuřice krajiny [online]. 23.01.2018. [cit. 2018-01-23]. Dostupné z <http://www.czba.cz/produkce-bioplynu-z-kukurice.html>
- Verner, V. Topit obilím, nebo ne ? Biom.cz [online]. 2005-09-26 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z WWW: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/topit-obilim-nebo-ne>>. ISSN: 1801-2655.
- Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví. Pracovní seznam e-plodin [online]. 2018. [cit. 2018-04-03]. Dostupné z <http://www.vukoz.cz/index.php/energeticke-plodiny/pracovni-seznam-e-plodin>
- Zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu [online]. 30.06.1992. [cit. 2018-01-20]. Dostupné z http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_zakon-1992-334_ochranaZPF.html
- Zera. Databáze kompostáren. [online]. 2018. [cit. 2018-04-13]. Dostupné z <http://www.zeraagency.eu/kompostarny/public/>

Příloha č. 1

Pracovní seznam energetických rostlin (plodin) připadajících v úvahu pro záměrnou produkci biomasy v České republice a v EU

* **hlavní nebezpečné invazivní druhy** – podle: Mlíkovský, J., Stýblo, P. (2006): Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. Praha.

* **invazivní druhy** – podle: Pyšek P., Sádlo J. & Mandák B. (2002): Catalogue of alien plants of the Czech Republic. Preslia, Praha.

+ **nepůvodní druhy** – podle: Mlíkovský, J., Stýblo, P. (2006): Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky, Praha.

Rod	druh, kříženec, sorta	Latinské jméno taxonu (příp. rodičů)	Autor informace - výzkumu	Stupeň ověření - využívání	Předpokládaný hlavní příp. vedlejší produkt
Dřeviny (keřovité i stromovité)					
Topol	černý	<i>Populus nigra</i> L.	VÚKOZ	pokročilý výzkum pro specifické oblasti (CHKO, NP)	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Topol	osika	<i>P. tremula</i> L.	VÚLHM	počáteční výzkum	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Topol	bavlníkový	<i>P. trichocarpa</i> Torr. et Gray	VÚKOZ, VÚLHM	počáteční výzkum	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Topol +	kříženci	<i>P. balsamifera</i> L. II. <i>x tremula</i> L. (<i>balsamifera</i>)	VÚKOZ	doporučené klony MŽP (1)	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Topol	kříženci	<i>P. maximowiczii</i> Henry <i>x P.x berolinensis</i>	VÚKOZ	doporučené klony MŽP (2)	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Topol	kříženci	<i>P. nigra</i> L. <i>x maximowiczii</i> Henry	VÚKOZ, VÚLHM, HD Unhošť	doporučené klony MŽP (3)	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Topol	kříženci	<i>P. nigra</i> L. <i>x simonii</i> Carr. 'CZ-2354/58'	VÚKOZ	doporučené klony MŽP (2)	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití

Topol	kříženci	<i>P. trichocarpa</i> Torr. et Gray x <i>P. koreana</i> Rehd.	VÚKOZ	doporučené klony MŽP (2)	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Topol *	kříženci	<i>P. x euroamericana</i> = <i>P. x canadensis</i> Mönch	VÚKOZ, VÚLHM	doporučené klony MŽP (1)	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Topol	kříženci	<i>P. x různí</i>	Belgie,	uznané odrůdy v EU (3)	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Vrba	bílá	<i>Salix alba</i> L.	VÚKOZ, VÚLHM	doporučené klony MŽP (5)	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Vrba	lýkocová	<i>S. daphnoides</i> Vill.	VÚKOZ,	doporučené klony MŽP (2)	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Vrba	košíkářská	<i>S. viminalis</i> L.	VÚKOZ, VÚLHM	doporučené klony MŽP (6)	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Vrba	křehká	<i>S. fragilis</i> L.	VÚKOZ, VÚLHM	počáteční výzkum	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Vrba	kříženci	<i>S. x rubens</i> Schr. (<i>S. alba</i> x <i>fragilis</i>)	VÚKOZ, VÚLHM	doporučené klony MŽP (2)	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Vrba	kříženci	<i>S. x smithiana</i> Willd. (<i>S. caprea</i> x <i>viminalis</i>)	VÚKOZ, VÚLHM	doporučené klony MŽP (2)	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Vrba	kříženci	<i>S. alba</i> L. x wind	VÚKOZ, VÚLHM	doporučené klony MŽP (1)	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Vrba	kříženci	<i>S. caprea</i> x wind	VÚKOZ, VÚLHM	doporučené klony MŽP (3)	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Vrba	kříženci	<i>S. viminalis</i> x <i>viminalis</i> (schwerinii)	Agrobransle - Švédsko	uznané odrůdy v EU (6)	štěpka na energetické (spalování) a

