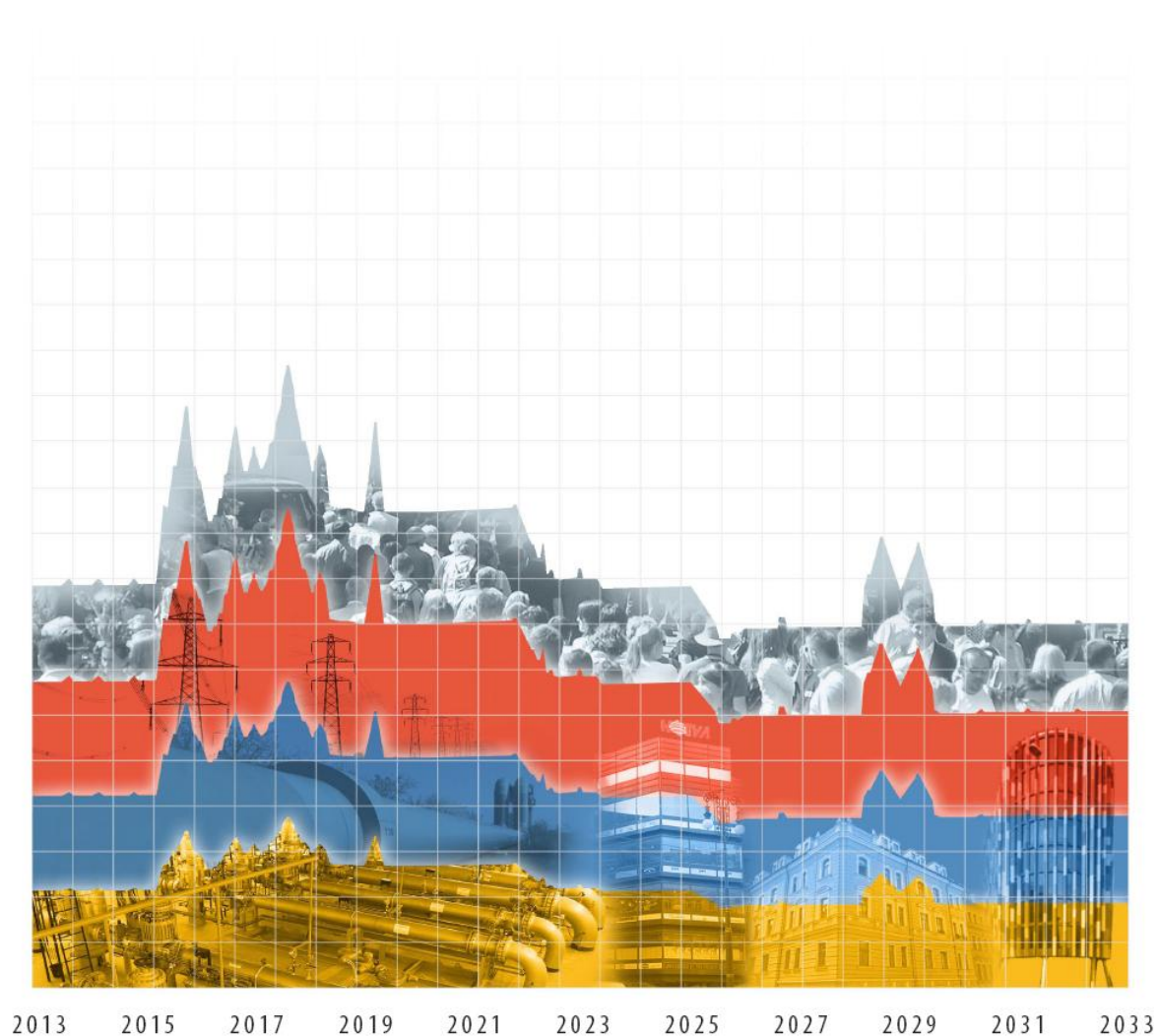
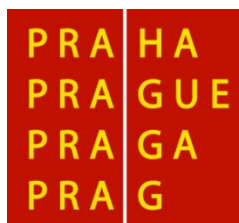


**ÚZEMNÍ ENERGETICKÁ KONCEPCE
HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY
(2013-2033)**

**PŘÍLOHA Č. 3
POTENCIÁL OZE, DZE A KVET**



Obsah

1 SOUHRN	4
Hlavní výsledky, zjištění a doporučení	4
Komentář k jednotlivým druhům OZE	6
Biomasa a bioplyn – produkce tepla	6
Sluneční elektrárny	7
Teplo ze Slunce	8
Malé vodní elektrárny	9
Energie prostředí – tepelná čerpadla	9
Geotermální energie	10
Kombinovaná výroba elektřiny a tepla	10
2 BIOMASA	11
2.1 Biomasa – potenciál ze zemědělské půdy	11
2.1.1 Zdroje dat	11
2.1.2 Metodika stanovení potenciálů	12
2.1.3 Stanovení potenciálů	15
2.2 Biomasa – potenciál ze zemědělské půdy a cíleně pěstované biomasy	19
2.2.1 Základní charakteristiky a nároky vybraných energetických plodin	19
2.2.2 Metodika stanovení potenciálů	20
2.2.3 Stanovení potenciálů	21
2.2.4 Možnosti využití a doporučení	22
2.3 Biomasa – potenciál bioodpadů BRO a BRKO	23
2.4 Možnosti využití a doporučení – technologie spalování	25
2.4.1 Ekonomika typických instalací	25
2.4.2 Možnosti využití a doporučení	25
2.5 Možnosti využití a doporučení – technologie bioplyn	26
2.5.1 Ekonomika typických instalací	26
2.5.2 Možnosti využití a doporučení	26
3 VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY	28
3.1 Metodika stanovení potenciálů	28
3.1.1 Výpočetní modely	30
3.1.2 Stanovení potenciálů	30
3.1.3 Možnosti využití a doporučení	32
4 ELEKTRINA ZE SLUNCE	33
4.1 Metodika stanovení potenciálů	33
4.2 Zdroje dat	35
4.3 Stanovení potenciálů	36
4.4 Ekonomika typických instalací	37
4.5 Možnosti využití a doporučení	37
5 TEPLLO ZE SLUNCE	38
5.1 Metodika stanovení potenciálů	38

5.2	Zdroje dat	39
5.3	Stanovení potenciálů	40
5.4	Ekonomika typických instalací	41
5.5	Možnosti využití a doporučení	41
6 	MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY	42
6.1	Metodika stanovení potenciálů a zdroje dat	42
6.2	Stanovení potenciálů	42
6.3	Ekonomika typických instalací	43
6.4	Možnosti využití a doporučení	43
7 	ENERGIE PROSTŘEDÍ – TEPELNÁ ČERPADLA	44
7.1	Metodika stanovení potenciálů	44
7.2	Zdroje dat	45
7.3	Stanovení potenciálů	45
7.4	Ekonomika typických instalací	46
7.5	Možnosti využití a doporučení	46
8 	GEOTERMÁLNÍ ENERGIE	48
8.1	Ekonomika typických instalací	50
8.2	Metodika stanovení potenciálů	50
8.3	Zdroje dat	51
8.4	Stanovení potenciálů	51
8.5	Možnosti využití a doporučení	52
9 	PERSPEKTIVY DALŠÍHO ROZVOJE KVET	54
9.1	Analýza možností rozvoje KVET	54
9.1.1	Zdroje CZT	54
9.1.2	Ostatní zdroje - výrobní a nevýrobní sféra	56
9.1.3	Domácnosti	56
9.2	Odhad potenciálu nové výroby elektřiny v režimu KVET	56
SEZNAM TABULEK, GRAFŮ, OBRÁZKŮ, LITERATURY A ZKRATEK	58	
Seznam tabulek	58	
Seznam grafů	59	
Seznam obrázků	59	
Seznam literatury	60	
Seznam zkratk	62	

1 | Souhrn

Hlavní výsledky, zjištění a doporučení

Tabulka 1 shrnuje možnosti využití obnovitelných zdrojů v kraji Hlavní město Praha na základě stanovených technických potenciálů a jejich ekonomické korekce provedené na základě kritéria minimální ceny energie. Tabulka je pracovně rozdělena na zdroje elektřiny a zdroje tepla, jakkoli lze spíše předpokládat pouze využití tepelné energie, jelikož vykazuje nižší minimální ceny a nižší investiční náročnost. U některých zdrojů se pro úplnost objevují obě tyto komodity, například u BPS. Přepočet pouze na teplo ukazuje součtový sloupec.

Nejvyšší rozvojový potenciál je patrný u nízkopotenčních zdrojů tepla okolního prostředí (zejména vzduchu, méně pak země, podzemních případně povrchových vod, ale i vod odpadních apod.), které je možné zužítkovat za pomoci tepelných čerpadel (TČ).

Velikost technického potenciálu uplatnitelnosti TČ je relativně obrovská. V podstatě se může nasadit všude tam, kde je dnes využíváno nízko-teplotní vytápění či chlazení prostor a kde je možné instalovat výparník či kolektor pracovního okruhu čerpadla.

Z ekologických i ekonomických důvodů mají TČ opodstatnění všude tam, kde lze dosáhnout vysokých hodnot parametru COP, tedy poměru vyrobeného tepla na energii vloženou pro jeho chod (u kompresorového okruhu je to elektřina, u absorpčních systémů lze využít různé druhy paliv, zpravidla ale zemního plynu). Klíčovou roli zde hraje teplotní rozdíl mezi zdrojem tepla a spotřebičem (tj. rozdílu pracovních teplot výparníku a kondenzátoru).

Doporučovány jsou tak obecně aplikace schopné využít zemského tepla či tepla odpadních vod, u kterých teploty země/vody jsou kladné po celý rok, častokrát i nad 10 °C. Vybrané zajímavé projekty ze zahraničí uvádí příloha 8.

Skutečný dostupný potenciál však omezují prostorové, hlukové aj. limity stanovené technickými či legislativními předpisy. A pokud je investorem soukromý subjekt, také ekonomická výhodnost. Proto nejvíce instalací TČ bývá instalováno v objektech, kde se doposud topilo nejdražším způsobem (elektřinou). Z tohoto důvodu bylo při kvantifikaci potenciálu přihlédnuto právě k možnému přechodu těchto stávajících spotřeb v Praze na řešení založených na vhodném typu TČ (i za cenu možných potřebných úprav otopných soustav).

I přes reálnou nemožnost tento potenciál ze 100 % naplnit se jeví učiněné odhady jako dosažitelné, a to z toho důvodu, že nasazení TČ je dnes již ekonomicky konkurenceschopné u nové bytové a nebytové výstavby. Celkové pořizovací i provozní náklady spojené s krytím tepelných potřeb za pomoci TČ jsou za dobu jeho životnosti blízké vytápění za pomoci zdrojů tepla na bázi zemního plynu a ne až tak vzdálené od topení moderními automatickými kotli na pevná paliva. TČ je dnes již dokonce dávána přednost v případech, kdy spalovací zdroj tepla není již z důvodu přílišného zatížení lokality orgány ochrany ovzduší akceptován. Více než desetinásobné zvýšení počtu TČ v Praze během let 2001 a 2011 se tak může v příštích letech zopakovat, a to klidně i s vyšší dynamikou.

Druhý perspektivní zdroj v kontextu podmínek Prahy je využití solární energie, zvláště pro výrobu elektřiny. Ceny fotovoltaických článků a kompletních systémů trvale klesají, objevují se technologické inovace a je více než pravděpodobné, že tento trend v několika málo letech umožní technologii dosáhnout tržní konkurenceschopnosti i bez jakékoliv veřejné podpory. V kontextu měst se jeví jako nejprůhodnější umísťovat FVE na střechy příp. fasády staveb a při zohlednění počtu rodinných a bytových domů a objektů nevýrobní sféry je představitelné, že potenciál FVE aplikací v Praze může dosahovat několika set megawatt (mírně optimistický odhad je až 300 MW_p). Pokud se v brzké době podaří vhodně upravit legislativu upravující dodávku přebytků elektřiny do distribuční soustavy, již za 2-3 roky může počet instalací v Praze dále dynamicky růst. Výhodou je, že fotovoltaické instalace lze snadno realizovat i bez konfliktu s památkovou ochranou (viz příklad instalace solární elektrárny na provozní budově a Nové scéně Národního divadla).

Na pomyslném třetím místě lze uvažovat s využitím biomasy. Kromě odpadů ze zemědělské produkce vhodné pro spalování lze uvažovat i se zbytky ze zemědělské produkce a s BRO či s BRKO pro výrobu bioplynu. Jako zdroj BRO lze uvažovat zejména velké producenty biomasy, která vzniká například při údržbě zeleně. S rozsáhlejším využitím BRKO lze uvažovat až za předpokladu vzniku navazující infrastruktury, tedy sběrných nádob a následného zpracování. Ekonomicky se jeví vhodné vyráběný bioplyn využívat nikoliv pro výrobu elektřiny, ale spíše pro výrobu tepla nebo jeho přímá distribuce do sítě. Důležitou a nutnou podmínkou pro využití BRO či BRKO je učinění rozhodnutí o tom, zda se bude využívat spíše energeticky či pouze kompostovat.

Za téměř vyčerpané lze již považovat využití energie vody. De facto všechny smysluplné lokality (kde je již existující vodní dílo zajišťující dostatečný spád a průtok) jsou již dnes v podstatě pro výrobu elektřiny využívány a navýšení výroby lze získat jedině jejich efektivnějším provozem. Nelze ale vyloučit vznik nějakých dalších MVE, a to však spíše na netradičních místech, jako je vodohospodářská infrastruktura (existuje několik projektů, které by využily spád na distribuční soustavě pitné vody v Praze o celkovém teoretickém výkonu 1-1,5 MWe). Bez investiční či provozní podpory jsou ale tyto realizace neekonomické. Zde lze doporučit jednoduchou strategii: „Vylepšit, co stojí a nepřekážet efektivnějšímu využití a případnému dalšímu rozvoji“.

Za zmínku rovněž stojí potenciální využití geotermální energie za pomoci hloubkových vrtů. Zemské teplo v hloubkách od tří kilometrů dosahuje 70 i více °C s průměrným nárůstem +3°C o každých sto metrů, a tak lze o jeho možném využití rovněž uvažovat. Odhadované potenciály vyskytující se na území Prahy jsou velmi vysoké. Ale ne zcela vhodné geologické podloží by si vyžadovalo nasazení technologií EGS (v podstatě předjímá vytvoření umělého vodního rezervoáru v hloubce 3-5 kilometrů, který by byl kontinuálně zemským teplem ohříván a takto ohřátá voda, o teplotách 70 až třeba 200 °C dle hloubky by byla čerpána na povrch, kde by se po předání tepla se zpět vracela do podzemí). Tyto technologie zatím nejsou ve světě příliš rozšířeny a pojí se s nimi jistá rizika, a to i včetně vyvolané seizmické aktivity. Proto jejich uplatnění (dokud se toto řešení neosvědčí na více skutečných projektech) zatím v horizontu platnosti této koncepce neuvažujeme.

Vyhodnocení možností využití jednotlivých zdrojů energie je provedeno formou kvantifikace rozvojového potenciálu oproti stávajícímu stavu (výchozímu roku 2001). V dalším textu jsou uvedeny bližší informace k jednotlivým zdrojům.

Tabulka 1: Přehled možností využití OZE v kraji Hlavní město Praha.

Zdroj energie	Typická minimální cena elektřiny	Typická minimální cena tepla	Technický potenciál výroby elektřiny	Technický potenciál výroby tepla	Možnosti využití
	(Kč/kWh)	(Kč/GJ)	(MWh/rok)	(GJ/rok)	(-)
Biomasa-spalování, zbytky ze zemědělské produkce	1,00-3,00	330-550	-	455 439	velmi dobré
Biomasa-Bioplyn, zbytky ze zemědělské produkce	3,15-3,80	150-200 /380-490 ¹	-	44 569	neuspokojivé
Biomasa-Bioplyn, BRKO	3,20-3,80	150-200 /380-490 ²	-	153 377	neuspokojivé
Větrné elektrárny	1,90-2,30		0	-	-
Elektřina ze Slunce	2,40-3,40		258 577	-	velmi dobré
Teplo ze Slunce		500-1000	-	133 727	uspokojivé
Malé vodní elektrárny	2,20-3,50		5 945	-	výborné
Tepelná čerpadla (nizkoteplotní teplo náhrada za elna)		555-610	-	862 784	velmi dobré
Geotermální energie (vysokoteplotní zemské teplo)	1,30-1,50	555-610	-	1 918 800	podmíněné funkčními pilotními projekty
Celkem			264 522	1 649 895 /3 568 696	

Komentář k jednotlivým druhům OZE

Biomasa a bioplyn – produkce tepla

Možnosti využití energie z biomasy dosahují 455 TJ/rok tepelné energie ze spalování. Uvažuje se pouze s konzervativním odhadem potenciálu, tedy s využitím biomasy ze zbytků zemědělské produkce a BRKO. Neuvažuje se scénář záměrného pěstování biomasy, který však může přinést dalších 100 TJ/rok. Pro úplnost je třeba dodat, že potenciál lesních těžebních zbytků činí 10,38 TJ/rok.

Minimální cena energie, resp. tepla vychází u malých topenišť na cca 350 Kč/GJ pro spalování dřeva, u spalování pelet na cca 450-550 Kč/GJ. U velkých topenišť se průměrná cena tepla dostává i pod 350-450 Kč/GJ včetně DPH.

Do blízké budoucnosti se však jeví jako nejrozsudnější využití biomasy pouze pro výrobu tepla, protože minimální cena energie vychází v důsledku nižších investičních nákladů jako lépe konkurenceschopná.

Vytápění dřevem stále patří k nejlevnějším možnostem vytápění. Vytápění peletami se cenově blíží vytápění plynem, přitom však poskytuje srovnatelný obslužný komfort. Je tedy vhodné pro lokality, kde není zaveden plyn. Vytápění peletami je však dražší, než vytápění uhlím, zejména při použití moderních automatických kotlů na uhlí s účinností okolo 85%.

¹⁾ Alternativně v kombinaci s výrobou elektřiny a bez této kombinace.

Možnosti využití vyplývají z možnosti vytěsnění nákladnějších energií, tedy dřevo snadno zastoupí uhlí a pelety elektrinu. Pro velké instalace je stěžejní počet připojených domácností. Doporučit lze tedy například podporu spoluspalování biomasy ve stávajících uhelných kotelnách nebo ve spalovnách odpadů. Podmínkou je, že kotel umožní kvalitní spalování paliva.

Výstavba nových větších kotelen na biomasu se s ohledem na zvyšující se ceny biomasy, vyšší investiční náklady a tedy vyšší minimální ceny tepla jeví jako vhodná pouze pro velmi slibné lokality nebo pro komunitní projekty.

Biomasa a bioplyn

Ze zbytků zemědělské produkce a BRO či BRKO pro výrobu bioplynu se uvažuje 45 TJ/rok a 153 TJ/rok. Předpokládáme, že technický potenciál může tvořit až 70 tis. tun odpadu ročně, ekonomicky využitelný potenciál může tvořit přibližně 1/3, tedy cca 23 tis. tun.

Minimální ceny energie, resp. elektřiny jsou pro menší instalace do 550 kW cca 3,50 Kč/kWh, pro větší instalace jsou o něco nižší, cca 3,00 Kč/kWh. Minimální cena elektřiny, kterou produkují BPS, závisí však i na prodeji tepla, jako vedlejšího produktu. Při kombinované výrobě elektřiny a tepla se uvažuje cena 150-200 Kč/GJ, při výrobě tepla samotného 380 – 490 Kč/GJ.

Ekonomicky se však jeví vhodnější do budoucna vyráběný bioplyn využívat nikoliv pro výrobu elektřiny a tepla, ale jako motorové palivo pro vozy na CNG, kterých je dnes již několik desítek a jejich počet stále roste. Další možností je přímá distribuce do sítě.

Lze doporučit orientaci na největší producenty BRO, například parky, obchodní řetězce apod. Lze podporovat bioplynové stanice využívající nepěstovanou biomasu (travní hmotu aj. bioodpady, případně BRKO), vytvořit podmínky pro vznik BPS jako součást center pro nakládání s bioodpady, důrazem na efektivní využívání energie bioplynu (pro vysoceúčinnou KVET). Vhodná je tedy podpora spíše pro komunitní projekty, které řeší lokalitu jako celek.

Důležitou a nutnou podmínkou je však rozhodnutí, zda je vhodnější podporovat výrobu energie či BRO pouze kompostovat.

Větrné elektrárny

Potenciál využití energie větru je na území hlavního města Prahy uvažován jako nulový. Důvodem je zejména velmi nízká roční průměrná rychlost větru, která je na celém území Prahy nižší než 3 m/s.

Nejvyšší roční průměrná rychlost větru je v oblasti Ruzyně, kde je nižší než 4,5 m/s, což však také nepostačuje ke smysluplnému ekonomickému využití. Zde však přítomnost letiště v podstatě větší využití energie větru vylučuje.

Doporučení pro rozsáhlejší využití z výše uvedených důvodů nedávají smysl.

Sluneční elektrárny

Kraj Hlavní město Praha se nemůže klimatickými podmínkami rovnat jižním státům Evropy. Přesto i zde existuje zajímavý potenciál pro výrobu elektřiny ze Slunce, protože FVE jsou velmi flexibilní

z hlediska umístění. Ekonomicky lze zcela jistě využít potenciál minimálně 259 GWh/rok sluneční elektřiny.

