

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



Obnovitelné zdroje energie a jejich využití v ČR

Diplomová práce

Autor práce: Eva Procházková

Vedoucí práce: doc. Ing. František Hnilička, PhD.

© 2015 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Obnovitelné zdroje energie a jejich využití v ČR" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 6.dubna 2015

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Františku Hniličkovi, PhD., za odborné vedení, vstřícnost, ochotu, trpělivost a čas, který mi v průběhu zpracování diplomové práce věnoval.

Obnovitelné zdroje energie a jejich využití v ČR

Souhrn

Diplomová práce se zabývá možnostmi využití obnovitelných zdrojů energie v ČR, včetně legislativních opatření v rámci EU a jejich implementace do právního řádu ČR.

S růstem lidské populace na naší planetě a s rychlým rozvojem technologických procesů dochází k neustálému nárůstu spotřeby energie. Tato spotřeba energie je stále převážně pokrývána z fosilních zdrojů, tedy především spalováním organického uhlíku za vzniku oxidu uhličitého. S ohledem na fakt, že množství fosilních paliv na Zemi je reálně vzato konečné, jsou tyto zdroje označovány jako „neobnovitelné“. Lidstvo má morální povinnost vůči dalším generacím, alespoň část tohoto bohatství ponechat pro budoucnost. Navíc dle teorie o globálních klimatických změnách je masivní uvolňování CO₂ právě ze spalování historicky uloženého uhlíku v „neobnovitelných“ zdrojích, a s tím spojené zvyšování procenta CO₂ v atmosféře označováno jako hlavní příčina těchto změn.

Za tohoto stavu roste význam energetických zdrojů označovaných jako „obnovitelné“, využívajících fyzikálních vlastností látek, které jim v neustálém koloběhu dodávají přírodní procesy (dopad světla, kinetická energie větru, potenciální energie vody apod.) a spalování tohoto „organického“ uhlíku a jeho sloučenin, který nebyl předmětem historického uložení, tedy biomasy. Jsou tedy využívány procesy, které z pohledu lidského života můžeme označit za neustále probíhající a „věčné“.

K získání dat pro praktickou část práce o využití obnovitelných zdrojů energie v podmínkách ČR byl uskutečněn sociologický průzkum statistickou metodou se sběrem dat pomocí dotazníku obsahující otázky k danému tématu. Šetření bylo prováděno formou elektronické komunikace přímo s respondenty. Získaná data byla následně přenesena do kontingenčních tabulek a grafů s komentáři. Byl proveden rozbor získaných dat a zpracovány výsledky pro porovnání využití obnovitelných zdrojů energie a fosilních paliv.

V diplomové práci bylo potvrzeno, že existují legislativní opatření, která se zabývají problematikou obnovitelných zdrojů energie v ČR a EU. Jedná se zejména o zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, vyhlášku č. 347/2012 Sb., kterou se stanoví technicko-ekonomické parametry obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny a doba životnosti výroben elektřiny z podporovaných zdrojů, směrnici Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES o podpoře využívání energie u obnovitelných zdrojů.

Podle výše uvedených předpisů je cílem v ČR podílet se obnovitelnými zdroji energie na hrubé konečné spotřebě 14 % do roku 2020, v současnosti je to 13 % a v dopravě 10,8 % spotřeby paliv do roku 2020, v současnosti je to 10 %.

Ze získaných výsledků sociologického šetření vyplynulo, že z oslovených firem je 30 % respondentů s výrobou energií z fosilních paliv, 40 % z biomasy, 20 % respondentů využívající k výrobě energie fosilní paliva i biomasu a 10 % využívá k výrobě energie vodu. Nejvíce respondentů využívá fosilní paliva k výrobě elektrické energie 50 %, k vytápění objektu 30 % a 20 % k ohřevu teplé vody. Z fosilních paliv k výrobě energie převládá černé a hnědé uhlí a v případě biomasy se jedná o dřevní štěpku a piliny. Výhřevnost paliv z fosilních a obnovitelných zdrojů je závislá na obsahu vody, kdy podíl vody v případě fosilních paliv byl u černého uhlí (8,23 %), hnědého uhlí (26,00 %) a u obnovitelných zdrojů byl u slámy (14,55 %) a dřevní štěpky a pilin (30,00 %). Nejvyšší výhřevnost podle výsledků má bioplyn ($24,0 \text{ MJ.m}^{-3}$), následuje sláma ($14,55 \text{ MJ.kg}^{-1}$) a dřevní štěpka a piliny ($12,00 \text{ MJ.kg}^{-1}$).

Z dotazníkového šetření bylo potvrzeno, že OZE (obnovitelné zdroje energie) produkují méně znečišťujících látek oproti fosilním palivům. Produkce emisí klesá v následujícím pořadí: černé a hnědé uhlí, dřevní štěpka a piliny, sláma a voda. V případě popílku je největším producentem sláma a nejméně popílku produkuje dřevní štěpka a piliny. Pěstování plodin k energetickým účelům má i některá úskalí např. eroze půdy, změna biodiverzity pěstovaných plodin, snížení schopnosti krajiny zadržovat vodu.

Klíčová slova: alternativní energie, legislativa, biomasa, EU

Renewable energy sources and their use in the Czech Republic

Summary

This thesis deals with the possibility of using renewable energy sources in the Czech Republic, including legislative measures within the EU and their implementation into Czech law.

With the growth of the human population on the planet with a rapid development of technological processes there is a continual increase in energy consumption. The energy consumption is still largely covered from fossil sources, mainly combustion of organic carbon to form carbon dioxide. Given the fact that the amount of fossil fuels on the earth is realistically speaking definitive, these sources referred to as "unrecoverable". Mankind has a moral obligation to future generations at least part of this wealth is left for the future. In addition, according to the theory of global climate change is a massive release of CO₂ from the burning of just historically stored carbon in a "non-renewable" resources and the associated increase in the percentage of CO₂ in the atmosphere, known as the main cause of these changes.

Under this condition, increasing the importance of energy known as "renewable", using the physical properties of substances to them in a constant cycle of supplying natural processes (the light, the wind kinetic energy, potential energy of water, etc.) And the burning of the "organic" carbon and its compounds which has not been historic storage, ie biomass. Are therefore used processes in terms of human life can be described as continual and "eternal". To obtain the data for the practical part of the work on the use of renewable energy sources in the Czech Republic was conducted sociological survey statistical method of gathering data using a questionnaire containing questions on the topic. The survey was conducted through electronic communication directly with the respondents. The obtained data were transferred to the contingency tables and graphs with comments. He analyzed the data obtained and processed results to compare the use of renewable energy and fossil fuels.

In this thesis, it was confirmed that there were legislative measures to deal with the issue of renewable energy sources in the Czech Republic and the EU. In particular, the Act no. 165/2012 Coll. on supported energy sources and amending some laws, decree no. 347/2012 Coll., laying down the technical and economic parameters of renewable sources of

energy production and lifetime of power plants from supported sources Directive of the European Parliament and Council Directive 2009/28/EC on promote the use of energy by renewable sources.

According to the above provisions, the aim of the Czech Republic to participate in renewable energy sources in gross final consumption 14 % by 2020, currently it is 13 % and 10,8 % of transport fuel consumption in 2020, currently it is 10 %.

The obtained results of sociological survey showed that of the surveyed companies, 30 % of respondents with energy production from fossil fuels, 40 % from biomass, 20 % of respondents to produce energy using fossil fuels and biomass, and 10% use water to produce energy.

Most respondents use fossil fuels to generate electricity 50%, for heating the building 30% and 20% for hot water. From fossil fuels to produce energy is predominant black and brown coal, and in the case of biomass refers to wood chips and sawdust. The calorific value of fossil fuels and renewables depends on the water content, the water content in the case of fossil fuels was at coal (8,23 %), coal (26,00 %) and renewable sources was at the straw (14,55 %) and wood chips and sawdust (30,00 %). Highest calorific value according to the results of a biogas (24,00 MJ⁻³), followed by a straw (14,55 MJ.kg⁻¹) and wood chips and sawdust (12,00 MJ.kg⁻¹).

The survey confirmed that renewables produce less pollution compared to fossil fuels. Production emissions decreases in the following order: black and brown coal, wood chips and sawdust, straw and water. In the case of fly ash is the largest producer of straw ash and produces the least wood chips and sawdust. Growing crops for energy purposes has some drawbacks eg. Soil erosion, changes in the biodiversity of crops, reducing the ability of land to retain water.

Keywords: alternative energy, legislation, biomass, EU

Obsah

1	Úvod	10
2	Cíle a hypotézy	12
2.1	Cíle	12
2.2	Hypotézy	12
3	Literární přehled	13
3.1	Obnovitelné zdroje energie	13
3.1.1	Větrná energie	15
3.1.1.1	Větrné elektrárny	15
3.1.1.2	Větrné farmy	19
3.1.1.3	Výhody a nevýhody zařízení na využití energie větru	20
3.1.2	Sluneční energie	20
3.1.2.1	Solární teplo	20
3.1.2.2	Fotovoltaika	21
3.1.2.3	Výhody a nevýhody sluneční energie	25
3.1.3	Vodní energie	26
3.1.3.1	Vodní elektrárny	27
3.1.3.2	Malé vodní elektrárny	30
3.1.3.3	Výhody a nevýhody vodních elektráren	30
3.1.4	Geotermální energie	31
3.1.4.1	Tepelná čerpadla	31
3.2	Biomasa	33
3.2.1	Energetické plodiny	35
3.2.1.1	Zemědělské plodiny	35
3.2.1.2	Trvalé travní porosty	36
3.2.1.3	Cíleně pěstované plodiny	37
3.2.1.4	Lesní biomasa	39
3.2.2	Zbytková biomasa	40
3.2.2.1	Sláma obilnin a olejnin	40
3.2.2.2	Odpady ze živočišné výroby	40
3.2.2.3	Komunální odpady	40
3.2.2.4	Ostatní zbytková biomasa	41
3.3	Přeměna biomasy na energii	41
3.3.1	Přímé spalování	42
3.3.2	Zplynování	42
3.3.3	Metanové kvašení	42
3.3.4	Alkoholové kvašení	43
3.3.5	Chemická přeměna	43

3.4	Využití biomasy	44
3.4.1	Výhody a nevýhody využití biomasy	45
4	Legislativní opatření a normy v energetice.....	48
4.1	Legislativní opatření ČR.....	48
4.2	Legislativní opatření EU	50
4.3	Státní energetická koncepce České republiky	52
4.4	Národní akční plán ČR pro energii z obnovitelných zdrojů	57
4.5	Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012 - 2020	58
5	Metodika	59
5.1	Tvorba dotazníkového šetření.....	59
5.2	Tvorba otázek.....	59
5.3	Návratnost dotazníků.....	60
5.4	Design dotazníku	60
5.5	Statistický rozbor dat.....	60
6	Výsledky.....	62
6.1	Vyhodnocení dotazníku	62
6.1.1	Oslovení respondentů	62
6.1.2	Technologický zdroj výroby energie	63
6.1.3	Primární zdroje na výrobu energie.....	64
6.1.4	Spotřeba paliva na výrobu tepla.....	64
6.1.5	Spotřeba paliva na výrobu elektrické energie.....	67
6.1.6	Obsah vody v palivu	68
6.1.7	Výhřevnost paliva	71
6.1.8	Míra znečištění ovzduší emisemi.....	74
7	Diskuze	85
7.1	Technologický zdroj výroby energie	85
7.2	Primární zdroje na výrobu energie	85
7.3	Spotřeba paliva na výrobu energie.....	88
7.4	Obsah vody v palivu.....	88
7.5	Výhřevnost paliva.....	89
7.6	Míra znečištění ovzduší emisemi.....	90
	Závěr	93
	Seznam použité literatury.....	94
	Zkratky	103
	Seznam příloh.....	103

1 Úvod

Od chvíle, kdy se člověk v rámci svého vývoje naučil, asi před 120 000 lety, využívat oheň ve svůj prospěch se stal závislým na zdrojích energií. Tyto zdroje byly a jsou dodnes představovány především organickým uhlíkem, respektive procesem jeho spalování, v jeho nejrůznějších podobách, v minulosti zejména dřevní hmotou, později pak výrobkem člověka - produktem karbonizace dřevní hmoty - dřevěným uhlím a mnohem později pak dalšími zdroji energie na bázi organického uhlíku - uhlím, (černé, hnědé) a rašelinou. Historicky nejpozději pak začal člověk využívat energii obsaženou v ropě a zemním plynu, nepočítáme-li marginální a poměrně výjimečné využití ropy, jako paliva pro osvětlovací lampy již od římské doby. Teprve v průběhu 20. století začal člověk využívat nové, do té doby netradiční zdroje energie.

Vedle zdroje energie, založeném na spalování, však člověk historicky využíval i jiné zdroje energie, v přírodě běžně dostupné, a to ty, kterým dnes, stejně jako v případě dřevní hmoty, říkáme zdroje obnovitelné. Jednalo se o energii vody, jejího spádu a energii větru.

S rozvojem technologických procesů, a růstem lidské populace na planetě docházelo v historii k neustálému k nárůstu spotřeby energie, všech v dané době dostupných forem. V současné době lidstvo spotřebovává energii v objemu cca 10 Gt ropného ekvivalentu s výhledem dalšího nárůstu spotřeby energie až na 22 Gt ropného ekvivalentu v roce 2050.

Taková spotřeba energie na planetě, z velké části stále pokrývaná z fosilních zdrojů, tedy získávaná především spalováním organického uhlíku za vzniku oxidu uhličitého pochopitelně vzbuzuje obavy z možných důsledků. Byla vytvořena komplexní teorie „globálních klimatických změn“ (nepřesně „globálního oteplování“) postavená na představě fungování „skleníkového efektu“ v důsledku zvýšeného obsahu oxidu uhličitého v ovzduší, který má umožňovat průnik slunečního záření na zemský povrch, avšak již neumožňující zpětné vyzáření tepla mimo atmosféru planety. Přestože tato teorie není dosud jednoznačně potvrzena, a má i v řadách vědců řadu odpůrců, zejména v zemích patřících do Evropské unie je brána velmi vážně a na jejím ideologickém základě byl vytvořen „klimatický byznys“ jako nástroj pro legitimizaci majetkových přesunů od občanů (spotřebitelů) k vládním garniturám. Tento vývoj přinesl i vlnu zájmu o zdroje energie, které jsou označovány za „obnovitelné“, tedy zejména nejsou spojeny se spálením „historicky“ uloženého organického uhlíku a jeho uvolnění do atmosféry v podobě oxidu uhličitého. Využití těchto zdrojů však není bezproblémové a to ani z energetického ani z ekonomického hlediska. Z pohledu energetického je u těchto zdrojů zpravidla problematická prognóza jejich výroby energie

a z pohledu ekonomického pak zvýšené náklady výroby oproti energii získávané z fosilních zdrojů. Pokusy nalézt přijatelná řešení těchto problémů v kontextu s teorií „globálních klimatických změn“ zaznamenáváme v činnosti jak samotné EU, tak v činnosti jednotlivých států, kdy jsou vydávány dokumenty jako je třeba u nás Státní energetická koncepce a Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů. Preferovaným řešením dle těchto dokumentů je vždy nějaký energetický mix s důrazem na využití energií z obnovitelných zdrojů.

Bez ohledu na terorii „globálních klimatických změn“ je třeba snahu o rozvoj energetiky využívající obnovitelných zdrojů hodnotit kladně a podpořit. Fosilní zdroje jsou v dostupném časovém horizontu neobnovitelné a jejich zásoby musíme považovat za jednu dané. Je proto třeba tyto zdroje chránit v zájmu umožnění jejich využití i pro budoucí generace. Kupříkladu, hnědé uhlí je již nyní významnou chemickou surovinou pro výrobu široké palety produktů, a nelze pochybovat, že jeho pálení v kotli tepelné elektrárny, je z pohledu budoucích generací zločinem.

Využití obnovitelných zdrojů energie v podmínkách České republiky je i tématem této diplomové práce.

2 Cíle a hypotézy

2.1 Cíle

Na základě literárních dat byly navrženy následující cíle práce:

1. zhodnotit využití alternativních zdrojů energie v rámci akčních plánů pro energii v EU a ČR;
2. vyhodnotit možná rizika bioenergetiky pro české zemědělství;
3. vyhodnotit současný stav využití alternativních zdrojů energie na území ČR.

2.2 Hypotézy

Z navržených cílů byly stanoveny hypotézy:

1. existují legislativní opatření pro využívání alternativních zdrojů energie na území ČR a EU;
2. existují rizika využití alternativních zdrojů energie?

3 Literární přehled

3.1 Obnovitelné zdroje energie

Důležitou výzvou našeho století je zásobovat rostoucí světovou populaci energií, která jí vyžaduje více a více. V současné době, je dodávání energie založeno především na fosilní energii. Fosilní zdroje energie mají podle Dallemanda et Gerbens-Leenese (2013) velké nevýhody, jako je například dopad na změny klimatu a vyčerpání zdrojů.

Uvedení autoři dále uvádějí, že OZE, jako je větrná energie, solární energie či bioenergie, mohou být velmi důležitým zdrojem energie v budoucnosti. Bioenergie je obnovitelná energie z organických materiálů. Odpovídá třem hlavním kategoriím vstupních surovin - zemědělství, lesnictví a odpady, pro tři hlavní použití - doprava, teplo a elektrické energie. Rozvoj bioenergie je často považován za pozitivní možnost vzhledem k jeho přínosu pro zmírňování změny klimatu, zemědělství a rozvoje venkova, zabezpečení dodávek energie a inovační politiky (Dallemand et Gerbens-Leenes, 2013).

Podle zákona č. 165/2012 Sb. obnovitelným zdrojem rozumíme obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, kterými jsou energie větru, slunečního záření, geotermální energie, energie vody, půdy, vzduchu, biomasy, skládkového plynu, energie kalového plynu z čistíren odpadních vod a energie bioplynu. Obdobně člení obnovitelné zdroje energie (OZE) také Kaminský a Vrtek (1998).

V zákoně č. 17/1992 Sb. jsou obnovitelné přírodní zdroje definovány schopností se při postupném spotřebovávání zčásti nebo zcela obnovovat, a to buď samy, nebo za přispění člověka, a neobnovitelné přírodní zdroje spotřebováváním zanikají.

Možnosti využití jednotlivých zdrojů obnovitelné energie má určité hranice a je ovlivněno silně regionálním charakterem a podle Škorpila a Kasárníka (2000) je dáno přírodními podmínkami, stupněm technické vyspělosti a znalostmi fyzikálních a přírodních zákonů. Dále je dle těchto autorů dáno také ekonomikou, legislativou a zátěží na životní prostředí a tyto meze mají nejen regionální ale i státní charakter a závisí na sociální, politické a hospodářské úrovni a stavu společnosti.

Zdroje a systém přeměny obnovitelných zdrojů dle Škorpila a Kasárníka (2000) jsou znázorněny v tab. 1. Z tabulky vyplývá, že se OZE dělí na energii větru, vody, moře, geotermální energii, sluneční záření, teplo okolního prostředí a biomasu a odpady. K jednotlivým OZE jsou uvedeny zařízení na přeměnu energie a výsledné energie k použití.

Tab. 1 Zdroje a systém přeměny OZE podle Škorpila a Kasárníka (2000)

Obnovitelné zdroje		Zařízení na přeměnu		Energie vhodná k použití
potenciální a kinetické energie				
Energie větru	➤	větrná elektrárna	➤	elektrická energie
Energie vodní	➤	vodní elektrárna	➤	elektrická energie
Energie moře	➤	elektrárna poháněná vlněním moře, přílivová elektrárna	➤	elektrická energie
Tepelná a zářivá energie				
Geotermální energie	➤	geotermální výtopna či elektrárna	➤	elektrická energie
Sluneční záření	➤	sluneční článek, fotoelektrická elektrárna	➤	elektrická energie, teplo
	➤	kolektor, slun. tepelná elektrárna	➤	elektrická energie, teplo
	➤	absorbér	➤	elektrická energie, teplo
	➤	pasivní využití	➤	elektrická energie, teplo
	➤	fotoelektrochemické články	➤	elektrická energie, teplo
Teplo okolního prostředí	➤	elektrárna využ. tepla moře	➤	elektrická energie, teplo
	➤	tepelná čerpadla	➤	teplo
Chemicky vázaná energie				
Biomasa, odpady	➤	elektrárna/výtopna na spalování odpadků	➤	elektrická energie, teplo
	➤	kotel na pevné palivo	➤	teplo
	➤	zařízení na získávání bioplynu	➤	palivo
	➤	alkoholový fermentor	➤	palivo
	➤	zthutňovací zařízení	➤	palivo

3.1.1 Větrná energie

Poznatky o využití energie větru v energii mechanickou se objevily již v 1. století př. n. l. (Hérón Alexandrijský). V Evropě byly větrné mlýny zaváděny teprve v 10. až 13. století (v Číně a Persii již v 7. století). Motlík a kol. (2007) uvádějí, že energetické využití větru lidstvo využívalo odedávna například k pohonu větrných mlýnů, vodních čerpadel nebo plachetnic. Větrný motor lze srovnat s vodním kolem, pouhý rozdíl je v tom, že hnací silou je vítr místo vody (Balák a Prokeš, 1984).

V souvislosti s průmyslovou revolucí byla větrná energie nahrazována tehdy výhodnější a snáze dostupnějšími zdroji energie z uhlí a ropy. Teprve energetická krize 70. let 20. století, kdy se začala chápat neudržitelnost nastaveného trendu založeného na fosilních zdrojích energie, vzrostl význam využití větrné energie (Benda a kol., 2012).

Dalším důležitým impulsem pro rozvoj větrné energetiky bylo, když zeměmi OPEC byl vydán zákaz vývozu ropy do průmyslově vyspělých zemí vyhlášený na podzim roku 1973. Země, které se ocitly pod tlakem prudkého zvýšení světových cen všech energií, si uvědomily omezený přístup ke klasickým energetickým zdrojům energie. K průkopníkům konstrukce větrných elektráren v rámci Evropy patřily Dánsko a tehdejší západní Německo (Motlík a kol., 2007).

Kaldellis a Zafirakis (2011) uvádějí, že využití větrné energie se datuje před pěti tisíci lety a že současné společnosti jsou založeny téměř výhradně na fosilních palivech na pokrytí svých elektrických energetických potřeb. Na druhou stranu potvrzují, že v průběhu posledních třiceti let z důvodu zabezpečení dodávek energie a ochrany životního prostředí, bude vyšší zájem o využití aplikace větrné energie.

3.1.1.1 Větrné elektrárny

Větrné elektrárny jsou technická zařízení, ve kterých je kinetická energie větru přeměňována na energii elektrickou a Benda a kol. (2012) je dělí na:

- malé větrné elektrárny s rotorem o průměru do 16 m a výkonu do 60 kW,
- střední větrné elektrárny s rotorem průměru od 16 m do 45 m a výkonem od 60 kW do 750 kW,
- velké větrné elektrárny s rotorem přesahující 45 m a výkon 750 kW.

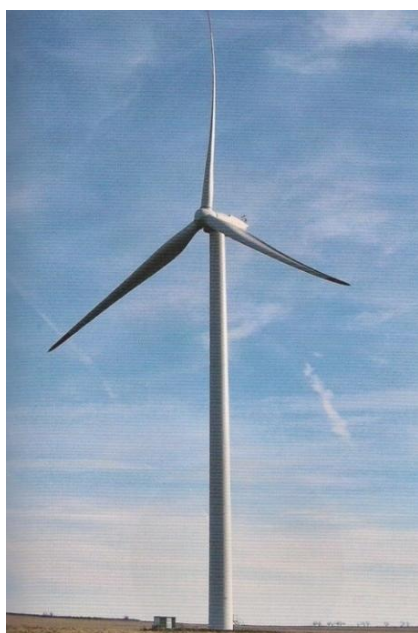
Kategorie větrných elektráren dle Motlíka a kol. (2007) uvedené v tab. 2, se dělí v každé kategorii na tři typy podle rozmezí průměru vrtule a výkonu elektrické energie, což upřesňuje členění malých, středních a velkých větrných elektráren.

Benda a kol. (2012) dále uvádějí, že v současné době jsou nejběžnější velké větrné elektrárny, střední jsou málo frekventované a malé větrné elektrárny se používají lokálně k zajištění energetické soběstačnosti budov a objektů při zásobování elektřinou v místech, kde není připojení k elektrické síti.

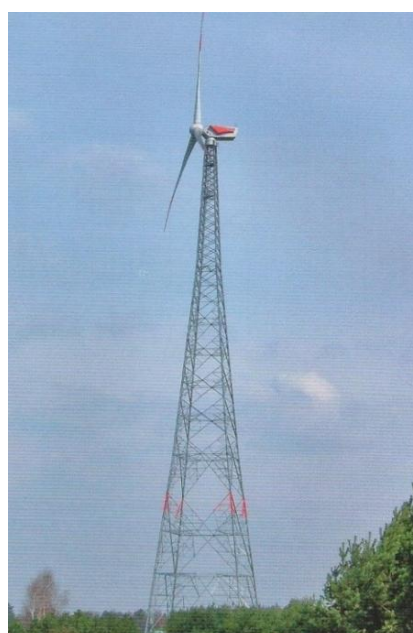
Tab. 2 Kategorie větrných elektráren (Motlík a kol., 2007)

Větrné elektrárny	Vrtule		Výkon do kW
	Průměr [m]	Plocha [m ²]	
malé	≤8	≤50	10
	8,1 - 11	50,1 - 100	25
	11,1 - 16	100,1 - 200	60
střední	16,1 - 22	200,1 - 400	130
	22,1 - 32	400,1 - 800	310
	32,1 - 45	800,1 - 1 600	750
velké	45,1-64	1 660,1-3 200	1 500
	64,1-90	3 200,1-6 400	3 100
	90,1-128	6 400,1-12 800	6 400

Velké větrné elektrárny jsou konstrukčně sjednocené. Ve většině aplikací se jedná o třílísté „vrtule“ s horizontální osou rotace a rotorem obráceným vstříc proudění vzduchu, stožár, rotor a strojovnu. Stožár větrné elektrárny může mít podobu příhradové konstrukce (viz obr. 2), nebo v současné době převládající ocelové tubusové stožáry jak je patrné z obr. 1. Alternativním materiálem tubusu je beton, případně kombinace ocel - beton, například spodní část betonová a horní ocelová (Benda a kol., 2012).



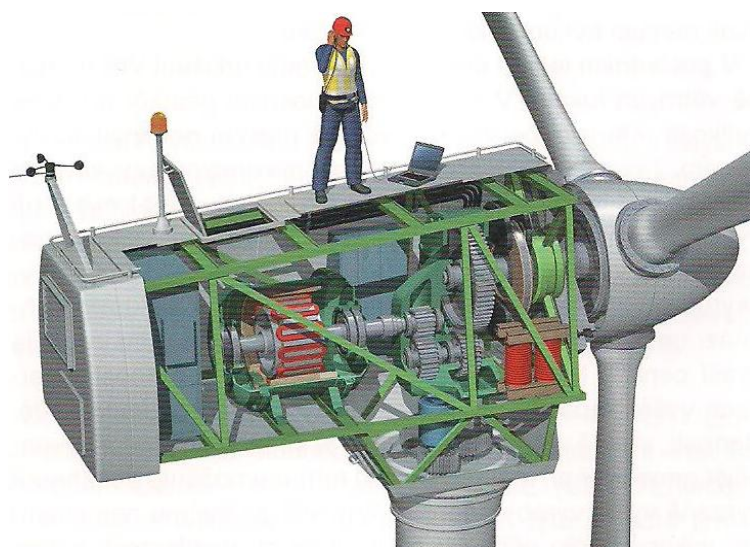
Obr. 1 Velká větrná elektrárna s tubusovým stožárem (Benda a kol., 2012)



Obr. 2 Velká větrná elektrárna s příhradovou konstrukcí (Benda a kol., 2012)

Podle autorů Benda a kol. (2012) se rotor větrné elektrárny skládá z listů, které jsou tvarově přizpůsobeny pro maximální zisk energie z protékajícího proudění. Počet listů rotoru se ustálil na třech, ale počet může být libovolný. Vyšší počet listů rotoru (při nižší rychlosti otáček) umožňuje účinněji využít proudění o nízkých rychlostech, rychloběžné málolisté rotory jsou optimální pro střední a vyšší rychlosti proudění. Nevýhodou jedno a dvoulistých rotorů je značně vysoká rychlost rotace, velká hlučnost a namáhání soustrojí. Třílistý rotor má výhodu lepšího dynamického vyvážení a estetičtějšího vzhledu.

Strojovna (viz obr. 3) větrné elektrárny je uložena v gondole. Součástí všech velkých větrných elektráren jsou: systém natáčení strojovny a rotoru a brzdový systém. Součástí velké větrné elektrárny je masivní betonový základ a výkonová elektronická zařízení včetně transformace na napětí příslušné distribuční soustavy (Benda a kol., 2012).



Obr. 3 Strojovna větrné elektrárny (Benda a kol., 2012)

V současnosti větrné elektrárny vyrábějí energii na mnoha místech České republiky, jejichž skutečný výkon se pohybuje od malých výkonů 300 kW pro soukromé využití až po 3 MW a koncem května 2013 bylo v ČR podle údajů ČEZ (2013) instalováno celkově 261 MW. Z tab. 3 lze zaznamenat, že v ČR došlo tedy od roku 2012 k zvýšení výkonu o 1 MW. Nejvýraznější nárůst je možné zaznamenat u Německa a naopak nejnižší nárůst energie získané z větrných elektráren byl zjištěn v Řecku. Z tohoto pohledu patří ČR mezi země s poměrně vysokým meziročním nárůstem instalovaného výkonu větrných elektráren.

Podle statistiky Celosvětové rady pro větrnou energii došlo v celé Evropě k meziročnímu nárůstu (od roku 2012 do roku 2013) instalovaného výkonu větrných elektráren o 12,031 MW, z toho v zemích EU to byla o 11,159 MW. Nejvyšší nárůst o 3,238 MW zaznamenalo Německo (viz tab. 4) (GWEC, 2014).

Tab. 3 Výkon instalovaný ve větrných elektrárnách zemí EU ke konci roku 2012 (ČEZ, 2013)

Země	Výkon v MW	Země	Výkon v MW
Česká republika	260	Malta	0
Belgie	1 375	Německo	31 308
Bulharsko	684	Nizozemí	2 391
Dánsko	4 162	Polsko	2 497
Estonsko	269	Portugalsko	4 525
Finsko	288	Rakousko	1 378
Francie	7 564	Rumunsko	1 905
Irsko	1 738	Řecko	1 749
Itálie	8 144	Slovensko	3
Kypr	147	Slovinsko	0
Litva	225	Španělsko	22 796
Lotyšsko	68	Švédsko	3 745
Lucembursko	45	Velká Británie	8 445
Maďarsko	329		

Tab. 4 Meziroční nárůst 2012 - 2013 instalovaného výkonu větrných elektráren (GWEC, 2014)

Země	2012	2013
Germany	31,270	3,238
Spain	22,784	175
UK	8,649	1,883
Italy	8,118	444
France	7,623	631
Denmark	4,162	657
Portugal	4,529	196
Sweden	3,746	724
Poland	2,496	894
Turkey	2,312	646
Netherlands	2,391	303
Romania	1,905	695
Ireland	1,749	288
Greece	1,749	116
Austria	1,378	308
Rest of Europe	4,956	832
Total Europe	109,817	12,031
EU	106,454	11,159

3.1.1.2 Větrné farmy

Benda a kol. (2012) uvádějí, že z mnoha důvodů je ekonomicky výhodné stavět větrné elektrárny ve skupinách, které se označují jako větrné farmy. Vede k tomu omezené množství vhodných míst a možnost úspor z rozsahu, například při nákupu a servisu technologií a při budování potřebné infrastruktury. Větrné elektrárny se však navzájem negativně ovlivňují, protože větrná elektrárna snižuje průměrnou rychlost větru a zvyšuje turbulenci proudění ve svém závětrí, to má negativní dopad na další větrné elektrárny v jejím zákrytu. Musí se proto zachovávat určitý minimální rozestup. Velikost rozestupu se odvíjí od průměru rotoru větrné elektrárny, přičemž za minimální bývá nejčastěji považován rozestup 5 x průměr rotoru větrné elektrárny. Ve směru kolmém na převládající proudění stačí rozestup asi 3 x průměr rotoru větrné elektrárny, ve směru převládajícího proudění je však třeba rozestup 6 x průměr rotoru větrné elektrárny nebo vyšší. Uvedeny jsou přibližné hodnoty, menší větrné farmy v prostorově omezených lokalitách mívají v praxi rozestupy i menší, naopak rozsáhlé farmy například na moři mají rozestupy větší. Příklad větrné farmy je zobrazen na obr. 4. Z něho je patrné efektivní využití půdy, která by jinak ležela ladem. (Benda a kol., 2012).