					průmyslové využití
Růže +	různé tzv. podnožové růže	<i>Rosa</i> sp. (i kříženci)	VÚKOZ	prozatím ukončený výzkum - nízký výnos	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Olše	lepkavá	<i>Alnus glutinosa</i>	VÚKOZ	počáteční výzkum	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Pajasan *	žláznatý	<i>Ailantus altissima</i>	VÚRV VS Chomutov, Itálie	počáteční výzkum	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Pavlovnia	protáhlá	<i>Paulownia elongata</i>	World Paulownia Institute LLC; Vicedex	v zahraničí již komerční pěstování; v ČR první testování (2010)	štěpka na pelety na energetické (spalování), dřevona průmyslové využití, rekultivace
Líska +	kříženci převážně starší kulturní odrůdy	<i>Corylus</i> sp.	VÚKOZ, Sempra a.s.	prozatím ukončený výzkum - neúspěšné vegetativní množení	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Jilm	horský	<i>Ulmus montana</i> Stok.	VÚLHM	prozatím ukončený výzkum - neúspěšné vegetativní množení	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Trnovník *	akát	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Řecko, Maďarsko, Slovensko	v zahraničí probíhající výzkum	štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Blahovičník	více druhů	<i>Eucalyptus</i> sp.	Portugalsko, Řecko, Nový Zéland	v zahraničí probíhající výzkum	vláknina, štěpka na energetické (spalování) a průmyslové využití
Jednoleté byliny					
Lebeda +	rozkladitá	<i>Atriplex patula</i> L.	VÚRV VS Chomutov	prozatím ukončený výzkum - v spontánních úhorech na výsypkách	blíže neurčeno, ale předpokládá se spíše pro výroby bioplynu

Merlík	bílý	<i>Chenopodium album</i> L.	VÚRV VS Chomutov	prozatím ukončený výzkum - v spontánních úhorech na výsypkách	blíže neurčeno, ale předpokládá se spíše pro výroby bioplynu
Dvouleté byliny					
Topolovka +	růžová	<i>Alcea rosea</i> L.	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn)
Divizna	velkokvětá	<i>Verbascum densiflorum</i> Bertol.	VÚRV VS Chomutov	prozatím ukončený výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spíše bioplyn), farmaceutické využití
Sléz	meljuka	<i>Malva meluca</i> Graebn.	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn)
Sléz +	kadeřavý	<i>Malva crispa</i> L.	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn)
Sléz	?	<i>Malva verticilata</i>	MZe	Doporučen Mze	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn)
Víceleté a vytrvalé byliny (dvouděložné)					
Mužák +	prorostlý	<i>Silphium perfoliatum</i> L.	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn)
Křídlatka *	japonská	<i>Reynoutria japonica</i> Houtt.	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn), farmaceutické využití
Křídlatka *	sachalinská	<i>Reynoutria sachalinensis</i> (F.Schmidt Petropolit) Nakai	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn),