Minimální cena pro typické instalace se pohybuje kolem hodnoty 2,40 - 3,40 Kč/kWh. Instalace jsou tedy ekonomicky zajímavé spíše pro rodinné domy s vyšší spotřebou elektřiny v denní době letního období a s běžnou sazbou pro domácnosti D02, kde pro spotřebu v denní době se lze dostat na průměrnou cenu až 7 Kč/kWh včetně zeleného bonusu, uvažujeme-li že domácnosti platí cca 5 Kč/kWh. Dále mohou být instalace menších systémů zajímavé pro podnikatele se spotřebou elektřiny v denním období v podnikatelské sazbě typu C. Kromě rezidenčního sektoru lze tedy do budoucna uvažovat i s využitím FVE na budovách výrobních podniků.

Pokud se však udrží tempo poklesu ceny solárních panelů, pak lze očekávat rostoucí ekonomickou výhodnost slunečních elektráren. V porovnání let 2009 a 2011 spadly ceny fotovoltaických panelů o 75 procent a analytici renomovaných světových společností (Bloomberg, EPIA) očekávají, že do konce tohoto desetiletí dojde k poklesu o další desítky procent.

Elektřina z FVE je již dnes levnější, než elektřina nakupovaná z distribuční sítě. To platí pro maloobdoběratele a zčásti i pro střední odběratele. Problémem je, že pro elektřinu není obvykle v době výroby v objektu využití a při prodeji přebytků elektřiny do sítě je FVE neekonomická. Vzhledem k rychlému poklesu cen technologií lze čekat, že během několika let elektřina z FVE dále zlevní, takže se její provoz stane ekonomickým i v případech, že v objektu se využije jen část produkce a přebytky budou dodávány do sítě nebo ukládány ke krátkodobé akumulaci do baterií, baterií elektrokol či elektromobilů.

FVE lze jednoznačně doporučit na rovné anebo vhodně orientované střechy. Realizaci lze načasovat při potřebě jejich opravy.

Teplo ze Slunce

Potenciál tepla ze slunečních kolektorů dosahuje 134 TJ/rok. Minimální cena energie se u typických projektů pohybuje od 500 až do 1000 Kč/GJ pro koncového uživatele, podle toho jaké je celkové využití systému. Pokud se jedná pouze o přípravu TV, případně přitápění, tak je celkové využití relativně nízké, protože systémy pracují s nízkým gradientem teplot. Průměrná cena tepla se tak blíží vyšším hodnotám. V případě, že systém pracuje s vyšším gradientem teplot, například při dohřevu bazénu u RD nebo při předehřevu vody z vodovodního řadu pro cirkulační rozvod panelového domu, průměrné ceny tepla jsou nižší.

Z výše uvedených důvodů tyto systémy nemohou obvykle konkurovat ani elektrickému ohřevu TV v přímotopné či akumulační sazbě, 2,70 - 3,30 Kč/kWh, které odpovídá cena tepla cca 750 – 920 Kč/GJ, o konkurenci plynu s průměrnou cenou 1,30 Kč/kWh nemůže být ani řeč. Obecně lze říci, že využití sluneční energie je výhodnější ve formě elektřiny.

Podpora těchto systémů má tedy spíše smysl energeticky úsporný, a to zejména u specifických projektů s vysokou průměrnou cenou tepla, vyšším rozdílem teplot a vyšší spotřebou tepla v letním období. Ekonomicky mohou být instalace zajímavé například pro předehřev cirkulačních rozvodů panelových domů, kde systém pracuje s vysokým rozdílem teplot a cena nakupované energie je vyšší než minimální cena energie.

Malé vodní elektrárny

Předpokládáme, že většina použitelných lokalit je v podstatě využita a další potenciál lze získat zejména efektivnějším využitím stávajících lokalit. V Praze nemá smysl počítat s plným hydroenergetickým potenciálem Vltavy a ani s výstavbou nových MVE s ohledem na výjimečnost tohoto území.

Zde lze doporučit jednoduchou strategii: „Vylepšit, co stojí a nepřekážet efektivnějšímu využití a případnému dalšímu rozvoji“.

Lepším využitím stávajících instalací lze počítat s využitelným technickým potenciálem cca 5-6 GWh/rok. Současná výroba malých vodních elektráren v Praze je 44,6 GWh/rok, efektivnějším využitím lze získat cca 50,5 GWh/rok oproti stávající měřené výrobě.

Minimální cena energie se u velmi dobrých typických projektů pohybuje od 2,20 do 3,50 Kč/kWh. U investic do MVE velmi záleží na rozsahu stavebních nákladů při přípravě lokality a na ročním využití maxima instalovaného výkonu, které by pro ekonomicky zajímavé projekty nemělo být nižší než 3000 hodin.

Energie prostředí – tepelná čerpadla

Pokud jde o spotřebu elektřiny na vytápění v Praze, tak v sektoru domácností se odhaduje na cca 320 GWh/rok, spolu s ostatními segmenty je to něco přes 400 GWh/rok. Možnosti ekonomického využití energie prostředí či nízkopotenciální energie země uvažujeme přes 863 TJ/rok tepla, což je cca 236 GWh ročně v elektřině.

V této části se uvažuje pouze potenciál, který předpokládá nahrazení stávajícího elektrického vytápění tepelnými čerpadly. Potenciál využití nízkoteplotního tepla je však mnohem vyšší. Do celkového přehledu však není zahrnut, protože v Praze zatím nedává smysl, aby tento soutěžil se ZP.

Principiálně by TČ neměla soutěžit s lokalitami, kde lze využít ZP. Důvody jsou ekonomické i environmentální. Například i v průkazech energetické náročnosti PENB má elektřina faktor 3,2 pro celkové PEZ a 3,0 pro neobnovitelné zdroje, zatímco ZP má oba faktory 1,1.

Využití nízkoteplotních lokálních zdrojů lze doporučit hlavně pro nově budované objekty, zejména pak bytové a rodinné domy v pasivním a nulovém standardu. Na území Hlavního města Prahy je dostatek geotermálního tepla již v pří-povrchových hloubkách. V dosahu údolní štěrkopískové zvodně v údolí řeky Vltavy je geotermální energie využitelná i pro větší odběratele tepla z proudící mělké podzemní vody. Příkladem může být projekčně připravená bytová zástavba na Manínách a bývalého Jedličkova ústavu na Klárově.

Postupnou komplexní rekonstrukcí panelových a bytových domů a postupným růstem cen tepla ze systémů centrálního zásobování teplem se mohou tepelná čerpadla stát zajímavou alternativou k CZT v lokalitách, kde by využití ZP zvýšilo lokální emise. Proto je lze doporučit jako ekologicky a ekonomicky vhodnou alternativu i pro tento segment trhu.

V budoucnosti lze také uvažovat s využitím kolektorů TČ u splaškové vody, v kanalizačních sítích, na výstupu z ČOV na využití tepla vyčištěných vod apod.

Potenciál z nových nízkoteplotních zdrojů lze však velmi špatně stanovit, a proto se do celkového hodnocení nezapočítává.

Kritérium minimální ceny 2 – 2,20 Kč/kWh, kterému odpovídá průměrná cena tepla 555-610 Kč/GJ řadí tepelná čerpadla mezi zdroje, které jsou spíše vhodné pro vytěsnění spotřeby elektřiny pro vytápění. Výjimečně potom pro lokality vytápěné plynem, dřevem resp. peletami, kde důvodem nahrazení mohou být vysoké reinvestiční nebo provozní náklady či uživatelský komfort. V závěrečném shrnutí se tedy uvažuje pouze s náhradou elektrického vytápění.

Geotermální energie

Z geotermální energie uvažujeme pouze případné a podmíněné využití potenciálu pro výrobu tepla. Výsledky ukazují, že lze teoreticky vyrobit 1 900 TJ/rok tepla.

U geotermální energie je patrný relativně velmi vysoký potenciál v porovnání s ostatními OZE. Tento je však označen jako podmíněný, protože jej za současného stavu geotermálního průzkumu a technologií zatím nelze jednoznačně využívat a tedy ani doporučit. Jeho využití je podmíněno podrobnějším geologickým průzkumem. V současné době se jeho využití jeví zatím jako rizikové, protože je možné, že v Praze nemusí mít jednoznačně vhodné podmínky. Pokud bude možné tento potenciál využít, bude v kraji Hlavní město Praha vhodnější využití ve formě tepla.

Potenciál teoreticky existuje od hloubky 3 km a výše, geologické podloží v ČR je však velmi náročné, protože je spíše suchého typu. Musel by se tedy vytvořit vodní tepelný výměník, u kterého však není zřejmé, jak se bude v suchém prostředí chovat a zda například nedojde tektonickému pnutí. Příklady podobných instalací jsou například v Suez, v Tochnilogicku, či ve švýcarské Basileji nebo v německém Landau. Na posledních dvou jmenovaných místech však došlo k zemětřesením v důsledku využívání geotermální energie.

Kombinovaná výroba elektřiny a tepla

Celkový teoretický potenciál nové výroby elektřiny z KVET při náhradě všech výtopenských zdrojů tepla činí přes 4 TWh/rok, reálně lze však očekávat v následujících 10 letech pouze stovky GWh.

Míru uskutečnění nových zdrojů KVET v podobě lokálních KGJ lze pouze hrubě odhadovat. Skutečný vývoj bude záviset na vývoji výše podpory KVET a poměru cen elektřiny a zemního plynu.

Šance na rozšiřování dodávek dálkového tepla vidíme naopak jako poměrně vysoké, nejen v případě omezeného navyšování dodávek z EMĚ I, ale i pro realizaci nového horkovodního napojení z elektrárny Kladno, který by přinesl zásadní změnu v energetické bilanci zajišťování tepla západních částí Prahy. Úspěch tohoto záměru bude záviset především na (politické) vůli hlavních aktérů – vlastníků elektrárny Kladno a příslušných ostrovů CZT (tj. dnes Alpiq a Pražská teplárenská) na jeho přípravě spolupracovat a dohodnout se na řešení výhodném pro obě strany. Hlavní město Praha by této spolupráci mělo aktivně napomáhat a zajistit pokračování koncepčních prací tohoto záměru.

2 | Biomasa

2.1 | Biomasa – potenciál ze zemědělské půdy

Následující text byl zpracován na základě podkladů Ing. Kamily Havlíčkové (Vávrové, 2013)².

Potenciál biomasy je v České republice nejdůležitějším obnovitelným zdrojem a představuje značný potenciál vzhledem k tomu, že je možné ji využít pro různé formy energie, jak pro elektrickou energii nebo výrobu tepla, či kombinovanou výrobu, tak i pro výrobu pohonných hmot. Biomasu je možné snadno skladovat a je na rozdíl od větrné nebo solární energie také poměrně stálým zdrojem energie.

V současné době se ve světě i u nás začíná rozšiřovat pěstování rostlin za účelem produkce biomasy na energetické využití resp. pro výrobu pevných, kapalných nebo plyných biopaliv. V literatuře je možno najít více než sto padesát rostlinných druhů, které byly či jsou testovány a případně vytipovány jako potenciální zdroj pro energetické využití. Pokud pomineme využití jednoletých potravinářských a technických plodin pro výrobu kapalných a plyných biopaliva (obilí, řepka, kukuřice) pro produkci pevných biopaliv z lignocelulozní biomasy je v současnosti úspěšně pěstováno pouze několik perspektivních bylin a dřevin ve speciálních porostech a plantážích „energetických plodin“. U těchto téměř výhradně víceletých plodin se předpokládá, že po úvodní fázi rozrůstání poskytnou vyšší výnosy při současně nižších nákladech, než rostliny jednoleté. Ne všechny ve světě vytipované rostliny se dají pěstovat v našich půdně-klimatických podmínkách. Výběr vhodných druhů energetických plodin pro podmínky ČR je určován mnoha faktory jako např. půdně-klimatickými podmínkami, způsobem využití, pěstební technologií včetně sklizně a dopravy apod.

U dřevin se zatím nejvíce rozšířilo pěstování tzv. výmladkových plantáží vrb a topolů často označovaných jako rychle rostoucí dřeviny. Výmladkové plantáže je oproti běžnému způsobu pěstování dřevin možno sklízet opakovaně ve velmi krátkém sklizňovém cyklu (obmýtlí 2–8 let). Pro zakládání výmladkových plantáží v ČR jsou schváleny vybrané odrůdy a klony topolů a vrb.

Ve světě a také v ČR se pěstují a ověřují energetické plantáže jednoletých nebo víceletých bylin. V našich podmínkách připadají z jednoletých nebo víceletých do úvahy pro pěstování některé druhy trav a vytrvalých bylin rodů ozdobnice (*Miscanthus*), chrastice (*Phalaris*) a šťovík (*Rumex* – odrůda schavnat) aj.

V následujícím textu jsou posuzovány 2 scénáře: Potenciál zbytkové biomasy ze zemědělské půdy, potenciál biomasy z lesní půdy a biomasy cíleně pěstované, viz 2.2 |.

2.1.1 | Zdroje dat

Analýza potenciálu biomasy nám slouží k poskytnutí přesnějších informací o proporcích a distribuci potenciálu biomasy v Praze a je provedena pomocí Geografického informačního systému (GIS). Metodika je založena na přiřazování výnosů jednotlivým zdrojům biomasy ze zemědělské půdy podle bonitačně půdně ekologických jednotek (BPEJ).

² Vávrová (Havlíčková), K. (2013): Analýza potenciálu biomasy ze zemědělské půdy v Praze.

Hlavními zdroji dat pro analýzu potenciálu biomasy v Praze jsou:

BPEJ

Mapa BPEJ (bonitace půdně ekologických jednotek) se používá k posuzování produkčních schopností půd. Základem bonitace zemědělských půd byl jejich podrobný pedologický průzkum, avšak jejím podstatným cílem bylo hodnocení a hospodářské ocenění všech agronomicky a ekonomicky rozhodujících vlastností zemědělského území, včetně klimatu, reliéfu terénu apod.

LPIS – Land Parcel Identification System

LPIS je evidence využití zemědělské půdy (mapa půdních bloků). Jeho základním smyslem je poskytovat kvalitní data o užívané zemědělské půdě v České republice.

Obsahem mapy jsou plošné objekty uživatelských celků, které obsahují typ využití daného půdního bloku.

Typy půdních bloků v LPIS:

1. Orná půda
2. Travní porost
3. Ovocný sad
4. Vinice
5. Chmelnice
6. Zalesněno
7. Jiná kultura

Další zdroje dat:

- Komoditní a statistické ročenky.
- Další údaje o limitech biomasy: živočišná výroba, atd.

2.1.2 | Metodika stanovení potenciálů

Metodickým postupem je stanoven potenciál biomasy ze zemědělské půdy a z lesní půdy pro energetické účely – s primárním ohledem na využití biomasy v teplárnách, výtopnách a ev. decentralizovaných zdrojích pro výrobu tepla. Metodika stanovení potenciálu biomasy na zemědělské půdě reflektuje podíl zemědělské půdy alokovaný pro pěstování energetických plodin a danou strukturu konvenčních plodin.

Celkový potenciál biomasy použitelné pro energetické účely se skládá z:

- potenciálu biomasy na zemědělské půdě,
- potenciálu biomasy na lesní půdě.

Potenciál biomasy na zemědělské půdě (s předpokladem použití v teplárnách, výtopnách či decentralizovaných zdrojích pro výrobu tepla) se skládá z:

- a) Potenciálu zbytkové biomasy z konvenčního zemědělství – především zbytková sláma, TTP.

b) Potenciálu biomasy z energetických plodin pěstovaných na orné půdě – jednoletých i víceletých energetických plodin včetně výmladkových plantáží.

c) Potenciálu biomasy z výmladkových plantáží založených na trvalých travních porostech.

Pro stanovení potenciálu energetických plodin na zemědělské půdě budou použity 4 v současné době nepoužívané energetické plodiny pro produkci pevných biopaliv (štěpka, sláma) – rychle rostoucích dřevin (topol, vrba), ozdobnice obrovská, schavnat a lesknice rákosovitá. Metodika stanovuje potenciál biomasy, který je pro danou rozlohu zemědělské a orné půdy, využití půdy pro konvenční a energetické plodiny dlouhodobě udržitelný.

Metodický postup stanovení potenciálu biomasy na zemědělské půdě je založen na přiřazování výnosů jednotlivých zdrojů biomasy ze zemědělské půdy (druhů plodin) podle bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ). BPEJ byly vytvořeny na základě bonitace čs. zemědělského půdního fondu z let 1973–1978 na podkladě komplexního průzkumu půd provedeného v šedesátých letech. BPEJ zemědělských pozemků vyjadřuje pětímístným číselným kódem (psáno např. 2.11.14 nebo 21114) hlavní půdní a klimatické podmínky, které mají vliv na produkční schopnost zemědělské půdy a její ekonomické ohodnocení. První číslice udává klimatický region, druhá a třetí číslice vymezují příslušnost k určité hlavní půdní jednotce (01–78), čtvrtá číslice stanoví kombinaci svažitosti a expozice pozemku ke světovým stranám a pátá číslice určuje kombinaci hloubky půdního profilu a jeho skeletovitosti.

Klimatické regiony (KR) zahrnují území s přibližně shodnými klimatickými podmínkami pro růst a vývoj zemědělských plodin. KR se liší zejména v hodnotách sumy průměrných denních teplot vzduchu nad 10°C, průměrnými ročními teplotami vzduchu, průměrným ročním úhrnem srážek, pravděpodobností výskytu suchých vegetačních období a vláhovou jistotou. V České republice bylo vymezeno celkem 10 klimatických regionů, označených kódy 0–9. Hlavní půdní jednotka (HPJ) je účelové seskupení půdních forem, příbuzných ekologickými vlastnostmi, které jsou charakterizovány půdním typem, subtypem, půdotvorným substrátem, zrnitostí a u některých HPJ výraznou svažitostí, hloubkou půdního profilu, skeletovitostí a stupněm hydromorfismu. V České republice bylo vymezeno 78 HPJ. Přiřazením údaje o klimatickém regionu k charakteristice HPJ vzniká tzv. hlavní půdně klimatická jednotka (HPKJ), která je vyšší taxonomickou jednotkou.

Algoritmus výpočtu potenciálu biomasy je založen na přidělování konkrétních pozemků pro pěstování vybraných energetických plodin s tím, že výnos biomasy je určen výnosovou křivkou pro dané půdně klimatické podmínky stanoviště. Pro analyzované území je výchozím vstupním parametrem rozloha zemědělské půdy určená pro energetické plodiny z celkové rozlohy zemědělské půdy v analyzovaném území. Metodika algoritmu je založena na principu, že pro pěstování energetických plodin budou v analyzovaném území využity vždy pozemky v nejnižší kvalitě (tj. s nejnižšími hektarovými výnosy) pro konvenční plodiny. Popsaný mechanismus přidělování zemědělské půdy pro pěstování energetických plodin tak minimalizuje potencionální konflikt mezi využíváním zemědělské půdy pro energetické účely a využití půdy pro produkci potravin.

Potenciál zbytkové biomasy z konvenčního zemědělství závisí na struktuře konvenčních plodin a stavu živočišné výroby v zájmovém území (využití zbytkové biomasy – např. slámy, má prioritu před energetickým využitím). Vzhledem k absenci údajů o možném budoucím uspořádání konvenčních plodin a rozvoji živočišné výroby, je stanovení zbytkového potenciálu biomasy na základě současné struktury konvenčních plodin a stavu živočišné výroby. Výrazné změny jak ve struktuře pěstovaných

konvenčních plodin, tak i ve stavu živočišné výroby vedou k potřebě aktualizace potenciálu zbytkové biomasy.

Klíčovým krokem metodiky je vytvoření typologie zemědělských půd pro konvenční (potravinové) a energetické plodiny, které připadají v úvahu pro analýzu území. Typologie rozděluje zemědělské půdy do (pěstebních) kategorií podle vhodnosti pro pěstování a současně udává očekávaný výnos biomasy jednotlivých plodin v těchto kategoriích.

Pro vytváření typologie je využívána soustava bonitovaných půdně ekologických jednotek (tzv. BPEJ) bonitace zemědělských půd v ČR (Rejsek et al. 1990, Němec, 2001), která byla podrobně popsána dříve. Pro stanovení očekávaných výnosů konvenčních plodin v rámci typologie jsou použity výnosy biomasy nebo hlavního produktu na jednotlivých BPEJ, které jsou průměrem z celostátních hodnocení sklizní těchto plodin za více roků (Němec 2001, Rejsek et al. 1990). Typologie je vytvářena pro ornou půdu i trvalé travní porosty.

U nových energetických plodin, kde nejsou dostupné výsledky z pěstební praxe, jsou pro vyvážení typologie půd a návrh očekávaných výnosů používány výsledky dlouhodobého polního testování těchto plodin v rámci výzkumných projektů (Havlíčková et al, 2010, Weger, Bubeník, 2011, 2012). Pro každou plodinu je vytvořeno několik (4–6) pěstebních oblastí podle vhodnosti k produkci biomasy. U vytrvalých energetických plodin jsou nejprve vytvořeny výnosové křivky pro dobu očekávané životnosti porostů a z nich jsou následně vypočteny očekávané průměrné výnosy (t(suš.)/ha/rok) pro pěstební oblasti dosažitelné za předpokladu aplikace standardních agrotechnických postupů a obvyklého průběhu počasí – viz Tabulka 2. Výnosová kategorie je v případě energetických plodin reprezentovaná střední hodnotou intervalu hodnot – viz Tabulka 2.

Tabulka 2: Intervaly výnosů RRD a nedřevnatých energetických plodin dle typologie stanovišť (HPKJ) pro pěstební rajonizace. Zdroj: Havlíčková et al 2010, Weger, Bubeník, 2011, 2012.