Obr. 4 Východní část větrné farmy Kryštofovy Hamry (Benda a kol., 2012)

3.1.1.3 Výhody a nevýhody zařízení na využití energie větru

Energie větru je v podstatě velmi levný, i když poněkud nestálý zdroj energie. Mezi hlavní výhody zařízení na výrobu energie z větru zejména ekonomická stránka provozu; minimální údržba, neohrožují životní prostředí, neboť nevytvářejí škodlivý odpad. Mění však výrazně ráz krajiny a znamenají určité nebezpečí pro tažné ptáky, kteří zase naopak mohou narušit jejich bezporuchový chod (Balák a Prokeš, 1984).

Nevýhodou je pořizovací cena nosné konstrukce a větrného motoru s generátorem, která je velmi vysoká, a taktéž zařízení na regulaci kmitočtu střídavého proudu, pokud se dodává do veřejné elektrizační soustavy. Další nevýhodou je poměrně nesnadná akumulace získané elektrické energie z větrných elektráren. Akumulace lze dosáhnout tak, že větrná zařízení pohánějí čerpadla, která přečerpávají vodu do výše položených nádrží a v době bezvětří pohání voda samospádem vodní turbínu spojenou s generátorem na výrobu stejnosměrného nebo střídavého proudu. Přebytečnou elektrickou energii z větrných zařízení lze vyrábět z vody elektrolýzou vodík a kyslík. Akumulovaný vodík může v případě potřeby pohánět spalovací turbínu na vodíkové palivo, anebo se dá spalovat k výrobě páry (Balák a Prokeš, 1984).

3.1.2 Sluneční energie

Původ sluneční energie je v nitru Slunce. V něm probíhá jaderná syntéza, tedy přeměna vodíku na helium. Hmotnost jádra atomu vznikajícího helia je nižší než hmotnost čtyř protonů v jádrech atomů vodíku, které do reakce vstupují. Vzniklý rozdíl hmoty se při reakci přemění na energii, která ze Slunce vyzařuje do kosmu (Benda a kol., 2012).

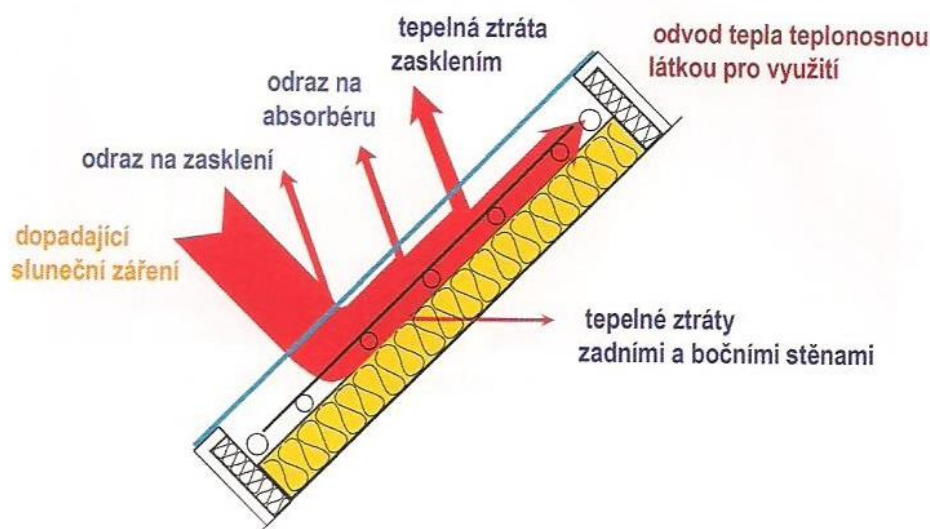
Solární systém využití energie lze rozdělit do dvou kategorií: zateplovací systémy, které převádějí sluneční energii na tepelnou energii, a fotovoltaické systémy, které přeměňují sluneční energii na elektrickou energii. Za normálních okolností jsou oba typy kolektorů používány samostatně (Shan et al., 2014).

3.1.2.1 Solární teplo

Přeměna slunečního záření v tepelnou energii spočívá v absorpci záření povrchem tuhých látek a kapalin, kdy se energie mění v teplo. Principem solárního tepelného kolektoru je ohřívání absorpční plochy (kolektor) dopadem slunečního záření, viz obr. 5. Z něho je patrné, že tepelná energie je z kolektoru odváděna např. vodou, nemrznoucí směsí nebo vzduchem k ohřevu vody a vytápění v obytných budovách a ostatních objektů (Balák a Prokeš, 1984).

Druhy solárních kolektorů:

- plochý nekrytý kolektor - pro ohřev bazénové vody o nízké teplotě,
- plochý atmosférický neselektivní kolektor - pro předehřev vody o nízké teplotě,
- plochý atmosférický selektivní kolektor - celoroční ohřev vody,
- plochý vakuový kolektor - celoroční ohřev vody a vytápění,
- trubkový jedностěnný vakuový kolektor - kombinované soustavy pro vytápění nebo vysokoteplotní aplikace,
- trubkový dvojtěnný vakuový kolektor - kombinované soustavy pro vytápění nebo vysokoteplotní aplikace,
- soustředující (koncentrační) kolektor (Benda a kol., 2012).



Obr. 5 Schéma principu solárního kolektoru (Benda a kol., 2012)

Solární tepelné soustavy mají úlohu spíše jako spořiče energie nebo paliva, nikoliv jako hlavní zdroj tepla a to z důvodu nerovnoměrnosti slunečního záření během roku. Tepelné soustavy se využívají pro přípravu teplé vody, vytápění, ohřev bazénové vody, chlazení, pro centralizované zásobování teplem, pro průmyslové aplikace a ohřev vzduchu (Benda a kol.).

3.1.2.2 Fotovoltaika

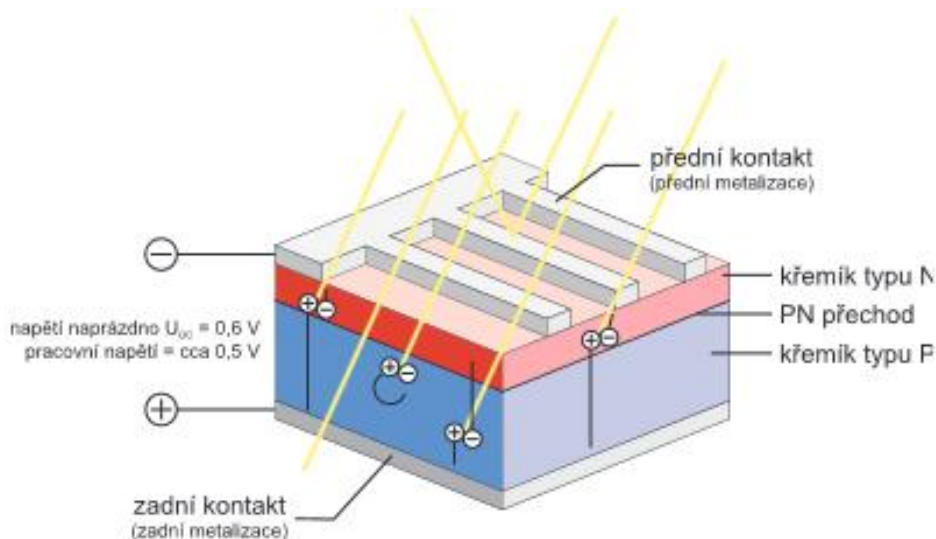
Z hlediska životního prostředí je nejčistším a nejšetrnějším způsobem výroby elektrická energie přímo ze slunečního záření. Vyspělé země světa podporují rozvoj fotovoltaiky a podle Motlíka a kol. (2007) by se stát významným prvkem trvale udržitelného energetického systému s minimálními dopady na životní prostředí.

K přímé přeměně energie slunečního záření na energii elektrickou se používají sluneční baterie pracující na principu termoelektrického nebo fotoelektrického jevu (Balák a Prokeš, 1984).

Termoelektrické články jsou založeny na zahřívání dvou různých kovů a v místě jejich spojení vzniká na jejich volných koncích termoelektrické napětí. Spojením těchto volných konců prochází obvodem termoelektrický proud. Vhodným materiálem pro výrobu termoelektrických článků je antimonit zinku, slitiny telluru s bismutem, slitiny antimonu, india a křemíku, kobaltu a manganu. Ohřev termoelektrických článků se provádí spalováním konvenčních paliv, teplem vznikajícím rozpadem radioaktivního materiálu nebo právě silnou sluneční energií (Balák a Prokeš, 1984).

Tato přeměna energie na principu termoelektrického jevu podle Libry a Poulka (2009) nemá v pozemských podmínkách téměř žádný význam.

Fotovoltaika je založena na přímé přeměně světelné energie na elektrickou energii v polovodičovém prvku, který se označuje jako fotovoltaický nebo solární článek. Solární článek (viz obr. 6) je velkoplošná dioda nejméně s jedním PN přechodem (Motlík a kol., 2007). Přechod PN je oblast styku dvou polovodičů s opačným typem vodivosti, tedy křemíku typu N a křemíku typu P, jak je patrné z obr. 6 (Motlík a kol., 2007).



Obr. 6 Solární článek (Motlík a kol., 2007)

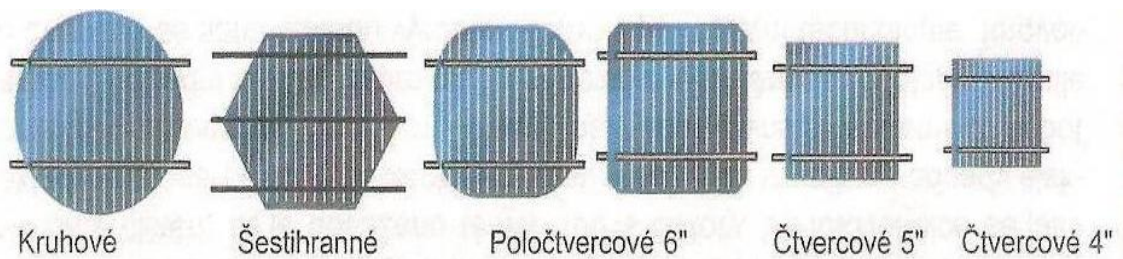
Typickou vlastností přechodu PN je jeho usměrňovací účinek. V jednom směru jím proud procházet může, ale v opačném směru ne. V solárním článku, který je ozářen, se generují elektricky nabitě částice (pár elektron - díra). Elektrony a díry jsou oddělovány vnitřním elektrickým polem PN přechodu. Následkem rozdělení náboje je napěťový rozdíl mezi „předním“ (-) a „zadním“ (+) kontaktem solárního článku. Vnější obvodem, který je

zapojený mezi oba kontakty, potom protéká stejnosměrný elektrický proud, a ten je přímo úměrný ploše solárního článku a síle dopadajícího slunečního záření (Motlík a kol., 2007).

Solární články dominující na trhu jsou na bázi krystalického křemíku. Na Zemi se nevyskytuje v čisté formě a musí se tady získávat z roztaveného křemičitého písku při vysokých teplotách a dalším čištěním v chemických procesech (Haselhuhn, 2010).

Typy solárních článků:

Jednotlivé typy monokrystalických článků jsou uvedeny na obr. 7. Z něho je patrné, že se monokrystalické články skládají se z jediného krystalu. Křemíkové články jsou nejčastěji čtvercové nebo čtvercové se zaoblenými rohy (poločtvercové) o rozměrech 4, 5, 6 palců a dále kruhové, šestihranné (Haselhuhn, 2010).



Obr. 7 Monokrystalické články (Haselhuhn, 2010)

Na obr. 8 jsou znázorněny články polokrystalické, které jsou čtvercové o rozměrech 4, 5, 6, 8 palců, s modře se třpytící krystalickou strukturou (Haselhuhn, 2010).



Obr. 8 Polokrystalické články (Haselhuhn, 2010)

Tenkovrstvé články se označují jako technologie 2. generace. Solární články včetně jejich propojení jsou vytvořeny přímo na nosné podložce depozicí velmi tenkých vrstev materiálů (jednotky mikrometrů). Nosnou podložkou může být sklo, plastová fólie nebo

ocelový plech a nejpoužívanějším materiálem pro aktivní vrstvy je křemík s amorfni nebo mikrokrytalickou strukturou (Motlík a kol., 2007).

Každý solární článek má hodnotu přibližně 0,5 V, a proto se pro další běžné využití sériově propojují do různých typů fotovoltaických systémů. V sériovém nebo i sériovo-paralelním řazení jsou potom hermeticky uzavřeny ve struktuře krycích materiálů výsledného solárního panelu. Krycí materiál je většinou přední krycí sklo a solární články jsou zalaminovány do plastových folií (Motlík a kol., 2007).

Fotovoltaické systémy:

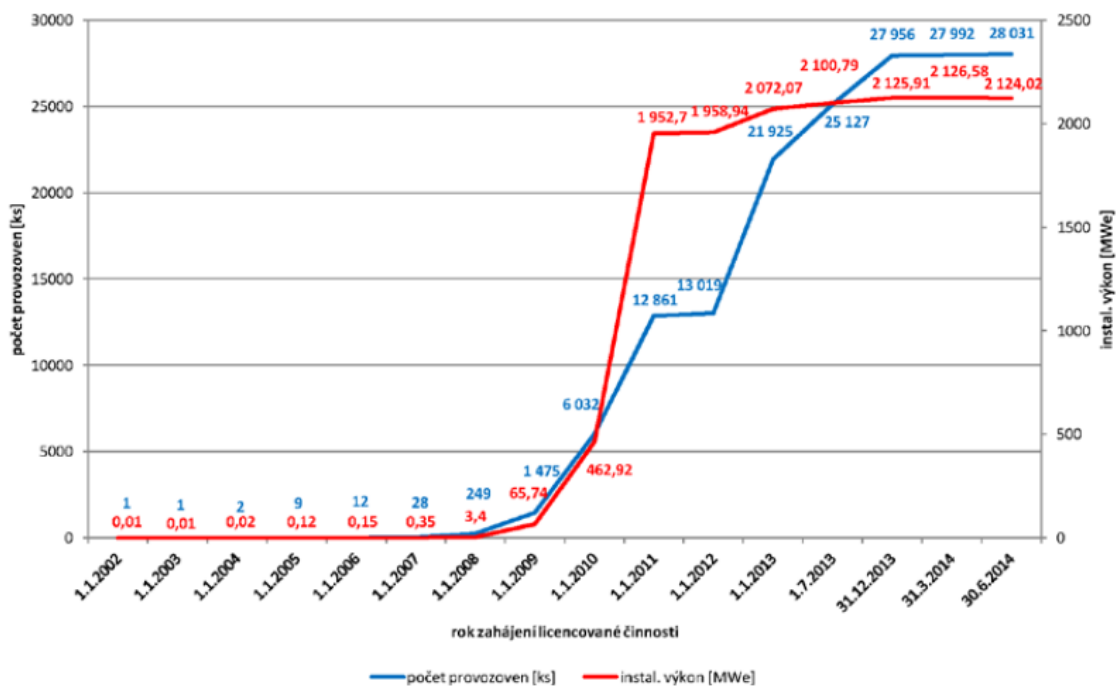
- systémy nezávislé na rozvodné síti (grid-off), tzv. ostrovní systémy - jsou instalovány na místech, kde není účelné budovat elektrickou přípojku, a zásobují jen malou oblast (Libra a Poulek, 2009).

Systémy nezávislé na rozvodné síti lze rozdělit podle Motlíka a kol. (2007):

- systémy s přímým napájením - využívají se jen v době dostatečné účinnosti slunečního záření např. napájení oběhového čerpadla solárního systému pro přípravu teplé užitkové vody.
- systémy s akumulací elektrické energie - jsou pro potřebu elektřiny i v době bez slunečního záření. Ostrovní systémy mají z tohoto důvodu akumulátorové baterie, např. zdroj elektrické energie pro chaty nebo rodinné domy, zahradní svítidla.
- hybridní ostrovní systémy - používají se pro celoroční provoz se značným vytížením. V zimních měsících je vhodné mít doplňkový zdroj elektřiny např. elektrocentrálu, malou vodní elektrárnu, který pokryje potřebu energie v zimních měsících, kdy je méně slunečního svitu.
- síťové fotovoltaické systémy (grid-on) se uplatňují nejvíce v oblastech s veřejnou elektrorozvodnou sítí. Elektrická energie je ze solárních panelů v době přebytku vlastního výkonu dodávána přes síťový střídač do rozvodné sítě a naopak, když je nedostatek vlastní energie, může se ze sítě odebírat. Systémy tohoto typu pracují plně automaticky díky mikroprocesorovému řízení síťového měniče (Libra a Poulek, 2009).

Příklady uplatnění: střechy rodinných domů do 1 - 10 kW, fasády a střechy administrativních budov 10 kW - 10 MW, protihlukové bariery v okolí dálnic, fotovoltaické elektrárny na volné ploše, posilovače koncových větví rozvodné sítě (Motlík a kol., 2007).

V grafu 1 je znázorněný stav počtu provozovatelů slunečních elektráren, kteří obdrželi na provozovny licenci ERÚ na výrobu elektřiny a instalovaný výkon k 30.6.2014. K velkému vzrůstu udělování licencí k výrobě elektřiny, dochází přibližně v letech 2008 až do poloviny roku 2013. K největšímu nárůstu instalovaného výkonu podle statistických údajů Ministerstva průmyslu a obchodu (2014) bylo dosaženo v letech 2008 až 2010.



Graf 1 Sluneční elektrárny, stav k 1.7.2014 (Statistika o spotřebě OZE v roce 2013)

3.1.2.3 Výhody a nevýhody sluneční energie

Podle Baláka a Prokeše (1984) z využívání solárních zařízení vyplývá, že využití energie slunečního záření není levné. Důležitější než ekonomická stránka je určitě hledisko ekologické, protože dosavadní tradiční zdroje energie působí velmi nepříznivě na životní prostředí. Přínos sluneční energie v krátkodobé perspektivě nelze přeceňovat. Lze jí do určité míry nahradit topný olej, nikoli však elektrickou energii. Proto například energie sluneční nemůže konkurovat energii jaderné (Balák a Prokeš, 1984).

Jiný názor má Haselhuhn (2010), který uvádí, že sluneční energie má výhodu nejen ekologickou, ale i výnosnou a proto se tendence k využívání fotovoltaiky zvyšují a je jí věnována v celém světě velká pozornost.

Fotovoltaická zařízení se objevují na stále větším počtu střech i fasádách domů. Rozvoji napomáhá výroba stále výkonnějších a právě levnějších modulů a komponentů, dobré podmínky pro nové stavby fotovoltaických zařízení. Díky zákonu o OZE a klesajících cenách

modulů je fotovoltaika stále atraktivnější a ani rok od roku klesající honoráře za energii dodávanou do sítě nemohou na tom podle Haselnhuhna (2010) v brzké době nic změnit.

Haselnhuhn (2010) také uvádí, že pro fotovoltaická zařízení by mohla být výhodou funkce budovy jako ochrana před povětrnostními vlivy, zastínění, světelné poměry, pokrytí střechy, obložení fasády, tepelná izolace a vizuální ochrana a tímto si solární technika vytváří cestu i do moderní architektury.

Proto musejí solární panely splňovat vysoké nároky ohledně mechanické a klimatické odolnosti pro zajištění životnosti delší než 30 let a krycí materiály musejí mít vysokou optickou a izolační stálost (Motlík a kol., 2007).

3.1.3 Vodní energie

Vodní energie je v historii lidstva nejdéle technicky využívaným obnovitelným zdrojem energie (Škorpil a Kasárník, 2000).

Vývoj jejího využití měl však nerovnoměrný a poměrně pomalý průběh. Rozvoj techniky v této oblasti se na dlouhé období prakticky zastavil a její efektivnost se zvyšovala pouze velikostí vodních kol. Tyto nedostatky byly nahrazeny až v 19. století, kdy byla v roce 1827 sestrojena první přetlaková turbína, Francisova turbína v roce 1847, Peltonova turbína v roce 1880 a Kaplanova turbína v roce 1918, jak uvádí Motlík a kol. (2007).

Další rozhodující podstatou pro rozvoj hydroenergetiky byl vliv přenosu elektrické energie na větší vzdálenosti, tedy přiblížení zdroje vodní síly k místům spotřeby. Pro rozvoj hydroenergetiky měla zásadní význam rozvíjející se elektrizační soustav. V roce 1896, byla zprovozněna první vodní elektrárna vyrábějící střídavý elektrický na Niagaře v USA (Motlík a kol., 2007).

Vodní energii je možné rozdělit podle Gabriela a kol. (1998) na tepelnou energii vody, která je založena na principu využití tepelného spádu, který se vyskytuje především v tropických mořích, v nichž je voda na povrchu teplejší 20 °C až 25°C a s klesající hloubkou teplota klesá. Dále se jedná podle těchto autorů o energii chemickou, která je představována roztoky solí v ní obsažených, ale z praktického pohledu se jedná o zdroj málo použitelný, s ohledem na nízkou koncentraci rozpuštěných látek. Z pohledu energetického má největší význam mechanická energie vodních toků.

Tato energie, je dána koloběhem vody v přírodě a jejím celkovým objemem. Z odhadů vyplývá, že z celkového množství odpařené vody za rok ze Země dopadne na pevninu v srážkách asi jedna pětina, přibližně 68 % z toho se vypaří, 31 % odeče ve vodních tocích do moří a 1 % doteče do moře v podzemních tocích (Škorpil a Kasárník, 2000).

Podle Dallemanda et Gerbens-Leenese (2013) má zásadní význam zajistit, aby rozvoj bioenergie byl založen na udržitelném hospodaření s vodními zdroji.

3.1.3.1 Vodní elektrárny

Vodní stavby s energetickým využitím plní v současnosti i jiné účel, např. ochranu proti povodním, neenergetické odběry vody k vodní dopravě, sportovní a rekreační plavbě, rybolovu, rekreaci (Benda a kol., 2012), ale především jsou to hydrodynamická díla, která slouží k transformaci vodní energie na energii elektrickou (Kaminsky a Vrtek, 1998).

Vodní elektrárny se člení nejčastěji:

1. dle velikosti instalovaného výkonu:

- malé vodní elektrárny s instalovaným výkonem do 10 MW,
- střední vodní elektrárny s instalovaným výkonem od 10 do 200 MW,
- velké vodní elektrárny s instalovaným výkonem nad 200 MW (Benda a kol., 2012).

Malé vodní elektrárny se dále dělí podle Gabriela a kol. (1998).

- domácí vodní elektrárny s instalovaným výkonem do 35kW,
- vodní mikroeletřárny s instalovaným výkonem od 35 kW do 100 kW,
- vodní minielektrárny s instalovaným výkonem od 100 kW do 1000 kW.

2. dle velikosti využívaného spádu:

- nízkotlaké využívající spád do 20 m,
- středotlaké využívající spád od 20 do 100 m,
- vysokotlaké využívající spád nad 100 m.

3. dle možnosti hospodaření s vodou:

- průtočné (viz obr. 9),
- regulační -s přirozenou akumulací jen z přirozených přítoků,
 - s umělou akumulací jen z přečerpávání,
 - se smíšenou akumulací (přirozená i umělá) (Benda a kol., 2012).

Benda a kol (2012) uvádí, že nejčastějším typem vodní elektrárny s průtočným provozem jsou vybudované pro využití přirozených přítoků a nemají tedy akumulační objem. Elektrárny jsou zpravidla vybudovány u splavu, který vzdouvá vodu a propouští nadbytečné průtoky. Dodávka výkonu do energetické sítě závisí plně na okamžitém průtoku a je tedy v čase proměnlivá. To se týká většiny malých vodních elektráren, tj. vodních elektráren s instalovaným výkonem do 10 MW.

Regulační vodní elektrárny bývají vybudované pod akumulacími nádržemi, které jsou potřebné pro regulaci průtoků (tj. přerozdělení průtoků) v čase. Jejich provoz nezávisí na okamžitých průtokových poměrech vodního toku.

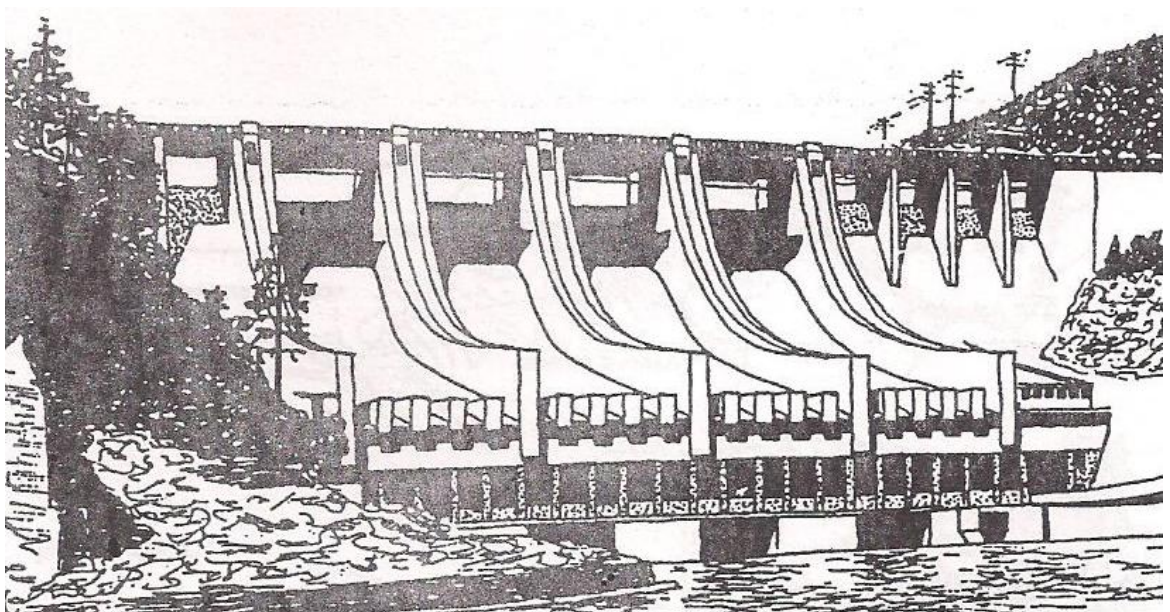
Akumulace vody v nádržích může být:

- přirozená - tj. akumulace vody jen z přirozených přítoků (tzv. primární hydraulická akumulace),
- umělá - tj. akumulace vody jen z přečerpávání (tzv. sekundární hydraulická akumulace),
- smíšená - tj. akumulace vody z přirozených přítoků i z přečerpávání současně (Benda a kol. 2012).

Z časového hlediska může mít každá hydroenergetická stavba regulaci:

- krátkodobou (denní, týdenní),
- sezónní (v rámci roku),
- dlouhodobou (víceletou).

Možnost hospodaření s vodou vyplývá především z velikosti zásobního objemu akumulací nádrže a způsobu akumulace vody a má zásadní vliv i na režim provozu vodní elektrárny (Benda a kol. 2012).



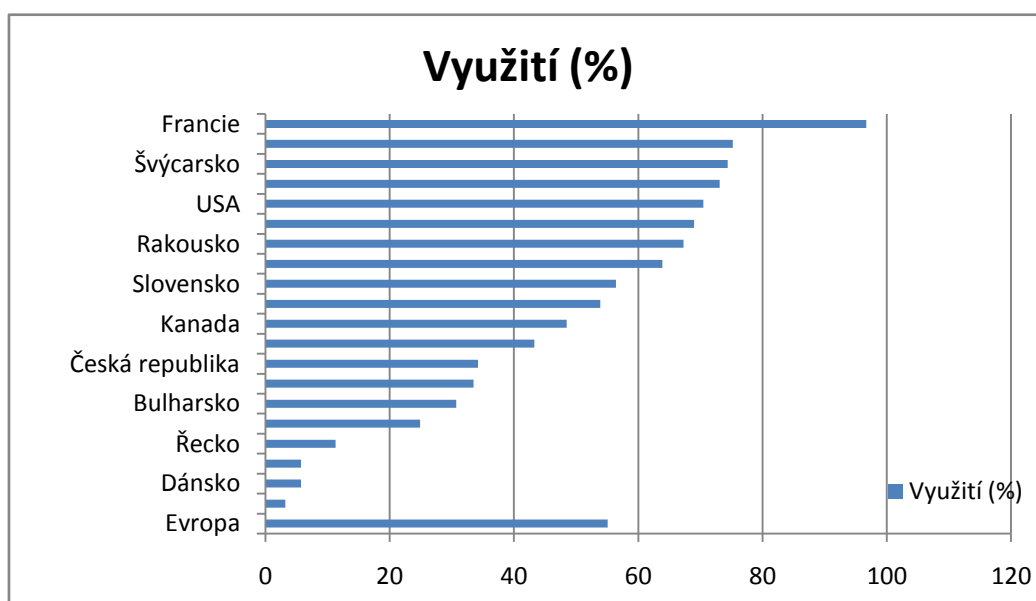
Obr. 9 Průtočná vodní elektrárna (Škorpil a Kasárník, 2000).

Jako příklad přečerpávací elektrárny ukazují Benda a kol. (2012) elektrárnu Dlouhé Stráně (obr. 10). Jedná se o ojedinělé energetické dílo na území ČR s instalovaným výkonem 650 MW se dvěma přečerpávacími turbínami srovnatelnými s největšími ve střední Evropě.



Obr. 10 Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé Stráně (Benda a kol., 2012)

Benda a kol. (2012) uvádějí, že vyspělé evropské země výstavbě a provozu vodních elektráren věnují velkou pozornost a v současnosti využívají hydroenergetice potenciál svých toků na 65 až 95 % a jejich souhrn je uveden v grafu 2. Z grafu je zřejmé, že vodních toků, jako zdroje energie, nejvíce využívá Francie, a to 96,7 %. Velký podíl hydroenergie má Slovensko s 56,4 % využití a ČR má 34,2 %. V Evropě je celkový podíl hydroenergie 55,1 %.



Graf 2 Využití hydroenergetického potenciálu v zemích Evropy, USA a Kanadě (Benda a kol., 2012)

3.1.3.2 Malé vodní elektrárny

Charakter naší země byl ve dvacátém století poznamenán velkými vodními díly na našich vodních tocích. Z hlediska ochrany životního prostředí se v současnosti vracíme zpět k malým vodním elektrárnám, které mají zaručený výkon a s vyráběnou energií tvoří v souhrnu velký energetický zdroj (Motlík a kol., 2007).

Podle těchto autorů bude další možná výstavba směřovat na menší toky, kde však nejsou příhodné podmínky pro výstavbu velkých elektráren (nad 10 MW). Do budoucna se uvažuje a provádějí se studie na výstavbu přečerpávacích vodních elektráren, přičemž jejich realizace nemá zatím konkrétní podobu. Od roku 1990 dochází k rozvoji hydroenergetiky v oblasti malých vodních elektráren na území České republiky, kdy se využilo vhodných a dosud nevyužitých lokalit k energetickému využití vodních toků.