					farmaceutické využití
Křídlatka *	česká	<i>Reynoutria x Bohemica</i> Chrtek a Chrtková, (<i>R. sachalinensis x japonica</i>)	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn), farmaceutické využití
Vratič *	obecný	<i>Tanacetum vulgare</i> L.	VÚRV VS Chomutov	prozatím ukončený výzkum - sledování ve spontánních úhorech	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn)
Bělotrn	modrý	<i>Echinops ritro</i> L.	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn)
Karda	?	<i>Cynara cardunculus</i>	EU Řecko, Španělsko	probíhající výzkum v zahraničí pokročilý	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování)
Zlatobýl *	kanadský	<i>Solidago canadensis</i> L.	VÚRV VS Chomutov	prozatím ukončený výzkum - v spontánních úhorech na výsypkách	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn)
Vrbka	úzkolistá	<i>Chameiron angustifolium</i> (L.) Holub	VÚRV VS Chomutov	prozatím ukončený výzkum - v spontánních úhorech na výsypkách	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn)
Tužebník	jilmový	<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim	VÚRV VS Chomutov	prozatím ukončený výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn)
Konopí +	seté	<i>Cannabis sativa</i>	doporučené Mze pro energetické využití	proběhlo ověření a pěstuje se pro textilní využití	zbytky pro zpracování textilních polotovarů (např. pazdeří)

Pelyněk	čebobýl	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	VÚRV VS Chomutov, Planta naturalis	prozatím ukončený výzkum - v spontánních úhorech na výsypkách	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn)
Kopřiva	dvoudomá	<i>Urtica dioica</i> L.	VÚRV VS Chomutov, EU	prozatím ukončený výzkum - v spontánních úhorech na výsypkách	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn), farmaceutické využití
Oman +	pravý	<i>Inula helenium</i>	doporučené Mze pro energetické využití	probíhající výzkum	řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn) a kořen na farmaceutické využití
Sida +	vytrvalá	<i>Sida hermaphrodita</i> Rusby	VÚRV Praha	probíhající výzkum zejména v zahraničí (PL)	řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn) a kořen na farmaceutické využití
Šťovík +	krmný 'Uteuša'	<i>Rumex tianshanicus</i> x <i>R. patientia</i>	VÚRV VS Chomutov	doporučená energetická plodina MZE	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování) a krmivářské účely
Víceleté a vytrvalé trávy (jednoděložné)					
Ozdobnice +	čínská	<i>Miscantus sinensis</i> Anderss.	VÚKOZ, VÚRV VS Chomutov, EU	probíhající výzkum v zahraničí pokročilý	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování) a průmyslové využití
Ozdobnice	cukrolistá	<i>Miscantus sachariflorus</i>	VÚKOZ	probíhající výzkum v zahraničí pokročilý	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování) a průmyslové využití
Ozdobnice	'Gigantheus'	<i>Miscantus x gigantheus</i>	VÚKOZ, EU	probíhající výzkum v zahraničí pokročilý	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování) a průmyslové využití

Rákos	obecný	<i>Phragmites australis</i> (Canv.) Trin ex.Steudel	VÚRV VS Chomutov, EU	prozatím ukončený výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování) a průmyslové využití
Orobinec	úzkolistý	<i>Typha angustifolia</i> L.	VÚRV VS Chomutov, EU	prozatím ukončený výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování) a průmyslové využití
Trest'	?	<i>Arundo donax</i> L.	EU, Řecko, Španělsko, Německo	probíhající výzkum v zahraničí pokročilý	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování) a průmyslové využití
Lesknice + (chrastice)	rákosovitá	<i>Phalaris arundinacea</i> (L.) Rauschert (syn. <i>Baldingera</i> , <i>Phalaroides</i> ?)	VÚRV VS Chomutov, EU (Švédsko),	probíhající výzkum v zahraničí pokročilý	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování) a průmyslové využití
Spartina??	?	<i>Spartina spp.</i>	EU (UK), Severní Amerika	probíhající výzkum v zahraničí pokročilý	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování)
Třtina	křovištní	<i>Calamagrostis epigeios</i> L.	VÚRV VS Chomutov	prozatím ukončený výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování)
Třtina	rákosovitá	<i>Calamagrostis arundinacea</i> L.	VÚRV VS Chomutov	prozatím ukončený výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování)
Kostrava	rákosovitá	<i>Festuca arundinacea</i> L.	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn) a krmné využití
Psárka	luční	<i>Alopecurus pratensis</i> L.	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn) a krmné využití