Výnosová kategorie	RRD [t (suš).ha ⁻¹]	Ozdobnice čínská [t (suš).ha ⁻¹]	Schavnat [t (suš).ha ⁻¹]	Lesknice rákosovitá [t (suš).ha ⁻¹]
K1	< 5,01	<5,01	<2,51	<3,00
K2	5,01–7,00	5,01–9,00	2,51–5,00	3,01–4,20
K3	7,01–9,00	9,01–13,0	5,01–7,50	4,21–5,40
K4	9,01–11,00	>13,1	7,51–10,00	5,41–6,60
K5	11,01–13,00		>10,00	>6,61
K6	>13,00			

Pro stanovení výnosů RRD na trvalých travních porostech se použije stejný metodický postup jako pro stanovení výnosů na části orné půdy, tj. vychází se z typologie stanovišť dle HPKJ. Kategorie výnosů RRD na TTP jsou stejné jako pro RRD na orné půdě.

Stanovení výnosů jednotlivých konvenčních plodin podle jejich skutečného procentuálního zastoupení v kraji

Při stanovení potenciálu zbytkové biomasy z konvenčních plodin je třeba alokovat tyto plodiny k jednotlivým pozemkům (při stanovení potenciálu není reálná alokace plodin ke konkrétním pozemkům známa) tak, aby se v zájmovém území rovnala „alokovaná“ plocha jednotlivých plodin plochám zadaným. Při alokaci jednotlivých konvenčních plodin se aplikuje algoritmus, kdy je vůči pozemkům nejprve alokována plodina s nejvyššími nároky na kvalitu stanoviště. Tato plodina je

alokována na pozemky, kde dává nejvyšší hektarový výnos³. Po dosažení zadané celkové plochy plodiny se vezme druhá plodina v pořadí náročnosti na kvalitu stanoviště⁴. V algoritmu se pokračuje, dokud nejsou alokovány všechny předpokládané konvenční plodiny.

Pro stanovení výnosů jednotlivých konvenčních plodin podle jejich skutečného procentuálního zastoupení v kraji se agregovaná mapová vrstva bonitačně půdně ekologických jednotek (BPEJ) prolнула s mapou LPIS, z které se vybrala kultura orné půdy. Tím je zaručené určení výnosu slámy pouze na orné půdě. K jednotlivým plochám byly přiřazeny výnosy plodin v závislosti na hlavní půdně klimatické jednotce (HPKJ). Dále k plochám orné půdy byly pomocí speciálního softwaru přiřazeny rozlohy jednotlivých konvenčních plodin podle skutečného procentuálního zastoupení v kraji. Tím vznikla mapa Stanovení výnosového potenciálu jednotlivých plodin konvenčního zemědělství podle jejich procentuálního zastoupení v Praze a mapa Výnosů slámy jednotlivých plodin konvenčního zemědělství.

Pro stanovení výnosů trvalých travních porostů (TTP) podle jejich skutečného procentuálního zastoupení v krajích se agregovaná mapová vrstva BPEJ prolнула s mapou LPIS, z které se vybrala kultura TTP. Tím bylo zaručeno určení výnosů TTP pouze na TTP. K plochám TTP byly přiřazeny výnosy v závislosti na HPKJ a tímto krokem vznikla mapa výnosů TTP.

2.1.3 | Stanovení potenciálů

Výpočet potenciálu biomasy na zemědělské půdě:

Pro stanovení potenciálu biomasy použitelné pro energetické účely je klíčovým vstupním parametrem stanovení rozlohy a distribuce zemědělského půdního fondu určeného k produkci energetické biomasy. Výpočet využitelného potenciálu na zemědělské půdě je založen na předpokladu, že veškerý zemědělský půdní fond je využíván pro konvenční zemědělskou produkci a nepředpokládá se záměrné pěstování energetických plodin na orné půdě ani na trvalých travních porostech. Potenciál biomasy v tomto scénáři je tvořen pouze zbytkovou biomasou nevyužívanou pro zemědělskou výrobu (např. živočišnou výrobu, zaorávání slámy atd.). Jde tak o spodní odhad využitelného potenciálu biomasy.

Potenciál zbytkové biomasy z konvenčního zemědělství závisí i na struktuře pěstovaných konvenčních plodin a rozvoji či degeneraci živočišné výroby. Vzhledem k absenci údajů o budoucí možné struktuře pěstovaných konvenčních plodin, respektive vývoji živočišné výroby se při stanovení potenciálu zbytkové biomasy vycházelo ze současné struktury pěstovaných konvenčních plodin a stavu živočišné výroby v letech 2010–2012. Je zřejmé, že při zásadní změně struktury pěstovaných konvenčních plodin a zejména zásadní změně rozsahu živočišné výroby by muselo dojít k aktualizaci algoritmu výpočtu a přepočtu potenciálu biomasy.

³ (tzv. „určuje“ se výnos plodiny na daném stanovišti – pokud danému stanovišti není určita plodina přiřazena, pak tato plodina nemá na daném stanovišti definován „výnos“)

⁴ Pokud by při alokaci dané plodiny nebylo dosaženo celkové požadované rozlohy – z důvodu že na zájmovém území není dostatek pozemků s definovanou BPEJ pro danou plodinu, vezmou se „nejlepší“ pozemky další plodiny v pořadí náročnosti na kvalitu stanoviště a jim se přiřadí průměrný dlouhodobý výnos přiřazované plodiny.

Vlastní výpočet potenciálu

Výpočet potenciálu biomasy z konvenčního zemědělství byl pro Prahu počítán z hodnot získaných pomocí GIS analýzy. Výnos plodiny je dán součtem výnosů dané plodiny ze všech jednotlivých ploch, kde je definován její výnos. Potenciál slamnatých plodin je vypočten vynásobením výnosu opravným koeficientem (Ks) poměru zrna a slámy, viz Tabulka 2, např. pro pšenici je přepočtový koeficient 0,8, tedy hmotnost slámy je 80 % z hmotnosti zrna. Ve výpočtu je uvažováno s vlhkostí slámy při sklizni 12 %. Využitelný potenciál obilné slámy pro energetiku je však menší – je nutno odečíst slámu využívanou pro živočišnou výrobu (skot, ovce, berani a koně). Data pro jednotlivé roky byla získána z Českého statistického úřadu a byla zpracována metodikou hodnocení zemědělských podniků, podle které má skot spotřebu 1,5 kg slámy na kus a den na podestýlku a 1 kg na krmení. Ovce má spotřebu 1 kg slámy na kus a den na podestýlku a 1 kg na krmení. V současnosti využívané zaorání za účelem obohacení půdy humusem má význam jedině na těžších půdách, jinak jen při současném hnojení kejdou nebo jiným dusíkatým hnojivem. V případě řepky se může využít veškerá reziduální sláma pro energetické účely. Uvažovat je také třeba technologické ztráty při sklizni a transportu (až 10 %). V posledním kroku je třeba zbytkovou slámu po odečtení spotřeby živočišné výroby vynásobit hodnotou výhřevnosti (při 12 % vlhkosti) pro jednotlivou plodinu, viz Tabulka 3

Energetický potenciál z konvenčního zemědělství využitelný pro spalování se vypočte součtem zbytkové obilné slámy a řepky.

Výnos TTP je dán součtem výnosů TTP v závislosti na bonitě stanoviště všech ploch TTP. Tento tabulkový výnos TTP obsahuje „surový“ výnos na 1 ha (20 % sušiny), takže je výpočet nutno opravit koeficientem na 35 % sušiny. Z jedné tuny TTP při 35 % sušiny vznikne cca 175 m³ bioplynu, což je energetický potenciál 3,3 GJ. Při výpočtu energetického potenciálu kukuřice na siláž je počítáno s vlhkostí při sklizni 65 %. Z jedné tuny siláže při 35 % sušiny vznikne cca 240 m³ bioplynu, což je energetický potenciál 4,5 GJ.t⁻¹.

V této variantě bylo uvažováno pro spalování pouze se zbytkovou slámou obilnin a slámou z řepky. Od celkového množství obilné slámy v tunách se odečetla spotřeba slámy na podestýlku a krmení pro živočišnou výrobu. Celkově by potenciál pro spalování po přepočtu na energii odpovídal cca 455,44 TJ.

Tabulka 3: Koeficienty pro stanovení množství slámy a hodnoty výhřevnosti slámy.

Plodina	Koeficient množství slámy	Výhřevnost GJ.t ⁻¹ při 12 % vlhkosti
pšenice	0,8	15,7
ječmen	0,7	15,7
oves	1,05	15,7
triticale	1,3	15,7
žito	1,2	15,7
řepka	0,8	17,5

Tabulka 4: Potenciál v Praze v roce 2012. Zdroj: Metodika: VÚKOZ, v. v. i., Zpracování: Vávrová 2013.

Zdroj	Množství [tuny]	Množství [GJ]
obilná sláma	30 908,44	485 262,48
spotřeba ŽV	5 967,45	93 688,97
zbytková obilná sláma	24 940,99	391 573,52
řepka	3 649,43	63 865,06
kukuřice na siláž	7 951,48	35781,66
TTP	2 662,98	8 787,82

Tabulka 5: Energetický potenciál z konvenčního zemědělství v Praze. Metodika: VÚKOZ, v. v. i., Zpracování: Vávrová, 2013.

Využití pro spalování	Množství [tuny]	Množství [GJ]
zbytková obilná sláma	24 940,99	391 573,52
Řepka	3 649,43	63 865,06
Celkem	-	455 438,58
Využití pro bioplyn	Množství [tuny]	Množství [GJ]
kukuřice na siláž	7 951,48	35 781,66
TTP	2 662,98	8 787,82
Celkem	-	44 569,48

Pozn.: tuny uváděné v tabulce jsou tuny při sklizni. Vzhledem k různému obsahu vody v jednotlivých formách biomasy jsou tyto hodnoty nesčitatelné.

K produkci bioplynu se uvažuje biomasa z TTP a kukuřice ve formě siláže. Hodnota potenciálu využitelného pro bioplyn pak celkově po přepočtu na energii odpovídá cca 44,57 TJ.

Výpočet potenciálu biomasy na lesní půdě:

Metodika analýzy potenciálu biomasy z lesních pozemků je založena na lesních hospodářských plánech (LHP), které popisují skladbu každého lesního porostu a které vycházejí z tzv. souborů lesních typů (SLT). Na základě provedené analýzy je možné určit koeficient, který určuje průměrný výnos biomasy ve formě lesních těžebních zbytků a ve vazbě na rozlohu lesa pro konkrétní území nebo úroveň analýzy. SLT dovolují na lesních pozemcích systémové zhodnocení rizik odběru lesní biomasy – environmentální, technická a ekonomická, využitelnost biomasy i vliv odběru na porosty, lesní půdy a živiny.

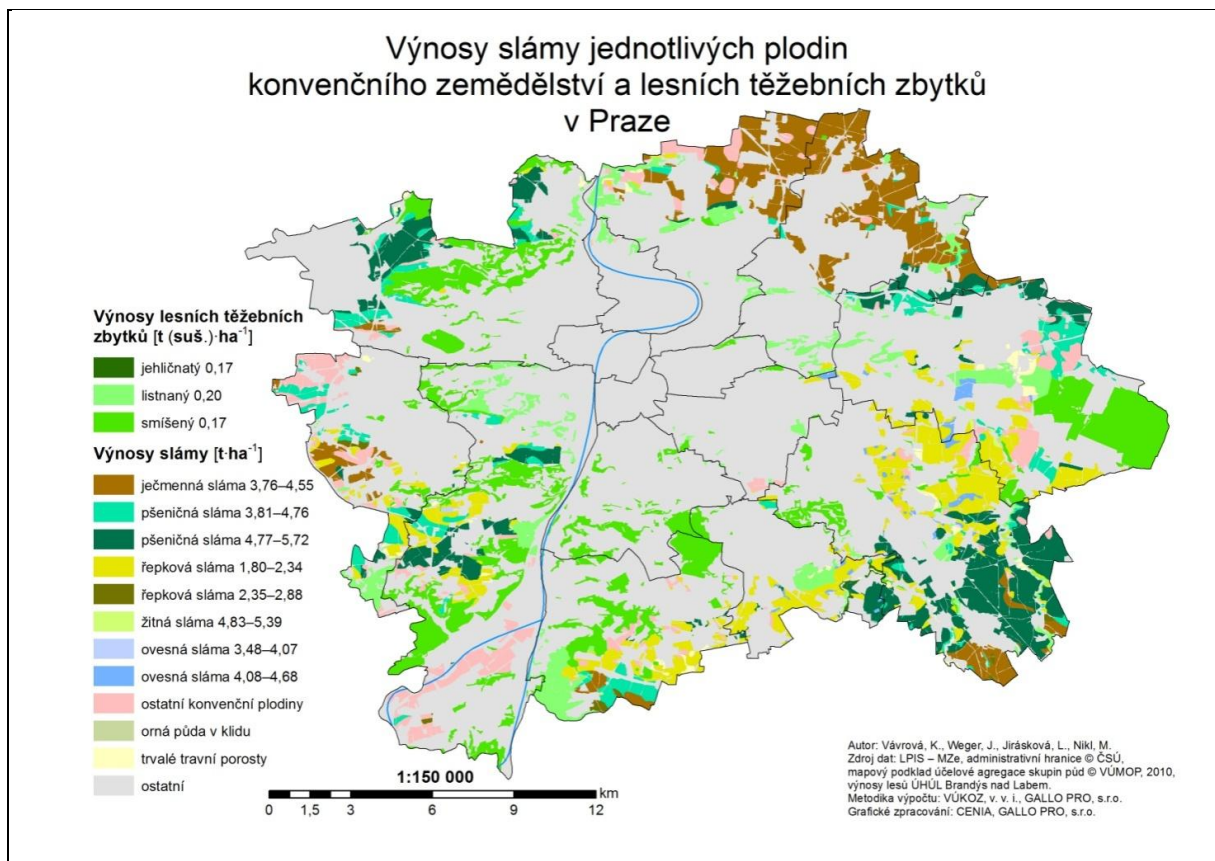
Metodika a analýza potenciálu lesních těžebních zbytků je provedena včetně území státního podniku Vojenské lesy a statky ČR (VLS, s.p.), a to s ohledem na maximální možnosti čerpání biomasy.

Energetický potenciál z lesních pozemků se vypočte vynásobením rozlohy lesa a koeficientu lesních těžebních zbytků v závislosti na druhu lesa (jehličnatý les 0,17 t (suš.).ha⁻¹, listnatý les 0,2 t (suš.).ha⁻¹, smíšený les 0,17 t (suš.).ha⁻¹). Celkový energetický potenciál se pak vypočte součtem výnosů

lesních těžebních zbytků z jehličnatých, listnatých a smíšených lesů a vynásobením výhřevností. Potenciál lesních těžebních zbytků je 10,38 TJ.

Potenciál klasické biomasy z lesní půdy nebyl v závěrečném souhrnu uvažován, protože je předpokládán jako stávající, již využívaný potenciál.

Obrázek 1: Výnosy slámy jednotlivých plodin konvenčního zemědělství a lesních těžebních zbytků. Vávrová, K. (2013), Metodika: VÚKOZ, v. v. i., Zpracování: VÚKOZ, v. v. i.



2.2 | Biomasa – potenciál ze zemědělské půdy a cíleně pěstované biomasy

Následující text byl zpracován na základě textu Ing. Kamily Havlíčkové (Vávrové), (2013)⁵.

2.2.1 | Základní charakteristiky a nároky vybraných energetických plodin

Vzhledem k poměrně vyčerpaným zdrojům zbytkové biomasy lze zvýšit její potenciál záměrným pěstováním perspektivních energetických plodin vhodných pro pěstování v Praze. Jedná se o následující dřevnaté a nedřevnaté energetické plodiny: rychle rostoucí dřeviny, schavnat, ozdobnice, lesknici rákosovitou.

Rychle rostoucí dřeviny (RRD) – topoly a vrby

Pro výmladkové plantáže rychle rostoucích dřevin (RRD), pěstované k produkci energetické biomasy na zemědělské půdě, se v našich podmínkách používají téměř výhradně vybrané klony a odrůdy vrb a topolů. Topoly a vrby jsou samostatné rody (*Populus* a *Salix*) patřící do čeledi vrbovitě (*Salicaceae*). Jedná se o listnaté dřeviny s rychlým výškovým růstem a hmotnostním přírůstkem v první dekádě růstu. Stromovité druhy topolů a vrb jsou především vlhkomilné dřeviny lužních lokalit, které dobře snášejí dočasné zaplavení. Řada „doporučených“ klonů topolů a vrb proto preferuje vodou dobře zásobené pozemky, na nichž dává i nejvyšší výnosy. Často tradovaný názor, že topoly a vrby dávají dobrý výnos jen na vlhkých (hydromorfních) půdách v teplejších klimatických regionech nepotvrzují výsledky polního testování, které ukazují, že je možné nalézt klony zejména topolů, které dosahují dobrého růstu a výnosů i na méně tradičních stanovištích. Například kříženci topolu černého (*Populus nigra*) a balzámových topolů (*P. maximowiczii*, příp. *P. simonii*) mají velmi širokou ekologickou amplitudu a mohou být pěstovány od průměrných až do mírně sušších stanovišť. Na vysychavých a extrémně chudých půdách je pěstování výmladkových plantáží RRD nevhodné.

Schavnat – *Rumex OK2*

Jedná se o křížence šťovíku zahradního *Rumex patientia* L. (mateřská linie) a šťovíku tjanšanského *Rumex tianschanicus* A. Los. (otcovská linie), který byl vyšlechtěn metodou víceletého výběru. Kříženec významně převyšuje původní rostliny jak kvalitou krmivářské produkce, tak i výnosem nadzemní hmoty a semen. Jako perspektivní energetická plodina je v ČR pěstován experimentálně od roku 1992 (VÚRV), provozně od roku 2001. Je to statná vytrvalá rostlina, která dosahuje výšky 220–250 cm. Od druhého roku po založení dosahuje spolehlivě výnosu 5–10 tun suché hmoty. Jde o plodinu nenáročnou na půdní podmínky s výjimkou půd silně kyselých s pH pod 5,0 a zamokřených. Nejlepší jsou středně těžké humózní a vodopropustné půdy.

Ozdobnice

Ozdobnice jsou vytrvalé rostliny s fotosyntézou typu C4. Pouze hybridní taxon *M. × giganteus* a druhy *M. tinctorius*, *M. sinensis* a *M. sacchariflorus* jsou využívány pro produkci fytomasy a průmyslové využití. Z hlediska rajonizace je *M. sinensis* nejvhodnější pro severní Evropu, *M. × giganteus* pro střední Evropu a *M. sacchariflorus* vyžadující teplejší podmínky pro jižní Evropu (hlavně pro

⁵) Vávrová (Havlíčková), K. (2013): Analýza potenciálu biomasy ze zemědělské a lesní půdy v Praze.

středomoří). Pro pěstování bez rizik invazního šíření do krajiny můžeme doporučit triploidní taxon $M \times giganteus$. Stébla jsou u *Miscanthus \times giganteus* pevná dřevnatějící vysoká přes 3 metry. Ozdobnice potřebuje 3–4 roky na to, aby dosáhla plné produkční zralosti.

Lesknice rákosovitá

Lesknice rákosovitá (*Phalaris arundinacea* L.) syn.: chrastice rákosovitá je vytrvalá, cizosprašná, výběžkatá tráva z čeledi lipnicovité (Poaceae). Je přirozeně rozšířena na celém území našeho státu, všude tam, kde je dostatek půdní vláhy. Lesknice patří mezi naše nejvyšší trávy. Výška stébel často přesahuje přes 2 m. Mohutná přímá stébla jsou zakončena dlouhou jednostrannou latou. Sterilní výhony jsou stébelné, hustě olistěné. Listy jsou dlouhé a široké. Trsy lesknice nevytváří. Bohatě založený systém podzemních oddenků vytváří hustý, zapojený porost s pevným drnem. Lesknice rákosovitá vytváří dlouhé podzemní oddenky, které jsou rozprostřeny těsně pod povrchem půdy. Kořenový systém je mohutný, jdoucí do značné hloubky. Je-li vyseta v čisté kultuře, dává užitek již v roce výsevu. Plného vývinu dosahuje již od druhého roku. Rovněž z jara začíná obrůstat velmi časně a také rychle roste (Havlíčková a kol., 2010).

2.2.2 | Metodika stanovení potenciálů

Stanovení výnosů záměrně pěstované biomasy

Stanovení výnosů záměrně pěstované biomasy bylo provedeno expertním odhadem na základě výsledků výzkumu výnosového potenciálu ozdobnice, schavnatu, RRD, lesknice rákosovité, podle obdržných bonitačně půdně ekologických jednotek (BPEJ). Byly připraveny upravené tabulky návrhu rámcové typologie stanovišť hlavně půdně klimatických jednotek (HPKJ) pro pěstební rajonizaci sledovaných plodin. Uvedené výsledky byly zpracovány pro grafický výstup z GIS.

Vlastní výpočet potenciálu biomasy s pěstováním záměrné biomasy je založen na předpokladu využití cca 10 % rozlohy orné půdy v Praze a cca 3 % rozlohy TTP v Praze pro záměrné pěstování energetických plodin.