Gabriel a kol. (1998) uvádějí, že k roku 1998 bylo v České republice v provozu přibližně 550 malých vodních elektráren.

3.1.3.3 Výhody a nevýhody vodních elektráren

Využívání vodních toků ve vodních elektrárnách je trvalý, nevyčerpatelný, stále se obnovující zdroj založený na koloběhu vody v přírodě, šetřící fosilní paliva, náklady na těžbu a následnou rekultivaci krajiny, na dopravu a uložení odpadu, je to zdroj vlastní, nezávislý na okolních zemích mimo hraničních toků, neznečišťuje ovzduší, neprodukuje odpad, který je třeba skladovat, resp. likvidovat, je to pohotovostní zdroj, který dokáže rychle (během několika sekund) reagovat na změny zatížení elektrizační soustavy, má nízké provozní náklady při dlouhé životnosti a vysokém počtu provozních hodin (Benda a kol., 2012).

Je také snahou stavět, rekonstruovat a inovovat malé vodní elektrárny, tak aby pracovaly bezobslužně (Gabriel a kol., 1998).

Uvedení autoři dále konstatují, že nevýhodou může být změna průtokových poměrů, zvýšení sedimentační, resp. erozní činnosti toku, změna režimu podzemní vody, průchodnost ryb a vodních živočichů přes stupně na tocích, případný únik mazadel, změna kvalitativních vlastností vody, ohrožení vodních živočichů chodem turbín, hlučnost provozu, záběr pozemků, urbanistické zásahy do okolního krajinného prostředí, ovlivnění rekreační plavby.

Vše závisí na místních poměrech konkrétního úseku vodního toku a na jeho okolí. Většina těchto vlivů se dá vhodnými opatřeními ovlivnit (Benda a kol., 2012).

Premalatha et al. (2014) ve své práci uvádějí, že malé vodní elektrárny o kapacitách 25 MW nebo nižší, jsou jednou z možností OZE, které jsou pokládány za čisté a udržitelné, a to jak jeho větší verze velké vodní elektrárny, ale ty jak se ví, že některé mají silně

nepříznivý dopad na životní prostředí. Zároveň zastávají názor na převažující vnímání ohleduplnosti vůči životnímu prostředí malých vodních elektráren, protože je to hlavně kvůli tomu, že byly zatím stavěny pouze ve velmi rozumné míře. Jakmile by byly rozšířeny v měřítku srovnatelném s používáním fosilních paliv, byl by výsledný dopad na životní prostředí podstatně nepříznivější.

3.1.4 Geotermální energie

Základním zdrojem je teplo, které vystupuje z nitra Země k povrchu. Vysoká teplota zemského jádra je způsobena teplem uvolněným při formování Země, kdy kinetická energie srážek materiálů byla přeměněna v teplo. Zemská kůra je ohřívána také kontinuálně uvolňovaným teplem z rozpadajících se radioaktivních izotopů s dlouhým poločasem rozpadu. Relativně vysokou koncentraci mají tyto radioaktivní izotopy hlavně v žule. Zdroji geotermální energie jsou i teplo, které se vytváří rotací Země, a teplo vznikající při geochemických procesech (Benda a kol., 2012).

Geotermální energie se využívá buď ve formě tepla, nebo převodem na elektrickou energii v geotermálních elektrárnách (Motlík a kol., 2007).

Benda a kol. (2012) konstatují, že současné technologie využití geotermální energie jsou investičně dost nákladné, ale při dlouhodobém provozu zajistí, v porovnání s většinou jiných zdrojů, podstatné úspory.

Aby se daly v praxi využít technologie pro geotermální energii, je důležitá teplota zdroje. Uvedení autoři člení geotermální energii podle teploty:

- nízkoteplotní do 100 °C využitelné tepelnými čerpadly nebo přímo jako zdroj tepla,
- středně teplotní od 100 do 150 °C využitelné přímo jako zdroj tepla nebo pro výrobu elektrické energie,
- vysokoteplotní nad 150 °C využitelné pro výrobu elektrické energie turbínovým soustrojím (parní nebo jiná média),
- supertepelní, tlakové (prozatím ve stadiu výzkumu) (Benda a kol., 2012).

3.1.4.1 Tepelná čerpadla

Nízkoteplotní zdroje geotermální energie (do 100 °C) jsou využívány tepelnými čerpadly. K přednostem využití patří možnost uplatnění kdekoli na Zemi, šetření životního prostředí, úspory jiných zdrojů tepelné energie, ochrana klimatu Země, potřeba malé

povrchové plochy, nízká hmotnost tepelného čerpadla, úplná automatizace, bezpečnost provozu a snadná obsluha, nízké provozní náklady tepelného čerpadla (Benda a kol., 2012).

Podle Sannera et al. (2003) jsou geotermální tepelná čerpadla systémy, kombinující tepelné čerpadlo s výměníkem tepla v půdě nebo napájené podzemní vody ze studny. Používají zemi jako zdroj tepla při provozu v režimu vytápění, s kapalinou, obvykle vodou nebo vodní nemrzoucí směsí, jako je médium, které přenáší teplo ze země do výparníku tepelného čerpadla.

Tepelné čerpadlo je vlastně stroj - elektrospotřebič pro získávání přírodní obnovitelné energie, zpravidla z vnějšího prostředí (vzduch, podzemní a povrchová voda, zeminy, horniny) do otopného systému vytápěného objektu. Tepelné čerpadlo převádí nízkopotenciální tepelnou energii na energeticky vyšší, prakticky využitelnou úroveň. Princip činnosti je založen na skupenských přeměnách chladiva ve vnitřním okruhu tepelného čerpadla (Benda a kol., 2012).

Tepelné čerpadla systém voda - voda

Systém spočívá v odebrání tepla z vody studny, pokud to dovolí dostatečnost pramene. Tepelnou energii lze odebírat z povrchových i podzemních vod. Podzemní voda má teplotu 10 °C (Karlík, 2009).

Tepelné čerpadla systém země - voda

Tento systém má:

1. svislý výměník - odebrání tepla z půdy nebo hornin cirkulací nemrzoucí směsi ve svislém vrtném kolektoru,
2. vodorovný výměník - možnost kdekoliv odebrat teplo z půdy nebo hornin cirkulací nemrzoucí směsi ve vodorovném kolektoru. Toto čerpadlo je vhodné umístění na odpovídající velikosti pozemku (Benda a kol., 2012).

Tepelné čerpadla systém vzduch - voda

Zdroj je umístěn na povrchu Země a odebírá tepla z okolního vzduchu. Čerpadlo je vhodné pro instalace na pozemcích s malou plochou (Benda a kol., 2012).

3.2 Biomasa

Energie z biomasy je podle Demirbase (2004) jedním nejstarších zdrojů energie lidstva, zejména ve venkovských oblastech, kde to je často jediná možnost přístupu k cenově dostupným zdrojům energie. Použití biomasy poskytuje značné výhody, pokud jde o životní prostředí. Biomasa absorbuje oxid uhličitý během růstu, a vydává ho při spalování.

Biomasu definuje zákon č. 165/2012 Sb. jako biologicky rozložitelnou část produktů, odpadů a zbytků biologického původu z činnosti v zemědělství a z hospodaření v lesích a souvisejících průmyslových odvětvích, produkty zemědělství pěstované pro účely energetiky a biologicky rozložitelná část odpadu z průmyslu a odpadu komunálního.

Biomasa podle Pastorka a kol. (2004) je definována jako podstata biologického původu (pěstování rostlin v půdě nebo ve vodě, chov živočichů, tvorba organického původu, organické odpady). Biomasa je získávána účelně jako výsledek výrobní činnosti, ale také se jedná o využití odpadů z výroby - zemědělské, lesní a potravinářské, z komunálního hospodářství, a také z péče a údržby o krajinu.

Trenčianský a kol. (2007) biomasu označují jako celkovou hmotu organismů jednotlivých druhů, anebo celého společenství. V tomto smyslu rozlišují dva základní druhy biomasy: biomasu rostlina a biomasu živočichů.

Malat'ák a Vaculík (2008) konstatují, že biomasa je v přírodě volně k dispozici a jejich zásoba je při hospodárném využívání nevyčerpatelná, tzn., že mají obnovitelný charakter. Vzhledem k dohledné vyčerpatelnosti fosilních energetických zdrojů roste význam OZE a řadí se mezi hlavní podmínky trvale udržitelného rozvoje zemědělství, ale i celé společnosti.

Dallemand et Gerbens-Leenes (2013) uvádějí, že biomasa je každá organická, tzn. rozkládající se hmota pocházející z rostlin nebo zvířat, a že k biomase patří dřevo, zemědělské plodiny, byliny a dřeviny energetických plodin, komunální organické odpady a hnůj.

Biomasu dělí na tři základní skupiny Motlík a kol.(2007):

- odpad z průmyslové výroby,
- odpad z lesní či zemědělské produkce,
- záměrně pěstovaná biomasa.

Biomasu určenou k energetickým účelům dělí Motlík a kol. (2007), Pastorek a kol. (2004) do pěti základních skupin:

1. fytomasa s vysokým obsahem lignocelulózy:

- obiloviny - pšenice, žito, ječmen, oves, kukuřice, čirok,

- pícniny - ozdobnice, krmný šťovík, chrastice rákosovitá, topolovka, konopí seté, sléz, křídlatka aj.,
 - dřeviny - topoly, vrby, akáty, olše aj.,
2. fytomasa olejnatých plodin - řepka olejka, slunečnice, dýně, palma olejná aj.,
 3. fytomasa vysokým obsahem cukru a škrobu - brambory, cukrová řepa, aj.,
 4. organické odpady živočišného původu,
 5. směsi různých druhů odpadní biomasy.

Všechny druhy biomasy lze po určité úpravě využít jako vstupní suroviny pro výrobu bioplynu anaerobní fermentací. Biomasa může sloužit k akumulaci energie, kterou je možné využít podle potřeby k výrobě tepla, elektřiny, ke kogeneraci nebo zpracování na hodnotnější biopaliva (Motlík a kol., 2007).

Pro získávání energie se podle Pastorka a kol. (2004) využívá:

- a. biomasa záměrně pěstovaná k tomuto účelu:
 - obilí, cukrová řepa, brambory, cukrová třtina (výroba etylalkoholu),
 - olejnin - především řepka olejná- výroba surových olejů a metylesterů,
 - energetické dřeviny - topoly, vrby olše, akáty a další dřeviny ze stromů a keřů.
- b. biomasa odpadní:
 - rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a z péče a údržby o krajinu: sláma z kukuřice, obilí a řepky, zbytky z luk a pastvin, zbytky po likvidování lesních náletů křovin, odpady z vinic a sadů,
 - odpady z živočišné výroby: výkaly z chovů hospodářských zvířat, zbytky krmiv, odpady z přičleněných zpracovatelských kapacit,
 - komunální organické odpady z venkovského osídlení: kaly z odpadních vod, organický podíl tuhého komunálního odpadu (dále jen TKO) odpadní organické zbytky z péče o zeleň a travnaté plochy,
 - organické odpady z výroby v potravinářství a průmyslu: odpady z provozů na zpracovávající a skladující rostlinnou produkci, z jatek, z mlékáren, z lihovarů a konzerváren, z provozoven vinařství a dřevařských (odřezky, hobliny, piliny),
 - lesní odpady (dendromasa): dřevní materiál z lesa, kůra, pařezy, větve, palivové dřevo, kořeny po těžbě dřeva, odřezky, klest (Pastorek a kol., 2004).

V ČR je 1 120 000 ha půdy pro pěstování biomasy k energetickým účelům, z toho 680 000 ha orné půdy a 440 000 ha trvale travnatých porostů viz tab. 5 (Akční plán pro biomasu, 2012).

Tab. 5 Výměra půdy pro pěstování biomasy k energetickému využití (Akční plán pro biomasu, 2012)

Původ biomasy	Výměra (ha)
Orná půda pro energetické využití	680 000
Trvalé travnaté porosty	440 000
Celkem	1 120 000

3.2.1 Energetické plodiny

Energetické plodiny se pěstují především pro energetické účely, to znamená nikoli pro produkci potravin nebo technické využití. Téměř každou plodinu lze využít pro energii, ale praktický význam mají jen plodiny s určitými, pro využití v energii, vlastnostmi (Murtinger a Beranovský, 2008).

Podle Hutly et al. (2005) energetické plodiny, například energetický šťovík, chrastice rákosovitá, křídlatky a ozdobnice, vytváří významný potenciál jako náhrada za fosilní palivo.

Charakteristické vlastnosti biomasy jsou velmi rozdílné, závisejí na druhu biomasy, na podmínkách pěstování, obsahu vlhkosti, rozměr částic, výhřevnost, obsah popelovin, soudržnost částic atd. Jedním z hlavních činitelů ovlivňujícím zpracování biomasy je podíl vody a sušiny. Za teoretickou mez mezi mokřými a suchými procesy je pokládáno 50 % sušiny (Motlík a kol, 2007).

3.2.1.1 Zemědělské plodiny

Obilniny: jsou nejrozšířenější skupinou plodin v České republice. V současnosti zauímají asi 1,6 milionů ha, z toho 1,3 milionů ha je výměra pšenice a ječmene. Méně kvalitní zrno se používá pro přímé spalování a zbytková sláma pro přímé spalování či k výrobě tuhých paliv - pelet a briket (Benda a kol., 2012).

Kukuřice: se řadí mezi nejrozšířenější plodiny na světě. Botanicky se řadí mezi obilniny, ale z hlediska energetického využití se odděluje. Pro energetické účely se využívá zrno pro přímé spalování, především však na siláž jako surovina pro výrobu bioplynu (Benda a kol., 2012).

Schroyen et al (2014) ve své studii uvádějí, že kukuřičná píce je zemědělský zbytek skládající se z lignocelulózových, celulósových a hemicelulózových polymerů a může být použita jako surovina pro výrobu bioplynu.

Řepka olejka (*Brassica napus*): po roce 1990 se začala řepka více uplatňovat i jako energetická surovina a od roku 2000 se tak stala nejvýznamnější exportní komoditou rostlinné výroby České republiky. Z řepkového semene se lisuje olej a odpadem jsou pokrutiny.

Řepkový olej se používá přímo jako motorové palivo, ale především k výrobě motorového biopaliva MEŘO - metylesteru řepkového oleje.

Řepkový olej je široce používán k výrobě bionafty, zejména v Evropě. Dure et al. (2015) uvádějí, že byla prokázána existence dobrého potenciálu pro pěstování této plodiny po celém kontinentu. Nicméně poukazují na nízkou energetickou účinnost výroby biopaliv z řepky olejné a zároveň upozorňují, že pokud nedojde k technologickému zlepšení ve výrobním procesu, nahrazení fosilních paliv biopalivy z řepkového semene je těžko proveditelnou možností.

Cukrová řepa (*Beta vulgaris*) je z agronomického hlediska jednou z nejdůležitějších okopanin ve střední Evropě a vedle cukrové třtiny druhým největším zdrojem pro výrobu cukru na světě. Odpad a vedlejší produkty z procesu výroby cukru slouží pro energetické účely k výrobě bioetanolu jako motorového paliva a jako suroviny pro výrobu bioplynu (Benda a kol., 2012).

Podle zkušeností Pospíšila (2011), může být při pěstování řepy cukrové pro energetické účely výhodou zjednodušení pěstitelské technologie. Není totiž třeba dosáhnout maximální čistoty šťávy, protože finálním produktem není cukr - krystalizace, ale alkohol - destilace.

Cukrová řepa se považuje za substrát bioplynu, pro její vysoký výnos. Nicméně, odrůdy se liší v kvalitě, zejména obsahem cukru, které mohou mít vliv na tvorbu bioplynu. Starke et al. (2014) se zaměřili na analýzu dopadu různých kvalit řepy na tvorbu bioplynu. Podle nich se odrůdy cukrové řepy nelišily v jejich sušině, a tím i vzniku bioplynu, ale s rostoucím obsahem cukru vede ke zvýšení bioplynových výnosů na kilogram čerstvé hmoty.

3.2.1.2 Trvalé travní porosty

Trvale travní porosty (dále jen TTP) jsou utvářené stanovištními podmínkami nebo činností člověka. Dělí se na přírodní, polopřírodní ovlivňované zemědělskou činností a umělé jsou nově založené po rekultivaci stanoviště. V posledním období se využívají k energetickým účelům, a to v čerstvém stavu, jako surovina pro výrobu bioplynu a po vysušení, jako tuhé palivo na pelety a brikety (Benda a kol., 2012).

TTP patří mezi důležité energetické plodiny. Složení jejich buněčné stěny je rozhodující pro využití v potravinářství, krmivářství, či jako energetické plodiny. Pro výrobu bioplynu je důležitý obsah dusíkatých látek, ve vodě rozpustných sacharidů, neutrálních detergentních a jejich složek, jako je celulóza, hemicelulóza a lignin, nahromaděných v biomase, stejně jako poměr uhlíku k dusíku. Pro energetické účely jsou vhodné porosty vysoko vzrůstných travin např. ozdobnice čínská, chrastice rákosovitá, čiroky, rákos obecný. Z vytrvalých bylin má

vysoký výnos suché hmoty např. křídlatka. Výhodou použití těchto plodin jako zdroje energie je, že zemědělci znají způsob pěstování, sklizně, skladování i přepravy, uvádí Butkute et al. (2014).

Jeteloviny jsou podle Sheaffera et al. (2000) vhodnou zemědělskou plodinou jako zdroj biomasy díky svému pozitivnímu vlivu na půdní úrodnost. Jedná se zejména o značné obohacování půdy o biomasu kořenové hmoty, zlepšování půdních vlastností, uvolňování živin z půdní zásoby, poutání atmosférického dusíku a také protierozní působení. Jejich uplatnění k výrobě bioplynu, tak může přinést kromě profitu z příjmů za energie i k udržení kvalitních trvalých travních porostů v krajině.

Zpracováním biomasy jetelovin se zabývají i Pugesgaard et al. (2014) a uvádějí, že jeteloviny a jetelotravní směsi jsou vhodnou surovinou k výrobě bioplynu v kombinaci s kejdou. Ekologické farmy tak mají nejen možnost zajistit si soběstačnost v kvalitních organických dusíkatých hnojivech, ale také vyrábět energii z obnovitelných zdrojů a přispět tak ke snížení skleníkových plynů.

Také Cherubini et al. (2009) charakterizují kromě jiných zemědělských plodin i jeteloviny, jako vhodnou surovinu pro výrobu alternativní energie a zároveň v nich vidí potenciál nahradit v budoucnu fosilní energie a zmírnit tak změny klimatu a zlepšení kvality životního prostředí vůbec.

3.2.1.3 Cíleně pěstované plodiny

V České republice jsou to byliny pěstované k energetickým účelům a vyhláška č. 477/2012 Sb. je řadí do první kategorie.

Z agronomického hlediska se dělí na jednoleté, víceleté a vytrvalé. Důležité pro výrobu energie je vysoký výnos nadzemní hmoty. Jsou to podle Bendy a kol. (2012) například tyto byliny:

Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*): tráva vysoká až 2 m vyskytuje se v okolí vodních toků a je odolná vůči klimatickým podmínkám. Daří se jí na těžších půdách s bohatou zásobou živin. Výnos chrastice může dosáhnout až 12 t.ha⁻¹. Listy nebo celé rostliny se přímo spalují nebo se používají k výrobě bioplynu. Nejlepší je sklizeň na jaře, kdy rostliny obsah vody je 12 - 20 % (Benda a kol., 2012).

Čirok (*Sorghum sp.*) je vysoce produktivní, sucho-tolerantní druh a vzhledem ke genetickému zlepšování vlastností, lze předpokládat, že tato bioenergetická plodina čirok a jeho hybridy budou pěstovány a používány pro výrobu biopaliv (Rooney et al., 2007). Energetická plodina čirok, může být zpracována s použitím technologie, tak, aby bylo možné získat energii

vytvářející bioprodukt pro výrobu bioplynu. Vzhledem ke svému výrazně vysokému masovému výnosu, je plodinou, která je vhodná jako alternativa kukuřice na siláž ve výrobních zařízeních na výrobu bioplynu. Mezi druhy čiroků patří např. sudánský, který, jak uvádí Kralík et al. (2008), je vysoká tráva poskytující mimořádně vysoké výnosy zelené hmoty a průměrný jeho výnos dosahuje až 82 t.ha⁻¹.

Theuretzbacher et al. (2013) ve své studii posuzovali energetické výnosy tří různých odrůd čiroku, a porovnávali je s kukuřicí. Čirok má potenciál pro výrobu energie, tedy i bioplynu. Taktéž uvádějí, že čirok může velmi dobře v budoucnosti konkurovat kukuřici.

Ozdobnice čínská (*Miscanthus sinensis*): tráva vysokého vzrůstu a výnosu. Pěstují se ze sadby na lehčích strukturních půdách s vyšším množstvím srážek. V našich podmínkách mohou vymrzat, proto se jim daří v teplejších oblastech (Petříková a kol., 2006). V prvním roce se nesklízí, v druhém roce má výnos až 10 t.ha⁻¹, ve třetím a dalších letech až 20 t.ha⁻¹. Využívá se pro výrobu tepla přímým spalováním, nebo jako surovina pro výrobu plyných biopaliv (Benda a kol., 2012).

Krmný šťovík (*Rumex tienshanicus*) je vytrvalá rostlina dosahující výšky až 2,5 m, která již od druhého roku po založení dosahuje výnosu nejméně 6 t.ha⁻¹, v optimálních podmínkách 10-14 t.ha⁻¹. Je to perspektivní energetická bylina a zkouší se pěstovat v různých zemích Evropské unie (Benda a kol., 2012).

Při spalování biomasy jsou sledovány emise CO a NO_x a podle Hutly et al. (2005) nejvyšší hodnoty byly dosaženy právě u šťovíku.

Konopí seté (*Cannabis sativa* L.) je mohutná rostlina dorůstající do výšky až 4 m. Celá rostlina se využívá pro přímé spalování nebo se ze slámy vyrábějí pelety a brikety. Průměrný celkový výnos rostliny v plné zralosti je asi 8 t.ha⁻¹ (Benda a kol.).

Kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea*) je vysoká, výběžkatá tráva, která dorůstá do výšky až 150 cm. Sláma se využívá ve formě balíků k přímému vytápění v biokotelnách. Řezanka se zpracovává na pelety a brikety pro vytápění v kotlích i kamnech s automatickým přikládáním (Petříková a kol., 2006).

3.2.1.3.1 Rychle rostoucí dřeviny

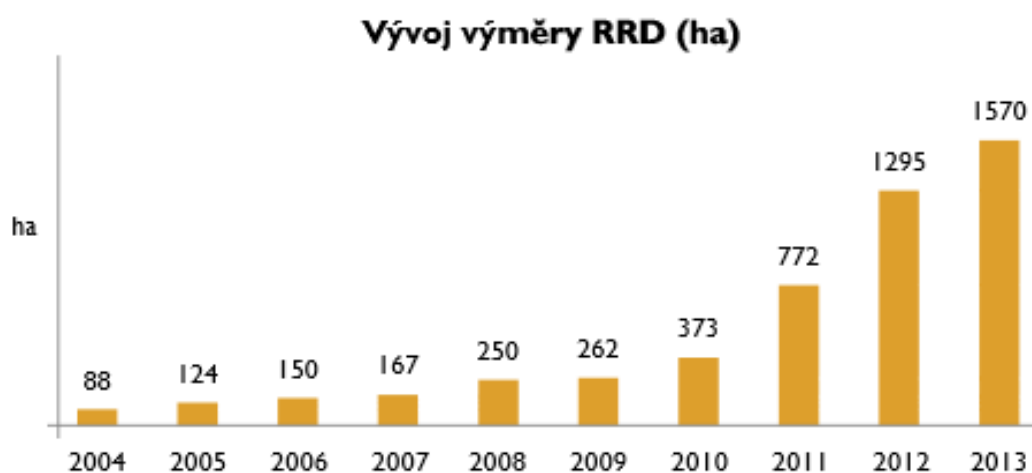
Rychle rostoucí dřeviny (dále jen RRD) patří podle vyhlášky č. 477/2012 Sb. také do první skupiny druhů biomasy, jejichž nadzemní hmota je využita k energetickým účelům.

Jedná se např. o černý nebo balzámový topol, vrby, duby, akáty, osiky a břízy, které podle Pastorka a kol. (2004) přinášejí dobré výsledky v pěstování.

Pěstování je vhodné v oblastech, které jsou ohroženy imisemi a je tam omezené pěstování plodin pro potravinářské účely, s mírným podnebím, dobrou zásobou vody a živin v půdě. Dalšími předpoklady pro efektivní pěstování RRD jsou např. vysoký vzrůst rostlin v mládí, obrůstací schopnost pařezů po obmýtí, odolnost proti škůdcům a chorobám, vhodný pozemek pro mechanizační zpracování, snášenlivost konkurence bez regulovatelných zásahů. Nejvýznamnějšími faktory pro výnosy z plantáží s různou obmýtní dobou jsou: stanoviště, půdní podmínky, druh rostliny, kvalita ošetřování a vodní systém (Pastorek a kol., 2004).

Výroba dřevní biomasy závisí na schopnosti některých dřevin růst velmi rychle a to i po seříznutí nadzemní části. Tuto vlastnost mají především topoly a vrby. Produktem je dřevní biomasa nejčastěji ve formě štěpky, využitelná hlavně jako palivo k vytápění a ke kombinované výrobě tepla a elektřiny (Benda a kol., 2012).

Vývoj pěstebních ploch s RRD v ČR se začal dynamicky rozvíjet v letech 2012 a 2013, viz graf 3. Proti roku 2010 je nárůst v roce 2013 téměř pětinasobný. Tomuto nárůstu se dá přičíst vliv úrodnosti půdy a také možnost čerpat dotace jednotných plateb na plochu (SAPS) a TOP-UP (Ministerstvo zemědělství, 2013).



Graf 3 Vývoj výměry RRD (Ministerstvo zemědělství, 2013).

3.2.1.4 Lesní biomasa

Využívá se pro výrobu tepla v centrálních a lokálních zdrojích, pro výrobu elektřiny v elektrárnách spolužalováním nebo čistým spalováním biomasy. Do lesní biomasy se řadí palivové dřevo, dřevní hmota po těžbě dřeva a z prořezávek mladých porostů a RRD, kůra lesních stromů a dřevin (Benda a kol., 2012).

3.2.2 Zbytková biomasa

Při zpracování primárních zdrojů rostlinné a živočišné biomasy vzniká jako vedlejší produkt zbytková biomasa například: méně hodnotná lesní biomasa při zpracování dřeva v papírenském a dřevozpracujícím odvětví, kaly z čistíren vod, komunální odpad, odpady z potravinářské a lihovarnické výroby, exkrementy hospodářských zvířat, rostlinné zbytky z rostlinné výroby (Trenčiansky a kol., 2007).

3.2.2.1 Sláma obilnin a olejnin

Biomasa obilnin a olejnin byla dříve využívána v živočišné výrobě jako krmivo a stelivo a část jako organické hnojivo bylo zaoráno na poli. Z důvodu poklesu objemu živočišné výroby se využívá tato biomasa i k energetickým účelům. Je nenáročná na skladování, logistiku i spalování. Ze slámy se lisují pelety a brikety (Benda a kol., 2012).

3.2.2.2 Odpady ze živočišné výroby

Odpady ze živočišné výroby se využívají v rostlinné výrobě jako kvalitní organická hnojiva, nebo ve směsi mohou být využity jako doplňková surovina pro výrobu kompostu nebo bioplynu. Podle Benda a kol. (2012) to jsou:

- hnůj: zušlechtěná směs podestýlky s tuhými a tekutými výkaly hospodářských zvířat, která vzniká fermentací chlévské mrvy,
- chlévská mrva: nezušlechtěná směs tuhých výkalů, moče, steliva, zbytků krmiva a vody. Chlévská mrva zraje na hnojišti a vzniká hnůj,
- kejda: částečně zkvašená směs tuhých a tekutých výkalů hospodářských zvířat a zbytků krmiv s určitým podílem technologické vody a vzniká při bezstelivových chovech skotu, prasat a drůbeže,
- močůvka: prokvašená moč ustájených hospodářských zvířat zředěná vodou. Přestože obsahuje jen malé množství organických látek, je to hodnotné hnojivo (Benda a kol., 2012).

3.2.2.3 Komunální odpady

Komunální odpady nejsou legislativou definovány za OZE, ale jejich energetický potenciál převyšuje potenciál biomasy. Obsahují část biologicky rozložitelnou (cca 40 %), vhodnou ke kompostování, výrobě bioplynu apod., zbývající část je možno recyklovat nebo tepelně rozložit spalováním nebo pyrolýzou. Směsné komunální odpady jsou skladovány na skládkách, kde biologicky rozložitelná část produkuje skládkový plyn, který je možno využít

v kogenerační jednotce k výrobě elektřiny a tepla. Jiná varianta je přímá výroba tepla a elektřiny v zařízeních na energetické využití odpadů (Benda a kol., 2012).

3.2.2.4 Ostatní zbytková biomasa

Další druhy zbytkové biomasy mají specificky energetické využití a jejich zdroje jsou např.:

- zbytky ze zpracování zemědělských plodin přímo v zemědělském podniku např. odřezky, chrást, obilné otruby, vhodné pro kompostování, přímé spalování nebo jako surovina pro výrobu bioplynu,
- znehodnocené obiloviny a olejniny. Jde o méně kvalitní zrna obilnin a semena olejin, která nejsou vhodná pro potravinářské či krmné účely. Spalují v malých zařízeních, neboť jejich zdroje nejsou velké,
- zbytky z výroby potravin např. kaly z praní, čištění, extrakce, loupání, odstředování a separace ze zpracování ovoce a zeleniny a dalších potravinářských průmyslových procesů při kterých vzniká zbytková biomasa,
- zbytky z výroby lihovin: zbytkové oleje a tuky, alkoholy vyráběné z biomasy a ostatní kapalná biopaliva, zbytky z destilace lihu. Lihovarnické výpalky vznikají při produkci alkoholu. Pro spalování je nutné je filtrovat a vysoušet, protože mají vysoký obsah vody,
- vyslazené řepné řízky: musí se lisovat, protože obsahují asi 93 % vody,
- zbytky z údržby travních ploch: tráva po seči travních ploch nejprve suší na pozemku,
- čistírenské kaly mají nízký obsah sušiny a přímé spalování je neekonomické.

Vyháněním jsou vysušeny na 25-30 % objemu sušiny (Benda a kol., 2012).

3.3 Přeměna biomasy na energii

Pastorek a kol. (2004), Motlík a kol. (2007) kategorizují technologie pro zpracování biomasy do čtyř skupin:

1. suché procesy - termochemické přeměny biomasy:
 - spalování, zplyňování, pyrolýza.
2. mokré procesy - biochemické přeměny biomasy:
 - alkoholové kvašení, metanové kvašení.
3. fyzikální a chemické přeměny biomasy:
 - mechanické (štípání, drcení, peletování, lisování, briketování, mletí atd.),
 - chemické (esterifikace surových bioolejů).
4. získávání odpadního tepla při zpracování biomasy:

- kompostování, aerobní čištění odpadních vod, anaerobní fermentace pevných organických zbytků atd.

Způsoby využívání biomasy je podle vyhlášky č. 477/2012 Sb. rozděleno při:

1) výrobě podporované elektřiny je biomasa využívána v procesu:

- spalování nebo zplynování,
- současného spalování různých druhů paliva,
- anaerobní fermentace,
- spalování biokapalin.

2) výrobě podporovaného tepla je biomasa využívána v procesu:

- spalování nebo zplynování,
- společného spalování s druhotným zdrojem,
- spalování biokapalin.