Srha	laločnatá	<i>Dactylis glomerata</i> L.	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn) a krmné využití
Psineček +	veliký	<i>Agrostis gigantea</i>	VST Zubří	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn) a krmné využití
Ovsík *	vyvýšený	<i>Arrhenatherum elatius</i>	VST Zubří	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn) a krmné využití
Bojínek	luční	<i>Phleum pratense</i> L.	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn) a krmné využití
Obiloviny					
Pšenice +	setá	<i>Triticum aestivum</i> L.	ČZÚ Praha, VÚRV VS Chomutov	proběhlo ověření	reziduální sláma nebo celá rostlina na energetické využití (spalování, bioplyn)
Žito +	seté	<i>Secala cereale</i> L.	ČZÚ Praha, VÚRV VS Chomutov	proběhlo ověření	reziduální sláma nebo celá rostlina na energetické využití (spalování, bioplyn)
Žitovec	tritikále	<i>Triticale</i> Wittm.	ČZÚ Praha, VÚRV VS Chomutov, JČÚ České Budějovice	proběhlo ověření (90. léta), od 2006 pokračuje	celá rostlina na energetické využití (sláma a pelety)
Kukuřice +	setá	<i>Zea Mays</i> L.	VÚRV VS Chomutov, JČÚ České Budějovice	prozatím ukončený výzkum	reziduální sláma, zrno nebo celá rostlina na energetické využití (spalování, bioplyn)

Čirok	cukrový	<i>Sorghum sacharatum</i> L.	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn) a krmné využití
Čirok	'Hyso'	<i>Sorghum 'Hyso'</i>	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn) a krmné využití
Čirok +	súdánská tráva	<i>Sorghum sudanense</i> (Piper) Stapf in Prain L.	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn) a krmné využití
Čirok +	dvoubarevný?	<i>Sorghum bicolor</i>	EU	probíhající výzkum pro fytoenergetiku	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn)
Proso	prutnaté	<i>Panicum virgatum</i> (L.)		pokročilé testování v USA, počátky v Evropě	sláma nebo řezanka na přímé spalování uvažuje se o destilaci ethanolu.
Laskavec	ocasatý	<i>Amaranthus cholrostachys</i> L.	VÚRV VS Chomutov	doporučen MZE pro energetické účely; od 2006 proběhá ověřování nových odrůd	původně se uvažovala reziduální sláma na spalování dnes se spíše doporučuje na bioplyn
Pícniny - víceleté a vytrvalé (bobovité, dvouděložné)					
Komonice *	lékařská	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pallas.	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (hlavně pro výrobu bioplynu)
Komonice *	bílá	<i>Melilotus albus</i>	doporučené Mze pro energetické využití	nevím že by proběhlo - možná v EU	nevím že by proběhlo - možná v EU
Vojtěška +	setá	<i>Medicago sativa</i> L.	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn)