Pokud by se předpokládala jiná výše alokace zemědělské půdy pro energetické plodiny např. dvojnásobek rozlohy orné půdy a TTP než je použito ve výše zmíněném scénáři není možné stanovit potenciál biomasy na zemědělské půdě pouhým vynásobením koeficientem rovným dvěma. Při změně procenta alokace zemědělské půdy je třeba provést kompletní výpočet potenciálu. Algoritmus výpočtu potenciálu biomasy vychází z alokace konkrétních pozemků pro energetické plodiny. Tyto pozemky se liší svými půdními a klimatickými vlastnostmi a tím pádem se i odlišují výnosem jednotlivých energetických plodin. Metodika algoritmu předpokládá, že pro energetické plodiny je využita vždy nejméně kvalitní (bonitní) zemědělská půda pro konvenční plodiny. Při nárůstu alokované rozlohy zemědělské půdy bude docházet k využívání bonitnější zemědělské půdy pro pěstování energetických plodin a je tedy možné očekávat neproporcionální nárůst produkce biomasy k energetickému využití.

Popsaný mechanismus alokace zemědělské půdy pro pěstování energetických plodin minimalizuje i případný konflikt využití zemědělské půdy pro energetické účely s využitím půdy pro produkci potravin.

2.2.3 | Stanovení potenciálů

Výpočet potenciálu biomasy – varianta energetické plodiny na 10 % rozlohy orné půdy a 3 % rozlohy TTP:

Tabulka 6: Potenciál v Praze v letech 2030–2050. Varianta energetické plodiny na 10 % rozlohy orné půdy a 3 % rozlohy TTP. Metodika: VÚKOZ, v. v. i., Zpracování: Vávrová, 2013.

Zdroj	Množství [tuny]	Množství [GJ]
obilná sláma	27 914,95	438 264,72
spotřeba ŽV	5 971,64	93 754,76
zbytková obilná sláma	21 943,31	344 509,96
řepka	3 316,80	58 044,00
kukuřice na siláž	7 239,00	32 575,50
TTP	2 558,29	8 442,34

Tabulka 7: Energetický potenciál – energetické plodiny na 10 % rozlohy v Praze. Metodika: VÚKOZ, v. v. i., Zpracování: Vávrová, 2013.

Využití pro spalování	Množství [tuny]	Množství [GJ]
zbytková obilná sláma	21 943,31	344 509,96
Řepka	3 316,80	58 044,00
RRD na orné i TTP	1 085,00	19 096,00
ozdobnice, šťovík, lesknice	7 054,75	124 163,60
Celkem	-	545 813,56

Využití pro bioplyn	Množství [tuny]	Množství [GJ]
kukuřice na siláž	7 239	32 575
TTP	2 558,29	8 442,34
Celkem	-	41 017,84

Pozn.: Tuny uváděné v tabulce jsou tuny při sklizni. Vzhledem k různému obsahu vody v jednotlivých formách biomasy jsou tyto hodnoty nesčitatelné.

Pro spalování bylo uvažováno se zbytkovou slámou obilnin, slámou z řepky a hmoty záměrně pěstované biomasy (RRD, ozdobnice, schavnatu, lesknice). Od celkového množství obilné slámy v tunách se odečetla spotřeba slámy na podestýlku a krmení pro živočišnou výrobu. Celkově by potenciál pro spalování dosahoval cca 545,81 TJ.

K produkci bioplynu se uvažuje biomasa z TTP, siláže z kukuřice. Hodnota potenciálu pak celkově dosahuje hodnoty 41,02 TJ.

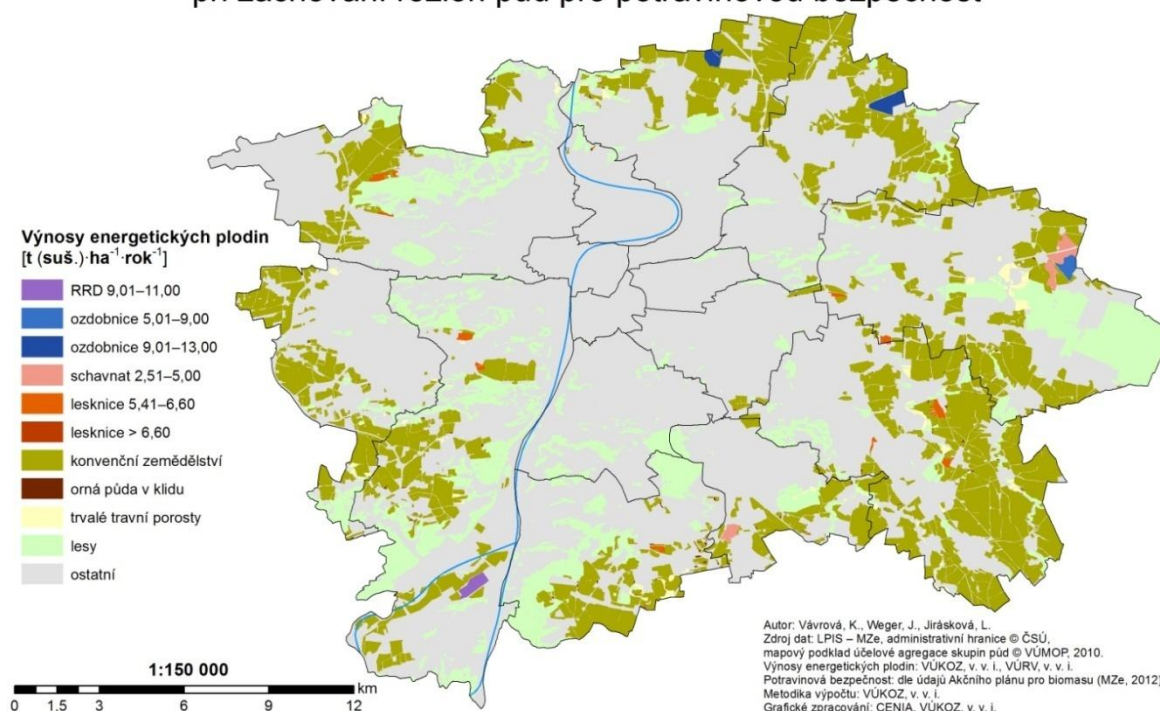
2.2.4 | Možnosti využití a doporučení

Ve scénáři 10 % bylo uvažováno s pěstováním energetických plodin na cca 10 % orné půdy a veškeré půdě uvedené do klidu. RRD byly uvažovány ještě na 3 % rozlohy TTP v Praze. Algoritmus funguje tak, že potenciál zbytkové biomasy ze scénáře 0 % je ponížen o množství zbytkové biomasy produkované na 10 % rozlohy orné půdy a 3 % rozlohy TTP, které byly použity pro záměrnou produkci biomasy. Poté je k takto redukovanému potenciálu zbytkové biomasy připočten potenciál energetických plodin pěstovaných na 10 % rozlohy orné půdy a 3 % rozlohy TTP.

Záměrné pěstování energetických plodin vede k produkci biomasy, která je přímo spalována, ale bylo by možné některé energetické plodiny využít i pro produkci bioplynu (např. lesknici rákosovitou, schavnat). Tyto energetické plodiny by však musely být sklizeny v jiném termínu a také by dosahovaly jiných výnosů. Pěstování energetických plodin využitelných pro přímé spalování ve scénáři 10 % vede k nárůstu potenciálu biomasy oproti scénáři 0 % o cca 90 TJ. Dochází tak k nárůstu potenciálu biomasy, protože tzv. méně úrodné půdy jsou velmi často hydromorfní (s vyšší hladinou podzemní vody), které jsou velmi vhodné pro pěstování rychle rostoucích dřevin, které zde dosahují maximálních výnosů. Dále se o 3 % snížila rozloha TTP, která byla využita pro pěstování RRD. Naopak vzhledem k poklesu rozlohy TTP o 3 % došlo i k poklesu energetického potenciálu o cca 4 TJ využitelného pro produkci bioplynu.

Obrázek 2: Mapa výnosů biomasy vybraných plodin v Praze. (Vávrová, K., 2013), Metodika: VÚKOZ, v. v. i., Zpracování: VÚKOZ, v. v. i.

Mapa výnosů biomasy vybraných energetických plodin
při pěstování na orné půdě v Praze v roce 2030
při zachování rozloh půd pro potravinovou bezpečnost



2.3 | Biomasa – potenciál bioodpadů BRO a BRKO

Biologicky rozložitelné odpady (dále také „BRO“) reprezentují širokou skupinu odpadů mající různé původce.

V rámci komunálního odpadového hospodářství jsou sledovány pouze BRO komunálního charakteru, tzv. „BRKO“, a v různém hmotnostním zastoupení se vyskytují u celkem devíti odděleně sledovaných druhů odpadů dle tzv. Katalogu odpadů (v závorce hmotnostní % podíl BRO složky pro rok 2013):

- 20 01 01 – Papír a lepenka (100 %),
- 20 01 08 – Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven (100 %),
- 20 01 10 – Oděvy (60 %),
- 20 01 11 – Textilní materiály (40 %),
- 20 01 38 – Dřevo neuvedené pod číslem 20 01 37 (100 %),
- 20 02 01 – Biologicky rozložitelný odpad z parků (100 %),
- 20 03 01 – Směsný komunální odpad (56 %),
- 20 03 02 – Odpad z tržišť (80 %),
- 20 03 07 – Objemný odpad (70 %).

Hmotnostní podíly BRO složky u všech těchto kategorií odpadů vstupují do výpočtu závazného ukazatele množství BRO ukládaných na skládky, které monitorují Plány odpadového hospodářství původců, krajů a celé ČR, a které omezuje evropská legislativa (Směrnice 1999/31/ES o skládkách odpadů).

Dle ní má být do roku 2020 skládkováno jen 35 % hmotnosti BRO výše uvedených kategorií uloženého na skládky v referenčním roce 1995, čemuž odpovídá cca 52 kg/os.rok. V referenčním roce tak bylo uloženo na skládky v průměru 112 kg/os.rok.

Co do absolutního množství bývá nejvíce BRKO v SKO (20 03 01), jehož produkce generovaná jen domácnostmi, za které je původcem dle zákona město, v posledních letech osciluje dle oficiálních statistik na úrovni necelých 250 tis. tun/rok. Dalších min. 100-150 tis. tun těchto odpadů je pak generováno ostatními původci, tj. podnikatelskými subjekty a institucemi působícími na území města.

Energetický potenciál BRO složky v SKO z domácností je dnes de facto v plné výši využit díky jeho tepelnému zpracování v ZEVO Malešice. Zařízení v posledních letech zpracovává postupně stále více odpadu a blíží se plné kapacitě (cca 300 tis. tun za rok), což indikuje, že již dnes využívá SKO i jiných původců, než je město.

Lze předpokládat, že významnými producenty SKO s vysokým podílem BRO složky jsou obchody s potravinami, které neprodané potraviny či potraviny po době trvanlivosti buď vracejí výrobcům, nebo je předávají oprávněným osobám ke konečnému zneškodnění (bezüčelným skládkováním).

Dalších až několik desítek tisíc tun BRO je pak generováno v kategorii 20 02 01 (BRO z parků a zahrad) a 20 01 08 (BRO z kuchyní a stravoven). Zatímco u první skupiny je dnes produkce relativně dobře podchycena a produkován bioodpad končí převážně na kompostárnách (odpady tohoto typu přesáhly v roce 2011 hranice 31 tis. tun), v případě gastroodpadu je situace nepoměrně složitější, protože přetrvává neblahá praxe spočívající ve zneškodnění odpadů jejich odvodem do kanalizace za pomoci kuchyňských drtičů. Oddělený sběr gastroodpadu je nicméně již dnes Pražskými službami nabízen a v roce 2011 bylo do něj zapojeno již na 550 stravovacích zařízení. Celkové množství takto separovaně sbíraného odpadu ročně již činí několik tis. tun.

Samostatnou kategorií jsou pak čistírenské kaly z komunálních a průmyslových odpadních vod, u nichž částečné energetické využití zajišťuje ÚČOV Praha (napomáhá využít asi 2/3 energie v kalech vznikajících z čištění komunálních vod).

Už první vydání ÚEK upozorňovalo na možnost využít energetického potenciálu BRO jejich řízeným rozkladem za vývinu dále energeticky využitelného bioplynu. Odhadovalo, že by bylo možné ročně takto zpracovat na 50 až 70 tis. tun s tím, že částečně by se jednalo o separované sběry z údržby veřejné i soukromé zeleně, o gastroodpady ze stravovacích zařízení a pak o biosložku vytríděnou ze směsného komunálního odpadu.

V návaznosti na tato doporučení pak byla dokonce Pražskými službami zahájena projektová příprava tzv. „bioreaktoru“, který měl být umístěn v areálu ZEVO v Malešicích a v němž měl být bioodpad zpracován.

Zařízení mělo disponovat dvěma identickými paralelními linkami, každá o výkonu 7 až 8 tis. tun/rok, tj. celková zpracovatelská kapacita měla činit 14 až 16 000 tun ročně. Záměr však doposud nebyl realizován, a to z důvodu jeho ekonomické nevýhodnosti.

Lze nicméně konstatovat, že výše uvedený potenciál energeticky dále využitelných bioodpadů vznikajících na území města (až **70 tis. tun/rok**, čemuž odpovídá teoretická produkce až **7 mil. Nm³/rok bioplynu** odpovídající energii vyjádřenou výhřevností plynu ve výši přes **40 GWh/rok**) má nadále platnost a postupně rostoucí separované sběry BRO z údržby zeleně a od stravovacích zařízení tyto předpoklady potvrzují.

K dalšímu navýšení sběrů by přispěla důslednější kontrola dodržování zákazu odstraňování gastroodpadů do kanalizace i samozřejmě vhodná forma motivace pro jejich odkládání do příslušných sběrných nádob, a také zapojení dalších producentů bioodpadů do systému separovaného sběru (např. potravinářských závodů, prodejen potravin, vhodných rezidenčních čtvrtí, ZOO Praha apod.).

Je nicméně zjevné, že ne veškeré produkované bioodpady by byly pro jejich zpracování v bioplynové stanici vhodné. Zásadní je jejich kvalita (čistota), protože hlavní opodstatnění výroby bioplynu je možnost využít části energetického potenciálu bioodpadu a přitom nenarušit možnost výstupní produkt – digestát dále zpracovat kompostováním na plnohodnotné organické hnojivo.

Například ve Vídni (1,7 mil. obyvatel), kde je dnes systém separovaného sběru bioodpadů velmi rozšířen, je nyní nasazeno na přes 80 tis. sběrných nádob na bioodpady. Členěny jsou na tzv. „biotonne“ nádoby (cca 80 tis. kusů různé velikosti), do kterých je možné odkládat pouze rostlinné bioodpady z domácností, zahrad a stravovacích provozů, a „küchenabfall“ nádoby (120 litrové vzduchotěsně uzavřené nádoby v počtu cca 2,2 tis. kusů), které jsou určeny pro restaurační, hotelové aj. provozy a do kterých mohou být odkládány i odpady živočišného původu. Městskou vyhláškou je předepsána nutnost jejich vybavení u zařízení, které produkují 80 a více litrů tohoto druhu odpadu týdně. Odkládány do nádob téhož typu mohou být rovněž i potraviny s prošlou dobou trvanlivosti, a to dokonce i v obalech, a také použitý kuchyňský olej.

Množství bioodpadů rostlinného původu získávaných z nádob prvního typu („biotonne“) činí aktuálně cca 60 tis. tun/rok a k tomu dalších 30 tis. tun na sběrných dvorech). Tyto odpady jsou z větší části přímo zpracovávány v kompostovacím provozu.

Odpady (rostlinného a živočišného původu) sbírané za pomoci nádob druhého typu („küchenabfall“) jsou pak dodávány do komunální bioplynové stanice. Před cca 5 lety to byl v množství cca 17 tis. tun a nyní je to již 22 tis. tun/rok z toho cca 9 tis. tun přitom pochází z domácností (ze sběrných nádob v centrech rezidenčních čtvrtí). Bioplynová stanice je přitom rozšiřitelná až na kapacitu 34 tis. tun/rok.

Z tohoto srovnání vyplývá, že kapacita bioplynové stanice tak, jak byla Pražskými službami v minulosti navržena (dvě linky, každá na 6-8 tis. tun/rok odpovídající produkci 0,5 až 0,8 mil. Nm³/rok bioplynu alias 3 až 5 GWh/rok energie v palivu), se ukazuje jako přiměřenou a reálně naplnitelnou.

V kontextu vývoje národní legislativy podporující energetické využívání obnovitelných zdrojů, mezi které jsou komunální bioodpady rovněž řazeny, **se přitom jeví jako ekonomicky vhodnější do budoucna vyráběný bioplyn využívat nikoliv pro výrobu elektřiny a tepla, ale jako motorové palivo pro svozové vozy na CNG, kterých je dnes již několik desítek a jejich počet stále roste.**

Pro kontrolní odhad potenciálu BRO či BRKO vhodného pro výrobu bioplynu v kraji Hlavní město Praha byly použity údaje o počtu osob a praktické údaje, viz Svoboda (2012)⁶, který uvádí množství 1321 t ze svozové oblasti cca 45 000 osob. Průměrné hodnoty tedy vychází na cca 55 kg/os.rok. Odhadované množství bioplynu z BRO či BRKO se pohybuje v rozmezí 100-500 m³/t. V odhadu je zvolena nižší hodnota.

Tabulka 8: Odhad potenciálu bioplynu a energie v BRO či v BRKO pro kraj Hlavní město Praha.

Počet obyvatel v kraji Hlavní město Praha (2011)	BRO či BRKO	BRO či BRKO	Bioplynu 100-500 m ³ /t (m ³ /t)	Bioplyn	Střední výhřevnost bioplynu (MJ/m ³)	Využitelný potenciál
(os)	(kg/os.rok)	(t/rok)		(m ³)		(GJ)
1 246 780	55,04	68 625	100	6 862 485	22,35	153 377

2.4 | Možnosti využití a doporučení – technologie spalování

2.4.1 | Ekonomika typických instalací

Investiční náklady: Velké výtopny na biomasu jsou vždy dodávány jako investiční celky na zakázku. Cenu pak určuje nejen cena vlastní technologie, ale také ostatních komponent a staveb. Pro prvotní orientaci je však možné použít níže uvedené měrné náklady na tato zařízení.

Měrné náklady na velké spalovací jednotky:

Parní a horkovodní kotle 4 200 – 4 500 Kč/kW

Parní kotle 5 500 – 6 000 Kč/kW

K těmto nákladům se musí připočítat další aditivní náklady, kterými jsou stavební část kotelní, sklad paliva se systémem zásobování, nakladač na manipulaci s palivem apod.

Menší jednotky mají měrné investiční náklady obecně o něco nižší nebo srovnatelné.

2.4.2 | Možnosti využití a doporučení

Z výše uvedených kapitol, které se zabývají potenciálem využití biomasy a bioplynu, viz 2.1 |, 2.2 | a 2.3 |, se uvažuje pouze s konzervativním odhadem potenciálu, tedy s využitím biomasy ze zbytků zemědělské produkce a BRKO. Neuvažuje se scénář záměrného pěstování biomasy.

Minimální cena energie, resp. tepla vychází u malých topenišť na cca 350 Kč/GJ pro spalování dřeva, u spalování pelet na cca 450-550 Kč/GJ. U velkých topenišť se průměrná cena tepla dostává i pod 350-450 Kč/GJ včetně DPH.

⁶ Svoboda Jan (2012) Osobní rozhovor a údaje z provozu BPS ODAS ODPADY s.r.o.

Do blízké budoucnosti se však jeví jako nejrozsudnější využití biomasy pouze pro výrobu tepla, protože minimální cena energie vychází v důsledku nižších investičních nákladů jako lépe konkurenceschopná.

Vytápění dřevem stále patří k nejlevnějším možnostem vytápění. Vytápění peletami se cenově blíží vytápění plynem, přitom však poskytuje srovnatelný obslužný komfort. Je tedy vhodné pro lokality, kde není zaveden plyn. Vytápění peletami je však dražší, než vytápění uhlím, zejména při použití moderních automatických kotlů na uhlí s účinností okolo 85%.

Možnosti využití vyplývají z možnosti vytěsnění nákladnějších energií, tedy dřevo snadno zastoupí uhlí a pelety elektřinu. Pro velké instalace je stěžejní počet připojených domácností. Doporučit lze tedy například podporu spoluspalování biomasy ve stávajících uhelných kotelnách nebo ve spalovnách odpadů. Podmínkou je, že kotel umožní kvalitní spalování paliva.

Výstavba nových větších kotlen na biomasu se s ohledem na zvyšující se ceny biomasy, vyšší investiční náklady a tedy vyšší minimální ceny tepla jeví jako vhodná pouze pro velmi slibné lokality nebo pro komunitní projekty.

2.5 | Možnosti využití a doporučení – technologie bioplyn

2.5.1 | Ekonomika typických instalací

Investiční náklady BPS výrazně závisí na kapacitě, pro typické projekty v našich podmínkách (0,25 až 1 MW_{el}) se pohybují v rozmezí 75 až 115 tis. Kč/kW instalovaného el. výkonu; spodní hranice je typická pro projekty větší velikosti, horní naopak pro ty o malém výkonu; mají-li být zpracovávány substráty vyžadující si hygienizaci, investiční náklady mohou být až dvojnásobné.

Co se týče provozních nákladů, v nich dominuje pořízení vstupů (jen u vstupů typu vedlejší produkty ze zemědělské živočišné výroby či odpady bývají náklady pořízení buď velmi malé či nulové, u pěstované biomasy je potřeba počítat s cenami odpovídajícími nákladům na vypěstování včetně jisté ziskové marže dodavatele), dále údržba a opravy kogenerační jednotky a pak ostatních komponent stanice. Do provozních nákladů dále vstupují náklady spojené s provozem manipulačních prostředků, mzdové náklady obsluhy, pojištění a náklady na odvoz digestátu. U stanice o el. výkonu 1 MW_{el} se provozní náklady při nutnosti využívat pouze pěstovanou biomasu pohybují v rozmezí 18-22 mil. Kč/rok, a se snižující se velikostí stanice v podstatě klesají lineárně.