3) výrobě biometanu je biomasa využívána v procesu anaerobní fermentace.

3.3.1 Přímé spalování

Při spalování paliv dochází k chemickému pochodu, v kterém se slučují hořlavé prvky obsažené v hořlavině paliva s kyslíkem a dochází k uvolňování tepla. Slučováním hořlavých prvků s kyslíkem vznikají spalovací reakce, které se označují reakcemi exotermickými (Pastorek a kol., 2004).

3.3.2 Zplynování

Technologie zplynování probíhá ve dvou fázích. Nejdříve při teplotě okolo 800 °C bez přístupu vzduchu vzniká dřevěné uhlí a dehet. Ve druhé fázi reagují vzniklé produkty s omezeným množstvím vzduchu. Vysoká účinnost zplyňování, která může být až 85 %, vytváří předpoklady především při zpracovávání dřevních odpadů (Kaminský a Vrtek, 1998).

3.3.3 Metanové kvašení

Bioplyn, používaný pro výrobu elektřiny, tepla nebo pro výrobu biometanu, je plynné palivo vyráběné z biomasy (zákon č. 165/2012 Sb.).

Benda a kol. (2012) konstatují, že bioplyn neobsahuje CO₂ a vzniká anaerobním štěpením organických látek díky bakteriím pracujícím bez přístupu kyslíku. Je to stejné jako v přírodě, jen s rozdílem, že proces v přírodě probíhá aerobně, za přítomnosti kyslíku. Zbytky vyhnívajících procesů jsou cenným hnojivem nebo kompostem. Organická hmota se štěpí na metan působením bakterií probíhající v teplotním rozsahu 10 až 60 °C. Teplota prostředí je

hlavním parametrem určujícím úroveň látkové výměny a tím i množení mikroorganismů. Druhy zpracovávaných substrátů v tomto okruhu se zpracovávají převážně tuhé, především z chlévské mrvy, nebo tekuté a to z kejdy hospodářských zvířat.

Biometanem upravený bioplyn je podle zákona č. 165/2012 Sb. kvalitou a čistotou srovnatelný se zemním plynem, a je pokládán po vstupu do distribuční či přepravní struktury za zemní plyn.

Bioplyn se získává v bioplynových stanicích, které téměř všechny mají technologickou část příjmovou, kde se připravuje materiál, fermentor, bioplynovou koncovku na úpravu a skladování bioplynu a kalovou koncovku. Bioplynové stanice pracují podle zpracování buď tekutého (mokrý fermentace) nebo tuhého materiálu (suchá fermentace) (Benda a kol., 2012).

3.3.4 **Alkoholové kvašení**

Fermentací roztoku cukrů se produkuje ethylalkohol. Vhodnými rostlinami jsou cukrová řepa, obilí, kukuřice, brambory a ovoce. Při výrobě průmyslového alkoholu z dřevních odpadů je prvním technologickým krokem energeticky náročná hydrolýza, doprovázená rozkladem celulózy na jednoduché cukry. Pak následuje kvašení cukrů a destilace surového produktu (Kaminský a Vrtek, 1998).

Fermentace cukrů může probíhat pouze v mokřém prostředí. Z 1 kg cukru lze teoreticky získat 0,65 l čistého ethanolu, který je vysoce hodnotným kapalným palivem pro spalovací motory. Přednostmi paliva jsou ekologická čistota a antidetonační vlastnosti, nedokonalostí je schopnost vázat vodu a působit korozi motoru (Motlík a kol., 2007).

3.3.5 **Chemická přeměna**

Bionaftou bývá obecně označována směs MEŘA - metylesteru řepkového oleje a motorové nafty. Základní složkou bionafty jsou metylestery řepkového oleje (MEŘO), esterifikací, kdy se mísí olej vylisovaný z řepkových semen s metanolem za působení dalších katalyzátorů. Vedlejším produktem výroby metylesteru je glycerin, který se využívá dále v chemickém průmyslu. V zahraničí se k výrobě MEŘO používá např. olej ze sójových bobů. MEŘO je čirá kapalina bez jakýchkoliv nečistot, zbarvená do žluta, s vodou nemísitelná, hořlavá kapalina III. třídy nebezpečnosti, (Motlík a kol., 2007).

Podle Kaminského a Vrtka (1998) v hospodářském smyslu zatím nemůže bionafta konkurovat ropným produktům. Výroba má podstatu hlavně z ekologických důvodů, jde

o náhradu fosilních paliv obnovitelnými zdroji, o rychlé biologické odbourávání spalín, zhruba poloviční kouřivost motorů a menší hlučnost motorů při využívání bionafty.

3.4 Využití biomasy

Energetickému využití biomasy se věnuje pozornost ve všech vyspělých zemích světa. Podporuje se výzkum zaměřený na zvýšení efektivity zpracování biomasy a hlavně zvýšení jejího uplatňování. V České republice a zemích EU se v současnosti experimentuje s pěstováním biomasy přímo pro energetické účely. Pro energetické plantáže na půdách pro zemědělství je důležitá volba plodiny (Kaminsky a Vrtek, 1998).

V ČR je velký potenciál zemědělské půdy, cca. 0,5 milionů ha, který je možno využít pro pěstování energetické biomasy. Celá řada plodin, určená k energetickým účelům, se již u nás pěstuje (Motlík a kol, 2007).

V Akčním plánu pro biomasu (2012) se uvádí, že je možné současný podíl biomasy na světové úrovni dodávek primárních energetických zdrojů (dále jen PEZ) zvýšit do roku 2050 dvakrát až šestkrát za podmínek vytvoření udržitelného rámce pro regionální využívání zemědělské půdy a lesního potenciálu, a zamezení případného problému mezi potřebou potravinové výroby pro zajištění budoucí populace na planetě a energetickým využíváním půdy, omezenými zdroji vody a ochranou biodiverzity. Také je nutné dobře provázat energetická a klimatická opatření, což znamená snížit energetickou spotřebu, zvýšit energetickou efektivnost její výroby, zvýšit podíl OZE a snížit tím spotřebu fosilních paliv, přijmout veškerá legislativní opatření a jejich změny, které nastávají v klíčových zemích EU. Pro ČR je nezbytné tyto změny sledovat a zohledňovat v rámci národních plánů.

Podle Bentsena et al. (2012) jsou tři hlavní zdroje pro využití biomasy pro účelům energetiky: lesní biomasa, zemědělské zbytky a energetické plodiny. Přičemž poslední se pravděpodobně bude vyvíjet jako nejdůležitější zdroj v budoucnosti. Také předpokládají, že bude využití půdy a její změny zásadní otázkou pro udržitelnou výrobu bioenergie, zvláště dostupnost půdy bude v konečném důsledku velmi limitujícím faktorem.

Využití biomasy pro energetické účely je v ČR v posledních 20. letech odvětvím hospodářské činnosti, které se rozvíjí. Vyrobený objem energie z biomasy stále významněji doplňuje postavení energetických zdrojů v ČR, nemůže zatím však výrazně konkurovat jiným PEZ (Akční plán pro biomasu, 2012).

3.4.1 Výhody a nevýhody využití biomasy

Kapacita OZE pro evropské zemědělství představuje schopnost uskutečňovat část své produkce na suroviny pro výrobu energie s předpokládanými výhodami pro zemědělce, jako je zvýšení cen zemědělské produkce, stabilizace příjmové situace, zachování a vznik nových pracovních míst, rozvoj trhu s biomasou atd. (Doucha et al., 2011).

Doucha et al. (2011) sledovali možné riziko využívání zemědělské biomasy pro energii ve vztahu ke globální potravinové bezpečnosti. Upozorňovali také na existující riziko, že zvýšená poptávka po biomase může přispět k nadměrné intenzifikaci v zemědělských postupech, nebo k nevratné přeměně ekologicky hodnotných oblastí a přírodních zdrojů, čímž by byla ohrožena bezpečnost životního prostředí na Zemi. Podle nich by např. politika etanolu neprošla testem celkových nákladů a výnosů, a že má nepříznivý dopad na ceny potravin, na chudobu zejména v rozvojových zemích nebo vytvoření vyšších emisí skleníkových plynů v důsledku nepřímých změn ve využívání půdy. Na druhou stranu zdůrazňovali přínosy politiky v oblasti biopaliv, včetně snížení ceny pohonných hmot, ale v souvislosti s tím, také poukazovali na dopad politiky v oblasti emisí biopaliv na oxid uhličitý.

Oxid uhličitý je anorganická sloučenina uhlíku, která se při fotosyntéze redukuje a uhlík se do organických uhlíkatých sloučenin zabudovává. Tyto organické sloučeniny se oxidací při dýchání a hoření nebo biologickou úpravou mění zpět na oxid uhličitý (Pastorek a kol., 2004).

Spalování biomasy je považováno podle Makipaa et al. (2015) v produkci uhlíku za neutrální, ale intenzivní vysoká sklizeň biomasy může negativně ovlivnit zásoby uhlíku v lesní půdě a vegetaci, které mohou kompenzovat výhody nahrazením fosilních paliv biomasou.

Falkowski et al. (2000) uvádějí, že je rychlý nárůst atmosférického CO_2 v důsledku lidské činnosti od průmyslové revoluce a že znalosti o koloběhu uhlíku v oceánech, suchozemských ekosystémech a atmosféře jsou dostatečné, aby jim umožnili dojít k závěru, že i když přírodní procesy mohou potenciálně zpomalit tempo růstu atmosférického CO_2 , není to přirozený "spasitel", který asimiluje všechny antropogenními produkce CO_2 v budoucnosti.

Energetické využívání zemědělské biomasy stabilizuje hospodaření zemědělců, zvyšuje zaměstnanost na venkově a přispívá k udržitelnému rozvoji krajiny. K energetickým účelům se v ČR využívají i některé potravinářské a krmné plodiny. Perspektivní je využití zejména cíleně pěstovaných energetických bylin a dřevin. Využívání OZE je jedním z faktorů, kterými lze ovlivnit snahu o snižování emisních látek znečišťujících ovzduší (Benda a kol., 2012).

Pimentel a Patzek (2005) ve svých studiích uvádějí, že energie obsažená v měrné jednotce etanolu, vyrobeného například z kukuřice nebo dřevní biomasy, je nižší, než množství energie, zpravidla z fosilních zdrojů, potřebné na výrobu této měrné jednotky. Spotřeba energie na výrobu biopaliv je tedy větší než obsah energie v biopalivech samotných. V případě bionafty ze sóji a slunečnice je záporné saldo menší než u etanolu. Záporná energetická bilance pro výrobu etanolu podle autorů je následující:

- s pomocí kukuřice seté je potřeba o 29 %,
- s využitím dřevní biomasy je potřeba o 57 %.

Záporná energetická bilance je rovněž v případě výroby bionafty, kde primární energetické vstupy, zpravidla z fosilních zdrojů, na měrnou jednotku bionafty, převyšují energii obsaženou v měrné jednotce o 27 % v případě sóji a o 18 % v případě slunečnice (Pimentel a Patzek, 2005).

Energetickou bilancí plodin se zabýval také Stražil (1999) a hodnotil tři vytypované rostliny pro energetické nebo průmyslové využití: čirok sudánská tráva - "Hyso", ozdobnice čínská a chrastice rákosovitá. Vypočteny byly dílčí a celkové energetické vstupy, energetické výstupy a energetická efektivnost sledovaných rostlin. Při výpočtech počítal s přímou spotřebou energie v zemědělství ve formě paliv, elektrické energie, tepla a nepřímou formou energie, která se spotřebovává na výrobu zemědělské techniky, produktů chemického průmyslu a na zemědělskou výstavbu.

Z výsledků vyplynulo, že všechny tři vytypované plodiny splňují z energetického hlediska dispozice pro pěstování energetických rostlin. Podmínkou úspěšného pěstování energetických rostlin je dosažení dobrých výnosů při relativně malých vstupech, kdy za výhodné a konkurence schopné (současným klasickým surovinovým zdrojům) se považují ty rostliny pěstované na fytomasu, z kterých se získá nejméně 10 jednotek energie na jednotku vloženou (Stražil, 1999).

Humpenöder et al. (2013) ve své práci uvádějí, že o biopalivech se hovoří jako o jedné z cest pro zmírnění důsledků klimatické změny. V těchto úvahách však nebývají zahrnuty negativní dopady plynoucí ze změn využívání půdy, které mají dopad na potenciálně dosažitelné úspory emisí skleníkových plynů. Ve studii zhodnotili vliv změn využívání půdy na celkové emise skleníkových plynů výkon biopaliv 1. generace pro EU. Analýza scénářů byla provedena na základě spojení modelu prostorového využití půdy na posuzování životního cyklu (LCA) biopaliv. Data o spotřebě biopaliv byly čerpány z údajů v odvětví dopravy v EU všech 27 členských států. Výpočet emisí skleníkových plynů byl proveden s použitím geografického informačního systému. Dále uvádějí, že získané údaje o posuzování

životního cyklu byly implementovány do směrnice EU o obnovitelných zdrojích energie (RED). Přestože prostý výpočet, provedený bez zřetele ke změnám využívání půdy, vedl k výsledku úspory emisí skleníkových plynů oproti fosilním palivům cca 50 %, což by znamenalo splnění cíle, který ukládá úsporu ve výši 35 %, se započtením vlivu změn využívání půdy, cíl naplněn nebyl, a to v žádné z uvažovaných modelací. V nejrealističtějších simulacích jsou v případě biopaliv 1. generace dosahované úspory emisí skleníkových plynů v rozmezí 2 až 13 %. Humpenöder et al. (2013) doporučují, aby na základě zjištění závěru, byly vnitrostátní politické plány na využívání biopaliv přehodnoceny a revidovány v jejich současné podobě, neboť nevykazují efekt ke zmírnění globálního oteplování na úrovni EU.

4 Legislativní opatření a normy v energetice

Obnovitelné zdroje energie pro území ČR jsou upraveny závaznými legislativními předpisy a normami ČR, do kterých byla implementována směrnice a nařízení EU. Legislativa vymezuje veškerá opatření pro podporu využívání energie z obnovitelných zdrojů v rámci Evropské unie, na mezinárodní a národní úrovni (Benda a kol., 2012).

4.1 Legislativní opatření ČR

V České republice jsou obnovitelné zdroje energie na území ČR upraveny zákonem č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie. Patří sem podpora elektřiny, tepla a biometanu, druhotný energetický zdroj, vysokoúčinná kombinovaná výroba elektřiny a tepla a decentrální výroba elektřiny, výkon státní správy a práva a povinnosti fyzických a právnických osob.

Zákon č. 165/2012 Sb. stanovuje obsah a tvorbu Národního akčního plánu České republiky pro OZE, podmínky pro vydávání, evidenci a uznávání záruk původu energie z OZE, podmínky pro vydávání osvědčení o původu elektřiny vyrobené z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepelné energie nebo druhotných zdrojů. Zákonem je dále upraveno financování podpory na úhradu nákladů spojených s podporou elektřiny z podporovaných zdrojů, tepla z OZE, výroby necentrální elektřiny, biometanu a poskytování dotace operátorovi trhu na krytí nákladů s tím spojených a odvod z elektřiny ze slunečního záření.

Posláním uvedeného zákona je v zájmu ochrany životního prostředí a klimatu, podporovat využití OZE, druhotných zdrojů, vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla, biometanu a decentrální výroby elektřiny, zajistit zvyšování podílu OZE na spotřebě PEZ k dosažení stanovených cílů, přispět k šetrnému využívání přírodních zdrojů a k trvale udržitelnému rozvoji společnosti a vytvořit podmínky pro naplnění závazného cíle podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie v ČR. Cílem je rovněž zohlednit zájmy zákazníků a to především minimalizovat dopady podpory na ceny energií pro odběratele ČR (zákon č. 165/2012 Sb.).

Prováděcím předpisem k uvedenému zákonu je vyhláška č. 477/2012 Sb., která stanovuje druhy a parametry podporovaných OZE pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení a uchování dokumentů. Vyhláška stanovuje způsoby využití biomasy při výrobě elektřiny a to spalováním nebo zplynováním, současným spalováním různých druhů paliva, s výjimkou případů, kdy je výroba elektřiny nebo tepla možná jen prostřednictvím

zažehnutí minimálního množství jiného paliva, anaerobní fermentace, nebo spalováním biokapalin. Pro výrobu podporovaného tepla je biomasa využívána v procesu spalování nebo zplynování, společného spalování s druhotným zdrojem, nebo spalování biokapalin. Při výrobě biometanu se biomasa využívá v procesu anaerobní fermentace. Druhy biomasy, kterých se týká podpora, zákon zařazuje do jednotlivých skupin do třech kategorií (vyhláška č. 477/2012 Sb.).

Důležitou právní normou v energetice je zákon č. 458/2000 Sb., zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, tzv. energetický zákon. Tento zákon stanovuje podmínky podnikání v energetických odvětvích pro výrobu, přenos, distribuci a obchod s elektřinou, činnost operátorů trhu; výroba, přeprava, distribuce, uskladňování a obchod s plynem a výrobu tepelné energie na základě udělených licencí Energetickým regulačním úřadem pro území ČR (zákon č. 458/2000 Sb.).

Ve vyhlášce č. 347/2012 Sb. jsou stanoveny technicko-ekonomické parametry OZE pro výrobu elektrické energie a doba životnosti pro výrobní elektřiny z OZE.

Nařízení vlády č. 351/2012 stanovuje kritéria udržitelnosti biopaliv, požadavky na systém kvality a systém hmotnostní bilance, náležitosti prohlášení a dílčího prohlášení o shodě s kritérii udržitelnosti a náležitosti samostatného prohlášení pěstitele biomasy včetně náležitostí dokumentace pěstitele biomasy dle zákona, náležitosti certifikátů podle zákona, základní hodnotu produkce emisí skleníkových plynů pro fosilní pohonné hmoty a obsahové náležitosti zprávy o emisích.

Zákon o ochraně ovzduší (201/2012Sb.) stanovuje pravidla pro předcházení znečišťování ovzduší a snižování úrovně znečišťování tak, aby byla omezena rizika pro zdraví lidí způsobená znečištěním ovzduší, snížení zátěže životního prostředí látkami vnášenými do ovzduší a poškozujícími ekosystémy a vytvoření předpokladů pro regeneraci složek životního prostředí postižených v důsledku znečištění ovzduší.

Vyhláška (č. 6/2003 Sb.) stanovuje hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností staveb zařízení pro výchovu a vzdělávání, vysokých škol, škol v přírodě, staveb pro zotavovací akce, zdravotnických zařízení léčebně preventivní péče, ústavů sociální péče, ubytovacích zařízení, staveb pro obchod a staveb kde se shromažďuje větší počet osob.

Zákonem č. 383/2012 Sb. o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů jsou upravena:

- práva a povinnosti provozovatelů zařízení, provozovatelů letadel a dalších osob při obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů,

- postup při vydávání povolení k emisím skleníkových plynů a rozhodování o jeho změnách,
- postup při vydávání a přidělování povolenek a podmínky obchodování s nimi,
- podmínky hospodaření s povolenkami, jednotkami přiděleného množství a jinými právy k vypouštění emisí skleníkových plynů,
- použití jednotky snížení emisí a ověřeného snížení emisí z projektových činností v systému obchodování s povolenkami,
- působnost orgánů veřejné správy podle tohoto zákona,
- sankce za porušení uložených povinností stanovených tímto zákonem nebo uložených na jeho základě.

4.2 Legislativní opatření EU

EU vymezila směr pro dlouhodobý rozvoj zásobování energií z aktuální závislosti na fosilních zdrojích k dominanci obnovitelných zdrojů. Hlavní pozornost má v evropských politikách a strategiích energie, biomasy a bioenergie (Bentsen et Felby, 2012).

Podpora využívání energie z obnovitelných zdrojů patří mezi opatření ke splnění Kjótského protokolu k Rámcové úmluvě Organizace spojených národů o změně klimatu a dalších závazků EU a mezinárodních závazků týkajících se snižování emisí skleníkových plynů. Tato Rámcová úmluva stanovuje za účelem stabilizace koncentrací skleníkových plynů v atmosféře na bezpečné úrovni mimo jiné základ pro finanční podporu opatření k omezení emisí těchto plynů. Kjótský protokol z roku 1997 stanovuje cíle týkající se omezení emisí a plán k jejich dosažení. Je základem pro obchodování s emisními povolenkami a byla zavedena opatření zaměřené na redukci emisí. V jihoafrickém Durbanu na 17. zasedání konference smluvních stran Rámcové úmluvy Organizace spojených národů o změně klimatu a 7. Zasedání smluvních stran Kjótského protokolu v roce 2011 se dohodlo, že se bude připravovat nová smlouva o kontrole emisí skleníkových plynů (Benda a kol., 2012).

Energetická bezpečnost a zmírňování změny klimatu jsou klíčovými prvky v současné evropské energetické politice. V Evropské unii je celkový cíl pro obnovitelné zdroje energie je vyšší než kdekoli jinde (Bentsen et Felby, 2012).

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů, se zabývá veškerými souvislostmi s rozvojem OZE v členských státech Evropy a mimo jiné právně závazným podílem energie z OZE na hrubé konečné spotřebě energie (Beurskens et al., 2011).

Směrnice ukládá členským státům v roce 2020 podílet se energií z OZE na hrubé konečné spotřebě nejméně 20 % ve Společenství. Každý jednotlivý členský stát na základě určeného národního cíle, zajistí splnění 20 % cíle, nebo jeho překročení. Každý členský stát také zajistí, aby podíl energie z OZE ve všech druzích dopravy v roce 2020 činil alespoň 10 % konečné spotřeby energie v dopravě. V tab. 6 je procentuální vyčíslení podílů OZE na hrubé konečné spotřebě jednotlivých členských států, kterých by do 2020 měly dosáhnout. ČR má cíl podílet se OZE na hrubé konečné spotřebě 13 %, podíl by tedy měl vzrůst o více než 50 % oproti roku 2005 (Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES).

Tab. 6 Celkové národní cíle určující podíl energie z OZE na hrubé konečné spotřebě energie v roce 2020 (Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES)

Členský stát	Podíl energie z OZE na hrubé konečné spotřebě v roce 2005	Cílová hodnota podílu z OZE na hrubé konečné spotřebě v roce 2020
Belgie	2,2%	13%
Bulharsko	9,4%	16%
Česká republika	6,1%	13%
Dánsko	17%	30%
Německo	5,8%	18%
Estonsko	18%	25%
Irsko	3,1%	16%
Řecko	6,9%	18%
Španělsko	8,7%	20%
Francie	10,3%	23%
Itálie	5,2%	17%
Kypr	2,9%	13%
Lotyšsko	32,6%	40%
Litva	15%	23%
Lucembursko	0,9%	11%
Maďarsko	4,3%	13%
Malta	0%	10%
Nizozemsko	2,4%	14%
Rakousko	23,3%	34%
Polsko	7,2%	15%
Portugalsko	20,5%	31%
Rumunsko	17,8%	24%
Slovinsko	16%	25%
Slovenská republika	6,7%	14%
Finsko	28,5%	38%
Švédsko	39,8%	49%
Spojené království	1,3%	15%

K dosažení těchto cílů mohou členské státy použít opatření režimů, podpor a opatření v podobě spolupráce mezi jednotlivými členskými státy a mezi členskými státy a třetími zeměmi za účelem dosažení celkových národních cílů (Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES).

Podle článku 4 směrnice, každý členský stát byl povinen předložit Národní akční plán pro energii z OZE do 30. června 2010 (Beurskens et al., 2011).

Vzhledem k této směrnici schválila Komise vzor pro národní akční plány pro energii z OZE, který obsahuje minimální požadavky (Rozhodnutí Komise 2009/548/ES).

4.3 Státní energetická koncepce České republiky

Státní energetická koncepce definuje priority a cíle ČR v energetickém odvětví a charakterizuje konkrétní realizační nástroje energetické politiky státu (Motlík a kol., 2007).

Podle tohoto dokumentu je využití obnovitelných zdrojů pro energetiku cílem s vysokou prioritou. Jeho hlavním cílem je zaopatřit spolehlivou, bezpečnou a k životnímu prostředí šetrnou dodávku energie pro potřeby všeho obyvatelstva a celé ekonomiky ČR, a to za konkurenceschopné a přiměřené ceny za běžných podmínek (Národní akční plán, 2012).

Navazujícím dokumentem je Národní akční plán ČR pro výrobu energie z OZE, který se snaží o zajištění využívání potenciálu biomasy stanoveného Akčním plánem pro biomasu a vše bylo v souladu s požadavky na ochranu životního prostředí a zajištění potravinové bezpečnosti (Aktualizace Státní energetické koncepce České republiky, 2012).

Dle Motlíka a kol. (2007) je nutné dále v souladu s cíly EU využívat optimálně OZE k posílení nezávislosti na vnějších zdrojích, ke zvýšení spolehlivosti energetických systémů, ke snížení nepříznivého vlivu energetiky na životní prostředí, k řešení problémů ochrany krajiny a řešení problémů sociálních včetně zaměstnanosti.

Státní energetické koncepce České republiky (2012) očekává vývoj energetiky PEZ do roku 2040, který je patrný v tab. 7, kdy je očekáván, z důvodu úspor energie, pokles spotřeby tepla v soustavách zásobování teplem i v decentralizované výrobě, ale vyrovnávat ho bude spotřeba vytápění větších vytápěných ploch domácností a ve službách. Celkový pokles nebude nijak výrazný. Rostoucí spotřebu elektřiny ovlivní přechodem používání zdrojů na elektřinu a zvýšený počet domácností (Aktualizace Státní energetické koncepce České republiky, 2012).

Podíl obnovitelných a druhotných zdrojů energie, především biomasy a odpadů poroste na rozdíl od hnědého uhlí, a to právě v důsledku přeměny a modernizace energetiky. Podíl hnědého uhlí poklesne od roku 2010 do roku 2040 přibližně o 64 % a potom ho částečně nahradí zemní plyn. Vzrůst podílu jaderného paliva ve stejném období se očekává přibližně o 44 % (Aktualizace Státní energetické koncepce České republiky, 2012).

Tab. 7 Vývoj a struktura PEZ (Aktualizace Státní energetické koncepce ČR, 2012)

PEZ	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
	(PJ)						
Černé uhlí	195,0	188,8	176,2	146,0	129,5	124,3	120,8
Hnědé uhlí	564,3	498,5	393,2	309,5	246,7	234,1	204,2
Zemní plyn	336,1	345,3	345,0	342,3	346,0	379,6	399,1
Ropa a ropné produkty	370,6	365,3	359,0	354,7	350,5	337,7	333,5
Jaderné palivo	305,4	318,6	318,6	491,8	505,8	541,3	545,2
Elektrina (saldo)	-53,8	-52,8	-6,6	-48,5	-20,7	-41,0	-30,5
Ostatní paliva	10,4	12,8	14,5	19,6	24,6	24,6	24,6
Obnovitelné a druhotné zdroje energie	119,1	162,0	191,4	227,3	260,0	286,8	313,2
PEZ	1 847,2	1 838,6	1 791,3	1 842,8	1 842,5	1 887,4	1 910,2

Pozn.: Ostatní paliva: degazační plyn, průmyslové odpady (dále jen PRO) a alternativní paliva (dále jen ATP), tuhý komunální odpad (dále jen TKO) (neobn.); primární energetický zdroj (PEZ)

Podíl předpokládaného využití obnovitelných a druhotných zdrojů ve sledovaném období má trvale vzestupný trend vyjádřený v tab. 8. Největším potenciál pro rozvoj má i do budoucna biomasa, a to zejména cíleně pěstovaná, jejíž celkové možnosti jsou uvažovány v souladu s Akčním plánem pro biomasu. Vzestup u větrných elektráren a fotovoltaiky se očekává až do roku 2040. U využití bioplynu, biopaliv a vodních elektráren (z důvodu vyčerpání potenciálu na území České republiky) se od roku 2020 očekává stagnace. (Státní energetická koncepce České republiky, 2012).

Tab. 8 Vývoj a struktura OZE na PZE (Aktualizace Státní energetické koncepce České republiky, 2012)

Obnovitelné a druhotné zdroje energie	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
	(PJ)						
Biomasa	82,7	92,7	99,3	116,7	131,7	146,7	161,7
Bioplyn	7,4	22,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1
Biologicky rozložitelná část TKO	2,6	3,3	5,9	13,5	21,1	21,1	21,1
Biologicky rozl. část PRO a ATP	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Biopaliva	9,8	18,3	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1
Vodní elektrárny	10,0	8,9	9,1	9,7	9,7	9,7	9,7
Větrné elektrárny	1,2	2,3	3,6	6,2	8,7	11,7	14,9
Fotovoltaické elektrárny	2,2	8,2	8,7	12,2	16,7	21,4	26,4
Geotermální energie	0,0	0,7	0,7	1,0	1,2	1,7	2,5
Tepelná čerpadla	1,8	3,7	6,6	8,9	11,2	13,4	15,7
Solární kolektory	0,4	0,8	1,4	3,0	3,5	5,0	5,0
Obnovitelné a druhotné zdroje energie	119,1	162,0	191,4	227,3	260,0	286,8	313,2

Celková výroba elektřiny z obnovitelných a druhotných zdrojů ve sledovaném období roste, viz tab. 9, a je přímo úměrná k předpokladům vývoje OZE na PZE (Aktualizace Státní energetické koncepce ČR, 2012).

V dopravě se očekává růst elektrické energie v souvislosti s elektromobilitou, růst využívání stlačeného zemního plynu i biopaliv (Aktualizace Státní energetické koncepce ČR, 2012).

Tab. 9 Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny z OZE (Státní energetické koncepce ČR 2012)

Obnovitelné a druhotné zdroje energie	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
	(GWh)						
Biomasa	1 492,0	1 879,0	1 948,0	2 424,1	2 908,9	3 393,7	3 878,5
Bioplyn	635,0	2 052,0	2 536,0	2 536,0	2 536,0	2 536,0	2 536,0
Biologicky rozložitelná část TKO	35,6	90,6	163,2	371,6	579,7	579,7	579,7
Vodní elektrárny	2 789,5	2 475,6	2 522,7	2 695,0	2 695,0	2 695,0	2 695,0
Větrné elektrárny	335,5	647,2	1 013,8	1 710,0	2 430,0	3 240,0	4 140,0
Fotovoltaické elektrárny	615,7	2 275,5	2 403,6	3 390,0	4 633,0	5 932,5	7 345,0
Geotermální energie	0,0	18,4	18,4	55,2	69,0	92,0	138,0
Celkem	5 903,3	9 438,3	10.605,7	13 181,9	15 851,6	18 468,9	21 312,2

Směrnice EU o OZE a o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů, obsahuje konkrétní cíl pro EU v odvětví dopravy a to 10 % spotřeby energie v dopravě, jenž musí být pokryto z obnovitelných zdrojů v každém členském státě do roku 2020. Kromě snížení závislosti na dovozu ropy a podpory rozvoje venkovských oblastí, je cílem tohoto nařízení související s dopravou snížit skleníkové plyny. V současné době je podíl obnovitelných zdrojů energie v EU v silniční dopravě na 3,5 % biopaliv 1. generace, jako nejdůležitější obnovitelný zdroj. Ze všech biopaliv spotřebovaných v EU v oblasti silniční dopravy, bionafta tvoří největší podíl - 72 %, potom bioetanol - 19 % a ostatní biopaliv - 9 %. Hlavní část

biopaliv 1. generace spotřebované v EU se vyrábí v tuzemsku z plodin, jako je řepka olejná, pšenice, kukuřice a cukrové řepy. Dovoz bionafty je především z USA a představují 22 %, dovoz bioethanolu pak z Brazílie ve výši 35% (Humpenöder et al., 2013).