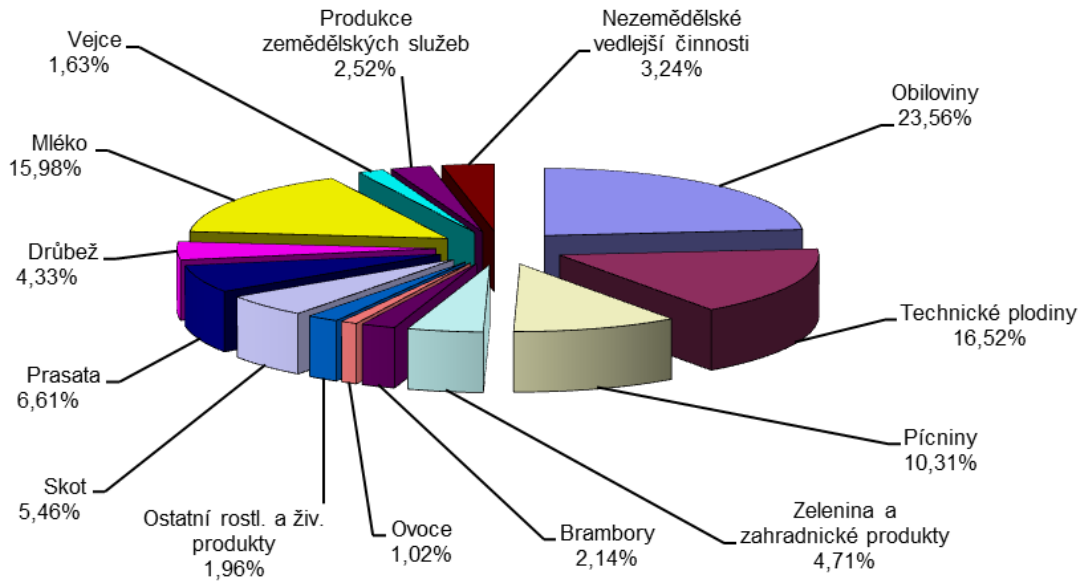
Jestřábina	východní	<i>Galega orientalis</i> L.	doporučené Mze pro energetické využití, VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spíše pro bioplyn)
Vičenec +	setý	<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn)
Vlčí bob *	mnoholistý	<i>Lupinus polyphylus</i> Lindl.	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn)
Jehlice	rolní	<i>Ononis arvensis</i> L.	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn)
Sveřep	bezbranný	<i>Bromus inermis</i>	doporučené Mze pro energetické využití		štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn) a krmné využití
Sveřep +	samužníkovitý	<i>Bromus catharticus</i>	doporučené Mze pro energetické využití		štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn) a krmné využití
Janovec	metlatý	<i>Sarothamnus scoparioides</i> (L.) Wimm ex koch	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn)
Olejniny (jednoleté)					
Řepka +	olejka	<i>Brassica napus ssp. oleifera</i>	VÚRV VS Chomutov	již využívána	štěpka, řezanka ze stonků na energetické využití (spalování spíše na bioplyn) a zejm. plody na olej k výrobě kapalných biopaliv

Ředkev +	olejná	<i>Raphanus sativus</i> L.	VÚRV VS Chomutov	již využívána	štěpka, řezanka ze stonků na energetické využití (spalování spíše na bioplyn) a zejm. plody na olej k výrobě kapalných biopaliv
Řepice +	ozimá	<i>Brassica rapa</i> L.	VÚRV VS Chomutov	již využívána	štěpka, řezanka ze stonků na energetické využití (spalování spíše na bioplyn) a zejm. plody na olej k výrobě kapalných biopaliv
Řepice??	?	<i>Brassica carinata</i>	EU - Spain	probíhající výzkum pro Jižní a Severní Evropu	štěpka, řezanka ze stonků na energetické využití (spalování spíše na bioplyn) a zejm. plody na olej k výrobě kapalných biopaliv
Hořčice	bílá	<i>Sinapis alba</i> L.	VÚRV VS Chomutov	proběhlo ověření	reziduální štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn)
Katrán +	habešský	<i>Crambe abyssinica</i> Hochst.	VÚRV VS Chomutov	proběhlo ověření	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn)
Lnička +	setá	<i>Camelina sativa</i> L.	VÚRV VS Chomutov, zahraničí (např. DK, SRN)	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn) a zejm. plody na olej k výrobě kapalných biopaliv
Světlice +	barvířská	<i>Carthamnus tinctorius</i> L.	VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spalování, bioplyn) a průmyslové využití