2.5.2 | Možnosti využití a doporučení

Minimální ceny energie, resp. elektřiny jsou pro menší instalace do 550 kW cca 3,50 Kč/kWh, pro větší instalace je o něco nižší, cca 3,00 Kč/kWh. Minimální cena elektřiny, kterou produkují BPS, závisí však i na prodeji tepla, jako vedlejšího produktu. Při kombinované výrobě elektřiny a tepla se uvažuje cena 150-200 Kč/GJ, výrobě tepla samotného 380 – 490 Kč/GJ.

Ekonomicky se však jeví vhodnější do budoucna vyráběný bioplyn využívat nikoliv pro výrobu elektřiny a tepla, ale jako motorové palivo pro svozové vozy na CNG, kterých je dnes již několik desítek a jejich počet stále roste. Další možností je přímá distribuce do sítě.

Lze doporučit orientaci na stanice využívající nepěstovanou biomasu (travní hmotu aj. bioodpady, případně BRKO), vytvoření podmínek pro vznik BPS jako součást center pro nakládání s bioodpady, důraz na efektivní využívání energie bioplynu (pro vysoceúčinnou KVET). Vhodná je tedy podpora spíše pro komunitní projekty, které řeší lokalitu jako celek.

3 | Větrné elektrárny

Potenciál využití energie větru je na území hlavního města Prahy uvažován jako nulový. Důvodem je zejména velmi nízká roční průměrná rychlost větru, která je na celém území Prahy nižší než 3 m/s.

Nejvyšší roční průměrná rychlost větru je v oblasti Ruzyně, kde je nižší než 4,5 m/s, což však také nepostačuje ke smysluplnému ekonomickému využití. Zde však přítomnost letiště v podstatě větší využití energie větru vylučuje.

Následující text slouží pouze jako doplňující informace.

3.1 | Metodika stanovení potenciálů^{7, 8}

Při hodnocení potenciálu větrné energie se rozlišuje několik druhů potenciálů, které je však třeba mezi sebou velmi důsledně rozlišovat. Jako teoretický se někdy definuje tzv. klimatologický potenciál, který udává celkové množství energie, které je z větru možno získat za určitých předem definovaných podmínek. Je to však pouze spíše pracovní mezistupeň, ve kterém nejsou zahrnuty reálné technické možnosti ani zásadní legislativní omezení.

Technický potenciál potom ukazuje, maximální možnosti využití větrné energetiky při plném vytěžení jejích současných technických možností. Jedná se však také o jakýsi pracovní mezistupeň, protože plné využití technického potenciálu je také nereálné.

Skutečné možnosti využití tedy uvádí tzv. realizovatelný potenciál. Je však nutné si uvědomit, že zatímco klimatologický potenciál lze do značné míry stanovit výpočtem, stanovení technického potenciálu závisí na zvolených předpokladech technologického využití. Stanovení realizovatelného potenciálu je do značné míry odhadem, který závisí na konkrétních legislativních a lokálních podmínkách, ale i na subjektivním přístupu odborníka odhadce.

Větrné mapy jsou sestavovány za účelem stanovení reálných větrných podmínek, které pracují s plošnými výpočty parametrů větru. V ČR existuje již několik generací větrných map odpovídajících postupnému zdokonalování výpočetních možností, zdokonalování použitých modelů, získávání nových zkušeností a rozšiřování spektra dostupných meteorologických dat.

Starší odhady potenciálů, dosavadní větrné mapy, pracovaly s rychlostmi větru převážně ve výšce 10 m nad zemským povrchem, případně nejvýše 40 m. Současné větrné elektrárny však pracují s rychlostmi větru ve výšce 100 m.

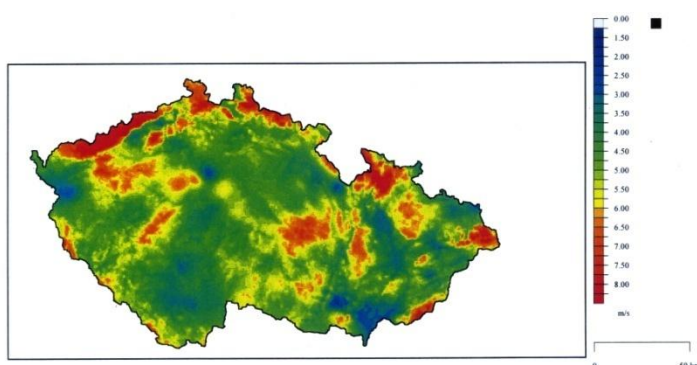
Původní program „VAS“ vznikl v Ústavu fyziky atmosféry AV ČR za podpory České energetické agentury, Praha, 1995 interpolací údajů meteorologických stanic a z numerického modelu proudění

⁷ Hanslian David (2010): *Potenciál větrné energie v České Republice*. [online] Praha: Ústav fyziky atmosféry AV ČR. *Alternativní Energie*, 21.02.2010. Dostupné z <http://www.4-construction.com/cz/clanek/potencial-vetrne-energie-v-ceske-republice/>.

⁸ Beranovský, J. a kol. (2000): *Metody hodnocení vhodnosti a výtěžnosti OZE pro účely energetických bilancí a energetické statistiky a pro účely regionálního územního plánování a energetických generelů*. Zpracováno jako produkt zpracovaný v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2000 – část A České energetické agentury. Praha: EkoWATT. (CZ)

vzduchu nad naším územím. Výpočet umožňuje teoretické rozlišení pro oblast velikosti 2 x 2 km. Tento program se používá pro stanovení rychlostí větru a vypočítání potenciálu jednotlivých lokalit. Vychází ze studie „Možnosti využití energie větru k výrobě elektrické energie na území ČR“, která zahrnuje měření rychlostí větru v lokalitách s předpokládanou dobou využitelností pro výrobu energie. Jako vstupní údaje jsou použita data z meteorologické sítě. Dalším stupněm je funkční matematický model proudění vzduchu a analytické vyjádření pole průměrné rychlosti větru nad územím České republiky. Program pracující s tímto modelem umožňuje mj. po zadání zeměpisných souřadnic a nadmořské výšky místa stanovit průměrnou roční rychlost větru a provést korekci na nestandardnosti terénu. V dalším kroku je možné při specifikaci použitého typu větrné elektrárny vypočítat průměrnou roční výrobu elektrické energie. Jeho výstupem je následující mapa, viz **Chyba! enalezen zdroj odkazů..**

Obrázek 3: Větrný atlas České republiky, starší verze. (ÚFA AV ČR)



Nová Větrná mapa České republiky se tedy vztahuje k typické současné výšce osy rotoru nyní plánovaných větrných elektráren, tedy 100 m nad zemským povrchem. Pro výpočet byla použita kombinace tří modelů dlouhodobě používaných na Ústav fyziky atmosféry AV ČR - VAS, WAsP a PIAF. Model větrné mapy vychází z kombinace modelů VAS a WAsP do takzvaného hybridního modelu VAS/WAsP, jehož výsledek se váženým průměrem sčítá s výsledky modelu PIAF. Základem je ovšem použití pouze prověřených a kvalitních měření a vyhodnocení vlivu okolního terénu a blízkých překážek. Vedle základní sítě profesionálních meteorologických stanic (SYNOP) a nově automatizovaných klimatických stanic (INTER) jsou do výpočtu zahrnuty také dosud nevyužívané zdroje, stanice sítě automatizovaného imisního monitoringu (AIM) a některá stožárová měření. Hranice rentability je pro typické podmínky ČR uvažována na úrovni 6 m/s ve výšce 100 m nad zemí, v souladu s vyhláškou ERÚ č. 347/2012 Sb. Hranice není používána jednotně na celém území ČR. Limitní hodnota 6 m/s je přiřazena typické lokalitě, nacházející se v otevřené krajině ve středních polohách, ve výšce kolem 500 m n.m. a v závislosti na konkrétních místních podmínkách je modifikována. Je zohledněn i vliv nadmořské výšky s ohledem na nižší hustotu vzduchu (horší výrobu) a kvůli obtížnějším podmínkám výstavby a provozu. Viz Hanslian (2010)⁹

V metodice jsou jako nevhodná pro výstavbu VE vymezena území sídel včetně jejich okolí do vzdálenosti 500 m, dále zvláště chráněná území (Národní park, CHKO, (Národní) přírodní rezervace a památky), vojenské újezdy, okolí hlavních letišť a ochranná pásma kolem dopravních komunikací a páteřní energetické infrastruktury. Jako podmíněně vhodná jsou označena území přírodních parků,

⁹ Hanslian David (2010): Potenciál větrné energie v České Republice. [online] Praha: Ústav fyziky atmosféry AV ČR. Alternativní Energie, 21.02.2010. Dostupné z <http://www.4-construction.com/cz/clanek/potencial-vetrne-energie-v-ceske-republice/>.

chráněných území soustavy Natura 2000 (ptačí oblasti a evropsky významné lokality) a plochy lesních porostů, kde nelze výstavbu zcela vyloučit, avšak lze očekávat její významné omezení. Viz Hanslian (2010)

3.1.1 | Výpočetní modely

Při stanovení výroby v ČR se používají obvykle následující metody, které používá i ÚFA AV ČR (ÚFA, Ústav fyziky atmosféry) ve svých posudcích.

Posudek ÚFA (Ústav fyziky atmosféry) používá pro posouzení kombinaci 3 modelů:

Model VAS (Větrný atlas) byl vyvinut v letech 1994-95 na ÚFA AV ČR. Je založen na trojrozměrné interpolaci naměřených průměrovaných hodnot rychlosti větru. Meteorologická měření vstupují do modelu spolu s kartézskými souřadnicemi místa v třírozměrném prostoru. Jsou považována za funkční hodnoty třírozměrné funkce, jejíž řešení v ostatních bodech prostoru metoda vypočítává.

- Model WASP, je dánský model, představuje model proudění v přízemní vrstvě atmosféry složený z dílčích modelů postihujících různé účinky zemského povrchu na větrné poměry. Větrný potenciál daného místa určuje ve třech krocích:
 - Výpočet regionálních klimatologických charakteristik (Wind Atlas analysis model).
 - Aplikace regionálních klimatologických charakteristik (Wind Atlas application model).
 - Výpočet roční produkce energie v daném místě.
- Hybridní model VAS/WASP, tedy metodu výpočtu větrných charakteristik kombinací modelů WASP a VAS, který je vyvinut ÚFA.
- Výpočet modelem PIAP se realizuje pomocí dvou modelů:
 - model pro výpočet vybraných scénářů proudění vzduchu,
 - model pro přiřazení reálných situací natékajícího proudění simulovaným scénářům
 - a následné statistické výpočty.

3.1.2 | Stanovení potenciálů

Následující tabulky uvádějí potenciály energie větru v ČR po jednotlivých krajích.

Tabulka 9, ukazuje „Odhadované hodnoty realizovatelného potenciálu větrné energie v ČR po jednotlivých krajích“. Tabulka 10, druhá v pořadí, ukazuje „Střední scénář realizovatelného potenciálu v ČR po krajích“. Potenciály se od sebe trochu liší, první v pořadí lze však brát jako konzervativnější odhad.

Tabulka 9: Odhadované hodnoty realizovatelného potenciálu větrné energie v České republice po jednotlivých krajích. Hanslian (2010)¹⁰

Kraj	Počet VTE	Instalovaný výkon [MW]	Výroba [GWh/r]
Středočeský kraj	110	221	540
Jihočeský kraj	85	185	458
Plzeňský kraj	66	134	341
Karlovarský kraj	50	117	289
Ústecký kraj	153	364	864
Liberecký kraj	35	75	189
Královohradecký kraj	29	71	151
Pardubický kraj	83	178	447
Vysočina	236	511	1259
Jihomoravský kraj	127	317	768
Olomoucký kraj	77	172	428
Zlínský kraj	35	72	177
Moravskoslezský kraj	142	326	789
ČR	1259	2746	6719

Tabulka 10: Střední scénář realizovatelného potenciálu VTE v ČR¹¹. ČSVE a ÚFA (2012)¹²

Kraj	Korekce [%]	Počet VTE [ks]	Výkon [MW]	Výroba [GWh/rok]
Středočeský	65 %	47	141	337
Jihočeský	75 %	52	156	398
Plzeňský	80 %	30	90	226
Karlovarský	85 %	33	99	254
Ústecký	250 %	160	480	*1361
Liberecký	85 %	16	48	126
Královéhradecký	75 %	9	27	67
Pardubický	65 %	34	102	253
Vysočina	85 %	140	420	1088
Jihomoravský	55 %	83	249	595
Olomoucký	85 %	46	138	360
Zlínský	75 %	10	30	68
Moravskoslezský	110 %	99	297	788
ČR		759	2277	5922

3.1.3 | Možnosti využití a doporučení

Doporučení pro rozsáhlejší využití z výše uvedených důvodů nedávají smysl.

¹⁰ Hanslian David (2010): Potenciál větrné energie v České Republice. [online] Praha: Ústav fyziky atmosféry AV ČR. Alternativní Energie, 21.02.2010. Dostupné z <http://www.4-construction.com/cz/clanek/potencial-vetrne-energie-v-ceske-republice/>.

¹¹ Chalupa, Š. (2012): Rozhovor s předsedou ČSVE.

¹² Kol. autorů (2012) Střední scénář odhadu realizovatelného potenciálu větrné energie v České republice dle studie Ústavu fyziky atmosféry Akademie věd ČR zpracované pro Českou společnost pro větrnou energii. Studii lze získat od ČSVE, v případě zájmu nás kontaktujte na sekretariat@csve.cz.

4 | Elektřina ze slunce

Dynamický růst slunečních elektráren nastartovalo zavedení podpory formou garantovaných výkupních cen zejména v řadě států EU, ale také pokles ceny křemíku i nástup levnější produkce fotovoltaických panelů z Číny. Boom solární energetiky zaznamenala také Česká republika především v letech 2009 a 2010, kdy se instalovaný výkon vyšplhal až ke 2 000 MW. Dnes jde o zcela běžnou technologii, se kterou se můžeme setkat také na střechách rodinných domů nebo veřejných budov. V Česku vznikla celá řada společností specializujících se na výstavbu i provoz solárních zdrojů.

4.1 | Metodika stanovení potenciálů

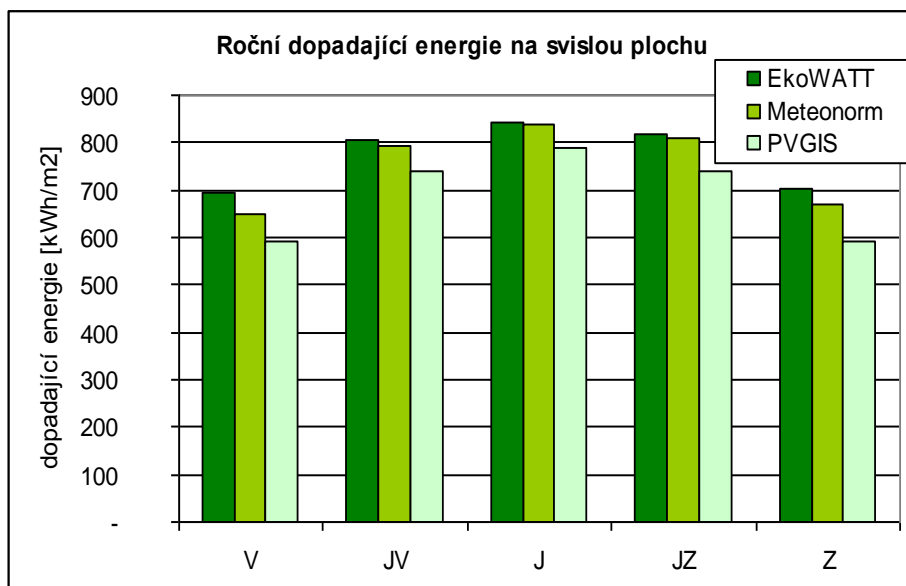
Pro umístění solárních zařízení na výrobu elektřiny jsou důležité následující parametry:

- Úhrn slunečního záření na vodorovnou (globální sluneční záření), případně obecně položenou plochu. Tato veličina závisí na sklonu, natočení a zastínění plochy a na znečištění atmosféry (město, venkov, hory). Uvádí se v kWh/m².rok. Pro kraj Praha jsou charakteristické hodnoty 1100 – 1200 kWh/m².rok.
- Orientace na jih je pro stacionární systémy ideální, mírný odklon V/Z max. 45° je přípustný, dochází však k poklesu výnosu. Menší ze dvou zel je orientace spíše na Z, protože v pozdějších hodinách dne je atmosféra spíše bez oparu. Sклон je také důležitý, viz Graf 2 ze kterého je patrné optimum cca 35°. Horizontální sklon má vyšší výtěžnost než vertikální, nevýhodou jsou však zvýšené nároky na čištění.
- Množství stínících překážek hraje velkou roli zejména u FVE, kde zapojení ochranných diod mezi články může při zastínění způsobit značný pokles výkonu. Ideální je celodenní osvit Sluncem.
- U FVE je důležitý chod ročních venkovních teplot, větru či jiných nepříznivých meteorologických jevů, zejména námrazy a sněhu, které způsobují pokles produkce elektřiny.
- Možnost umístění vhodné technologie.
- Únosnost střechy.
- Rozložení spotřeby elektřiny: Optimální je pokud kopíruje roční průběh sum slunečního záření, např. pro instalace jsou vhodnější zejména rodinné domky, naproti tomu školy se jeví jako nevhodné, protože v době nejvyššího slunečního svitu bývají většinou nevyužívané.

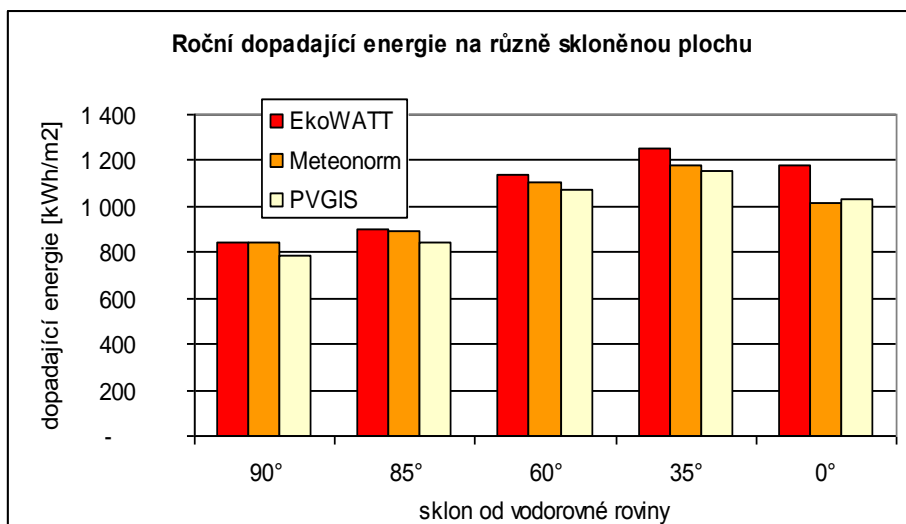
Z výše uvedených parametrů je možné pro posouzení vhodnosti lokality stanovit:

- množství vyrobené energie na jednotkovou plochu solárního jímače, případně
- roční množství vyrobené energie z celého systému.

Graf 1: Roční dopadající energie na svislou plochu, porovnání orientace ke světovým stranám pomocí různých modelů.



Graf 2: Roční dopadající energie na různě skloněnou plochu, porovnání pomocí různých modelů.



Výpočet potenciálů výroby elektřiny z FVE v kraji Praha vychází z následujících předpokladů:

- Primární potřeba výstavby FVE vychází od majitele či uživatele budovy. Ostatně stejným způsobem je nastavena i podpora státu. Pro vlastní odhad potenciálu výroby FVE byl proto použit počet domů rozdělených do jednotlivých kategorií.
- Dalším předpokladem je výše zmíněná nutná optimální orientace.
- Preferovaným a obecně rozumným je systém do 5 kWp na rodinné domy. Pro bytové domy je uvažován systém 10 kWp, což vychází z předpokladu, že na tyto lze sice instalovat větší systémy, nicméně na řadě střech je plné využití plochy nemožné. Tato aproximace navíc eliminuje případnou možnost nedohody, která je u vlastníků těchto domů pravděpodobná.
- Odhad výroby elektřiny z FVE systému lze pro kraj Praha aproximovat číslem 800 – 900 kWh/kWp, za předpokladu optimální orientace. Střední hodnota je tedy 850 kWh/kWp.

Optimální orientace sedlové střechy je S/J ve směru, kam lze instalovat FVE. Orientaci V/Z tedy vyloučíme koeficientem $\frac{1}{2}$. U plochých střech není orientace budovy důležitá, lze však obvykle využít jen část střechy. Instalace na fasádě jsou méně obvyklé, fasáda musí být velmi dobře orientovaná a nezastíněná. Zastínění a obecnou nevhodnost vyloučíme další korekcí $\frac{1}{2}$. Celkový korekční součinitel je tedy $\frac{1}{4}$. U některých domů je rozlišeno 8 orientací a za optimální se uvažuje výšeč JV, J a JZ, tedy $\frac{3}{8}$. Opět je použita korekce $\frac{1}{2}$ na zastínění a obecnou nevhodnost. Celkový korekční koeficient je tedy $\frac{3}{16}$, což je 0,1875.

Pro stanovení potenciálu v nevýrobní sféře uvažujeme velmi pravděpodobnou realizaci 1000 ks instalací o průměrném výkonu 30 kW.