Každá země dotuje výrobu biopaliv odlišně a také biolih přimíchává do benzínu v různém procentuálním zastoupení. V Brazílii tvoří podíl v benzínu až 25 % z rafinérií (individuální prodejci někdy zvyšují tento podíl až na 30 %), v Asii jsou to jen 3 % a v zájmu EU je přimíchávat biolih do 5 % (Motlík a kol., 2007).

V Německu je cílem reformy zákona na podporu OZE - (Erneuerbare Energien), dosažení podílu OZE na výrobě elektřiny. Podíl OZE by se měl během 25 let téměř zdvojnásobit, znázorněno v tab. 10 (Německá ekonomika, 2014).

Tab. 10 Růst podílů OZE na výrobě elektřiny podle Německé ekonomiky (2014)

	2025	2035	2050
Podíl OZE	40-45 %	55-60 %	80 %

Dalším cílem německé reformy je mimo jiné snížit náklady na podporu OZE; zpřísnit výjimky z odvodů na podporu OZE pro energeticky náročný průmysl a pro výrobu elektřiny pro vlastní spotřebu; zavést meze pro podporovaný rozvoj OZE, zavést povinnost přímého prodeje elektřiny z OZE, a to pro zařízení s výkonem nad 500 kW od 1. 8. 2014, resp. zařízení s výkonem nad 100 kW od 1. 1. 2016.

Německá ekonomika (2014) uvádí dosažení podílu OZE na spotřebě elektřiny, viz tabulka č. 11, který se proti roku 2013 zvýšil o 3,9 %.

Tab. 11 Dosažení podílu OZE na spotřebě elektřiny do I. poloviny roku 2014 (Německá, 2014)

PEZ	2014	2014
Větrné elektrárny	21,4 %	31 miliard kWh
Fotovoltaika	27,3 %	18,3 miliard kWh
Biomasa	5,2 %	22 miliard kWh
Průměrné dosažení	28,5 %	27,1 miliard kWh

Podíl elektráren na zemní plyn na výrobě elektřiny vyčíslený v tab. 12 se v I. pol. 2014 meziročně snížil, stejně jako podíl elektráren, podíl jaderné energetiky se mírně zvýšil a podíl hnědouhelných elektráren mírně poklesl. Celkové meziroční snížení je 1,6 % (Německá ekonomika, 2014).

Tab. 12 Meziroční snížení podílu zemního plynu na výrobě elektřiny (Německá ekonomika, 2014)

PEZ	2013	2014	2014
Černé uhlí	19,7 %	18 %	56 miliard kWh
Jaderná energetika	15,1 %	15,4 %	47 miliard kWh
Hnědé uhlí	25,3 %	25,1 %	30 miliard kWh
Celkem	11,4 %	9,8 %	30 miliard kWh

4.4 Národní akční plán ČR pro energii z obnovitelných zdrojů

Vzorem pro Národní akční plán ČR schválený vládou ČR je forma a struktura daná Rozhodnutím Komise 2009/548/ES v souladu se směrnicí Evropského parlamentu a Rady č. 2009/28/ES tak, aby byla zajištěna porovnatelnost akčních plánů a hodnot navržených mezi jednotlivými členskými státy. Národní akční plán ČR v souladu se Státní energetickou koncepcí předpokládá dosáhnout 14 % podílu energie z OZE na hrubé konečné spotřebě energie a 10,8 % podílu energie z OZE na hrubé konečné spotřebě v dopravě v roce 2020, což je překročení limitu daným směrnicí. Při dosažení 13 % podílu energie z OZE na hrubé konečné spotřebě v daném období nebude dále v dalším období uplatňována provozní podpora pro žádný obnovitelný zdroj (Národní akční plán, 2012).

Národní akční plán ČR pro energii z obnovitelných zdrojů a jeho plnění bude Ministerstvem průmyslu a obchodu vyhodnocován minimálně jedenkrát za dva roky. O výsledcích bude informovat vládu, bude podávat návrhy na novou aktualizaci Národního akčního plánu, minimální cíl do roku 2020 však zůstává 13 % (Národní akční plán, 2012).

4.5 Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012 - 2020

Akční plán pro biomasu v ČR je v současné době zpracován do roku 2020. Jeho cílem je analýza využití biomasy v ČR pro energetické účely a vymezení vhodných opatření a zásad, které budou směřovat k efektivnímu a účelnému využití energetického potenciálu biomasy. Jako hlavní priorita tohoto dokumentu se jeví propojení a stanovení potenciálu zemědělské půdy pro zajištění 100 % potravinové soběstačnosti země s možností efektivního využití zbývajícího potenciálu zemědělské půdy ČR a lesní dendromasy pro energetickou potřebu. Z uvedené priority vyplývá upřesnění odhadu potencionálního přínosu biomasy pro bilanci energetiky (Akční plán biomasy, 2012).

Základní rozdíl mezi oběma strategickými dokumenty je to, že Národní akční plán ČR pro energii z obnovitelných zdrojů nestanovuje Akčnímu plánu biomasy závazné množství energie z obnovitelných zdrojů, ale uvádí realistické možnosti jednotlivých druhů biomasy pro účinné energetické využití, tedy stanovuje kvantifikovaný energetický potenciál zemědělské a lesní dendromasy a kvantifikace množství energie, která může být reálně vyrobená v ČR z biomasy s výhledem do roku 2020 (Akční plán biomasy, 2012).

5 Metodika

U vybraných firem, které se zabývají výrobou energie, byl uskutečněn sociologický průzkum využití alternativních zdrojů energie a fosilních paliv v České republice. Na základě dotazníkového šetření byly vyhodnoceny jednotlivé alternativní zdroje energie a jejich podíl na českém trhu s energií. Pozornost byla zaměřena na využití biomasy, jako zdroje energie. Dále byla hodnocena legislativní opatření týkající se alternativních zdrojů energie v rámci EU a jejich implementace do legislativy ČR.

5.1 Tvorba dotazníkového šetření

Pro získání informací o využití obnovitelných zdrojů energie v podmínkách ČR byla použita metoda dotazníkového šetření s následným sběrem dat pomocí tohoto dotazníku.

Sociologický průzkum byl proveden statistickou metodou, kdy hodnota statistického znaku byla číselná. Nástrojem výzkumné metody bylo dotazování, s deskriptivním přístupem k dané problematice. Dotazování bylo uskutečněno dotazníkovým formulářem obsahujícího otázky k danému tématu. Dotazník byl respondentům předkládán v psané formě a získávání statistických údajů probíhalo písemně emailovou poštou přímo s jednotlivými respondenty. Dotazníkem byly osloveny podniky napříč regiony celé ČR. Jednalo se o velké, střední a malé firmy vyrábějící energii s distribucí do veřejné sítě a pro potřeby v daném regionu nebo obci.

5.2 Tvorba otázek

Pro vytvoření dotazníku byly použity polouzavřené otázky (Svatošová a Kába, 2008). Tyto otázky, umožnily respondentům odpovědět dle vlastního uvážení a iniciativního vyjádření.

Při tvorbě dotazníku byl kladen důraz na stylizaci otázek. Tato tvorba podléhá obecným zásadám, které uvádí Fowler (1995) jako např.:

- nedotazovat se na informace, které vycházejí jenom z neověřených zdrojů,
- vyhnout se hypotetickým otázkám,
- dát si pozor, aby nebyla otázka komplexní,
- nepokládat otázku, která v sobě zahrnuje více podotázek neboli vícehlavňové otázky,
- výrazy, kterými jsou stylizovány otázky, by měly být jasné a srozumitelné pro všechny a měly být objasněny před položením otázky apod.

5.3 Návratnost dotazníků

Podle Punche (2008) je u dotazníkového šetření problematická návratnost vlastního dotazníku k zadavateli. Podle tohoto autora se v případě nízké návratnosti může jednat o nereprezentativní vzorek. O reprezentativním vzorku se hovoří v případě návratnosti nad 60 %.

V případě dotazníkového šetření týkajícího se porovnání fosilních paliv s OZE, byla návratnost 70 %.

5.4 Design dotazníku

Pro porovnání fosilních paliv s OZE byl sestaven dotazník, viz příloha I. s těmito otázkami: jaký primární zdroj respondenti využívají při výrobě energií; jaká je výstupní energie z výroby - zda elektrické nebo tepelná; kolik ročně průměrně spotřebují vstupního paliva a jaká je následná roční průměrná výroba elektrické a tepelné energie. Otázky týkající se vlastností vstupních paliv byly položeny na obsah vody v palivu a výhřevnost paliva. Další otázky se týkaly míry znečišťování ovzduší, tedy kolik vyprodukují ze vstupního množství paliv emisí - CO₂, SO₂, NO_x a popílku. Poslední část otázek se týkala údajů o ročních průměrných nákladech na produkci v Kč.GJ⁻¹ a Kč.MWh⁻¹ a prodejních cenách v Kč.GJ⁻¹ a Kč.MWh⁻¹. Všechny otázky byly sestaveny k porovnání fosilních paliv a OZE.

5.5 Statistický rozbor dat

Proces úpravy dat pro potřeby porovnání, byla data zpracována do kontingenčních tabulek, viz příloha II, III, IV, grafů a dále zpracována. Pro posouzení poskytnutých dat respondenty, byla u každé otázky provedena kategorizace a to kategorie A, B, C. Každá kategorie vyjadřovala procentické zastoupení firem v rozmezích daných intervalů. Hodnocena byla vždy kategorie s nejvyšším procentickým zastoupením firem.

- u otázky primární zdroje, byly firmy rozděleny do kategorií podle toho, jaký zdroj paliva k výrobě energie používají,
- bylo porovnáno, jaký vstupní zdroj respondenti nejvíce používají k výrobě energie,
- pro porovnání spotřeby vstupního paliva na výrobu energie, bylo respondenty udávané množství paliva a výroba energie přepočteno na hodnotu v kg na 1 GJ a 1 kWh,
- vlastnosti paliv byla porovnána podle obsahu vody a výhřevnosti,

- emisní hodnoty uvedené respondenty v tunách průměrně za rok z roční průměrné spotřeby paliv, byly přepočteny pro porovnání na kg emisí vyprodukovaných na 1 t paliva. Emisní hodnoty týkající se ovzduší jsou dány odlišnými zdroji a technologiemi spalování, které firmy používají k výrobě energie. Hodnoty emisí mají potvrdit, který zdroj paliva k výrobě energie více zatěžuje životní prostředí a který naopak je šetrnější.

Požadované údaje z dotazníku - emisní hodnoty u zemního plynu a bioplynu dotazování v sociologickém šetření nevedli. Roční průměrné náklady na produkci Kč.GJ⁻¹, Roční průměrné náklady na produkci Kč.MWh⁻¹ nevedl žádný z respondentů a Prodejní cenu Kč.GJ⁻¹, Prodejní cena Kč.MWh⁻¹ vyplnilo pouze 10 % respondentů. Jako důvod uváděli, že je to předmětem jejich obchodního tajemství. Některé firmy doporučovaly se o cenách informovat např. na energetickém portálu ENERGOSTAT. Proto tyto problematiky nebudou v rámci diplomové práce řešeny.

Oslovení respondenti souhlasili s poskytnutím dat do dotazníku, k účelu zpracování diplomové práce. Nesouhlasili však s uveřejněním obchodních jmen jejich společností a to bylo v diplomové práci plně respektováno.

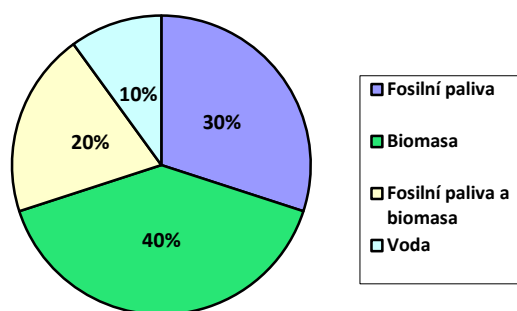
6 Výsledky

6.1 Vyhodnocení dotazníku

6.1.1 Oslovení respondentů

Ze 100 % oslovených respondentů 70 % dotazník vyplnilo. Oslovení respondenti s výrobou energie z větru a slunce v dotazníkovém šetření neodpověděli.

Ze získaných výsledků dotazníkového šetření vyplynulo, že z oslovených firem je 30 % respondentů s výrobou energií z fosilních paliv, 40 % z biomasy, 20 % respondentů využívající k výrobě energie fosilní paliva i biomasu, a 10 % z vody, jak dokládá graf 4.



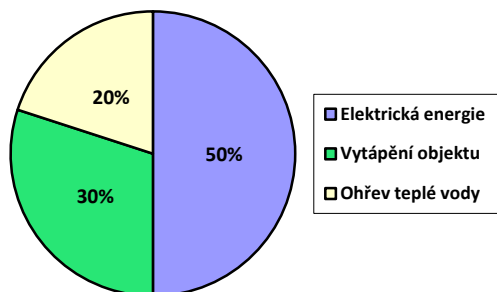
Graf 4 Rozdělení firem dle druhu zdroje energie

Z grafu 5a je patrné, že z celkového počtu oslovených respondentů vyrábějící energii z fosilních paliv, kteří vyplnili dotazník, využívá tyto paliva k výrobě elektrické energie 50 % respondentů, 30 % k vytápění objektu a 20 % k ohřevu teplé vody.

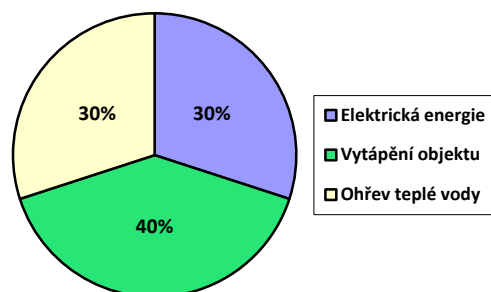
Graf 5b ukazuje podíl respondentů vyrábějící energii z OZE (obnovitelných zdrojů energie). Z uvedeného grafu vyplývá, že 30 % respondentů vyrábí energii z OZE k výrobě elektrické energie, 40 % k vytápění objektu a 30 % k ohřevu teplé vody. Vyrobena energie je distribuována do veřejné sítě, slouží pro vytápění v daném regionu a pro lokální ohřev teplé vody.

Při porovnání využití fosilních paliv a OZE tvoří největší podíl výroba elektrické energie z fosilních paliv a to cca 50 % dle grafu 5a, přičemž je to o 20 % více z fosilních zdrojů než se vyrobí z OZE. Rozdíl byl zjištěn i v podílu fosilních paliv a OZE na výrobu tepla a tepelné energie sloužící k ohřevu vody. Tepla a teplé vody z OZE se vyrábí o 10 % více než z fosilních paliv, jak je znázorněno v grafu 5b.

Z uvedeného je dále patrné, že fosilní paliva se více využívají k výrobě elektrické energie a z OZE se podle výsledků převážně vyrábí tepelná energie.



Graf 5a Využití energie z fosilních paliv

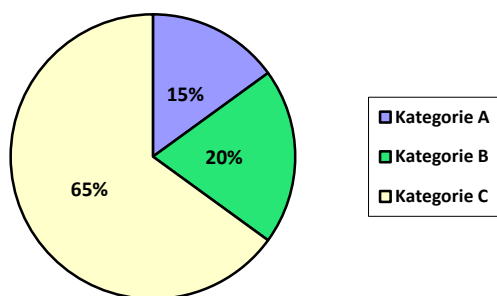


Graf 5b Využití energie z OZE

6.1.2 Technologický zdroj výroby energie

V rámci dotazníkového šetření vyplynulo, že respondenti využívají k výrobě energie elektrické, tepelné a kombinované zařízení a byli zařazeni do kategorií podle toho, jaká zařízení využívají a zároveň je uveden procentuelní zastoupení:

- kategorie A - tepelné zařízení 15 %
- kategorie B - kombinované zařízení 20 %
- kategorie C - elektrické, tepelné, kombinované zařízení 65 %



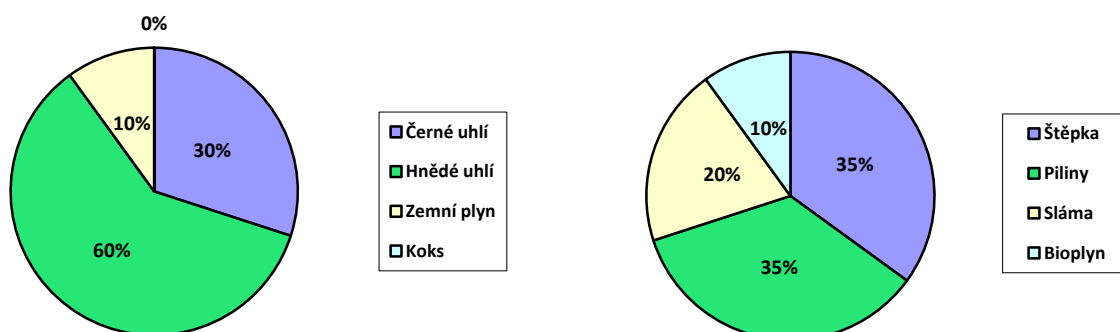
Graf 6 Využití energie z fosilních paliv

Z uvedených výsledků vyplývá, že nejvíce využívají firmy všechny typy technologických zařízení k výrobě energie a to z 65 % v kategorii C, viz graf 6. V kategorii A - 15 % podniků využívá tepelné zařízení a v kategorii B využívá kombinované technologické zařízení k výrobě energie 20 % podniků.

6.1.3 Primární zdroje na výrobu energie

V grafech 7a, 7b je uvedeno třídění jednotlivých zdrojů paliva podle původu a zdroje. Z grafu 7a je patrné, že v případě fosilních paliv je nejvíce využíváno hnědé uhlí, a to z 60 %. Dále následuje černé uhlí (30 %) a zemní plyn (10 %). Nikdo z oslovených respondentů nevyužívá jako zdroj paliva koks.

Pokud jsou hodnoceny OZE (štěpka, piliny, sláma, bioplyn), tak nejvíce respondentů využívá štěpku a piliny. Štěpka je využívána z 35 % stejně jako piliny. Dále následuje využití slámy. Tyto zdroje jsou využívány z 20 %. Nejméně je využíván dotazovanými bioplyn (10 %), jak dokládá graf 7b.



Graf 7a Využití druhu fosilního paliva

Graf 7b Využití druhu OZE

6.1.4 Spotřeba paliva na výrobu tepla

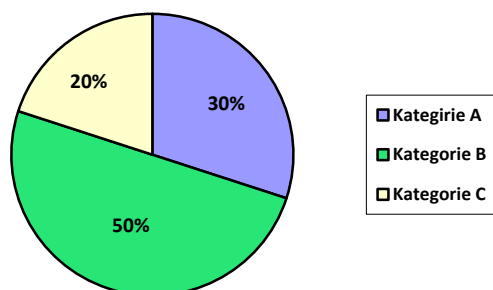
Fosilní paliva

Na základě získaných výsledků z dotazníkového šetření byla vypočtena spotřeba fosilních paliv na výrobu tepla a respondenti byli rozděleni do tří kategorií. Jednotlivé kategorie představují množství fosilních paliv nutných pro výrobu 1 GJ energie. V případě fosilních paliv, konkrétně hnědého a černého uhlí byly podniky rozděleny do tří kategorií a to:

- kategorie A 63 - 65 kg.GJ⁻¹ 30 %
- kategorie B 66 - 70 kg.GJ⁻¹ 50 %
- kategorie C 71 - 75kg.GJ⁻¹ 20 %

Kategorie A (63 - 65 kg) zahrnuje středně velké podniky. V této kategorii se nacházelo nejvíce respondentů s nejnižší spotřebou, a to 30 %. Nejnižší spotřeba ze všech sledovaných subjektů bylo 63 kg uhlí na výrobu 1 GJ. V kategorii B (66 - 70 kg) bylo zařazeno nejvíce oslovených podniků. Jejich procentické zastoupení dle grafu 8 činilo 50 %. V této kategorii byla nejnižší spotřeba 67,5 kg.GJ⁻¹. V kategorii C, která zahrnovala podniky s nejvyšší spotřebou fosilních paliv na výrobu 1 GJ energie, se jednalo o 20 % respondentů. V uvedené

kategorii byla zjištěna nejvyšší míra spotřeba paliv na výrobu energie. Jednalo se o $74,5 \text{ kg.GJ}^{-1}$, jak dokládá také tabulka spotřeby paliv uvedená v příloze III.

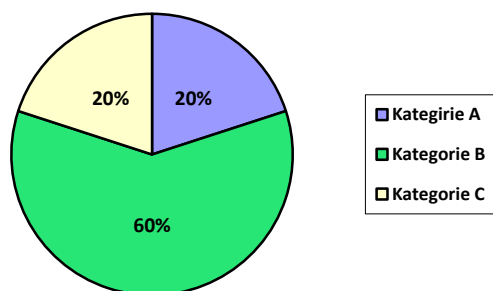


Graf 8 Kategorie podniků podle spotřeby fosilních paliv na výrobu tepla

Paliva z OZE

Obdobně, jako v případě fosilních paliv, byly podniky rozděleny v případě využití dřevní biomasy (štěpka a piliny) na tři kategorie. Tyto kategorie jsou následující:

- kategorie A 111 - 140 kg.GJ^{-1} 20 %
- kategorie B 141 - 160 kg.GJ^{-1} 60 %
- kategorie C 161 - 180 kg.GJ^{-1} 20 %



Graf 9 Kategorie podniků podle spotřeby OZE na výrobu tepla

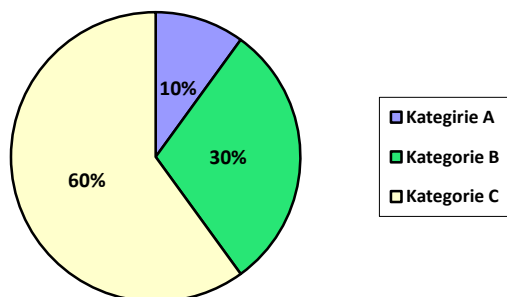
V grafu 9 je uvedeno, že v kategorii A, která představuje nejnižší spotřebu dřevní biomasy na výrobu 1 kW, se tato spotřeba pohybuje v intervalu od 111 do 140 kg. V této kategorii je zařazeno 20 % respondentů. Nejnižší spotřeba biomasy byla 111 kg. Střední spotřebu paliva, v rozpětí 141 až 160 kg, měla kategorie B. V uvedené kategorii, obdobně jako v případě fosilních paliv, bylo zastoupeno nejvíce oslovených firem - 60 %, viz graf 9. Shodně s fosilními palivy bylo v případě OZE v kategorii C zařazeno 20 % oslovených podniků. Jedná se o kategorii, u níž je nejvyšší spotřeba paliva na výrobu 1 GJ energie. Ze

získaných výsledků bylo zjištěno, že nejvyšší spotřeba paliva byla 179 kg. Tato kategorie více méně zahrnuje podniky s nejméně efektivní výrobou tepla.

Respondenti vyrábějící energii ze slámy byli zařazeni dle spotřeby v kg na 1 GJ do kategorií v rozmezích:

- kategorie A 55 - 70 kg.GJ⁻¹ 10 %
- kategorie B 71 - 80 kg.GJ⁻¹ 30 %
- kategorie C 81 - 90 kg.GJ⁻¹ 60 %

Uvedené rozčlenění, včetně spotřeby paliva na jednotku energie uvádí tabulka III. Kategorii A zahrnuje podniky s nejnižší spotřebou slámy na výrobu 1 GJ. U těchto podniků se spotřeba slámy pohybovala v rozpětí od 55 do 71 kg. Do této kategorie bylo zařazeno pouze 10 % všech dotazovaných firem. Nejnižší spotřeba byla 56 kg na 1 GJ tepla. Nízká spotřeba je zřejmě dána nízkým obsahem vody v sušině. Kategorie B představuje podniky, u nichž byla spotřeba slámy ve výši 71 - 80 kg. Tato kategorie představovala 1/3 všech respondentů. Do poslední kategorie C byly zahrnuty podniky s nejvyšší spotřebou paliv, tedy s nejméně efektivní výrobou tepla ze slámy. V kategorii se nacházelo nejvíce respondentů - 60 %, jak je znázorněno v grafu 10. Nejvyšší spotřeba slámy byla 82 kg na 1 GJ vyrobené tepelné energie.



Graf 10 Kategorie podniků podle spotřeby slámy na výrobu tepla

Z uvedených výsledků dále vyplývá, že na využití biomasy pro výrobu 1 GJ tepla je potřebné větší množství vstupních zdrojů v porovnání s fosilními palivy. Přibližně srovnatelná spotřeba v kg.GJ⁻¹ tepla je u uhlí a slámy.

Z výsledků je patrné, že při využití biopaliv a fosilních paliv, se podniky nacházejí většinou v kategorii B. V kategorii A, která představuje efektivnější využití paliv, se nacházelo 10 - 20 % oslovených podniků. Kategorie C zahrnuje firmy s nejméně efektivní

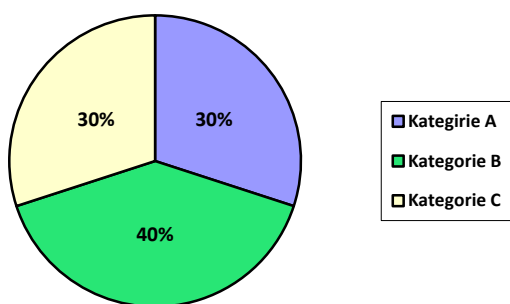
výrobou energie, a bylo do ní zařazeno 20 % oslovených respondentů, pouze u využití slámy bylo 70 % respondentů.

6.1.5 Spotřeba paliva na výrobu elektrické energie

Fosilní paliva

Pro porovnání výsledků z dotazníkového šetření byla vypočtena spotřeba paliv na výrobu elektrické energie a respondenti byli rozděleni do tří kategorií. Kategorie představují množství fosilních paliv v kg potřebných pro výrobu 1 MWh energie. Do těchto kategorií byly zařazeny podniky, které pro výrobu energie využívají fosilní paliva - hnědé a černé uhlí:

- kategorie A 1000 - 1200 kg.MWh⁻¹ 30 %
- kategorie B 1301 - 1400 kg.MWh⁻¹ 40 %
- kategorie C 1401 - 1500 kg.MWh⁻¹ 30 %



Graf 11 Kategorie podniků podle spotřeby fosilních paliv na výrobu energie

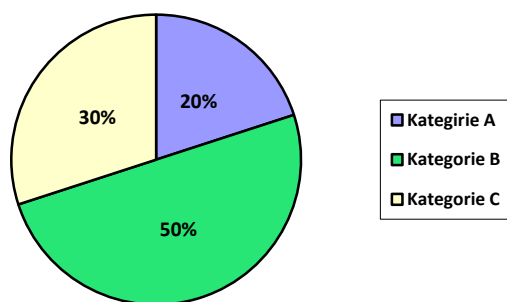
V kategorii A (1000 - 1200 kg) se nacházeli respondenti s nejnižší spotřebou fosilních paliv, a to 30 %. Mezi podniky v této kategorii patří nejnižší spotřeba 1 018 kg na 1 MWh. V kategorii B (1 301 - 1 400 kg) byl počet respondentů - 40 %. V kategorii C byla nejnižší efektivita na výrobu elektrické energie u 30 % respondentů a nejnižší uvedená hodnota byla 1 425 kg hnědého uhlí na 1 MWh vyrobené elektrické energie.

Paliva z OZE

Respondenti vyrábějící energii z dřevní biomasy (štěpka a piliny) mají spotřebu kg.MWh⁻¹ v rozmezích:

- kategorie A 5 200 - 5 400 kg.MWh⁻¹ 20 %
- kategorie B 5 401 - 5 550 kg.MWh⁻¹ 50 %
- kategorie C 5 551 - 5 700 kg.MWh⁻¹ 30 %

V kategorii A (5 200 - 5 400 kg) nejnižší spotřeby dřevní biomasy na výrobu 1 MW se nacházelo 20 % respondentů. Nejnižší spotřeba biomasy v této kategorii byla 5 218 kg na 1 MWh energie. Kategorie B (5 401 - 5 550 kg) byla zastoupena 50 % podniky, viz graf 12. Z něho je dále patrné, že v kategorii C (5 551 - 5 700 kg) je dle dotazníků 30 % firem s nejméně efektivní výrobou elektřiny. Z dotazníků vyplynulo, že slámu využívají oslovení respondenti k výrobě tepelné energie nikoliv však k výrobě energie elektrické.



Graf 12 Kategorie podniků podle spotřeby OZE na výrobu elektrické energie

Na výrobu elektrické energie z vody není potřeba žádná dodatečná energie, protože je využito spádu a objemu vody.

Z uvedených výsledků vyplývá, že na výrobu elektrické energie z vody nejsou žádné vstupní zdroje, na využití biomasy pro výrobu elektrické energie je potřebné větší množství vstupních zdrojů v porovnání s fosilními palivy. Je také zřejmé, že při využití fosilních paliv podniky spadají většinou do kategorie B. Z výsledků je dále patrné, že v kategorii C, která zahrnuje firmy s nejméně efektivní výrobou energie, se nachází 30 % oslovených respondentů. Kategorie A, která představuje nejefektivnější využití paliv, se nachází přibližně stejné procentuelní zastoupení - 20 %.

6.1.6 Obsah vody v palivu

Fosilní paliva

Podniky uváděly v dotaznících údaj o obsahu vody v černém uhlí v rozmezí od 8,23 % do 11,00 % a po rozdělení do kategorií byl procentický podíl následující:

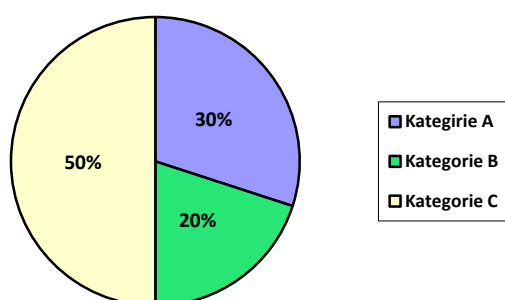
- kategorie A 8,0 - 9,0 30 %
- kategorie B 9,1 - 10,0 20 %
- kategorie C 10,1 - 11,0 50 %, jak je patrné také z grafu 13a.

U hnědého uhlí byly uváděny hodnoty obsahu vody od 26 % do 29 % a byly rozděleny do kategorií, viz graf 9b, takto:

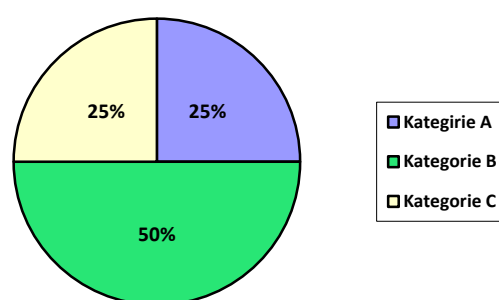
- kategorie A 26,0 - 27,0 25 %
- kategorie B 27,1 - 28,0 50 %
- kategorie C 28,1 - 29,0 25 %

Nejnižší obsah vody byl uveden u černého uhlí 8,23 % a nejvyšší 11 %. V kategorii C bylo nejvíce podniků - 50 %, které uvedly nejvyšší obsah vody v černém uhlí v rozsahu od 10,1 do 11 %. V kategorii A bylo zahrnuto 30 % a v kategorii C 20 % dotazovaných podniků.

U hnědého uhlí byla nejnižší hodnota obsahu vody v kategorii A 26 %, přičemž udávaný interval byl 26,0 až 27,0%, do které se zařadilo 25 % firem, obdobně tak 25 % do kategorie C. V této kategorii (28,1 - 30,0 %) byla nejvyšší uvedená hodnota 28,97 % obsahu vody. Nejvíce podniků využívá, jak uvedli, k výrobě energie hnědé uhlí s obsahem vody v rozmezí 27,1 - 28,0 % a spadají do kategorie B.