Slunečnice +	rolní	<i>Helianthus annuus</i> L.	VÚRV VS Chomutov, EU	již využívána např. v Rakousku	štěpka, řezanka ze stonků a slupky plodů na energetické využití (spalování, bioplyn)
Topinambur *	hlíznatý	<i>Helianthus tuberosus</i>	VÚRV VS Chomutov, EU	probíhající výzkum pro fytoenergetiku	štěpka nebo řezanka ze stonků na energetické využití (spalování, bioplyn) a hlízy na krmné a průmyslové využití (láh)
Pryšec?? +	?	<i>Euphorbia lathyris</i> , <i>E.lagascae</i>	EU, Španělsko, Německo	probíhající výzkum Německo a EU	semena na olej pro energetické využití
Pupalka *	dvouletá	<i>Oenothera biennis</i>	doporučené Mze pro energetické využití	nevím že by proběhlo u nás - v EU ano s více druhy	štěpka, řezanka ze stonků na energetické využití (spalování spíše na bioplyn) a zejm. plody na olej k výrobě kapalných biopaliv a léčiv
Zatím nezařazení					
Toposlunečnice	?		VÚRV VS Chomutov	probíhající výzkum	
Čičorka	pestrá	<i>Coronilla varia</i>	doporučené Mze pro energetické využití	nevím že by proběhlo - možná v EU	štěpka nebo řezanka na energetické využití (spíše pro bioplyn)

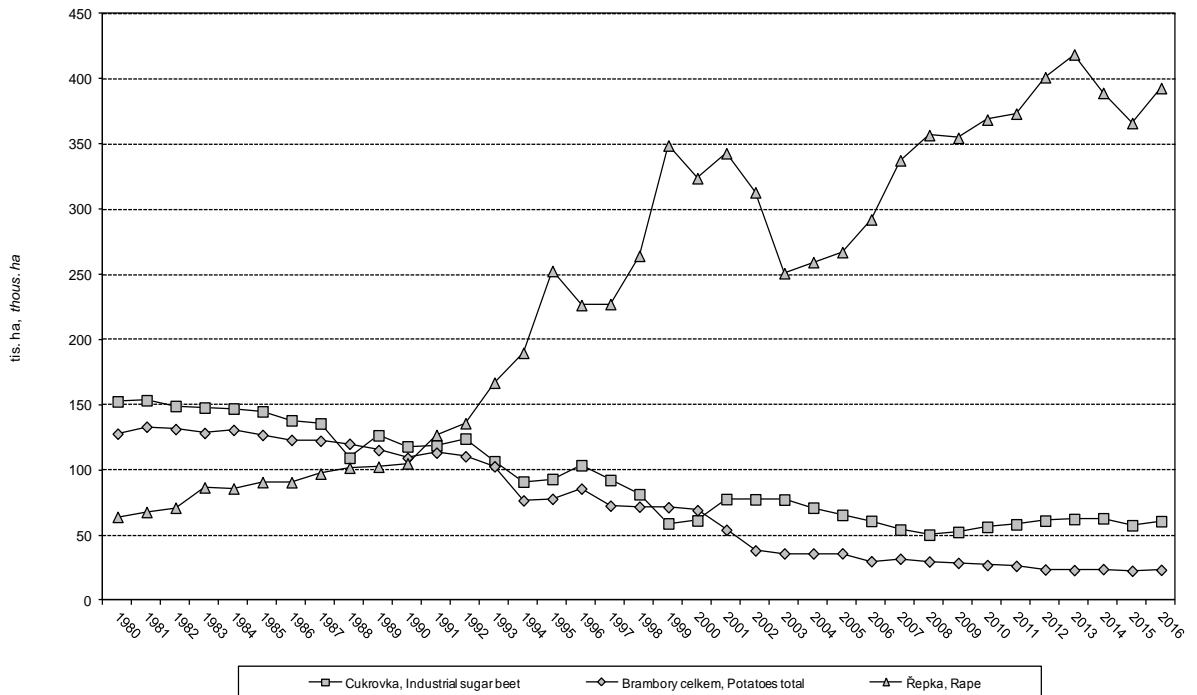
(Zdroj: VUKOZ, upraveno)

Graf 2 **Struktura produkce zemědělského odvětví v ČR v roce 2016**



(Zdroj: ČSÚ, 2017)

VÝVOJ PLOCH ZEMĚDĚLSKÝCH PLODIN
TRENDS IN SOWING AREAS



(zdroj ČSÚ, 2017)