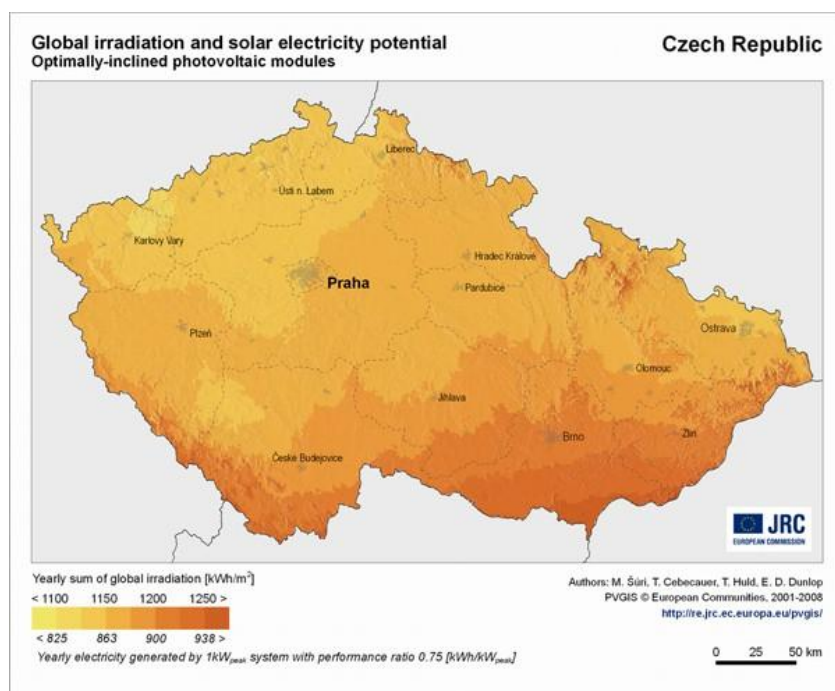
4.2 | Zdroje dat

Jako zdroje dat byly pro počty domů použity statistiky ČSÚ. Pro stanovení množství slunečního záření byly použity údaje z volně dostupné databáze PVGIS, která se specializuje na odhady výroby z FVE, případně lze použít některý z profesionálních programů Meteonorm či PV SOL.

Tabulka 11: Trvale obydlené domy podle druhu domu v kraji Hlavní město Praha. (ČSÚ)

Počet (k 26.3.2011)	Česká republika [-]	Hlavní město Praha [-]
Rodinný dům - samostatný	1 141 517	34 564
Rodinný dům - dvojdomek	133 294	9 194
Rodinný dům - řadový	255 023	11 405
Bytový dům	214 643	32 410
Celkem	1 772 909	89 825

Obrázek 4: Roční suma globálního záření dle PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System). (PVGIS)¹³



4.3 | Stanovení potenciálů

Tabulka 12: Odhad reálného potenciálu FVE na domech podle druhu domu v kraji Hlavní město Praha. (ČSÚ)

FVE Rezidenční sektor	Jednotky	RD samostat ný	RD - dvojdomek	RD - řadový	BD	Celkem
Hlavní město Praha	[ks]	34 564	9 194	11 405	32 410	89 825
Korekční součinitel	[-]	0,2500	0,1875	0,1875	0,2500	
Měrný inst. výkon	[kWp/ks]	5	5	5	10	
Měrná výroba	[kWh/kWp.rok]	850	850	850	850	
Instalovaný výkon	[kWp]	43 205	8 619	10 692	81 025	143 542
Výroba elektřiny celkem	[MWh/rok]	36 724	7 326	9 088	68 871	122 010

¹³ Kol. autorů (2012) Mapa globálního slunečního záření a elektrického potenciálu. [online] PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) Dostupné z <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>.

Tabulka 13: Odhad reálného potenciálu FVE v nevýrobní sféře v kraji Hlavní město Praha. (SEVEn)

FVE Nevýrobní sektor	Jednotky	Rodinný dům - samostatný	Celkem
Hlavní město Praha	[ks]	1 000	1 000
Korekční součinitel	[-]	1,0	
Měrný inst. výkon	[kWp/ks]	30	
Měrná výroba	[kWh/kWp.rok]	850	
Instalovaný výkon	[kWp]	30 000	30 000
Výroba elektřiny celkem	[MWh/rok]	25 500	25 500

4.4 | Ekonomika typických instalací

Měrné náklady FVE stále klesají, koncem roku 2013 se v ČR pohybují kolem 35 až 45 tis. Kč/kWp i pro instalace o nízkém výkonu. Minimální ceny pro typické instalace se pohybují kolem hodnoty 2,40 - 3,40 Kč/kWh. V následujících letech lze tedy předpokládat spíše realizaci instalací, kde dojde k nahrazení vlastní spotřeby elektřiny v tarifech s vyšší průměrnou roční cenou elektřiny.

4.5 | Možnosti využití a doporučení

Minimální cena pro typické instalace se pohybuje kolem hodnoty 2,40 - 3,40 Kč/kWh. Instalace jsou tedy ekonomicky zajímavé spíše pro rodinné domy s vyšší spotřebou elektřiny v denní době letního období a s běžnou sazbou pro domácnosti D02, kde pro spotřebu v denní době se lze dostat na průměrnou cenu až 7 Kč/kWh včetně zeleného bonusu, uvažujeme-li že domácnosti platí cca 5 Kč/kWh. Dále mohou být instalace menších systémů zajímavé pro podnikatele se spotřebou elektřiny v denním období v podnikatelské sazbě typu C. Kromě rezidenčního sektoru lze tedy do budoucna uvažovat i s využitím FVE na budovách výrobních podniků.

Pokud se však udrží tempo poklesu ceny solárních panelů, pak lze očekávat rostoucí ekonomickou výhodnost slunečních elektráren. V porovnání let 2009 a 2011 spadly ceny fotovoltaických panelů o 75 procent a analytici renomovaných světových společností (Bloomberg, EPIA) očekávají, že do konce tohoto desetiletí dojde k poklesu o další desítky procent.

Elektřina z FVE je již dnes levnější, než elektřina nakupovaná z distribuční sítě. To platí pro maloodběratele a zčásti i pro střední odběratele. Problémem je, že pro elektřinu není obvykle v době výroby v objektu využití a při prodeji přebytků elektřiny do sítě je FVE neekonomická. Vzhledem k rychlému poklesu cen technologií lze čekat, že během několika let elektřina z FVE dále zlevní, takže se její provoz stane ekonomickým i v případech, že v objektu se využije jen část produkce a přebytky budou dodávány do sítě nebo ukládány ke krátkodobé akumulaci do baterií, baterií elektrokol či elektromobilů.

FVE lze jednoznačně doporučit na rovné anebo vhodně orientované střechy. Realizaci lze vhodně načasovat při potřebě jejich opravy.

5 | Teplo ze slunce

Teplo získávané ze Slunce pomocí vodních a teplovzdušných kolektorů má v podmínkách ČR letitou tradici díky domácím výrobcům teplovodních a teplovzdušných kolektorů, ale také díky tomu, že se v sousedním Slovensku vyrábějí velmi kvalitní ploché teplovodní kolektory snadno dostupné i v ČR, které mají špičkové parametry za přijatelnou cenu.

Nejrozšířenější technologií v ČR je získávání tepla pomocí plochých vodních, či vakuových kolektorů. Systémy jsou obvykle konstruované na ohřev TV či přitápění, někdy se vhodně kombinují s ohřevem bazénu. Systémy bývají doplněny dohřevem pomocí elektrické topné spirály v zásobníku TV, či odbočkou z kotle.

5.1 | Metodika stanovení potenciálů

Pro umístění solárních zařízení na výrobu tepla jsou důležité podobné parametry jako pro výrobu elektřiny:

- Úhrn slunečního záření na vodorovnou (globální sluneční záření), případně obecně položenou plochu. Tato veličina závisí na sklonu, natočení a zastínění plochy a na znečištění atmosféry (město, venkov, hory). Uvádí se v kWh/m².rok. Pro kraj Hlavní město Praha jsou charakteristické hodnoty 1100 – 1200 kWh/m².rok.
- Orientace na jih je pro stacionární systémy ideální, viz Graf 1, mírný odklon V/Z max. 45° je přípustný, dochází však k poklesu výnosu. Menší ze dvou zel je orientace spíše na Z, protože v pozdějších hodinách dne je atmosféra spíše bez oparu. Sklon je také důležitý, viz Graf 2, ze kterého je patrné optimum cca 35°. Horizontální sklon má vyšší výtěžnost než vertikální, nevýhodou jsou však zvýšené nároky na čištění.
- Množství stínících překážek hraje velkou roli zejména u FVE, u teplovodních kolektorů není tak zásadní, ideální je však celodenní osvit Sluncem.
- U teplovodních kolektorů je důležitý chod ročních venkovních teplot, větru či jiných nepříznivých meteorologických jevů, zejména námrazy a sněhu, které zvyšují tepelné ztráty a způsobují pokles výroby tepla.
- U teplovodních kolektorů má délka potrubních rozvodů vliv na tepelné ztráty v systému.
- Možnost umístění vhodné technologie.
- Únosnost střechy.
- Rozložení spotřeby tepla, optimální je pokud kopíruje roční průběh sum slunečního záření, např. pro instalace jsou vhodnější zejména rodinné domky, naproti tomu školy se jeví jako nevhodné, protože v době nejvyššího slunečního svitu bývají většinou nevyužívané. Zatímco například horský hotel pro cyklisty je vhodný adept na instalaci.

Z výše uvedených parametrů je možné pro posouzení vhodnosti lokality stanovit:

- množství vyrobené energie na jednotkovou plochu solárního jímače, případně
- roční množství vyrobené energie z celého systému.

Pro odhad výroby energie v průměrných solárních zařízeních v podmínkách ČR lze jako vodítko použít údaj 380 - 420 kWh/m².rok kolektorové plochy za předpokladu optimální orientace a kvalitních kolektorů. Obvyklá měrná výroba je však mnohdy nižší v důsledku předimenzování systémů, jejich špatné orientace a stínění, případně v důsledku nízkého odběru. Proto byl pro odhad potenciálu použit konzervativní předpoklad 350 kWh/m².rok.

5.2 | Zdroje dat

Jako zdroje dat byly pro počty domů použity statistiky ČSÚ.

Tabulka 14: Obydlené domy podle materiálu nosných zdí a druhu domu. (ČSÚ)

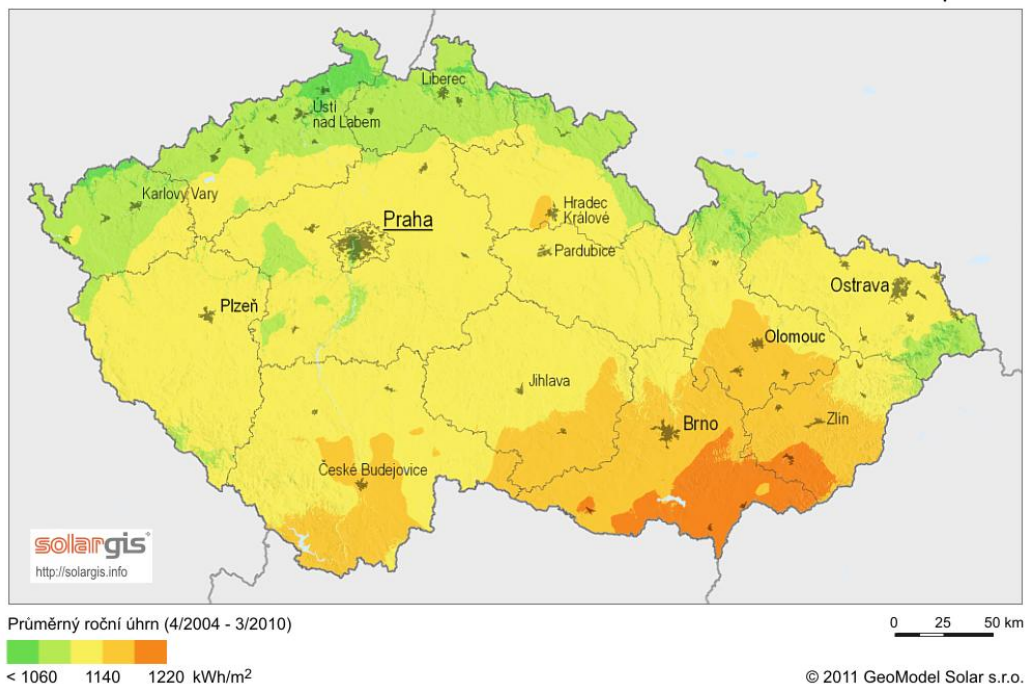
Počet (k 1.3. 2001)		Česká republika	Hl. m. Praha
Trvale obydlené domy		1 630 705	82 160
z toho podle materiálu zdí	stěnové panely	79 867	10 417
	cihly, tvárnice cihlové bloky	991 081	56 378
Trvale obydlené rodinné domy		1 406 806	50 258
z toho podle materiálu zdí	stěnové panely	12 654	913
	cihly, tvárnice cihlové bloky	875 069	38 674
Trvale obydlené bytové domy		195 270	29 659
z toho podle materiálu zdí	stěnové panely	65 498	9 117
	cihly, tvárnice cihlové bloky	102 847	16 739

Výše uvedená tabulka je použita pro korekci počtu bytových domů pouze na panelové domy. Následující obrázek ukazuje jeden z možných příkladů mapy globálního záření.

Obrázek 5: Mapa globálního horizontálního záření. (SolarGIS © 2012 GeoModel Solar s.r.o.)¹⁴

Globální horizontální záření

Česká republika



5.3 | Stanovení potenciálů

Tabulka 15: Odhad reálného potenciálu výroby TV ve slunečních kolektorech na domech podle druhu domu v kraji Hlavní město Praha. (ČSÚ)

FVE Rezidenční sektor	Jednotky	Rod. dům samostatný	Rod. dům - dvojdomek	Rod. dům - řadový	Bytový dům	Celkem
Hlavní město Praha	[ks]	34 564	9 194	11 405	9117	64 280
Korekční součinitel	[-]	0,2500	0,1875	0,1875	0,2500	
Průměrný počet kolektorů	[ks/dům]	3	3	3	10	
Měrná výroba	[kWh/m2.rok]	350	350	350	350	
Účinná plocha kolektoru	[m2]	1,76	1,76	1,76	1,76	
Výroba tepla celkem	[MWh/rok]	15 969	3 186	3 952	14 040	37 146

¹⁴ Kol. autorů (2012) Country maps. Maps of Global horizontal irradiation (GHI). Mapa globálního horizontálního záření. [online] SolarGIS © 2012 GeoModel Solar s.r.o. Dostupné z http://solargis.info/doc/_pics/freemaps/1000px/ghi/SolarGIS-Solar-map-Czech-Republic-cz.png

5.4 | Ekonomika typických instalací

Typické instalace jsou velmi dobře zvládnuté, investiční náklady se podle kvality systému pohybují v rozmezí 15 – 20 tis./m². Pro odhad výroby energie v průměrných solárních zařízeních v podmínkách ČR lze jako vodítko použít údaj 380 - 420 kWh/m².rok kolektorové plochy za předpokladu optimální orientace a kvalitních kolektorů. Obvyklá měrná výroba je však mnohdy nižší v důsledku předimenzování systémů, jejich špatné orientace a stínění, případně v důsledku nízkého odběru.

5.5 | Možnosti využití a doporučení

Minimální cena energie se u typických projektů pohybuje od 500 až do 1000 Kč/GJ pro koncového uživatele, podle toho jaká je celkové využití systému. Pokud se jedná pouze o přípravu TV, případně přitápění, tak je celkové využití relativně nízké, protože systémy pracují s nízkým gradientem teplot. Průměrná cena tepla se tak blíží vyšším hodnotám. V případě, že systém pracuje s vyšším gradientem teplot, například při dohřevu bazénu u RD nebo při předeřevu vody z vodovodního řadu pro cirkulační rozvod panelového domu, průměrné ceny tepla jsou nižší.

Z výše uvedených důvodů tyto systémy nemohou obvykle konkurovat ani elektrickému ohřevu TV v přímotopné či akumulární sazbě, 2,70 - 3,30 Kč/kWh, které odpovídá cena tepla cca 750 – 920 Kč/GJ, o konkurenci plynu s průměrnou cenou 1,30 Kč/kWh nemůže být ani řeč. Obecně lze říci, že využití sluneční energie je výhodnější ve formě elektřiny.

Podpora těchto systémů má tedy spíše smysl energeticky úsporný, a to zejména u specifických projektů s vysokou průměrnou cenou tepla, vyšším rozdílem teplot a vyšší spotřebou tepla v letním období. Ekonomicky mohou být instalace zajímavé například pro předeřev cirkulačních rozvodů panelových domů, kde systém pracuje s vysokým rozdílem teplot a cena nakupované energie je vyšší než minimální cena energie.

6 | Malé vodní elektrárny

Největším vodním tokem na území hlavního města Prahy je řeka Vltava, zleva se vlévá největší přítok Berounka. Dále se pak na území Prahy do Vltavy vlévá řada menších potoků, dříve využívaných pro dnes zrušené mlýny (z větší části využívajících vodní kola nebo i malé turbíny Francis), vše již nyní bez možnosti obnovit jejich energetické využití za přijatelných ekonomických a územně-právních podmínek.

Z uvedeného plyne, že v Praze nemá smysl počítat s plným hydroenergetickým potenciálem Vltavy a ani s výstavbou nových MVE s ohledem na výjimečnost tohoto území.

6.1 | Metodika stanovení potenciálů a zdroje dat

Jak je uvedeno výše v Praze nemá smysl počítat s plným hydroenergetickým potenciálem Vltavy a ani s výstavbou nových MVE na Vltavě ani na okolních menších tocích s ohledem na výjimečnost tohoto území za přijatelných ekonomických a územně-právních podmínek.

Výše uvedené podklady jsou čerpány ze starších podkladových studií SPVEZ z pracované pro lokality v příslušném kraji. Potenciály energie vody se s časem mění jen velmi málo. (Bouška, SPVEZ 2012)¹⁵

6.2 | Stanovení potenciálů

Využitelný technický potenciál malých vodních elektráren v Praze představuje jejich očekávanou roční výrobu elektřiny v zásadě dnes již provozovaných zdrojů.

Tabulka 16: Využitelný technický potenciál malých vodních elektráren v Praze. (Ing. Jan Bouška)

Lokalita	Provozovatel	Tok	Instalovaný výkon [kW]	Výroba [MWh/rok]
Podbaba	Povodí Vltavy, a.s.	Vltava	1 296	6 249
Štvanice	ČEZ, s.p.	Vltava	5 670	21 962
Modřany	ENERGO-PRO, a.s.	Vltava	1 650	6 956
Troja	Povodí Vltavy, a.s.	Vltava	2 300	13 000
Lipence/Černošice	p. Nacházal	Berounka	350	1 476
Praha 3	Pražská. vodohosp. spol., a.s.	Vodovodní potrubí	220	280
CELKEM			11 486	50 545

V současné době je tedy instalovaný výkon MVE na území hl. m. Prahy téměř 11,5 MW s předpokládanou roční výrobou elektřiny ve výši 50,5 GWh/r. Využití instalovaného výkonu vzhledem k hydrologickým podmínkám Vltavy a Berounky je velmi příznivé a činí celkem až 4400 h/r.

Z hlediska použité technologie vodních turbín se jedná téměř výhradně o moderní přímoproudé Kaplany, případně Semi Kaplany (2 x Podbaba, 3 x Štvanice, 3 x Modřany, 2 x Troja, 2 x Semi Kaplan + 2 x Francis v Černošicích).

6.3 | Ekonomika typických instalací

Ekonomika typických instalací je u MVE velmi závislá na lokalitě a použité technologii. Další využití vodní energie se posouvá směrem k lokalitám s nízkým spádem, což implikuje vyšší stavební náklady. Následující údaje k ekonomice typických instalací jsou odhadnuty Ing. Janem Bouškou ze SPVEZ.¹⁵ Údaje investičních i provozních nákladů jsou odhadované jako maximální.

Investiční náklady u nových instalací (nikoliv u rekonstrukcí) se pohybují dnes na úrovni cca 100 tis. Kč/kWinst až max. 125 tis. Kč/kWinst. Předpokládáme, že mohou v dalších letech stoupnout až na 150 tis. Kč/kW inst. U rekonstruovaných elektráren nejsou výjimkou i hodnoty vyšší.

Provozní náklady (bez odpisů) lze uvažovat jako cca 8 -10% z tržeb, nebo orientačně lze odhadnout jako 1% z investičních nákladů. MVE většinou pracují v automatickém provozu, proto provozní náklady u vodních elektráren představují pouze občasný dohled nad provozem elektrárny, zejména na provozní hmoty, provozní údržbu a ostatní.

Využití instalovaného výkonu lze pro MVE odhadnout na cca 4000 h/r a případně i výše v závislosti na hydrologii příslušné lokality.

6.4 | Možnosti využití a doporučení

Předpokládáme, že většina použitelných lokalit je v podstatě využita a další potenciál lze získat zejména efektivnějším využitím stávajících lokalit. V Praze nemá smysl počítat s plným hydroenergetickým potenciálem Vltavy a ani s výstavbou nových MVE s ohledem na výjimečnost tohoto území.

I přes výše uvedené je možné ještě výhledově identifikovat další 4 lokality o celkovém potenciálním el. výkonu 1-1,5 MW s ročním potenciálem výroby 1,5-2 GWh/rok. Bez investiční či provozní podpory jsou ale tyto realizace neekonomické. Zde lze doporučit jednoduchou strategii: „Vylepšit, co stojí a nepřekážet efektivnějšímu využití a případnému dalšímu rozvoji“.