Graf 13a Kategorie podniků (obsah vody v černém uhlí)



Graf 13b Kategorie podniků (obsah vody v hnědém uhlí)

Z výsledků vyplynulo, že rozmezí uváděných hodnot není nijak výrazné ani u černého uhlí ani u hnědého, přičemž však hnědé uhlí, které využívají dotázaní výrobci energie, má oproti černému uhlí výrazně vyšší obsah vody.

Paliva z OZE

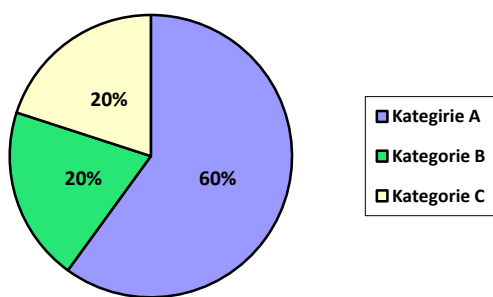
U hodnot biomasy - dřevní štěpky a pilin respondenti uváděli obsah vody v rozpětí od 30 % do 55 % a byly rozřazeny do kategorií:

- kategorie A 30,0 - 40,0 60 %
- kategorie B 40,1 - 50,0 20 %
- kategorie C 50,1 - 60,0 20 %

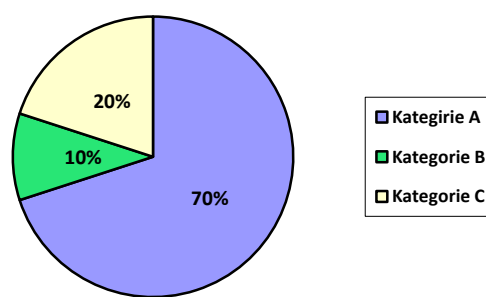
Dřevní štěpku a piliny o obsahu vody 30,0 - 40,0 % uvedlo nejvíce firem - 60 % firem (viz graf 14a) Kategorie B, C čítají shodně po 20 % podniků, přičemž v kategorii C byla uvedena nejvyšší mez obsahu vody a to 55,0 %. U takto vysokého obsahu vody, se zřejmě jedná o surovou biomasu.

Při využití slámy, viz graf 14b, jako zdroje energie uváděli dotazovaní hodnoty obsahu vody v procentech takto:

- kategorie A 14,0 - 16,0 70 %
- kategorie B 16,1 - 18,0 10 %
- kategorie C 18,1 - 20,0 20 %



Graf 14a Kategorie podniků
(obsah vody v dřevní štěpce a pilinách)



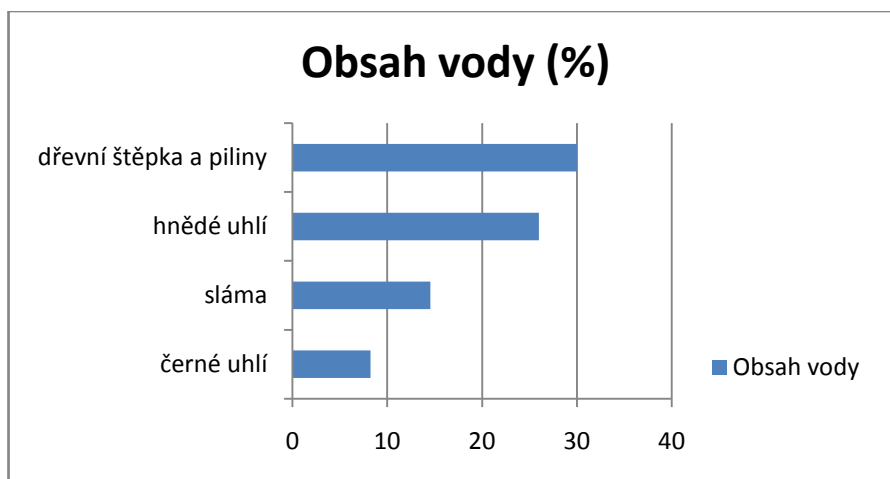
Graf 14b Kategorie podniků
(obsah vody ve slámě)

U slámy, se obsah vody pohyboval v rozmezí od 14 % do 20 %, kdy nejnižší údaj 14,55 %, zřejmý i z grafu 15, byl zaznamenán v kategorii A (14,0 - 16,0 %). V této kategorii je zařazeno nejvíce respondentů - 70 %. Ostatní dvě kategorie jsou zastoupeny méně. V kategorii B (16,1 - 18,0) se nacházelo pouze 10 % a v kategorii C 20 % závodů, jak je znázorněno v grafu 14b. Nejvyšší obsah vody, který byl uveden, se rovnal 20 % vstupního zdroje.

Z porovnání obsahu vody v palivu, jak je uvedli dotazovaní, bylo sestaveno pořadí, viz graf 15, s nejnižšími hodnotami obsahu vody v %, tedy s vyšší efektivitou výroby, protože čím je nižší obsah vody v topivu, tím by efektivita výroby měla být vyšší.

černé uhlí	8,23 %
sláma	14,55 %
hnědé uhlí	26,00 %
dřevní štěpka a piliny	30,00 %

Z výsledků vyplývá, že nejnižší obsah vody v surovině 8,23 % má černé uhlí, poté sláma, hnědé uhlí a nejvíce procent vody (30,0 %) obsahuje dřevní štěpka a piliny, jak je znázorněno v grafu 15.



Graf 15 Pořadí paliv podle obsahu vody

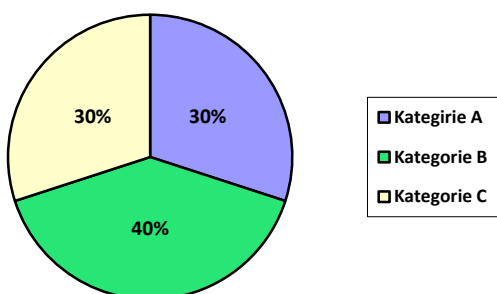
6.1.7 Výhřevnost paliva

Fosilní paliva

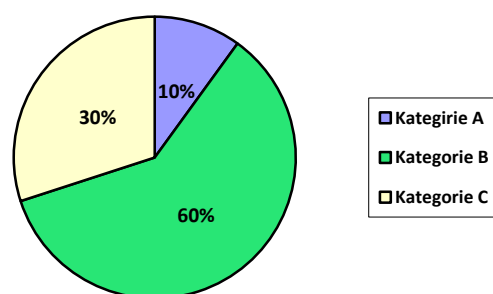
Podle výsledků dotazníkového šetření byly rozděleny podniky do kategorií podle toho, s jakou výhřevností používají palivo, uvedené v MJ.kg^{-1} , MJ.m^{-3} . Jedná se o fosilních paliva - černé uhlí, hnědé uhlí a zemní plyn:

Kategorie - černé uhlí

- kategorie A $15,0 - 17,0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ 30 %
- kategorie B $17,1 - 19,0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ 40 %
- kategorie C $19,1 - 22,0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ 30 %



Graf 16a Kategorie podniků (výhřevnost černého uhlí)



Graf 16b Kategorie podniků (výhřevnost hnědého uhlí)

Z grafu 16a je patrné, že černé uhlí s nižší výhřevností využívá k výrobě energie 30 % podniků a nejnižší výhřevnost byla zjištěna v kategorii A - 15,22 MJ.kg⁻¹ paliva. Nejvíce firem je zahrnuto v kategorii B (17,1 - 19,0) 40 %. V kategorii C se nachází také 30 % firem, pouze s tím rozdílem, že v této kategorii jsou podniky, které používají černé uhlí s vyšší výhřevností v MJ.kg⁻¹ paliva, takže výroba energie by měla být efektivnější.

Kategorie - hnědé uhlí

-	kategorie A	15,0 - 16,0 MJ.kg ⁻¹	10 %
-	kategorie B	16,1 - 17,0 MJ.kg ⁻¹	60 %
-	kategorie C	17,1 - 18,0 MJ.kg ⁻¹	30 %

V kategorii A (15,0 - 16,0) využívá hnědé uhlí s menší efektivností k výrobě energie jen 10 % podniků a nejnižší výhřevnost v této kategorii byla zjištěna - 15,22 MJ.kg⁻¹ paliva. Nejvíce firem je zahrnuto v kategorii B (16,1 - 17,0) vyznačené v grafu 16b, a to 60 %. V kategorii C se nachází 30 % firem s vyšší výhřevností v MJ.kg⁻¹ paliva, tedy s efektivnější výrobou. Nejvyšší hodnota z dotazníku je 17,3 MJ.kg⁻¹ hnědé uhlí.

Zemní plyn

Hodnoty výhřevnosti, podle vyplnění firem do dotazníku, se pohybují velmi shodně v rozmezích 33,5 - 34,1 MJ.m⁻³, kdy tento údaj udává zároveň nejnižší a nejvyšší uváděnou hodnotu výhřevnosti.

U výhřevnosti paliva nebyly shledány výrazné rozdíly mezi černým a hnědým uhlím. Uvedené výsledky ukazují, že u černého uhlí je dosahováno vyšší výhřevnosti než u hnědé uhlí. Výhřevnost souvisí právě s obsahem vody v uhlí, tzn., že čím je nižší obsah vody v uhlí, tím je výhřevnost vyšší. Nejvíce respondentů využívající černé a hnědé uhlí, podle vyplnění dotazníků, se pohybují v kategorii B, jak je vidět z grafu 16a i z grafu 16b. Z dotazníků dále vyplývá, že nejvyšší výhřevnost z fosilních paliv má zemní plyn, potom černé uhlí a na posledním místě s nejnižší výhřevností je hnědé uhlí.

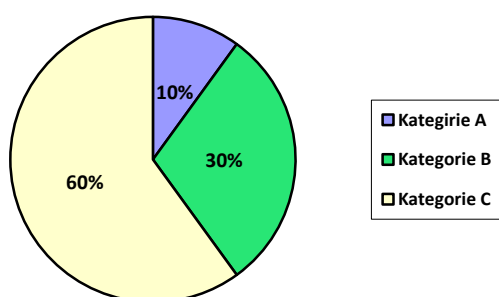
Paliva z OZE

Společnosti vyrábějící energii z dřevní štěpky a pilin uvedli hodnoty výhřevnosti v MJ.kg⁻¹ a u bioplynu MJ.m⁻³. Na základě těchto dat byly rozděleny podniky do kategorií podle toho, s jakou výhřevností používají palivo.

Kategorie - dřevní štěpky a pilin

- kategorie A 6,0 - 8,0 MJ.kg⁻¹ 10 %
- kategorie B 8,1 - 10,0 MJ.kg⁻¹ 30 %
- kategorie C 10,1 - 12,0 MJ.kg⁻¹ 60 %

Do kategorie A (6,0 - 8,0) bylo zařazeno pouze 10 % podniků. Nejnižší výhřevnost u dřevní štěpky a pilin byla 6,0 MJ.kg⁻¹ paliva. Jedná se zřejmě o palivo s vysokým obsahem vody, které má pak nízkou výhřevnost a následně s nižší efektivností výroby energie. Z grafu 17 je dále patrné, že v kategorii B (8,1 - 10,0) je zařazeno dle zjištění 30 % podniků. V kategorii C se nachází 60 % firem s nejvyšší výhřevností v MJ.kg⁻¹ paliva. Nejvyšší výhřevnost uvedená v dotazníku byla 12,0 MJ.kg⁻¹.



Graf 17 Kategorie podniků (výhřevnost dřevní štěpky a pilin)

Kategorie - sláma

Uvedené hodnoty výhřevnosti slámy v dotazníku se pohybovaly od 13,1 do 14,55 MJ.kg⁻¹. Výhřevnost slámy byla vyrovnaná, bez výrazných výkyvů.

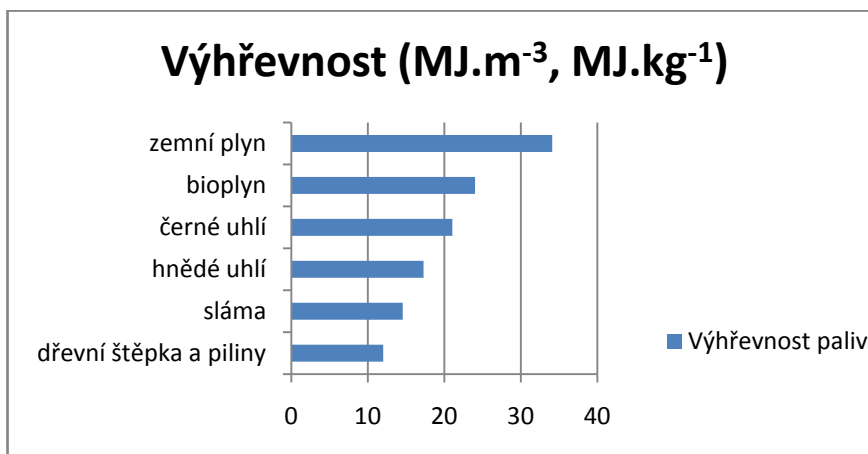
Kategorie - bioplyn

Výhřevnost u bioplynu uvedená u firem, které vyplnily dotazník, také neměla velké rozpětí a pohybovala se v mezích od 22,2 - 24,0 MJ.m⁻³, kdy také tyto údaje znázorňují zároveň nejnižší a nejvyšší uváděnou hodnotu výhřevnosti u bioplynu.

Z výsledků dotazníkového šetření vyplývá, že nejvyšší výhřevnost má bioplyn a jeho maximální uvedená hodnota byla 24,0 MJ.m⁻³. Dále následuje sláma s výhřevností 14,55 MJ.kg⁻¹ a nejnižší výhřevnost byla uváděna u dřevní štěpky a pilin (6,0 MJ.kg⁻¹). Rozdíly jsou patrně způsobeny vyšším obsahem vody, nebo se jedná o surový dřevní materiál.

Z celkového posouzení údajů výhřevnosti fosilních paliv a paliv OZE uvedených v dotazníku vyplývá, že zemní plyn má vyšší výhřevnost než bioplyn. U černého a hnědého uhlí byla zjištěna vyšší výhřevnost než u slámy, dřevní štěpky a pilin. Celkové pořadí s nejvyššími hodnotami výhřevností (viz graf 18) bylo následující:

zemní plyn	34,10 MJ.m ⁻³
bioplyn	24,00 MJ.m ⁻³
černé uhlí	21,03 MJ.kg ⁻¹
hnědé uhlí	17,30 MJ. kg ⁻¹
sláma	14,55 MJ. kg ⁻¹
dřevní štěpka a piliny	12,00 MJ. kg ⁻¹



Graf 18 Pořadí paliv podle výhřevnosti

6.1.8 Míra znečištění ovzduší emisemi

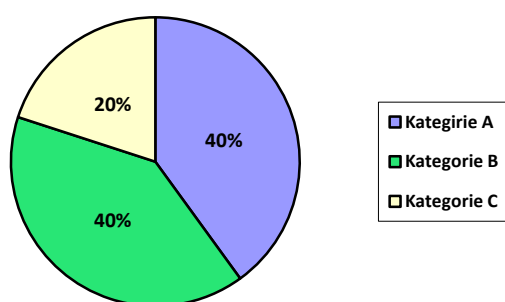
Emise CO₂

Z výsledků v dotazníkovém šetření byla z uvedených hodnot vypočtena produkce CO₂ při výrobě energie. Respondenti byli rozděleni do tří kategorií a jednotlivé kategorie znázorňují množství vyprodukovaného CO₂ v kg při výrobě energie na 1 tunu spotřebovaného fosilního paliva nebo OZE.

Kategorie - fosilní paliva

- kategorie A 1 000 - 1 200 kg.t-1 40 %
- kategorie B 1 201 - 1 400 kg.t-1 40 %
- kategorie C 1 401 - 1 600 kg.t-1 20 %

V kategorii A (1 000 - 1 200) se nacházelo 40 % respondentů s nižší produkcí CO₂. Nejnižší produkce CO₂ při výrobě energie ze sledovaných subjektů byla 1 031 kg CO₂ při spotřebě 1 t paliva. V kategorii B (1 201 - 1 400) bylo zařazeno také 40 % oslovených podniků. V kategorii C, která zahrnovala podniky s nejvyšší produkcí CO₂ na výrobu 1 t spotřebovaného paliva, bylo 20 % respondentů, jak je znázorněné v grafu 19. Z oslovených podniků byla nejvyšší uvedená hodnota emisí 1 526 kg CO₂ na 1 t uhlí.



Graf 19 Produkce CO₂ z černého a hnědého uhlí

Kategorie - dřevní štěpka a piliny

- kategorie A 0,50 - 0,65 kg.t-1 40 %
- kategorie B 0,66 - 0,80 kg.t-1 30 %
- kategorie C 0,81 - 1,00 kg.t-1 30 %

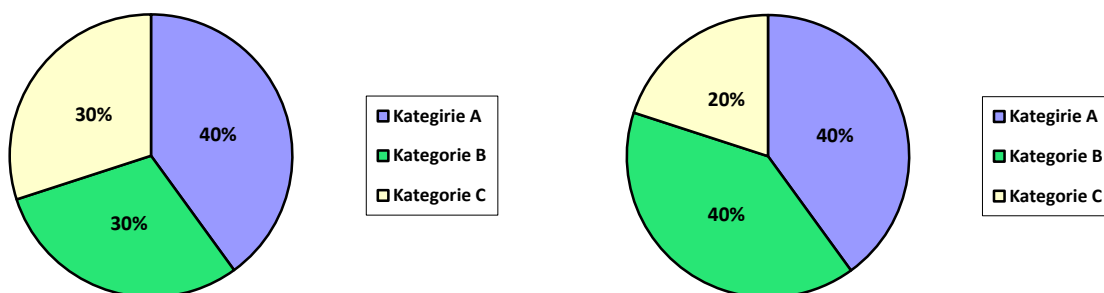
Nejvyšší produkce CO₂ z dřevní štěpky a pilin byla zaznamenána v kategorii C (0,81 - 1,00), kdy nejvyšší hodnota vyprodukovaného CO₂ byla 0,98 kg na 1 t spotřebovaného paliva a v této kategorii bylo i nejvíce podniků -30 %. V kategorii B (0,66 - 0,80), C (0,81 - 1,00) bylo shodně po 30 % firem, jak se uvádí v grafu 20a. V kategorii C byla nejnižší uvedená produkce 0,51 kg CO₂ na 1 t dřevní štěpky a pilin.

Kategorie – sláma

- kategorie A 0,50 - 1,00 kg t⁻¹ 40 %
- kategorie B 1,01 - 1,50 kg.t⁻¹ 40 %
- kategorie C 1,51 - 2,00 kg .t⁻¹ 20 %

Podniky s nejnižší produkcí CO₂ ze slámy v kategorii A (0,50 - 1,00) bylo dle údajů 40 %, viz graf 20b, a nejnižší hodnota vyprodukovaného CO₂ byla 0,77 kg na 1 t topiva.

V kategorii B (1,10 - 1,50), bylo také 40 % firem. V kategorii C jsou společnosti, které udali údaje s vyšší produkcí CO₂ na 1 t spálené slámy.



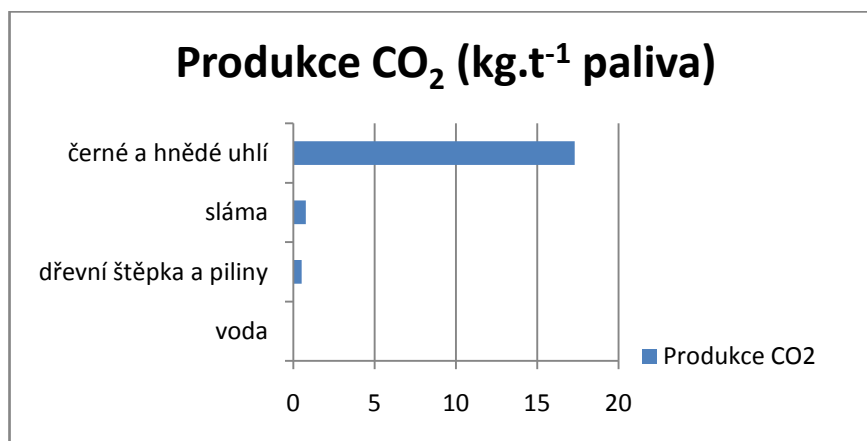
Graf 20a Produkce CO₂ z dřevní štěpky a pilin

Graf 20b Produkce CO₂ ze slámy

Z výsledků vyplývá, že nejvíce zatěžuje životní prostředí produkce CO₂ z černého a hnědého uhlí využívaného k výrobě energie. Nejvyšší poskytnutý údaj v dotazníkovém šetření byl 1 526 kg CO₂ vyprodukovaného na 1 t uhlí. Při výrobě energie z vody nejsou produkovány žádné emise CO₂.

Z celkového posouzení údajů produkce CO₂ v kg na 1 t fosilních paliv a paliv OZE, jak byly uvedeny v dotazníku, je pořadí s nejnižšími, tedy nejméně zatěžující životní prostředí, hodnotami produkce CO₂ (viz graf 21) sestaveno takto:

černé a hnědé uhlí	1 031 kg.t ⁻¹
sláma	0,77 kg.t ⁻¹
dřevní štěpka a piliny	0,51 kg.t ⁻¹
voda	0 kg.t ⁻¹



Graf 21 Pořadí paliva podle produkce CO₂

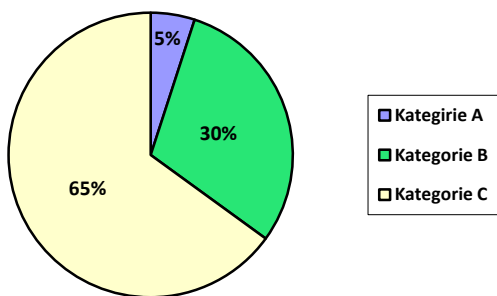
Ze získaných informací z dotazníkového šetření vyplývá, že nejšetrnější k životnímu prostředí v produkci CO₂ je výroba energie z vody, následuje dřevní štěpka a piliny, potom sláma a nakonec uhlí. Černé a hnědé uhlí i s nejnižší produkcí CO₂, která byla v dotaznících uvedena, nejvíce zatěžuje životní prostředí, zdraví lidí a zvířat.

Emise SO₂

Z poskytnutých údajů v dotaznících byla vypočtena produkce emisí SO₂ v kg na 1 t spotřebovaného paliva na výrobu energie. Podniky byly rozděleny do třech kategorií, přičemž jednotlivé kategorie představují meze vyprodukovaných emisí SO₂.

Kategorie - fosilní paliva

- kategorie A	6,0 - 7,0 kg.t-1	5 %
- kategorie B	7,1 - 8,0 kg.t-1	30 %
- kategorie C	8,1 - 9,0 kg.t-1	65 %



Graf 22 Produkce SO₂ z černého a hnědého uhlí

V kategorii A (6,0 - 7,0) se nacházelo 5 % podniků s nejnižší uváděnou produkcí SO₂. Nejnižší uvedená produkce SO₂ v této kategorii byla 6,9 kg SO₂ při spotřebě 1 t paliva. V kategorii B (7,1 - 8,0) bylo zařazeno 30 % oslovených podniků. V kategorii C, která zahrnovala nejvyšší produkci SO₂ na výrobu 1 t spotřebovaného paliva, bylo 65 % respondentů, jak je zobrazené v grafu 22. Nejvyšší hodnota uvedená v dotaznících v rámci této kategorie byla 8,7 kg SO₂ vyprodukovaná na 1 t uhlí.

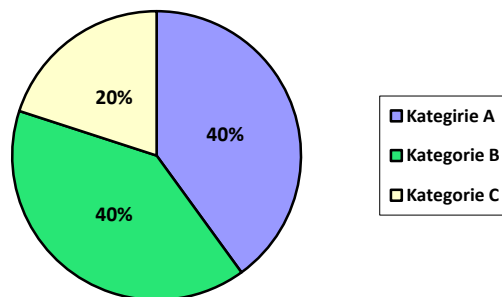
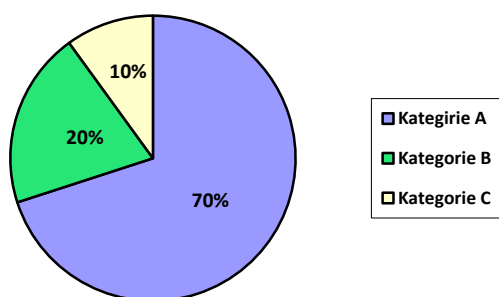
Kategorie - dřevní štěpka a piliny

- kategorie A	0,04 - 0,05 kg.t ⁻¹	70 %
- kategorie B	0,06 - 0,07 kg.t ⁻¹	20 %
- kategorie C	0,08 - 0,09 kg.t ⁻¹	10 %

Nejnižší produkce SO₂ z dřevní štěpky a pilin byla zaznamenána v kategorii A (0,04 - 0,05), kdy nejnižší hodnota vyprodukovaného SO₂ činila 0,04 kg na 1 t spotřebovaného paliva a v této kategorii bylo zařazeno také nejvíce podniků a to 70 %, viz graf 23a. z uvedeného grafu dále vyplývá, že v kategorii B (0,06 - 0,07) je zařazeno 20 % firem. Do kategorie C (0,08 - 0,09) bylo pouze 10 % firem, viz graf 23a. V kategorii C (0,08 - 0,09) byla nejvyšší uvedená produkce 0,09 kg SO₂ na 1 t dřevní štěpky a pilin.

Kategorie - sláma

- kategorie A 0,4 - 0,5 kg.t⁻¹ 20 %
- kategorie B 0,6 - 0,7 kg.t⁻¹ 40 %
- kategorie C 0,8 - 0,9 kg.t⁻¹ 40 %



Graf 23a Produkce SO₂ z dřevní štěpky a pilin

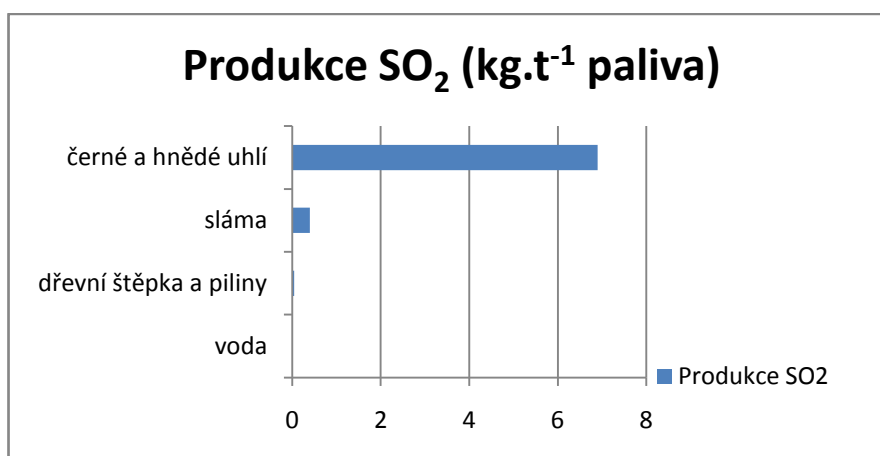
Graf 23b Produkce SO₂ ze slámy

Podniky s nejnižší produkcí SO₂ při výrobě energie ze slámy, v kategorii A (0,4 - 0,5), bylo zařazeno 20 % podniků, viz graf 23b, a nejnižší hodnota vyprodukovaného SO₂ byla u těchto firem 0,4 kg na 1 t topiva. V kategorii B (0,6 - 0,7), bylo 40 % firem. V kategorii C jsou podniky, které uvedly údaje s nejvyšší produkcí SO₂ na 1 t spálené slámy. Nejvyšší produkce emisí SO₂ v této kategorii byla 0,9 kg na 1 t spálené slámy.

Z výsledků dále vyplývá, že nejvíce zatěžuje životní prostředí produkce SO₂ také z černého a hnědého uhlí využívaného k výrobě energie. Nejvyšší poskytnutý údaj v dotazníkovém šetření byl 8,7 kg SO₂ vyprodukovaného na 1 t uhlí. Dále následuje sláma a nejnižší hodnoty byly shledány u dřevní štěpky a pilin a vůbec žádné emise SO₂ nevznikají z výroby energie z vody.

Z celkového přehledu poskytnutých údajů od firem v produkci emisí SO₂ v kg na 1 t fosilních paliv a paliv OZE, je pořadí s nejnižšími, hodnotami produkce SO₂, znázorněno v grafu 24, následující:

černé a hnědé uhlí	6,9 kg.t ⁻¹
sláma	0,4 kg.t ⁻¹
dřevní štěpka a piliny	0,04 kg.t ⁻¹
voda	0 kg.t ⁻¹



Graf 24 Pořadí paliva podle produkce SO₂₀

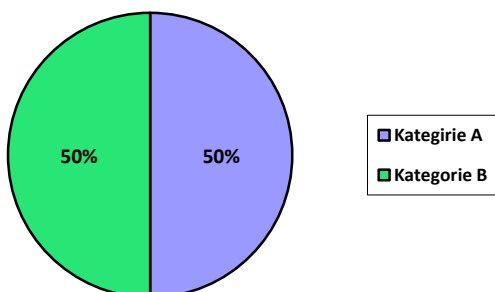
Ze získaných informací z dotazníkového šetření vyplývá, že nejšetnější k životnímu prostředí, pokud jde o produkce SO₂, je energie vyráběná z vody, dřevní štěpky a piliny, potom ze slámy a nakonec z uhlí. Černé a hnědé uhlí i s nejnižší produkcí SO₂, která byla v dotaznících uvedena, nejvíce zatěžuje životní prostředí, zdraví lidí a zvířat.

Emise NO_x

V dotazníkovém šetření byla monitorována produkce emisí NO_x při výrobě energie z fosilních paliv a OZE. Pro porovnání byly hodnoty přepočteny na kg NO_x na 1 t paliva. Respondenti byli podle množství produkce emisí NO_x rozděleni do jednotlivých kategorií, které představují rozmezí vyprodukovaného NO_x v kg při výrobě energie na 1 t spotřebovaného paliva. Vzhledem k tomu, že produkce emisí NO_x z fosilních paliv i z OZE nebyla u sledovaných subjektů ve velkém rozpětí, byly rozděleny vždy do dvou kategorií.

Kategorie - fosilní paliva:

- kategorie A 2,0 - 3,0 kg.t⁻¹ 50 %
- kategorie B 3,1 - 4,0 kg.t⁻¹ 50 %



Graf 25 Produkce NO_x z černého a hnědého uhlí

V kategorii A (2,0 - 3,0) se nacházelo 50 % respondentů s nižší produkcí NO_x. Do této kategorie se zařadily firmy, které vyrábějí energii z černého uhlí. O něco vyšší produkce NO_x v kategorii B (3,1 - 4,0) dosáhlo také 50 % podniků, viz graf 25. Z dotazníku bylo zřejmé, že nejnižší udanou hodnotou produkce emisí NO_x je v kategorii A - 2,3 kg NO_x vyprodukovaná na 1 t uhlí a nejvyšší je hodnota 3,6 kg emisí NO_x.

Kategorie - dřevní štěpka a piliny

- kategorie A 1,0 - 1,5 kg.t⁻¹ 25 %
- kategorie B 1,6 - 2,0 kg.t⁻¹ 75 %

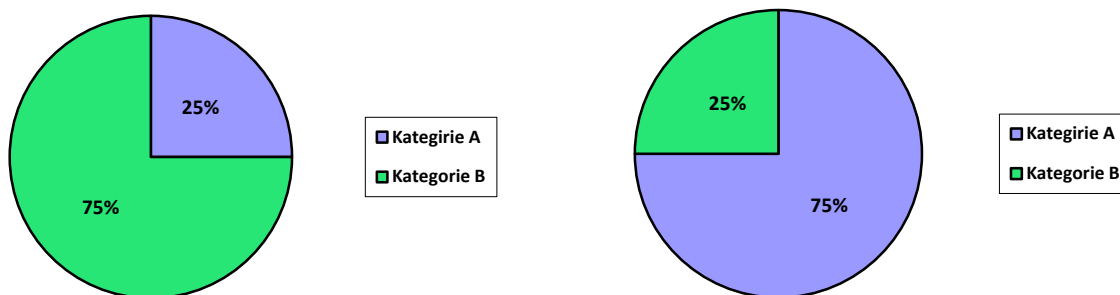
Nejnižší produkce NO_x z dřevní štěpky a pilin byla zaznamenána v kategorii A (1,0 - 2,00), kdy nejnižší hodnota vyprodukovaného NO_x byla 1,1 kg na 1 t spotřebovaného paliva a v této kategorii bylo i nejvíce podniků a to 70 %. V kategorii B (2,1 - 3,0), 30 % firem, jak se uvádí v grafu 26a. Nejvyšší hodnota byla z dotazníku vysledována 1,91 kg na 1 t NO_x využitého paliva.

Kategorie – sláma

- kategorie A 1,0 - 2,0 kg.t⁻¹ 75 %
- kategorie B 2,1 - 3,0 kg NO_x 25 %

Podniků s nejnižší produkcí NO_x ze slámy v kategorii A (1,0 - 2,0) bylo 75 %, viz graf 26b. Nejnižší hodnota vyprodukovaného NO_x v kategorii A byla 1,7 kg na 1 t topiva.

V kategorii B (2,1 - 3,0), bylo 30 % firem a nejvyšší tvorba NO_x byla v dotazníku uvedena 2,2 kg.



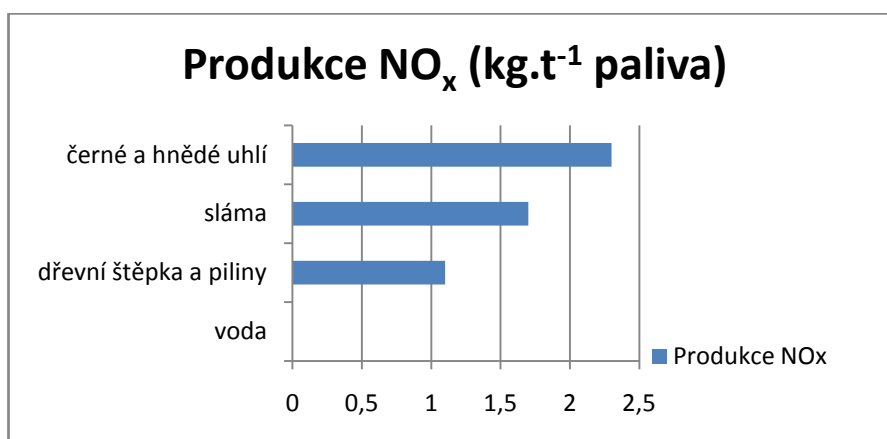
Graf 26a Produkce NO_x z dřevní štěpky a pilin

Graf 26b Produkce NO_x ze slámy

Z výsledků vyplývá, že nejvyšší zátěž pro životní prostředí v produkci emisí NO_x je z černého a hnědého uhlí využívaného k výrobě energie. Nejvyšší poskytnutý údaj v dotazníkovém šetření byl 3,6 kg NO_x vyprodukovaného na 1 t uhlí a nejnižší údaj emise NO_x byl 1,1 kg na 1 t dřevní štěpky a pilin.

Z celkového posouzení údajů produkce NO_x v kg na 1 t fosilních paliv a paliv OZE, získané v dotazníku, je pořadí s nejnižšími, tedy nejméně zatěžující životní prostředí, hodnotami produkce NO_x je znázorněno v grafu 27 a bylo sestaveno níže uvedené pořadí:

černé a hnědé uhlí	2,3 kg.t ⁻¹
sláma	1,7 kg.t ⁻¹
dřevní štěpka a piliny	1,1 kg.t ⁻¹
voda	0 kg.t ⁻¹



Graf 27 Pořadí paliva podle produkce NO_x

Ze získaných informací z dotazníkového šetření vyplývá, že nejšetrnější k životnímu prostředí, v produkci NO_x při výrobě energie, je výroba energie z vody, ta neprodukuje žádné emise NO_x. Dále následuje dle výsledků dřevní štěpka a piliny, sláma a nakonec výroba energie z černého a hnědého uhlí. I s nejnižší produkcí NO_x, která byla v dotaznících uvedena u černého uhlí (2,3 kg.t⁻¹ NO_x) a u hnědého uhlí (2,4 kg.t⁻¹ NO_x), nejvíce zatěžuje životní prostředí, zdraví lidí a zvířat.

Popílek

Kategorie fosilní paliva

Produkce emisí popílku z černého a hnědého uhlí dle poskytnutých údajů od společností, byla přepočtena na kg.t⁻¹ spotřebovaného paliva na výrobu energie. Všem podnikům při přepočtu a zaokrouhlení hodnot na jedno desetinné místo, vyšel limit emisí popílku - 1,0 - 1,2 kg.t⁻¹ z černého i hnědého uhlí, proto nebyly řazeny do kategorií.

Kategorie - dřevní štěpka a piliny

- kategorie A 0,8 - 1,0 kg.t⁻¹ 50 %
- kategorie B 1,1 - 1,5 kg.t⁻¹ 25 %
- kategorie C 1,6 - 2,0 kg.t⁻¹ 25 %

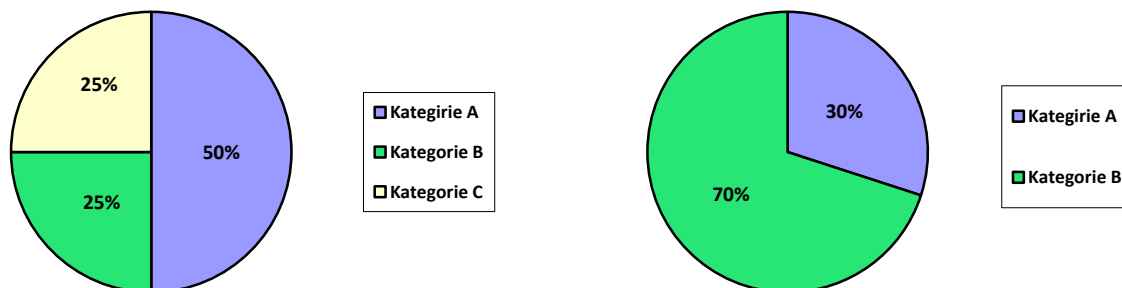
Nejnižší produkce emisí popílku z dřevní štěpky a pilin byla zaznamenána v kategorii A (0,8 - 1,0), kdy nejnižší hodnota vyprodukovaného popílku byla 0,8 kg.t⁻¹ spotřebované suroviny a v této kategorii bylo také nejvíce podniků a to 50 %, viz graf 28a. V kategorii B uvedlo údaje 25 % firem a jednalo se o množství vyprodukovaného popílku 1,1 až 1,5 kg.t⁻¹. Do kategorie C se zařadilo také 25 % firem s množstvím vyprodukovaného popílku od 1,6 do 2,0 kg.t⁻¹, přičemž nejvyšší uvedná V produkce emisí popílku na 1 t dřevní štěpky a pilin byla 1,7 kg.

Kategorie - sláma

- kategorie A 1,0 - 1,5 kg.t⁻¹ 30 %
- kategorie B 1,6 - 2,0 kg.t⁻¹ 70 %

Firmy v dotazníkovém šetření uvedly produkci emisí popílku při výrobě energie ze slámy v rozmezí 1,0 - 2,0 kg.t⁻¹, a proto byly rozděleny pouze do dvou kategorií k porovnání hodnot. Nižší produkci popílku při výrobě energie ze slámy uvedlo 30 %. Tyto podniky byly zařazeny do kategorie A, v níž byla produkce popílku 1,0 až 5,5 kg.t⁻¹, viz graf 28b. Nejnižší hodnota vyprodukovaného popílku byla 1,2 kg na 1 t topiva. V kategorii B (1,6 - 2,0), bylo

70 % firem. V kategorii C se nacházely podniky, které uvedly vyšší produkci popílku na 1 t spálené slámy. Nejvyšší uvedená hodnota v této kategorii byla 1,9 kg SO₂ na 1 t spálené slámy.



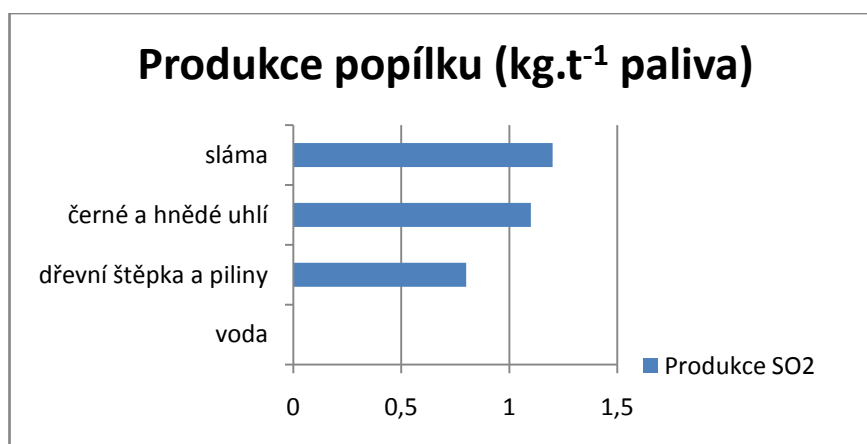
Graf 28a Produkce popílku z dřevní štěpky a pilin

Graf 28b Produkce popílku ze slámy

Z výsledků vyplývá, že nejvíce zatěžuje životní prostředí produkce popílku z výroby energie ze slámy, následně z dřevní štěpky a pilin. Nejnižší podíl emisí popílku je z černého a hnědého uhlí využívaného k výrobě energie. Nejvyšší poskytnutý údaj v dotazníkovém šetření byl 1,9 kg popílku vyprodukovaného na 1 t uhlí.

Z celkového souhrnu poskytnutých údajů od firem v produkci emisí popílku v kg na 1 t fosilních paliv a paliv z OZE, je pořadí s nejnižšími, hodnotami produkce popílku uvedeno v grafu 29, následující:

sláma	1,2 kg.t ⁻¹
černé a hnědé uhlí	1,0 kg.t ⁻¹
dřevní štěpka a piliny	0,8 kg.t ⁻¹
voda	0 kg.t ⁻¹



Graf 29 Pořadí paliva podle produkce popílku

Ze získaných informací z dotazníkového šetření vyplývá, že nejšetrnější k životnímu prostředí, pokud jde o tvorbu popílku z výroby energie, je energie z vody, následovaná dřevní štěpkou a pilinami, poté lze uvést černé a hnědé uhlí nejvíce emisí bylo zjištěno u slámy a to $1,2 \text{ kg.t}^{-1}$ paliva.

7 Diskuze

7.1 Technologický zdroj výroby energie

Z výsledků vyplynulo, že respondenti, kteří se zúčastnili sociologického průzkumu a dotazník vyplnili, využívají z 65 % k výrobě energie všechny typy zařízení, tzn. tepelné elektrické a kombinované a vyrábějí tepelnou i elektrickou energii. Zřejmě se bude jednat o využití těchto zařízení u středních a větších podniků. Shodný závěr ve své práci uvádí Ashok et Rangan (2003), oproti tomu Tintěra (2005) uvádí, že kombinované zdroje energie jsou typické i pro menší podniky.

Menší podniky patrně zásobují tepelnou energií pouze lokálně, kdy je teplo potrubním systémem rozváděno k jednotlivým uživatelům. Využití kombinovaného, neboli kogeneračního zařízení, které vyrábí elektrickou i tepelnou energii v jednom výrobním procesu, využívají respondenti z 20 %. Uvedený závěr potvrzuje ve své práci např. Havelský (1999). Obdobný trend je zaznamenán také v práci Tintěry (2005), kdy podle něj menší firmy dodávají energii do malých objektů, např. do sportovních zařízení nebo administrativních budov.

Z výsledků vyplývá, že celkem kombinované technologické zařízení na výrobu energie z dotazovaných využívá k výrobě 85 %.

Kombinovaná výroba elektřiny a tepla je podporována na základě zákona o podporovaných zdrojích energie (165/2012 Sb.). Podle tohoto zákona je elektřina a teplo vyrobené v jednom procesu, a je spojený s dodávkou užitečného tepla v zařízení, na které Ministerstvo průmyslu a obchodu vystavilo osvědčení o zdroji elektřiny z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla. Z této výroby se dosahuje poměrných úspor vstupních zdrojů potřebných k výrobě energie (elektřiny a tepla) ve výši minimálně 10 % oproti oddělené výrobě energie. Kombinovaný zdroj výroby energie ve své práci uvádí také Biezma et Cristobal (2006). Podle těchto autorů se jedná o firmy všech typů, jejichž cílem je nejefektivněji využít palivo při výrobě energie.

7.2 Primární zdroje na výrobu energie

Z dotazníkového šetření vyplývá, že převažujícím zdrojem pro výrobu energie z fosilních paliv je hnědé uhlí, dále následuje černé uhlí a zemní plyn. V případě koksu nebyl zjištěn žádný podnik, který by jej využíval k výrobě energie. Shodně se závěry Spironela et

Mahana (1980) je možné konstatovat, že výroba energie z koku není již ani v současnosti podle Státní energetické koncepce (2014) aktuální.

Uvedené výsledky odpovídají závěrům uvedených Českým statistickým úřadem (2012), který konstatuje, že na výrobu energie se nejvíce využívá hnědé uhlí, následuje černé uhlí a nakonec zemní plyn.

Obdobný trend vykazuje také SRN (Německá ekonomika, 2014), kdy se v této zemi pro energetické účely využívá hnědé uhlí, černé uhlí a zemní plyn.

Hnědé uhlí by však v budoucnosti dle Státní energetické koncepce České republiky (2014) měl nahradit zemní plyn.

Jako základní zdroj získávání energie uvádí Kubín (2009) černé a hnědé uhlí. Uvedené závěry byly potvrzeny také v dotazníkovém šetření. Zvyšující se podíl zemního plynu na produkci energie v porovnání s uhlím uvádí v přehledu spotřeby paliv také Český statistický úřad (Spotřeba paliv, 2012).

Z výsledků průzkumu k využití OZE (obnovitelné zdroje energie) - biomasy, bioplynu a vodní energie pro výrobu energie vyplývá, že jako hlavním zdrojem pro výrobu energie je respondenty nejvíce využívána biomasa, dále následuje bioplyn a voda. Tento trend potvrzuje např. Národní akční plán ČR pro energii z obnovitelných zdrojů (2012), z které je zřejmé, že biomasa patří mezi nejvíce využívané OZE.

Zjištěné hodnoty také odpovídají struktuře Státní energetické koncepce ČR (2012), kde se uvádí využití OZE k energetickým účelům ve sledu (hodnocené zdroje v této práci) - biomasa, bioplyn a vodní energie.

Z biomasy dotazovaní nejvíce využívají dřevní štěpku a piliny. Ohecová (2015) potvrzuje, že nejvyužívanější zdroj pro výrobu energie je dřevo a dřevní odpad. Podle Bentsena et al. (2012) je v zemích EU zdroj této biomasy z lesnictví a dřevařského průmyslu hlavním zdrojem k výrobě bioenergie. Poptávka, podle těchto autorů, po biomase pro energii v Evropské unii se bude zvyšovat i po roce 2020, a to nejen v Evropě. Podle dalších autorů, např. Pereira et Landsberga (1989) se jedná také o využití rychlerostoucích dřevin nebo energetických plodin rostoucích na poli (Venendaal et al., 1997; Stražil a Šimon, 2009).

Z poskytnutých dat v dotazníkovém šetření při porovnání fosilních paliv a OZE vyplývá, že firmy používají k výrobě energie podstatně více fosilních paliv než OZE. Výsledky se shodují s tvrzením Drábové (Parlamentní listy, 2015), která uvádí, že jsme v současné době stále závislí na výrobě energie z fosilních paliv, která zajišťuje naše základní požadavky a potřeby. Využití většího podílu fosilních paliv potvrzuje také Český statistický úřad (Spotřeba paliv, 2012).

Pro zvýšení výroby a spotřeby energie z obnovitelných zdrojů je výzva EU s dlouhodobými cíli až do roku 2020, zvýšit podíl OZE na celkové spotřebě energie na 13 % pro ČR, z toho podíl na spotřebě paliv v dopravě na 10 % (Doucha, 2011). Národním akčním plánem (2012) byl dobrovolně zvýšen podíl OZE na celkové spotřebě energie pro ČR na 14 % a v dopravě 10,8 %, jako cíl do roku 2020.

V kontrolních závěrech Nejvyššího kontrolního úřadu (2014) se uvádí, že by ČR daného cíle 14 % podílu OZE na celkové spotřebě energie měla podle Ministerstva průmyslu a obchodu ČR dosáhnout racionalizací spotřeby a z 92 % provozně nepodporovanou výrobou energie např. solárními kolektory nebo tepelnými čerpadly.

V rámci EU např. Německo plánuje podíl obnovitelných zdrojů na primární energii do roku 2050 podíl 50 % nebo dokonce podle Scholze et al. (2014) až 100 %, ale doposud je závislé především na hnědém uhlí.

Podle Energiewende, nynější Německý energetický systém spoléhá na jadernou energii, uhlí, ropu a zemní plyn, ale bude nahrazen dodávkami energie založené na OZE, a to větrné a sluneční energii, energii z biomasy a geotermální energii (The Energiewende, 2013).

V Rakousku by do roku 2050 mohla být nezávislost na fosilních zdrojích a je to pro ni, jak se uvádí cesta správným směrem. Podstatu OZE pro výrobu energie tvoří vodní energie a biomasa (Trnavský, 2014).

Ve Švédsku již v roce 2012 dosáhli 51% podílu OZE na celkové výrobě, a tím o 1 % překročili původní cíl daný evropskou směrnicí o obnovitelných zdrojích do roku 2020. Elektrickou energii z 85 % vyrábějí z jaderných a vodních elektráren, kdy výroby energie z vody je větší část. Výrobu tepla zajišťují z 60 % OZE a z toho 90 % biomasou, přičemž 26 % tvoří lesní biomasa (Žůrková, 2014).

Polsko se doposud řadí mezi jednoho z největších výrobců elektřiny z biomasy v EU (EurObserv'ER, 2015).

Mimo země EU byl rozvoj OZE např. ve Spojených státech v roce 2012 vyhodnocen na 49 % kapacity všech nových zdrojů elektrické energie a pocházely právě z OZE. Ze 40 % se na tom podílela větrná energie, která předstihla plynové elektrárny, ale dvojnásobně i uhelné elektrárny (Horčík, 2013).

Využití vody jako alternativního zdroje energie uvádějí ve své práci např. Dallemand et Gerbens-Leenes (2013). Zavádění OZE do energetického mixu pro výrobu energie podle Fagiana et al. (2013) má potenciál vést ke snížení závislosti všech zemí na spotřebě fosilních paliv vlastních zdrojů, ale i dovážených.

7.3 Spotřeba paliva na výrobu energie

Z výsledků vyplývá, že na výrobu jednotky elektrické i tepelné energie je potřebné vyšší množství vstupních zdrojů u biomasy než u fosilních paliv.

Uvedený závěr potvrzuje např. Koloničný (2010) a Fíka (2006). Jak vyplývá z výsledků na spotřebu paliv pro výrobu energie, má vliv obsah vody v surovině, výhřevnost, druh a složení biomasy, druh technologického zdroje na výrobu energie. Tento závěr potvrzují např. Pastorek a kol. (2004), kteří uvádějí, že na spotřebu biomasy má vliv obsah vody v sušině. Čím je vyšší obsah vody v palivu, tím více potřebujeme množství vstupních zdrojů k výrobě energie. Obdobný závěr uvádí také McKendry (2002).

U energie z vody nejsou žádné vstupní zdroje na výrobu energie, využívá se objemu a spádu vody. Tento závěr je ve shodě s tvrzením Mekonnena et Hoekstra (2012).

7.4 Obsah vody v palivu

Fosilní paliva

Z údajů dotazníkového šetření vyplývá, že u černého uhlí se obsah vody uváděný 50 % dotazovaných v kategorii C pohyboval v rozmezí 10 - 11 %.

Hodnoty procent obsahu vody v černém uhlí se shodují s údaji Pastorka a kol.(2004), kteří udávají minimálně 10 % a maximálně 30 % obsah vody. Zhou et al. (2008), uvádějí, že se obsah vody se může pohybovat v rozmezí od 10 % do 21 %.

Pastorek a kol. (2004) uvádějí shodně jako v případě černého uhlí u hnědého uhlí obsah vody v rozmezí 10 - 30 %. Tento závěr byl potvrzen v rámci kategorie B u hnědého uhlí. Oproti tomu Valášek a Chytka (2009) konstatují, že se obsah vody podle místa těžby pohybuje mezi 5 - 40 %. Také Evans (1973) potvrzuje, že u hnědého uhlí je rozpětí obsahu vody 20 - 29 %. Uvedené závěry byly v rámci dotazníkového šetření potvrzeny.

OZE – obnovitelné zdroje energie

Pastorek a kol. (2004) udávají obsah vody od 10 - 60 % a Benda a kol. (2012) v rozmezí od 22 do 55 % obsahu vody v dřevní štěpce a pilinách. Uvedený závěr potvrzují výsledky z dotazníkového šetření v rámci využití štěpky a pilin ve všech kategoriích. Naopak toto potvrzeno nebylo v kategoriích B a C podle Murtingera a Beranovského (2008), kteří udávají obsah vody v dřevní štěpce 30 %. Tito autoři doporučují pro efektivní výrobu energie vlhkost 20 %, maximálně 30 % obsahu vody v palivu. Z tohoto závěru je patrné, že podniky

z kategorie B a C dřevní štěpku a piliny před spalováním nevysušují a mají tedy nižší výhřevnost suroviny.

Tyto výsledky jsou ve shodě s udávanými hodnotami v dotazníkovém šetření. Z dotazníkového šetření vyplynulo, že nejvyšší obsah vody v štěpce a pilinách byl 55 %.

U slámy byly výsledky u obsahu vody v mezích od 14,0 - 16,0 %. Tyto závěry potvrzují práce např. Pastorka a kol. (2004) a Bandy a kol. (2012). Koloničný (2010) doporučuje spalovat biomasu s obsahem vody do 20 %.

7.5 Výhřevnost paliva

Fosilní paliva

Z dotazníkového šetření vyplývá, že nejvíce je využíváno černé uhlí s výhřevností od 17,1 do 19,0 MJ.kg⁻¹. Získané výsledky se neshodují s údaji, které prezentují Zhou et al. (2008), Pastorek a kol. (2004) a Murtinger a Beranovský (2009). Tito autoři konstatují, že výhřevnost černého uhlí je 32,0 - 35,0 MJ.kg⁻¹; 27,0 - 32,5 MJ.kg⁻¹ a 28,0 MJ.kg⁻¹. Jedná se ve srovnání s literárními daty tedy o nízkou výhřevnost, která je podle Valáška a Chytky (2009) dána především místem těžby.

Oproti tomu udávaná výhřevnost hnědého uhlí 16,1 - 17,0 MJ.kg⁻¹ se shoduje s údaji, které uvádí např. Evans (1973) a Pastorek a kol. (2004).

Ze sběru dat vyplynulo, že výhřevnost zemního plynu byla v rozmezí od 33,5 do 34,1 MJ.kg⁻¹. Uvedené údaje se neshodují s prací Ulbiga et Hoburga (2002), který uvádí výhřevnost 34,8 MJ.kg⁻¹ a Fík (2006) 35,2 MJ.kg⁻¹. Autoři uvádějí nepatrně vyšší výhřevnost. Podle Fíka (2006) je dána např. vlhkostí, zemí původu a místem čerpání zemního plynu. Závěry uvedené v práci se příliš nelišily, ale nebyly potvrzeny.

OZE – obnovitelné zdroje energie

Z výsledků dotazníkového šetření vyplývá, že v kategorii C 60 % respondentů využívá k výrobě energie dřevní štěpku a piliny s výhřevností v rozmezí 10,1 do 12,0 MJ.kg⁻¹.

Zjištěné hodnoty souhlasí s intervaly, které uvádějí Pastorek a kol. (2004), v rozmezí od 6,0 - 18,8 MJ.kg⁻¹. Podle těchto autorů a Murtingera a Beranovského (2008) výhřevnost závisí na obsahu vody v sušině, kdy výhřevnost je efektivnější se snižujícím se obsahem vody v biomase.

McKendry (2002) uvádí hodnoty výhřevnosti v rozmezí 7,0 - 13,0 MJ.kg⁻¹, tzn., že výsledky se shodují. Autor konstatuje, že pro vyšší výhřevnost je důležité používat suchou a zdravou biomasu. Když obsahuje vody více, voda se odpařuje při hoření a tím je snižována

výchřevnost v sušině biomasy. Na výchřevnost paliva má vliv čas, zejména působení mikroorganismů, plísňových a houbových chorob.

Benda a kol. (2012) publikují výchřevnost štěpky mezi 7 - 12,3 % MJ.kg⁻¹. Výchřevnost je podle nich dána vlivem původu, složením a vlhkostí. Pro energetické účely a výchřevnost je obecně vhodnější dendromasa řádně vysušená.

Podle výsledků uvedly všechny firmy výchřevnost u slámy výchřevnost od 13,1 - 14,55 MJ.kg⁻¹. Tyto výsledky souhlasí s hodnotami výchřevnosti v rozmezí 13,5 - 15,5 MJ.kg⁻¹, které uvádí Evans (1973) a Benda a kol. (2012) od 13,5 - 14,0 MJ.kg⁻¹. Rozpětí výsledků se oproti Bendovi a kol. (2012) mírně odlišují, ale jak autoři uvádí, záleží na vlhkosti slámy a to vyplývá i z výsledků této práce. Výchřevnost bioplynu se podle výsledků uvedených v dotaznících pohybovala v rozmezí od 22,2 - 24,0 MJ.m⁻³.

Výsledky se neshodují s údaji, které uvádějí ve své práci Pastorek a kol. (2004) a Benda a kol. (2012). Jak tito autoři uvádějí, výchřevnost je především dána obsahem metanu CH₄ a bioplyn s 60 % CH₄ má podle nich výchřevnost 21,53 MJ.m⁻³. Rozdílné výsledky jsou patrně dány obsahem CH₄ v bioplynu, který využívají firmy k výrobě energie. Autoři Balák a Prokeš (1984) ve své práci potvrzují vliv složení paliva na výchřevnost, čím je více obsahu CH₄ v bioplynu, tím se výchřevnost zvyšuje. Uvedené závěry nebyly v této práci potvrzeny. Vyšší výchřevnost bioplynu uváděná firmami oproti autorům, je zřejmě dána vyšším podílem metanu CH₄ v bioplynu a tedy vyšší výchřevností a efektivností.

7.6 Míra znečištění ovzduší emisemi

Míra znečištění ovzduší emisemi ze získaných výsledků ukazuje na podstatně vyšší podíl emisních hodnot CO₂, SO₂, NO_x při výrobě energie z fosilních paliv než u biomasy. Tento závěr se shoduje s tvrzením Sisbota et al. (2015) a Armaroli et Balzani (2011), kteří konstatují, že výroba energie z fosilních paliv je viníkem globálního oteplování na celém světě. Braniš a kol. (2009) uvádějí, že spalováním nekvalitních fosilních paliv dochází ke zvýšené produkci emisí a pro snížení emisí doporučují přechod na jiná paliva, např. rostlinný odpad ze zemědělství. Hill et. al. (2006) ve své práci konstatují, že negativní environmentální dopady fosilních paliv uspisily jejich nahrazování OZE, např. biopaliv v dopravě.

V případě tvorby emisí z biomasy se autoři shodují, že se jedná z tohoto pohledu o neutrální tvorbu, protože emise CO₂ využijí rostliny ve fotosyntéze (Motlík a kol. 2007; Koloničný, 2010), a to vede ke snížení emisí (Hein et Bemtgen, 1998; Fagian et al., 2013).

Koloničný (2010) konstatuje, že na tvorbu emisí NO_x má nejvíce vliv obsahu dusíku v palivu a dále teplota ve spalovací komoře. Vznik tzv. termických NO_x způsobuje teplota nad

1 000 °C. Termické NO_x, které tvoří hlavní díl výsledných emisí NO_x, vznikají při teplotě v ohništích malých výkonů a ta je ve většině případů menší než kritická hodnota.

Uvedené výsledky, že větší produkce NO_x je z fosilních paliv se shodují s pracemi Braniše a kol. (2009) i Sisbota et al. (2015).

Český hydrometeorologický ústav (2013), Arent et al. (2011), Armaroli et Balzani (2011), potvrzují výsledky této práce, že je největším zdrojem produkce emisí SO₂ je především spalování pevných fosilních paliv.

Emisní hodnoty popílku byly podle údajů z dotazníků nepatrně vyšší u slámy a nižší u černého a hnědého uhlí, nejnižší hodnoty byly podniky uvedeny u dřevní štěpky a pilin.

Hutla et al. (2005) a (Faaij, 2006) popisují, že vyšší hodnoty u produkce slámy mohou být způsobeny typem technologického zařízení na výrobu energie.

Ochecová (2015) konstatuje, že na produkci popílku u biomasy má vliv zvolené technologie, které jsou: spalování na roštu, ve fluidním loži a prachové, přičemž v ČR se nejvíce používá spalování biomasy ze dřeva na roštu. Dále uvádí, že na produkci množství popílku má vliv např. druh biomasy a rostliny nebo skladování.

Také podle Saidura et al. (2011) se dá ovlivnit vhodným technologickým zařízením produkce emisí.

U výroby energie z vody podle Bednáře (1989), Gabriela a kol. (1998) a Bendy a kol. (2012) nevzniká žádná produkce znečišťujících látek do ovzduší.

Obsah emisí vypouštěných do atmosféry je monitorován v rámci tzv. Kjótského protokolu, Rozhodnutí Rady 2002/358/ES (2002), v rámci ČR se jedná o zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší.

Začlenění bioenergetiky do energetické koncepce státu sebou přináší také některá úskalí. Na ně upozorňují např. Dauber et al. (2010), kteří konstatují, že pěstování plodin k energetickým účelům by mohlo mít významné změny ve využívání půdy. Jedná se např. o snížení biodiverzity pěstovaných plodin, proto se doporučuje širší skladba plodin a dodržování osevních postupů ke snížení dopadů na životní prostředí (European Environment Agency, 2015). Snížení schopnosti krajiny zadržovat vodu je problémem na polích s širokořádkovými plodinami (např. kukuřice) navíc ve svažitých terénech. Voda stéká a odplavuje s sebou zeminu s polí a zvyšuje se riziko erozí půdy (Petříková, 2009). Autorka doporučuje pěstování víceletých a vytrvalých druhů, jedná se např. o trávy vhodné k energetickým účelům - chrastice rákosovitá, sveřep bezbranný, atd. Snížení plochy pro pěstování plodin k potravinářským účelům nahrazením energetickými plodinami a vysokou

poptávkou po energii z biomasy, může v budoucnu podle Pimntela et al. (1973) zhoršovat potravinovou bezpečnost ve světě.

Oproti tomu Eggers et al. (2009) uvádějí, že integrace biomasy pro energii do zemědělské krajiny, by mohlo stimulovat hospodářství venkova, a tak působit proti negativním dopadům opouštění zemědělství nebo podporovat obnovu znehodnocené půdy, což by naopak vedlo ke zlepšení hodnoty biologické rozmanitosti.

I přes některá negativa je využití netradičních zdrojů energie přínosem a je potřebné celosvětové snížení požadavků na klasické PEZ podporovat (Balák a Prokeš, 1984).