Lepším využitím stávajících instalací lze počítat s využitelným technickým potenciálem cca 6 GWh/rok. Současná výroba malých vodních elektráren v Praze je 44,6 GWh/rok, efektivnějším využitím lze získat cca 50,5 GWh/rok oproti stávající měřené výrobě.

Minimální cena energie se u velmi dobrých typických projektů pohybuje od 2,20 do 3,50 Kč/kWh. U investic do MVE velmi záleží na rozsahu stavebních nákladů při přípravě lokality a na ročním využití maxima instalovaného výkonu, které by pro ekonomicky zajímavé projekty nemělo být nižší než 3000 hodin.

¹⁵ Bouška, J. (2012) *Osobní konzultace a písemné vyjádření k problematice odhadu potenciálu a současné ekonomice MVE.* Praha: SPVEZ, Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů.

7 | Energie prostředí – tepelná čerpadla

7.1 | Metodika stanovení potenciálů^{16,17}

Stanovení potenciálů využitelných tepelnými čerpadly lze rozdělit do dvou kategorií. Jedná se o kategorie nízkoteplotního geotermálního tepla, které se obecně využívají tepelnými čerpadly země-voda a obecně energie prostředí, které se obecně využívají tepelnými čerpadly vzduch-voda.

Metodika stanovení technického potenciálu nízkoteplotního geotermálního tepla je popsána v následující kapitole. Kde je popsána i metodika odhadu.

Tato kapitola se zabývá využitelným potenciálem z praktického hlediska. Metodika stanovení využitelného potenciálu vychází z následujících empirických poznatků z praxe. Předpokládá se náhrada tepelných čerpadel pouze u RD. Pokud se však zaměříme i na komplexní rekonstrukci popsanou ve studii (Macholda, 2010)¹⁸, lze uvažovat i náhradu u panelových domů (PD).

U novostaveb lze nahradit přibližně 15% - 30% instalovaných zdrojů tepla. Zejména se jako vhodné jeví lokality, kde lze primárně topit pouze elektřinou, zde lze uvažovat o vytěsnění až 100 %, v odhadu však uvažujeme pouze 50 %, protože případná rekonstrukce může být problematická. S rostoucím zájmem o nízkoenergetické a pasivní stavění lze předpokládat rozšíření segmentu trhu v oblasti malých TČ vhodných pro přípravu TV a přitápění.

U starší zástavby se jako vhodné jeví podstatě veškeré lokality, kde se vytápí elektřinou. Vysoké provozní náklady těchto domů činí náhradu elektrického vytápění za TČ ekonomicky zajímavou. Náhradu lze do jisté míry uvažovat i v segmentu vytápění dřevem, kde se jedná o náhradu krbů a krbových kamen z důvodu vyššího komfortu obsluhy. V tomto segmentu trhu lze uvažovat cca 20% nahrazení.

Podobná situace je v segmentu vytápění plynem, kde lze odhadem nahradit až 20 % instalací. Náhrada starého kotle za nový implikuje v některých případech zvýšené náklady: rekonstrukce komína, kondenzační kotel apod.

V budoucnosti je možné očekávat i postupné vytěsňování ze segmentu spalování dřevěných peletek. Důvodem je poměrně vysoká cena pelet, která se v čase může ještě zvyšovat v důsledku postupného snižování disponibilní biomasy. Důkazem pro toto tvrzení je příklad ze Švédska, kde byla masivně podporována výměna kotlů na pelety. Experiment nevyšel v důsledku nárůstu cen pelet, vysokých nároků na prostor a nízkého uživatelského komfortu. Současná situace je nyní taková, že domácnosti po 3 letech mění kotle na TČ¹⁶.

¹⁶ Bláha, M. (2012): Osobní rozhovor se zástupcem firmy Tepelná čerpadla IVT s.r.o.

¹⁷ Kol. autorů (2012): Kolik uspoříme tepelným čerpadlem. Typické příklady instalací. [online] Opočno: Firemní stránky PZP Komplet. Dostupné z <http://www.tepelnacerpadla-pzp.cz/cs/tepelnacerpadla-kolik-usporime-90.html>.

¹⁸ Macholda, F. a kol. (2010): Komplexní rekonstrukce panelových domů v nízkoenergetickém standardu. Výzkumný projekt VAV-SP-3g5-221-07.MŽP,Praha.Dostupné z http://www.ekowatt.cz/library/dokumenty/Abstrakt_KD10_20_12_2010_JA.pdf

7.2 | Zdroje dat

Pro stanovení potenciálu úspor elektřiny vyjdeme ze zdrojů ČSÚ, kde podle druhu energie používané k vytápění lze rozlišit byty v bytových a rodinných domech. RD a BD s vytápěním na plyn rozlišíme přibližně odečtením etážového vytápění. Byt v PD lze rozlišit snadno pomocí vytápění z kotelny mimo dům. Jinak lze postupovat podle metodiky uvedené výše.

7.3 | Stanovení potenciálů

Tabulka 17: Stanovení potenciálu energetických úspor náhradou stávajícího vytápění tepelnými čerpadly.

Hlavní město Praha do 2011	Obydlené byty celkem	z toho energie používaná k vytápění				
		z kotelny mimo dům	uhlí, koks, uhelné brikety	plyn	elektřina	dřevo
		PD		RD+BD	RD	RD
Hlavní město Praha celkem	496 911	238 825	3 201	178 794	34 951	1 796
Pouze byty v RD				110 256	34 951	1 796
Nahrazení (%)		100,00%	0,00%	20,00%	50,00%	20,00%
Nahrazení (ks)		238 825	0	22 051	17 476	359
Střední plocha bytu v RD	(m2)	55		100	100	100
Střední spotřeba bytu	(kWh/m2.rok)	125		180	180	180
Potřeba tepla na vytápění	(kWh/rok)	6 875		18 000	18 000	18 000
Průměrný počet osob v HD	(os)	2,46		2,46	2,46	2,46
Spotřeba na přípravu TV	(kWh/os.rok)	913		913	913	913
Spotřeba na přípravu TV	(kWh/rok.byty)	2 245		2 245	2 245	2 245
Spotřeba na vytápění	(MWh/rok)	1 641 922		396 922	314 559	6 466
Spotřeba na přípravu TV	(MWh/rok)	536 102		49 499	39 228	806
Spotřeba tepla na vytápění a TV	(MWh/rok)	2 178 024		446 421	353 787	7 272
Průměrný SPF	(-)	3,10		3,10	3,10	3,10
Spotřeba elektřiny na vytápění a TV	(MWh/rok)	702 588		144 007	114 125	2 346
Potenciál energetických úspor na vytápění a TV	(MWh/rok)	1 475 436		302 414	239 662	4 926

Jako realistický lze považovat spíše potenciál v segmentu RD, do celkové kalkulace potenciálu je zařazen tedy pouze tento segment. Potenciál v PD je realizovatelný spíše v dlouhodobém horizontu, za předpokladu komplexní rekonstrukce panelových domů a za předpokladu, že se zvýší ceny tepla z CZT natolik, že průměrné ceny tepla z TČ budou konkurenceschopné. TČ se však začíná vyplácet již od průměrné ceny tepla cca 600 Kč/GJ.

7.4 | Ekonomika typických instalací

V ČR se v současné době prodá přibližně 8000 ks tepelných čerpadel ročně. Rychlý vývoj a tlak na snižování nákladů má na svědomí i současné relativně nízké investiční náklady. Typické nejprodávanější výkony jsou v ČR u tepelných čerpadel vzduch/vzduch 9 - 16 kW při investičních nákladech okolo 180 – 250 tis. Kč bez 14 % DPH, tedy 16 – 20 tis. Kč na instalovaný kW. U TČ země/voda jsou typické výkony, zejména u novostaveb 7 – 10 kW při investičních nákladech cca 220 - 320 tis. Kč bez 14 % DPH, což je cca 31 – 32 tis. Kč na instalovaný kW.

Typická životnost TČ vzduch/vzduch je 15 let, u starších modelů i jen 10 let, potom je třeba počítat s reinvesticí ve výši cca 80 % původních nákladů. Typická životnost TČ země/voda je 20 let, u starších modelů 15 let. Po této době je nutné počítat s reinvesticí ve výši cca 50 % původních nákladů. Provozní náklady TČ se pohybují okolo 1000 Kč/rok na revize a kontroly chladiva apod.

Tabulka 18: Přibližné shrnutí některých ekonomických ukazatelů pro náhradu elektrického vytápění tepelným čerpadlem.

Tepelné čerpadlo	Jednotka	Typ vzduch/voda	Typ země/voda
Výkon	[kW]	9-16 kW	7-10 kW
Investiční náklady bez DPH	[Kč]	210 000 Kč	260 000 Kč
Investiční náklady s DPH	[Kč]	241 500 Kč	299 000 Kč
Měrné investiční náklady bez DPH	[Kč/kW]	16 800 Kč	30 588 Kč
Měrné investiční náklady s DPH	[Kč/kW]	19 320 Kč	35 176 Kč
Průměrný sezónní topný faktor SPF	[-]	2,60	3,60
Potřeba tepla	[kWh]	20 000	20 000
Spotřeba tepla s TČ	[kWh]	7 692	5 556
Průměrné roční náklady na vytápění elektřinou	[Kč]	50 000 Kč	50 000 Kč
Průměrné roční provozní náklady s TČ	[Kč]	19 231 Kč	13 889 Kč
Prostá návratnost	[roky]	7,85	8,28
Min. cena energie	[Kč/kWh]	2,12 Kč	2,00 Kč

7.5 | Možnosti využití a doporučení

V této části se uvažuje pouze potenciál, který předpokládá nahrazení stávajícího elektrického vytápění tepelnými čerpadly. Potenciál využití nízkoteplotního tepla je však mnohem vyšší. Do celkového přehledu však není zahrnut, protože v Praze zatím nedává smysl, aby tento soutěžil se ZP.

Principiálně by TČ neměla soutěžit s lokalitami, kde lze využít ZP. Důvody jsou ekonomické i environmentální. Například i v průkazech energetické náročnosti PENB má elektřina faktor 3,2 pro celkové PEZ a 3,0 pro neobnovitelné zdroje, zatímco ZP má oba faktory 1,1.

Využití nízkooteplotních lokálních zdrojů lze doporučit hlavně pro nově budované objekty, zejména pak bytové a rodinné domy v pasivním a nulovém standardu. Na území Hlavního města Prahy je dostatek geotermálního tepla již v při-povrchových hloubkách. V dosahu údolní štěrkopískové zvodně v údolí řeky Vltavy je geotermální energie využitelná i pro větší odběratele tepla z proudící mělké podzemní vody. Příkladem může být projekčně připravená bytová zástavba na Maninách a bývalého Jedličkova ústavu na Klárově.

Postupnou komplexní rekonstrukcí panelových a bytových domů a postupným růstem cen tepla ze systémů centrálního zásobování teplem se mohou tepelná čerpadla stát zajímavou alternativou k CZT v lokalitách, kde by využití ZP zvýšilo lokální emise. Proto je lze doporučit jako ekologicky a ekonomicky vhodnou alternativu i pro tento segment trhu.

V budoucnosti lze také uvažovat s využitím kolektorů TČ u splaškové vody, v kanalizačních sítích, na výstupu z ČOV na využití tepla vyčištěných vod apod.

Potenciál z nových nízkooteplotních zdrojů lze však velmi špatně stanovit, a proto se do celkového hodnocení nezapočítává.

Kritérium minimální ceny 2 – 2,20 Kč/kWh, kterému odpovídá průměrná cena tepla 555-610 Kč/GJ řadí tepelná čerpadla mezi zdroje, které jsou spíše vhodné pro vytěsnění spotřeby elektřiny pro vytápění. Výjimečně potom pro lokality vytápěné plynem, dřevem resp. peletami, kde důvodem nahrazení mohou být vysoké reinvestiční nebo provozní náklady či uživatelský komfort. V závěrečném shrnutí se tedy uvažuje pouze s náhradou elektrického vytápění.

8 | Geotermální energie

Následující část je zpracovaná na základě podkladů Ing. Vlastimila Myslíka z firmy Geoterm CZ s. r. o.

Studované území aglomerace města Prahy je severovýchodní částí barrandienské geosynklinální struktury a z geotermálního hlediska je zakryto strukturou staršího bloku krystalinika českého masívu. Tento velký blok je několikabokého tvaru. Je omezen na západě severojižním směrem na severu podélným směrem paralelním s osou křídové druhohorní pánve, na východě severojižním směrem paralelním průběhem s blanickou brázdou a dále JZ - SV okrajem barrandienské synklinály na styku se středočeským plutonem. Tento mega-blok je dále rozčleněn dvěma výraznými drcenyými pásmy východo-západního směru, které kopíruje průběh údolí Vltavy. Teplotně jsou jednotlivé části ovlivněny regionálními odlišnými hydrogeologickými poměry barrandienské pánve, křídové pánve i údobím terciérní peneplenizace a hlavně posledním kvartérním pleistocenním erozním údobím, které prochlazuje hloubkově horninové masívy do hloubky cca 100 až 200 m pod dnešní hladinu moří. Starší regionální prochlazení je pozorovatelné do hloubek cca 1 km pod dnešní povrch. Lokální prochlazení vázané na dnešní reliéf území je v řádu jen desítek metrů pod dnešní povrch území.

Tepelný tok, nebo tepelná transmisivita je velmi proměnná a závisí na řadě faktorů: Tepelné vodivosti hornin, typu proudění tepla, vzdálenosti od zdroje tepla, teplotním spádu, hloubkové skladbě geotermální struktury, podrcením či porušením struktury, zvodněním či proplyněním struktury, pozici geotermální struktury na Zemi, takže hodnoty transmisivity se mohou až řádově lišit od místa k místu.

Geotermální energie je využitelná jako zdroj tepla nebo na výrobu elektrické energie. Zemské teplo je podle teploty možné dělit v nejsvrchnější části zemské kůry na skupiny:

1. nízko teplotní (do cca 20°C),
2. středně teplotní (20 – 100°C),
3. vysokoteplotní (od 100° do 250°C) a
4. geo-plutonické (od 250°C - výše).

Tepelná energie nízkoteplotní je využitelná od povrchu území do hloubek několika desítek až prvních stovek metrů uplatněním tepelných čerpadel, které umožňují převést malý tepelný spád na vyšší úroveň, vhodnou pro otopný systém.

Středně teplotní zdroje, přírodního oběhu teplé podzemní vody, jímané vrty, do hloubek od několika set metrů do 1 až 2 km, nebo teplo odebírané z vody ze zatopených důlních prostor, nebo čerpané ze současně těžených ložisek mohou být používány pro vytápění či pro chlazení, přímo, anebo uplatněním výměníků či tepelných čerpadel.

Vysokoteplotní zdroje mohou být využívány jak uplatněním výměníků z horké podzemní vody, nebo jak „suché“ teplo hornin vybudováním podzemních puklinových výměníků s nuceným oběhem media (vody). Geotermální podzemní puklinový výměník se v našich podmínkách musí budovat až v hloubkách kolem 5 km pod povrchem. Zdroje tohoto druhu se tedy z ekonomického hlediska uplatňují pro větší odběratele tepla a hlavně při převodu tepelné energie na energii elektrickou.

Zdroje geo-plutonické jsou v přijatelné hloubce v blízkosti aktuálních vulkanických oblastí. V podmínkách evropského kontinentu a tedy i na území ČR v hloubkách až kolem 10 km a proto jejich využití u nás je asi otázkou až dalších roků, protože vrty do těchto hloubek jsou již velmi nákladné.

Využití geotermální energie má mnoho vhodných atributů:

- Geotermální zdroj dodává energii nepřetržitě, celoročně a bez výkyvů, po dobu životnosti celého zařízení
- Geotermální energie je ekologická, neovlivňuje životní prostředí
- Geotermální zdroje jsou lokálního charakteru a mohou být situovány, za příhodných podmínek, v blízkosti odběratele tepla nebo obecně energie.
- Jímací objekty geotermální energie jsou investičně náročnější, ale provozně velmi úsporné.

Polohu pražského geotermálního bloku je možné označit jako vhodnou až velmi vhodnou pro využívání geotermální energie i hlubokého geotermálního potenciálu, protože již v hloubce 4,5 až 5 km je možné očekávat teploty kolem 200 °C, což je teplota z technického i ekonomického hlediska vhodná pro současné technologie výroby elektřiny.

V jižní a západní části jsou již od povrchu velmi staroprvohorní sedimentární horniny, které mají funkci, jakési teplotní méně vodivé vrstvy, která umožnila kumulaci tepla a jeho koncentraci či konzervaci v převážně jílovitých horninách. V jejich podloží, někde v metamorfovaných horninách a z větší části v hlubinně vyvřelých horninách, je tím zachováno teplo, které jen velmi pozvolna proniká k dnešnímu povrchu. Z geotermálního hlediska se zde vytváří velmi příznivé poměry. Dnešní morfologie a současné klimatické poměry, ovlivňují teplotní poměry do hloubky několika desítek metrů. Nejmladší regionální ovlivnění hloubkových teplotních poměrů lze vztahovat ke kvartérnímu údobí pleistocénu a je sledovatelné do hloubek mírně pod dnešní úroveň moří, tedy do několika stovek metrů. Neovlivněné hloubkové teplotní pole, pražského geotermálního bloku, jako součásti evropského kontinentu, Českého masívu, lze očekávat až v hloubkách 1 až 1,5 km pod dnešním povrchem.

Některé dílčí bločky jsou překryty pod sedimenty i reliktami metamorfovaných hornin, které pak spolu tvoří jakousi tepelně - izolační zónu, která zabraňuje výraznému prochlazení, a tím zachovává kumulované teplo. Plochy území na severu území pražské aglomerace jsou překryty z části permskými a následně i křídovými sedimenty, a tedy je zde vytvořena hlubinná geotermální zakrytá struktura. Lokálně, na křížení výraznějších hluboce zakotvených zlomových pásmech, se vytvářejí zóny s lepší tepelnou transmisivitou a s výraznějším proteplením blíže k dnešnímu povrchu.

8.1 | Ekonomika typických instalací

Tabulka 19: Ekonomika provozu geotermální elektrárny.

Instalace geotermální elektrárny o výkonu 7 MW _e	
3 vrtů 5 km, podzemní výměník tepla	570 mil Kč
Elektrárna, stavba, technologie	380 mil Kč
Zkoušky, napojení na síť, poloprovoz	230 mil Kč
Celkem	1 280 mil Kč
Výroba elektrické energie (7 MW x 8200 h)	57 400 MWh/ročně
Tržby z prodeje el. (3 290 Kč/MWh x 57 400 MWh)	189 mil. Kč/ročně
prostá návratnost	7,11 roků
minimální cena energie	1,30 Kč/kWh

8.2 | Metodika stanovení potenciálů

Geotermální potenciál se musí počítat pro určitou hloubkovou úroveň, protože výpočet ovlivňuje jak plocha, tak i směr proudění tepla a jeho intenzita – tepelný tok. Výpočet musí rozlišit přírodní a využitelný potenciál.

Nízkoteplotní potenciál přípovrchové zóny (do hloubky 100 m) lze stanovit obecně podle vzorce:

Rovnice 1: Vztah pro potenciál přípovrchové zóny (do hloubky 100 m).

$$P_{GT} = T_t (mW/m^2) \cdot p(m^2)$$

kde:

T_t tepelný tok pro hloubku 100 m

P plocha na povrchu

Lokálně využitelný potenciál však již musí respektovat hladinu podzemní vody, její teplotu, vydatnost průtoku i vyvolávaný teplotní spád.

Pro hlubší úseky horninového prostředí již je nutné počítat i objem a další parametry hornin, a proto se používá pro ekonomicky využitelnou energii zdroje (Accessible Resource Base) vzorec (Muffler – Guffanti, 1979).

Rovnice 2: Vztah pro potenciál přípovrchové zóny (do hloubky 100 m).

$$ARB_1 = V \cdot \sigma \cdot c \cdot \frac{(T_1 - T_0)}{2} \quad (J)$$

kde:

V objem bloku m³

ρ průměrná hustota hornin kg/m³

c průměrná specifická kapacita J/kg K

T_1 teplota v hloubce 1 km °C

T_0 teplota na povrchu °C

Tepelná energie zvodní či plynů se stanovuje samostatně.

8.3 | Zdroje dat

Hlavním zdrojem dat pro geotermální hodnocení je vrtná databáze Geofondu, případně i jiných průzkumných organizací pokud na vrtech jiného účelu byly realizovány termokarotážní měření, nebo jiná měření teploty. Pro hodnocení geotermálního energetického potenciálu je nutné vymezit rozsah struktury, který vychází z detailní interpretace znalostí geologického, geofyzikálního, hydrogeologického i geochemického charakteru. Syntéze spojená i s fyzikálními, dynamickými procesy i s uplatněním časového faktoru umožní uplatnění geostatistických metod a tím zpřesnění výstupů a klasifikování zdrojové vstupní databáze.

V ČR má vrtná dokumentace několik desítek tisíc objektů, ale jejich situační rozložení není stejnoměrné a většina dokumentace má hloubku jen desítek až stovek metrů. Pro využití vysokoteplotních geotermálních zdrojů se hloubkové teplotní poměry mohou řešit v současné době extrapolací údajů a následným do-ověřováním novými vrtnými pracemi.

V pražském geotermálním bloku je geotermální databáze omezena převážně na vrty jen do 100m hloubky, a jen ojediněle jsou v širším okolí vrty s hlubší dokumentací, která může být použita pro detailní analýzu a plošnou a hloubkovou extrapolaci při respektování obecných zákonitostí. Přípravu projektů hlubokého geotermálního potenciálu je nutné začít nejprve úvodním doplňkovým geofyzikálním a vrtným ověřovacím průzkumem, který je potřeba pouze pro první realizaci.