Závěr

Z dotazníkového šetření a ze zpracování diplomové práce vyplývají následující závěry:

1. Existují legislativní opatření, která se zabývají problematikou OZE v ČR a EU. Jedná se zejména o zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, vyhlášku č. 347/2012 Sb., kterou se stanoví technicko-ekonomické parametry obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny a doba životnosti výroben elektřiny z podporovaných zdrojů, směrnici Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES o podpoře využívání energie u obnovitelných zdrojů.

2. Cílem v ČR je podílet se OZE na hrubé konečné spotřebě 14 % do roku 2020, v současnosti je to 13 %,

3. Cílem v ČR je podílet se OZE v dopravě 10,8 % spotřeby paliv do roku 2020, v současnosti je to 10 %,

4. Z oslovených firem je 30 % respondentů s výrobou energií z fosilních paliv, 40 % z biomasy, 20 % respondentů využívající k výrobě energie fosilní paliva i biomasu, a 10 % vodu.

5. Z dotazníkového šetření vyplývá, že nejvíce respondentů využívá fosilní paliva k výrobě elektrické energie 50 %, 30 % k vytápění objektu a 20 % k ohřevu teplé vody.

6. Z fosilních paliv převládá k výrobě energie černé a hnědé uhlí a v případě biomasy se jedná o dřevní štěpku a piliny.

7. Výhřevnost paliv z fosilních a obnovitelných zdrojů je závislá na obsahu vody, kdy podíl vody v případě fosilních paliv byl u černého uhlí (8,23 %), hnědého uhlí (26,00 %) a u obnovitelných zdrojů byl u slámy (14,55 %) a dřevní štěpky a pilin (30,00 %).

8. Nejvyšší výhřevnost má bioplyn ($24,0 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$), sláma ($14,55 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$) a dřevní štěpka a piliny ($12,00 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$).

9. Produkce emisí klesá v následujícím pořadí: černé a hnědé uhlí, dřevní štěpka a piliny, sláma a voda.

10. V případě popílku je největším producentem sláma a nejméně popílku produkuje dřevní štěpka a piliny.

11. Z dotazníkového šetření vyplynulo, že OZE produkují méně znečišťujících látek oproti fosilním palivům.

12. Pěstování plodin k energetickým účelům má i některá úskalí např. eroze půdy, změna biodiverzity pěstovaných plodin, snížení schopnosti krajiny zadržovat vodu.

Seznam použité literatury

- Akcí plán pro biomasu v ČR na období 2012 - 2020. 2012. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky. 97 s. ISBN: 9788074340741.
- Arent, D. J., Wise, A., Gelman, R. 2011. The status and prospects of renewable energy for combating global warming. *Energy Economics*. 33 (4). 584-593.
- Armaroli, N., Balzani, V. 2011. The Legacy of Fossil Fuels. *Chemistry - An Asian Journal*. 6. 768-784.
- Ashok, S., Banerjee, R. 2003. Optimal operation of industrial cogeneration for load management. *Power Systems. IEEE Transactions on*. 18 (2). 931-937.
- Balák, R., Prokeš, K. 1984. *Nové zdroje energie*. Nakladatelství technické literatury. Praha. 208 s. ISBN: 0432684.
- Bednář, J. 1989. *Malé vodní elektrárny*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury. 240 s. ISBN: 0422089.
- Benda, V., Doležalová, H., Dušička, P., Jevič, P., Matuška, T., Myslil, V., Pastorek, Z., Stupavský, V., Šejvl, R., Šulek, P. 2012. *Obnovitelné zdroje energie*. Praha: Profi Press s.r.o. 208 s. ISBN: 9788086726489.
- Bentsen, J. F., Felby, C., 2012. Biomass for energy in the European Union - a review of bioenergy resource assessments. *Biotechnology for Biofuels*. 5 (1). 25-34.
- Beurskens, L. W. M., Hekkenberg, M., Vethman, P. 2011. *Renewable Energy Projections as Published in the National Renewable Energy Action Plans of the European Member States*. European Research Centre of the Netherlands (ECN) and European Environmental Agency (EEA). Petten. p. 270.
- Biezma, M. V., San Cristobal, J. R. 2006. Investment criteria for the selection of cogeneration plants—a state of the art review. *Applied Thermal Engineering*. 26 (5). 583-588.
- Braniš, M., Hůnová, I., Bartoňová, A., Bednář, J., Bízek, V., Brechler, J., Fiala, J., Filip, J., Holoubek, I., Hovorka, J., Kalvová, J., Mikšovský, J., Moldan, B., Moldanová, J., Příbyl, R., Raidl, A. 2009. *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*. Praha: Karolinum. 351 s. ISBN: 9788024615981.
- Butkute, B., Lemeziene, N., Kanapeckas, J. 2014. Cocksfoot, tallfescue and reedcanarygrass: Dry matter yield, chemical composition and biomass convertibility to methane. *Biomass and Bioenergy*. 66. 1-11.
- Česko. Nařízení vlády č. 351/2012 ze dne 3. října 2012 o kritériích udržitelnosti biopaliv. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2012. částka 131. s. 4698-4720.

- Česko. Rozhodnutí Komise 2009/548/ES ze dne 30. června 2009, kterým se stanoví vzor pro národní akční plány pro energii z obnovitelných zdrojů podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES. In: Úřední věstník Evropské unie. 2009. částka 182. s. 33-62.
- Česko. Směrnice Evropského parlamentu a rady 2009/28/ES ze dne 23. října 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES. 2009. In: Úřední věstník Evropské unie. 2009. částka 140. s. 16-62.
- Česko. Vyhláška č. 6/2003 ze dne 16. prosince 2002, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností některých staveb. In: Sbírka zákonů České republiky. 2012. částka 4. s. 121-125.
- Česko. Vyhláška č. 347/2012 Sb. ze dne 12. října 2012, kterou se stanoví technicko-ekonomické parametry obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny a doba životnosti výroben elektřiny z podporovaných zdrojů. In: Sbírka zákonů České republiky. 2012. částka 126. s. 4562-4632.
- Česko. Vyhláška č. 477/2012 ze dne 20. prosince 2012 o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení a uchování dokumentů. In: Sbírka zákonů České republiky. 2012. částka 180. s. 6354-6400.
- Česko. Zákon č. 17/1992 Sb. ze dne 5. prosince 1991 o životním prostředí. In: Sbírka zákonů České republiky. 1992. částka 4. s. 82 – 96.
- Česko. Zákon č. 165/2012 Sb. ze dne 30. května 2012 o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. In: Sbírka zákonů České republiky. 2012. částka 59. s. 2482-2520.
- Česko. Zákon č. 201/2012 Sb. ze dne 2. května 2012 o ochraně ovzduší. In: Sbírka zákonů České republiky. 2012. částka 69. s. 2786-2848.
- Česko. Zákon č. 383/2012 Sb. ze dne 24. října 2012 o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů. 2012. částka 142. s. 4930-4954.
- Česko. Zákon č. 458/2000 Sb. ze dne 28. listopadu 2000 o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, (energetický zákon). In: Sbírka zákonů České republiky. 2000. částka 131. s. 7142-7196.
- Dallemand, J. F., Gerbens-Leenes, P. W. 2013. Bioenergy and Water. Report EUR 26160EN. p. 293. ISBN: 9789279331879.

- Dauber, J. Jones, M. B. Stout, J.C. 2010. The impact of biomass crop cultivation on temperate biodiversity. *Gcb Bioenergy*, 2 (6). 289-309.
- Demirbas, A. 2004. Combustion characteristics of different biomass fuels. *Progress in Energy and Combustion Science*. 30 (2). 219-230.
- Doucha, T., Jelinek, L., Medonos, T. 2011. Bioenergy - A New Chance for Czech Agriculture and its Risks. International Congress, August 30-September 2. Zurich, Switzerland. (No. 114433). European Association of Agricultural Economists. 1-12.
- Eggers, J. Tröltzsch, K., Falcucci, A., Maiorano, L., Verburg, P. H., Framstad, E., Loute, G., Maes, D., Nagy, S., Ozinga, W., Delbaere, B. 2009. Is biofuel policy harming biodiversity in Europe?. *GCB Bioenergy*, 1 (1). 18-34.
- Evans, D. G. 1973. The brown-coal/water system. *Fuel*. 52 (3). 186-190.
- Faaij, A. P. 2006. Bio-energy in Europe: changing technology choices. *Energy policy*. 34 (3). 322-342.
- Fagiani, R., Barquín, J., Hakvoort, R. 2013. Risk-based assessment of the cost-efficiency and the effectivity of renewable energy support schemes: Certificate markets versus feed-in tariffs. *Energy policy*. 55. 648-661.
- Falkowski, P., Scholes, R. J., Boyle, E., Canadell, J., Canfield, D., Elser, J., Gruber, N., Hibbard, K., Högberg, P., Linder, S., Mackenzie, F. T., Moore, B., Pedersen, T., Rosenthal, T., Seitzinger, S., Smetacek, V., Steffen, W. 2000. The Global Carbon Cycle: A Test of Our Knowledge of Earth as a System. *Science*. 290 (5490). 291-296.
- Fík, J. 2006. *Zemní plyn*. Praha: České sdružení pro technická zařízení. 355 s. ISBN: 8086028224.
- Fowler, F. J. 1995. *Improving Survey Questions: Design and evaluation*. Applied social research methods series. Sage Publications. 191. 38.
- Gabriel, P., Čihák, F., Kalandra, P. 1998. *Malé vodní elektrárny*. Vydavatelství ČVUT. Praha. 321 s. ISBN: 8001018121.
- Haselhuhn, R. 2010. *Fotovoltaika. Budovy jako zdroj proudu*. HEL. Ostrava. 175 s. ISBN: 9788086167336.
- Havelský, V. 1999. Energetic efficiency of cogeneration systems for combined heat, cold and power production. *International Journal of Refrigeration*, 22 (6). 479-485.
- Hein, K. R. G. Bemtgen, J. M. 1998. EU clean coal technology-co-combustion of coal and biomass. *Fuel Processing Technology*. 54 (1). 159-169.

- Hill, J., Nelson, E., Tilman, D., Polasky, S., Tiffany, D. 2006. Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 103 (30). 11206-11210.
- Humpenöder, F., Schaldach, R., Cikovany, Y., Schebek, L. 2013. Effects of land-use change on the carbon balance of 1 st generation biofuels: An analysis for the European Union combining spatial modeling and LCA. *Biomass and Bioenergy*. 56. 166-178.
- Hutla, P., Jevič, P., Mazancová, J., Plíštil, D. 2005. Emission from energy herbs combustion. *Research in Agricultural Engineering*. 51 (1). 28-32.
- Cherubini, F., Bird, N. D., Cowie, A., Jungmeier, G., Schlamadinger, B., Woess-Gallasch, S. 2009. Energy-and greenhouse gas-based LCA of biofuel and bioenergy systems: Key issues, ranges and recommendations. *Resources Conservation and Recycling*. 53 (8). 434-447.
- Kaldellis, J. K., Zafirakis, D. 2011. The wind energy @evolution: A short review a long history. *Renewable Energy*. 36 (7). 1887-1901.
- Kaminsky, J., Vrtek, M. 1998. *Obnovitelné zdroje energie*. VŠB - Technická univerzita Ostrava. Ostrava. 102 s. ISBN: 8070784458.
- Karlík, R. 2009. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. Grada Publishing. Praha. 112 s. ISBN: 9788024727202.
- Kralik, D., Bukvic, Z., Kukic, S., Uranjek, N., Vuksic, M. Sudan grass as an energy crop for biogas production. 2008. *View Journal Information*. 36 (1). 579-582.
- Kubín, M. 2009. *Proměny české energetiky*. Český svaz zaměstnavatelů v energetice. Praha. 615 s. ISBN: 9788025445242.
- Libra, M., Poulek, V. 2009. *Fotovoltaika. Teorie i praxe využití solární energie*. ILSA. Praha. 160 s. ISBN: 9788090431102.
- Makipaa, R., Linkosalo, T., Komarov, A., Mäkelä, A. Mitigation of climate change with biomass harvesting in Norway spruce stands: are harvesting practices carbon neutral?. 2015. *Canadian Journal of Forest Research*. 45 (2). 217-225.
- Malat'ák, J., Vaculík, P. 2008. *Biomasa pro výrobu energie*. Česká zemědělská univerzita. Praha. 206 s. ISBN: 9788021318106.
- McKendry, P. 2002. Energy production from biomass (part 2): conversion technologies. *Bioresource technology*. 83 (1). 47-54.
- Mekonnen, M. M., Hoekstra, A. Y. 2012. The blue water footprint of electricity from hydropower. *Hydrology and Earth System Sciences*. 16. 179-187.

- Melichar, J. 1998. Malé vodní turbíny. Vydavatelství ČVUT. Praha. 299 s. ISBN: 8001018080.
- Motlík, J., Šamánek, L., Štekl, J., Pařízek, T., Bébar, L., Lisý, M., Pavlas, M., Bařinka, R., Klimek, P., Knápek, J., Vaříček, J. 2007. Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR. ČEZ, a.s. Praha. 181 s. ISBN: 9788023988239.
- Možnosti energetického využití biomasy. 2013. Ministerstvo zemědělství. Praha. 72 s. ISBN: 9788074341229.
- Murtinger, K., Beranovský, J. 2008. Energie z biomasy. 2. vydání. ERA group spol. s r.o. Brno. 92 s. ISBN: 978-80-7366-115-1.
- Pastorek, Z., Kára, J., Sladký, V., Andert, D., Jelínek, A., Plíva, P., Hutla, P. 2000. Využití odpadní biomasy rostlinného původu. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 65 s. ISBN: 8072710559.
- Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P. 2004. Biomasa obnovitelný zdroj energie. FCC PUBLIC s.r.o. Praha. 288 s. ISBN: 8086534065.
- Pereira, J. S., Landsberg, J. J. 1989. Biomass production by fast-growing trees. Kluwer Academic Publishers. p. 288. ISBN: 0792302087
- Petříková, V., Sladký, V., Strařil, Z., Šafařík, M., Ust'ak, S., Váňa, J. 2006. Energetické plodiny. Profi Press. Praha. 127 s. ISBN: 8086726134.
- Pimentel, D., Hurd, L. E., Bellotti, A. C., Forster, M. J., Oka, I. N., Sholes, O. D., Whitman, R. J. 1973. Food production and the energy crisis. Science. 182 (4111). 443-449.
- Pimentel, D., Patzek, T. W. 2005. Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower. Natural Resources Research. 14 (1). 65-76.
- Pospíšil, R. 2011. Pestovanie a využitie láskavca (*Amaranthus L.*) a iných plodín na energetické účely. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. Nitra. 212 s. ISBN: 9788055205618.
- Premalatha, M., Abassi, T., Abassi, T., Abassi, S. A., 2014. A critical view on the eco-friendliness of small hydroelectric installations. Science of The Total Environment. 481. 638-643.
- Pugesgaard, S., Olesen, J. E., Jorgensen, U., Dalgaard, T. 2014. Biogas in organic agriculture—effects on productivity, energy self-sufficiency and greenhouse gas emissions. Renewable agriculture and food systems. 29 (1). 28-41.
- Punch, K. F. 2008. Základy kvantitativního šetření. Praha: Portál. 150 s. ISBN: 9788073673819.

- Rooney, W. L., Blumenthal, J. B., Bean, B., Mullet, J. E. 2007. Designing sorghum as a dedicated bioenergy feedstock. *View Journal Information*. 1 (2). 147-157.
- Saidur, R., Abdelaziz, E. A., Demirbas, A., Hossain, M. S., Mekhilef, S. 2011. A review on biomass as a fuel for boilers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15 (5). 2262-2289.
- Sanner, B., Karytsasa, C., Mendrinou, D., Rybach, L. 2003. Current status of ground source heat pumps and underground thermal energy storage in Europe. *Geothermics*. 32 (4-6). 579-588.
- Scarlat, N., Martinov, M., Dallemand, J. F. 2010. Assessment of the availability of agricultural cropresidues in the European Union: Potential and limitations for bioenergy use. *Waste management*. 30 (10). 1889-1897.
- Shan, F., Tang, F., Cao, L., Fang, G. 2014. Performance evaluations and applications of photovoltaic-thermal collectors and systems. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 33. 467-483.
- Sheaffer, C. C., Martin N. P., Lamb, J. F. S., Cuomo, G. R., Jewett, J. G., Quering, S. R. 2000. Leaf and stem properties of alfalfa entries. *Agronomy Journal*. 92 (4). 733-739.
- Scholz, R., Beckmann, M., Pieper, CH., Muster, M., Weber, R. 2014. Considerations on providing the energy needs using exclusively renewable sources: Energiewende in Germany. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 35. 109-125.
- Schroyen, M., Vervaeren, H., Van Hulle, S. W. H., Raes, K. 2014. Impact of enzymatic pretreatment on corn stover degradation and biogas production. *Bioresource Technology*. 173. 59-66.
- Şişbot, S., Yildiran, U., Tunç, M. 2015. Optimal Distribution of Electrical Energy Sources in Turkey with the Impact of the Kyoto Protocol. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*. 10 (3). 288-297.
- Starke, P., Hoffmann, Ch. M. 2014. Dry matter and sugar content as parameters to assess the quality of sugarbeet varieties for anaerobic digestion. *Verlag Dr Albert Bartens*. 139. (4). 232.
- Svatošová, L.; Kába, B. 2008. *Statistické metody II*. Praha: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta. 107 s. ISBN: 9788021317369.
- Škorpil, J., Kasářík, M. 2000. *Obnovitelné zdroje energie I. vodní elektrárny*. Západočeská univerzita v Plzni. Plzeň. 126 s. ISBN: 8070826754.

- Theuretzbacher, F., Bauer, A., Javier, L., Becker, M., Rosenau, T., Potthas, A., Fried, A., Piring, G., Groneauer, A. 2013. Potential of different Sorghum bicolor (L. moench) varieties for combined ethanol and biogas production in the Pannonian climate of Austria. *Energy*. 55. 107-113.
- Trenčiansky, M., Lieskovský, M., Oravec, M. 2007. *Energické zhodnotenie biomasy*. Národné lesnícké centrum. Zvolen. 147 s. ISBN: 9788080930509.
- Ulbig, P., Hoburg, D. 2002. Determination of the calorific value of natural gas by different methods. *Thermochimica acta*. 382. (1). 27-35.
- Valášek, V., Chytka, L. 2009. *Velká kronika o hnědém uhlí: minulost, současnost a budoucnost těžby hnědého uhlí v severozápadních Čechách*. Plzeň: G2 Studio. 379 s. ISBN: 9788090389342.
- Van Duren, I., Voinov, A., Arodudu, O., Firrisa, M. T. 2015. Where to produce rapeseed biodiesel and why? Mapping European rapeseed energy efficiency. *Renewable Energy*. 74. 49-59.
- Venendaal, R., Jørgensen, U., Foster, C. A. 1997. European energy crops: a synthesis. *Biomass and Bioenergy*. 13 (3). 147-185.
- Zhou, M., Yang, D., Qiu, X. 2008. Influence of dispersant on bound water content in coal-water slurry and its quantitative determinativ. *Energy Conversion and Management*. 49 (11). 3063-3068.

Elektronické zdroje

- Aktualizace Státní energetické koncepce České republiky. Praha - srpen 2012. [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky. 3. ledna 2013. [cit. 2014-09-30]. Dostupné z <<http://www.mpo.cz/dokument119078.html>>.
- Aktualizace Státní energetické koncepce České republiky. Praha - prosinec 2014. [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky. 20. ledna 2015. [cit. 2015-03-09]. Dostupné z <<http://www.mpo.cz/dokument155315.html>>.
- Bioenergy production must use resources more efficiently. [online]. European Environment Agency. 3. března 2015. [cit. 2015-03-18]. Dostupné z <http://www.eea.europa.eu/media/newsreleases/bioenergy-production-must-use-resources?&utm_campaign=bioenergy-production-must-use>.

- Česko. Rozhodnutí Rady 2002/358/ES ze dne 25. dubna 2002 o schválení Kjótského protokolu k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu jménem Evropského společenství a o společném plnění závazků z něj vyplývajících. [online]. Ministerstvo životního prostředí České republiky. 25. dubna 2002 [cit. 2015-03-20].
Dostupné z <http://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol>.
- Český hydrometeorologický ústav. Oxid siřičitý. [online]. Český hydrometeorologický ústav. 2013. [cit. 2015-03-23].
Dostupné z <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/IV7_SO2_CZ.html>.
- Člověk a energie. [online]. Parlamentní listy. 11. března 2015. [cit. 2015-03-18].
Dostupné z <<http://www.parlamentnilisty.cz/zpravy/kauzy/Hroziva-slova-atomove-lady-Drabove-Pokud-nebudeme-schopni-zajistit-si-energetickou-bezpecnost-365762>>.
- EurObserv'ER. Spotřeba pevné biomasy v Evropské unii. [online]. Biom.cz. 17. března 2015. [cit. 2015-04-01]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pevna-biomasa-v-evrope>>.
- Horčík, J. Energetika v USA 2012. [online]. Ekologické bydlení. 1. ledna 2013. [cit. 2015-03-05]. Dostupné z <<http://www.ekobydleni.eu/vetrna-energie/energetika-v-usa-2012-42-novych-zdroju-byly-vetrne-elektrarny>>.
- Koloničný, J. Emise při spalování biomasy. [online]. Biom.cz. 7. června 2010 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/emise-pri-spalovani-biomasy-2>>.
- Meziroční nárůst 2012 - 2013 instalovaného výkonu větrných elektráren. [online]. GWEC. 2014. [cit. 2015-01-30]. Dostupné z <<http://www.gwec.net/global-figures/graphs/>>.
- Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů. [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky. Srpen 2012. [cit. 2014-09-30].
Dostupné z <<http://www.mpo.cz/dokument120572.html>>.
- Nejvyšší kontrolní úřad. Peněžní prostředky určené na podporu výroby energie z obnovitelných zdrojů. [online]. Nejvyšší kontrolní úřad. 2014. [cit. 2015-03-26].
Dostupné z <<http://www.nku.cz/kon-zavery/K14006.pdf>>.
- Německá ekonomika v červenci 2014. [online]. Ministerstvo zahraničních věcí České republiky. 2014. [cit. 2015-01-03].
Dostupné z <http://www.mzv.cz/file/1216037/web_30_7_2014_Newsletter_nemecka_ekonomika_7_2014.pdf>.

- Ochecová, P. Popel z biomasy - významný zdroj živin. [online]. Biom.cz. 2. února 2015. [cit. 2015-03-09]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/popel-z-biomasy-vyznamny-zdroj-zivin>>.
- Petříková, V. Energetické plodiny, povodně a eroze. [online]. Biom.cz. 9. září 2009. [cit. 2015-03-06]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticke-plodiny-povodne-a-eroze>>.
- Spotřeba paliv. [online]. Český statistický úřad. 2012. [cit. 2015-03-03]. Dostupné z <http://vdb.czso.cz/vdbvo/tabdetail.jsp?kapitola_id=34&potvrz=Zobrazit+tabulku&cas_2_100=2012&go_zobraz=1&cislotab=ENE0050PU_KR&voa=tabulka&str=tabdetail.jsp>.
- Statistika o spotřebě OZE v roce 2013. [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky. 2014. [cit. 2014-01-30]. Dostupné z <<http://www.mpo.cz/dokument153790.html>>.
- Stražil, Z. Energetická bilance v rostlinné výrobě u vybraných plodin. [online]. Biom.cz. 1999. [cit. 2015-01-29]. Dostupné z <<http://stary.biom.cz/clen/zs/bilance.html>>.
- Stražil, Z., Šimon, J. Stav a možnosti využití rostlinné biomasy v energetice ČR. [online]. Biom.cz. 20. dubna 2009. [cit. 2015-01-29]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/stav-a-moznosti-vyuziti-rostlinne-biomasy-v-energetice-cr>>.
- The Energiewende. Germany's Clean Energy Transition - what is the Energiewende? [online]. Agora Energiewende. 2013. [cit. 2015-02-27]. Dostupné z <<http://www.agora-energiewende.org/topics/the-energiewende/germanys-clean-energy-transition-what-is-the-energiewende/>>.
- Tintěra, L. Kogenerace - kombinovaná výroba elektrické energie a tepla (I). [online]. TZB-info. 5. prosince 2005. [cit. 2015-03-12]. Dostupné z <<http://www.tzb-info.cz/2912-kogenerace-kombinovana-vyroba-elektricke-energie-a-tepla-i>>.
- Trnavský, J. 2014. Složitá cesta k energetické soběstačnosti. [online]. Energie 21. 6. února 2014. Dostupné z <<http://energie21.cz/slozita-cesta-k-energeticke-sobestacnosti/>>.
- Výkon instalovaný ve větrných elektrárnách zemí EU ke konci roku 2012. [online]. ČEZ, a.s. 2013. [cit. 2014-12-30]. Dostupné z <<http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/vitr/informace-o-vetrne-energetice.html>>.
- Žůrková, J. Ohlédnutí za rolí biomasy ve výrobě tepla ve Švédsku. [online] Biom.cz. 29. prosince 2014 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/ohljedniti-za-rol-i-biomasy-ve-vyrobe-tepla-ve-svedsku>>.

Zkratky

- ATP - alternativní paliva
ČR - Česká republika
EU - Evropská unie
OZE - obnovitelný zdroj energie
PEZ - primární energetický zdroj
PRO - průmyslové odpady
TKO - tuhý komunální odpad

Seznam příloh

- I. Dotazník k porovnání hodnot alternativních paliv a paliv fosilních
- II. Tabulka spotřeby paliv
- III. Tabulka hodnot paliv
- IV. Tabulka emisních hodnot

Příloha I. Dotazník k porovnání hodnot alternativních paliv a paliv fosilních – 1. část

DOTAZNÍK k porovnání hodnot alternativních paliv a paliv fosilních			
Dodavatel energií:			
Elektrická energie	ano	ne	
Vytápění objektu	ano	ne	
Ohřev teplé vody	ano	ne	
Technologický zdroj:			
elektrický	ano	ne	
tepelný	ano	ne	
kombinovaný	ano	ne	
Primární zdroj energie	Roční průměrná spotřeba paliva (t)	Roční průměrná výroba elektrické energie (MWh)	Roční průměrná výroba tepla (MJ)
černé uhlí			
hnědé uhlí			
koks			
zemní plyn			
elektřina			
biomasa (uved'te jaká)			
°			
jiný OZE:			
voda			
slunce			
vítr			
Primární zdroj energie	Obsah vody (%)	Výhřevnost (MJ.kg⁻¹)	Výhřevnost (MJ.m⁻³)
černé uhlí			
hnědé uhlí			
koks			
zemní plyn			
elektřina			
biomasa (uved'te jaká)			
°			
jiný OZE:			
voda			
slunce			
vítr			

Příloha I. Dotazník k porovnání hodnot alternativních paliv a paliv fosilních - 2. část

Primární zdroj energie	Emise CO₂	Emise SO₂	Emise NO_x	Popílek
černé uhlí				
hnědé uhlí				
koks				
zemní plyn				
elektřina				
biomasa (uved'te jaká)				
o				
o				
jiný OZE:				
voda				
slunce				
vítr				
Primární zdroj energie	Roční průměrné náklady na produkci (Kč.GJ⁻¹)	Roční průměrné náklady na produkci (Kč.MWh⁻¹)	Prodejní cena (Kč.GJ⁻¹)	Prodejní cena (Kč.MWh⁻¹)
černé uhlí				
hnědé uhlí				
koks				
zemní plyn				
elektřina				
biomasa (uved'te jaká)				
o				
o				
jiný OZE:				
voda				
slunce				
vítr				

Příloha II. Tabulka spotřeby paliv – 1. část

PEZ	Spotřeba paliva t, m ³	Vyrobená energie celkem		Efektivnost výroby	
		MWh	GJ	kg.MW ⁻¹ , kg.m ⁻³	kg.GJ ⁻¹ , kg.m ⁻³
černé uhlí	10 979,0	9 000,0	168 228,0	1 219,8	65,2
	16 520,0	13 000,0	237 070,0	1 270,7	69,6
	21 895,0	16 000,0	312 460,0	1 368,4	70,1
	23 112,0	17 900,0	344 620,0	1 291,2	67,5
	26 554,0	19 500,0	365 223,0	1 361,7	72,7
hnědé uhlí	13 981,0	10 400,0	197 252,0	1 344,3	70,8
	27 265,0	20 100,0	378 350,0	1 356,5	72,1
	112 970,0	110 919,0	1 745 568,0	1 018,4	64,1
	140 000,0	120 000,0	2 200 000,0	1 166,6	63,6
	156 300,0	126 000,0	2 255 000,0	1 240,5	69,3
	159 600,0	129 325,0	2 168 153,0	1 234,1	73,6
	212 322,0	156 161,0	2 895 141,0	1 359,6	73,3
	220 500,0	199 000,0	3 266 100,0	1 108,0	67,5
254 037,0	178 190,0	3 417 460,0	1 425,6	74,3	
zemní plyn	2 986,0	1 801,0	3 289 000,0	0,6	1 101,4
	2 890,0	1 790,5	3 156 000,0	0,6	1 092,0
	2 765,0	1 680,0	3 023 000,0	0,6	1 185,4
	2 550,0	1 620,0	3 056 200,0	0,6	1 198,5
dřevní štěpka a piliny	31 900,0	6 113,0	222 000,0	5 218,4	143,6
	16 588,0	2 910,0	42 961,0	5 700,3	386,1
	5 000,0	950,0	45,0	5 263,2	111,1
	5 625,8		35,5		158,5
	10 570,0		62,8		168,3
	12 565,0	2 220,0	71,0	5 659,9	176,9
	6 232,0	1 190,0	41,5	5 236,9	150,2
	4 880,0	925,0	41,9	5 275,7	116,5
	2 500,0	440,0	21,4	5 681,5	116,8
19 650,0	3 512,0	126,0	5 595,1	155,9	
sláma	10 528,		126,8		83,0
	7 600,0		93 000,0		81,7
	388,9		5 781,0		67,2
	1 550,0		21 300,0		72,7
	2 300,0		30 560,0		75,2
	530,0		9 341,0		56,7
	950,0		1 425,5		66,6
	230,0		3 880,0		59,2
bioplyn	16 000,00	2 600,0	2 720,0	6,15	5,88
	12 500,00	1 880,0		6,64	
	17 450,00	2 730,0		6,39	
	10 100,00	1 500,0		6,73	

Příloha II. Tabulka spotřeby paliv – 2. část

vodní energie	využití spádu a objemu vody	430,0		žádná spotřeba	
	využití spádu a objemu vody	907,0		žádná spotřeba	
	využití spádu a objemu vody	395,0		žádná spotřeba	
	využití spádu a objemu vody	756,0		žádná spotřeba	

Příloha III. Tabulka hodnot paliv

PEZ	Obsah vody (%)	Výhřevnost MJ.kg ⁻¹	Výhřevnost MJ.m ⁻³
černé uhlí	11,00	15,22	
	10,82	18,25	
	10,78	18,00	
	9,85	15,90	
	8,55	21,03	
	8,23	21,00	
hnědé uhlí	28,97	17,10	
	28,00	16,70	
	27,80	17,00	
	27,35	17,30	
	27,17	16,47	
	27,00	16,00	
	26,80	16,85	
	26,00	15,60	
zemní plyn			33,50
			34,00
			33,90
			34,10
dřevní štěpka a piliny	50,00	8,00	
	55,00	6,00	
	41,79	9,51	
	40,20	9,00	
	38,50	10,00	
	37,29	10,23	
	34,80	9,20	
	33,75	11,02	
	32,00	10,80	
	30,00	10,00	
	30,00	12,00	
sláma	20,00	14,00	
	19,70	13,10	
	16,30	14,00	
	15,30	14,51	
	15,00	14,50	
	14,55	14,00	
	18,28	14,55	
	15,00	13,50	
bioplyn			23,20
			22,50
			22,20
			24,00