8.4 | Stanovení potenciálů

Na území pražské aglomerace je již realizováno vytápění několika stovek rodinných domů, škol, klášterních objektů i sportovních areálů nízkoteplotními geotermálními zdroji, zkušebně se využívá i teplo kanalizačních systémů či dílčích tunelových úseků Metra. K realizaci jsou již připravené i projekty obytných celků veřejných budov.

Tabulka 20: Potenciál geotermální energie v kraji Hlavní město Praha. (Myslil, 2013)

Oblast Hlavní město Praha	Tepelný potenciál celkem (MWt)	Využitelné zemské „suché“ teplo, vyšší teplota (3 km) (MWt)	Využitelné zemské teplo nízkoteplotní (do 100 m) (MWt)	Využitelné teplo pro výrobu elektrické energie (5 km) (MWt)
Celkem	2182	36	22,5	160

Na území Hlavního města Prahy, zejména však v okrajových částech, je možné situovat cca 16 geotermálních elektráren o výkonu cca 3-5 MW_e, viz Tabulka 21, celkem tedy lze uvažovat cca 65 MW_e. Geotermální potenciál je tedy relativně značný a lokálně velmi dobře využitelný kdekoli na území aglomerace.

Tabulka 21: Odhad geotermálního teplotního potenciálu na možných lokalitách pražské aglomerace.

Lokalita	Tepelný potenciál (v hloubce 5 km) [MWt]	Výkon elektrické energie [MGe]
Zbraslav	40	3,5
Chodov	55	4,5
Zličín	35	3,0
Malešice	45	3,5
Jinonice	40	3,5
Butovice	40	3,5
Vysočany	35	4,5
Holešovice	35	3,0
Celkem	325	29,0

8.5 | Možnosti využití a doporučení

U geotermální energie je patrný relativně velmi vysoký potenciál v porovnání s ostatními OZE. Tento je však označen jako podmíněný, protože jej za současného stavu geotermálního průzkumu a technologií zatím nelze jednoznačně využívat a tedy ani doporučit. Jeho využití je podmíněno podrobnějším geologickým průzkumem. V současné době se jeho využití jeví zatím jako rizikové, protože je možné, že Praha nemusí mít jednoznačně vhodné podmínky. Pokud bude možné tento potenciál využít, bude v kraji Hlavní město Praha vhodnější využití ve formě tepla.

V kraji Hlavní město Praha je principiálně možné využívat geotermální zdroje jak na dodávku tepla, tak i na výrobu elektrické energie, i když lokálně a s menšími jednotkami kapacity. Vysokoteplotní zdroje jsou na řadě lokalit přístupné v menší hloubce, tedy instalace mohou být velmi ekonomické.

Na druhou stranu s ohledem na menší hloubkovou prozkoumanost je však nutné pro výběr nejvhodnějších lokalit realizovat detailní plošné hodnocení geotermálních zdrojů, propočítat jejich kapacity a možnost vzájemného možného ovlivňování s vymezením báňských ochranných pásem i hloubkově. Pro vhodné geotermální lokality je nutné zpracovat realizační projekty po realizování průzkumných ověřovacích vrtů jak pro klasické technologie, tak i pro nové technologie vrtání a vytváření podzemních horizontálních výměníků tepla.

Problémem jednoznačného využití v Praze je, na rozdíl od například Mnichova, kde jsou podobné technologie již v provozu, tzv. molasa, což je vrstva vápenců a dolomitů s puklinami a krasovými durinami zaplněnými podzemní vodou, která proudí od oblastí infiltrace na okraji této staré pánve. Objem proudící vody je až cca 20 % objemu horniny. Tato proudící voda je tzv. plaková. To znamená, že voda je ohřátá na hodnoty, které odpovídají průměrným teplotním hloubkovým poměrům. Jsou mírně zvýšené, protože zdroj tepla o teplotě 1000°C je v hloubce cca 20 km pod dnešním povrchem, tedy tepelná transmisivita v hloubce 5 km odpovídá již poloviční teplotě zdroje tepla v hloubce 30 km s průměrnými teplotními poměry.

V oblasti Prahy a vlastně na celém území ČR však žádnou tak mocnou vápencovou vrstvu nemáme. Sedimentární vrstvy pod Prahou jsou vrstvy s malou propustností, s velmi malým objemem zvodnění a to ještě jen do hloubek max. 3 km. Pod touto hloubkou jsou potom vrstvy hornin s ještě menší

transmisivitou, ačkoliv jejich tepelná transmisivita hlavně na drcených pásmech je lepší. Zdroj zemského tepla pod Prahou o teplotě 900°C je pravděpodobně až v hloubce 25 km a jen ojediněle v hloubce 15 km. Kromě toho je třeba uvažovat staré i poslední regionální prochlazení, které v pražském bloku sahá do hloubek několika set metrů a je výrazné do hloubek 100 m pod dnešní mořskou hladinou. Pražský blok má obecně v pevných částech struktury jen omezenou malou puklinovou propustnost, ačkoliv teplotně jsou zde předpoklady na vyšší tepelnou transmisivitu, je možné uvažovat pouze využití systémem EHS s vytvořením umělého puklinového výměníku tepla v hloubce 3 - 3,5 km pro teplárenství a pro hloubky cca 5 km pro výrobu elektrické energie. Pro pražskou aglomeraci je navíc nutné poznamenat, že uvedené úvahy nejsou všechny doloženy, protože nejbližší hluboký vrt Tobolka u Berouna byl vyhlouben do 2,3 km, avšak ani zde není úplná geotermální dokumentace.

Z výše uvedeného vyplývá, že využití geotermální energie je možné minimálně z hloubky větší než 3 km (podle současných extrapolací tepelného přírůstku), aby byla tepelná rezerva pro CZT se spádem 90/60. Na území Prahy nebyl dosud zpracován žádný projekt využití geotermální energie, projekty na využití GT energie jsou již zpracovány pro několik lokalit: Litoměřice, Děčín, Dětichov, Semily, Svor, Tanvald, Boskovice. U všech těchto lokalit se uvažuje systém EGS.

Z hlediska ekonomického se geotermální elektrárny jeví do budoucnosti jako velmi slibné a lákavé, ačkoliv investiční náklady na geotermální elektrárny jsou stále zatím relativně vysoké. Pokud se je podaří nainstalovat, jejich výroba je stabilní a srovnatelná s konvenčními zdroji elektřiny. Provozní náklady jsou velmi nízké.

Minimální cena instalací zatím vychází na cca 1,30 Kč/kWh, což tyto zdroje řadí již téměř na úroveň ceny silové elektřiny. Pro další rozvoj jsou důležité pilotní instalace, které prověří provoz a ukážou, zda jsou teoretické úvahy správné. Bariérou jsou však relativně vysoké měrné investiční náklady, které jsou cca 175 000 Kč/kWe a složité, pracná a někdy riziková příprava projektů.

9 | Perspektivy dalšího rozvoje KVET

Kombinovaná výroba elektřiny a tepla (KVET) nepatří k OZE ani DZ, přináší však významné úspory primární energie, pokud KVET porovnáváme s oddělenou výrobou elektřiny a tepla pro získání stejného množství obou druhů užitečné energie.

Proto je KVET (podobně jako OZE a DZ) předmětem veřejné podpory. Základním legislativním aktem je Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/27/EU o energetické účinnosti, která je implementována do české legislativy, především vyhláškou 453/2012 o elektřině z vysokoúčinné KVET.

9.1 | Analýza možností rozvoje KVET

Další rozvoj KVET na území hl. m. Prahy je v principu možný všude tam, kde se dosud teplo vyrábí výtopenským způsobem. Podle typu a velikosti zdrojů je třeba samostatně posuzovat následující oblasti:

- i. zdroje CZT
- ii. ostatní zdroje - výrobní a nevýrobní sféra
- iii. domácnosti

V následujícím textu jsou popsány technické a ekonomické možnosti zavedení KVET v těchto oblastech a v závěru kapitoly jsou souhrnně uvedeny odhady množství elektřiny z nových zařízení KVET.

9.1.1 | Zdroje CZT

Prakticky všechny tyto zdroje spalují zemní plyn a jejich celková roční spotřeba plynu je přes 5 mil. GJ.

Na pravém břehu Vltavy je většina oblastí zásobovaných centrálním teplem napojena do velké teplárenské soustavy, jejímž základním zdrojem je elektrárna Mělník I. Tyto zdroje tedy již pracují ve špičkovém režimu či slouží jako záloha, jejich vybavování kogenerací proto není vhodné. Přesto existuje i na pravém břehu určitý potenciál nahrazení části stávající dosud izolované výtopenské výroby (případně i budoucích nových potřeb) na propojenou soustavu, který odhadujeme na cca 1 PJ.

Naproti tomu, na levém břehu je řada relativně velkých ostrovních systémů CZT, které představují z hlediska rozšiřování KVET významný potenciál. Řešení může být v principu dvojí:

- instalace motorových kogeneračních jednotek (KGJ) na zemní plyn do těchto blokových kotelen
- přivedení tepla do rezidenčních oblastí na východním okraji Prahy zvenku, a to z teplárny Kladno.

Lokální KGJ na zemní plyn

Motorové KGJ je vhodné instalovat do ostrovních zdrojů, které jsou mimo reálný dosah větších systémů CZT na levnější pevná paliva. Ekonomická návratnost z pohledu investora závisí podstatnou měrou na výši podpory elektřiny z KVET, která v těchto případech bude dodávána převážně do

distribuční sítě (vlastní spotřeba elektřiny těchto blokových kotlen je vůči výrobní kapacitě tepla a elektřiny relativně malá). Tato podpora je v současné době nastavena pro zemní plyn a zdroje malého výkonu (stovek kWe až 5 MWe) velmi štědře a díky tomu řada nových instalací KGJ v Česku nyní skutečně vzniká. Pokračování této podpory v dalších letech není zákonem garantováno, (tedy ani pro stávající zdroje, které v době uvedení do provozu podmínky pro její přiznání splňují). V delší perspektivě zřejmě takto výhodná podpora nemusí či nebude pokračovat.

Přínos takovýchto lokálních KGJ k energetické bezpečnosti města je hodný diskuze. Ve stavu rozpadu elektrizační soustavy (black-out) by mohly zajistit provozuschopnost výroby tepla z plynu, otázkou ovšem je, zda by byly sto udržet v chodu i stranu spotřeby tepla, tj. domovní stanice, jsou-li napájeny z různých bodů. Bez nadřazených zdrojů by zřejmě zásobování teplem nebylo zaručeno.

Z hlediska životního prostředí ve městě je vliv místních KGJ negativní, protože významně zvyšují produkci lokálních emisí (především NO_x), a zvyšují spotřebu zemního plynu a tím i závislost státu na jeho dovozu.

Dálkové teplo ze zdrojů mimo Prahu

Praktičtější a z hlediska lokálních i globálních ekologických dopadů je lepší možností využívat teplo ze stávajících **velkých teplárenských zdrojů** umístěných mimo území Prahy. Tímto způsobem je zásobována z elektrárny Mělník celá rozsáhlá pravobřežní soustava CZT. Další obdobnou možností představuje dodávka tepla z elektrárny Kladno do rezidenčních oblastí v západní části Prahy. Tento záměr je podrobněji popsán v příloze 4; v následujícím odstavci je uveden souhrn nejdůležitějších informací.

Elektrárna Kladno je jedním z nejmodernějších teplárenských zdrojů v Česku. Hlavními výrobními jednotkami jsou 3 bloky s fluidním kotlem a kondenzační odběrovou turbínou, spolu s dalšími zdroji celkem o výkonu téměř 500 MWe. Kotle splňují všechny nově stanovené emisní limity pro velké spalovací zdroje (tzv. LCP Directive) a třetí blok, uváděný do provozu v současné době, bude vybaven i dodatečnými opatřeními na snížení emisí NO_x a SO_2 , díky čemuž může potenciálně spalovat kromě biomasy i alternativní paliva (jako např. tříděný odpad a čistírenské kaly). V současné době teplárna dodává teplo do CZT města Kladno (přes 1 000 TJ/rok), díky novému bloku bude k dispozici dalších nejméně 100 MWt kapacity dodávky tepla v horké vodě pro zásobování Prahy. Předběžná studie počítá s horkovodem o dimenzi 2x DN 600. Jeho trasa vychází z průmyslového areálu teplárny po stávajících potrubních mostech a dále pokračuje převážně ve výkopu k rychlostní komunikaci R7 a podél ní směrem ku Praze. Délka trasy k možnému předávacímu bodu v katastru Ruzyně, je cca 17 kilometrů. Dále by pak bylo možné vést teplo potrubím vhodné dimenze východním směrem do výtopen Dědina a Veleslavín s odbočkami na trase k blokovým výtopnám na sídlišti Řepy, Stodůlky, Lužiny, Nové Butovice a Velká Ohrada. Tato část páteřních propojovacích teplovodů je odhadována na dalších 10 až 15 kilometrů. Celkové investiční náklady na napáječ a propojení na jmenované zdroje lze odhadnout na 2 – 2,5 mld. Kč. Při dodávce tepla přes 1 000 TJ/rok by fixní náklady na 1 GJ mohly být kolem 200 Kč a po přičtení variabilní složky (především dodatečných palivových nákladů a snížení výnosů z elektřiny kvůli menší flexibilitě výroby) by celková cena tepla dodaného na lokální zdroje v Praze mohla být pod úrovní variabilních výrobních nákladů z plynu. Z pohledu kvality ovzduší a energetické bezpečnosti by přínosem tohoto projektu bylo snížení spotřeby zemního plynu o cca 40 mil. m^3 /rok a eliminace odpovídajícího množství emisí v rezidenčních oblastech Prahy.

9.1.2 | Ostatní zdroje - výrobní a nevýrobní sféra

Současná roční spotřeba plynu ve výrobní a nevýrobní sféře představuje přes 13,5 mil. GJ, z čehož podstatnou část tvoří výtopenská výroba tepla. Technicky a ekonomicky proveditelná část, kterou by bylo možno nahradit pomocí KVET bude ovšem zlomkem této hodnoty. Ve srovnání s instalací KGJ do kotlen CZT jsou podmínky ve výrobní i nevýrobní sféře příznivější, protože tyto subjekty mají zpravidla významnější spotřebu elektřiny. Vlastní výroba proto nahradí část nákupu elektřiny ze sítě a ekonomické výsledky nasazení kogenerace jsou proto lepší, a tedy méně závislé na podpoře KVET.

9.1.3 | Domácnosti

Možnosti zavádění KVET na úrovni jednotlivých domácností jsou teprve ve stádiu pilotních projektů v některých zemích v zahraničí. V principu se jedná o mikrokogenerační jednotky na principu malého spalovacího nebo Stirlingova motoru, v kompaktním provedení ve spojení s kotlem. Rozšíření zatím brání vysoké instalační náklady, zmiňované pilotní projekty běží ve Velké Británii a v některých spolkových zemích v Německu a jsou založeny na vysoké podpoře vyrobené elektřiny. Roční spotřeba plynu v domácnostech je cca 14 mil. GJ, i při zavedení zvláštní podpory pro tuto kategorii KVET bude zřejmě reálné rozšíření poměrně malé. Přesto se jedná o oblast, kde se ve střední perspektivě díky masové výrobě těchto jednotek a jejich zlevnění tyto kompaktní mikroKGJ pravděpodobně prosadí.

9.2 | Odhad potenciálu nové výroby elektřiny v režimu KVET

Na základě výše uvedeného rozboru je možno odhadnout, jaký potenciál existuje pro rozšíření kombinované výroby elektřiny a tepla a jakou jeho část lze technicky a ekonomicky reálně očekávat k realizaci.

Výpočet vychází ze stávajících spotřeb zemního plynu pro výrobu tepla výtopenským způsobem. Nejprve je stanovena čistá výroba tepla a jí odpovídající teoretický potenciál výroby elektřiny v režimu KVET. Pouze část této teoretické hodnoty bude realizovatelná z čistě technického hlediska (omezení budou důsledkem poměrů v příslušných lokalitách z hlediska umístění zdrojů, jejich vlivu na okolí, souhlasu dotčených účastníků stavebních řízení, dohody smluvních stran apod.). Další omezení technicky proveditelné kapacity lze očekávat s ohledem na ochotu příslušných vlastníků/investorů tyto záměry skutečně realizovat s ohledem na nejistoty ekonomické návratnosti ze středně a dlouhodobého hlediska.

Zvláštní komentář zasluhuje odhad potenciálu nové KVET pro stávající lokální výtopenské zdroje CZT. Tuto kategorii jsme rozdělili na 2 části: instalace lokálních KGJ a napojení na dálkové teplo. V této druhé části předpokládáme možnost náhrady cca 2 PJ, tj. cca přes 1 000 TJ nové dodávky do západních oblastí Prahy z elektrárny Kladno a zhruba stejnou hodnotu pro navýšení dodávky z elektrárny Mělník do pravobřežního systému. (Tyto nové výroby elektřiny a tepla sice fakticky nevzniknou na území Prahy, ale dojde k nim díky náhradě tepla pro Prahu).

Tabulka 22: Odhad potenciálu nových kapacit KVET v Praze

Kategorie odběru	Jednotka	CZT		Ostatní	Obyvatelstvo	Celkem
Spotřeba plynu	[TJ/rok]	5 500		13 500	14 000	33 000
Účinnost výroby tepla	[%]	90%		85%	85%	
Stávající oddělená výroba tepla	[GWh/rok]	1 375		3 188	3 306	7 868
Možná náhrada kombinovanou výrobou typu...		lokální KGJ	odběrová TG (teplo z Mělníka a Kladna)	lokální KGJ	mikro KGJ	
Potenciál převodu tepla na KVET	[GWh/rok]	775	600	3 188	3 306	7 868
Poměr výroby el. z KVET/už. tepla	[-]	0,75	0,45	0,75	0,30	
Potenciál výroby elektřiny	[GWh/rok]	581	270	2 391	992	4 234
Omezení na technicky dostupný	[%]	20%	85%	15%	10%	19,0%
	[GWh/rok]	116	230	359	99	804
Omezení na ekonomicky reálný	[%]	30%	90%	25%	5%	42%
	[GWh/rok]	35	207	90	5	336
Odhad nově instalovaného výkonu						
technický potenciál	[MW]	38,8	---	119,5	33,1	191,3
ekonomický potenciál	[MW]	11,6	---	29,9	1,7	43,2

Celkový potenciál nové výroby elektřiny z KVET při náhradě všech vytopenských zdrojů tepla činí přes 4 TWh/rok, reálně lze však očekávat v následujících 10 letech pouze stovky GWh.

Míru uskutečnění v případě lokálních KGJ lze pouze hrubě odhadovat – uvedené konzervativní hodnoty procentních podílů v důsledku technických a ekonomických omezení je třeba chápat spíše jako naznačení postupu. Skutečný vývoj bude záviset na vývoji výše podpory KVET a poměru cen elektřiny a zemního plynu.

Šance na rozšiřování dodávek dálkového tepla vidíme naopak jako poměrně vysoké, nejen v případě omezeného navýšování dodávek z EMĚ I, ale i pro realizaci nového horkovodního napojení z elektrárny Kladno, který by přinesl zásadní změnu v energetické bilanci zajišťování tepla západních částí Prahy. Úspěch tohoto záměru bude záviset především na (politické) vůli hlavních aktérů – vlastníků elektrárny Kladno a příslušných ostrovů CZT (tj. dnes Alpiq a Pražská teplárenská) na jeho přípravě spolupracovat a dohodnout se na řešení výhodném pro obě strany. Hlavní město Praha by této spolupráci mělo aktivně napomáhat a zajistit pokračování koncepčních prací tohoto záměru.

Seznam tabulek, grafů, obrázků, literatury a zkratk

Seznam tabulek

Tabulka 1:	Přehled možností využití OZE v kraji Hlavní město Praha.....	6
Tabulka 2:	Intervaly výnosů RRD a nedřevnatých energetických plodin dle typologie stanovišť (HPKJ) pro pěstební rajonizace. Zdroj: Havlíčková et al 2010, Weger, Bubeník, 2011, 2012.....	14
Tabulka 3:	Koeficienty pro stanovení množství slámy a hodnoty výhřevnosti slámy.	16
Tabulka 4:	Potenciál v Praze v roce 2012. Zdroj: Metodika: VÚKOZ, v. v. i., Zpracování: Vávrová 2013.....	17
Tabulka 5:	Energetický potenciál z konvenčního zemědělství v Praze. Metodika: VÚKOZ, v. v. i., Zpracování: Vávrová, 2013.....	17
Tabulka 6:	Potenciál v Praze v letech 2030–2050. Varianta energetické plodiny na 10 % rozlohy orné půdy a 3 % rozlohy TTP. Metodika: VÚKOZ, v. v. i., Zpracování: Vávrová, 2013. ...	21
Tabulka 7:	Energetický potenciál – energetické plodiny na 10 % rozlohy v Praze. Metodika: VÚKOZ, v. v. i., Zpracování: Vávrová, 2013.	21
Tabulka 8:	Odhad potenciálu bioplynu a energie v BRO či v BRKO pro kraj Hlavní město Praha. ..	25
Tabulka 9:	Odhadované hodnoty realizovatelného potenciálu větrné energie v České republice po jednotlivých krajích. Hanslian (2010)	32
Tabulka 10:	Střední scénář realizovatelného potenciálu VTE v ČR. ČSVE a ÚFA (2012).....	32
Tabulka 11:	Trvale obydlené domy podle druhu domu v kraji Hlavní město Praha. (ČSÚ).....	35
Tabulka 12:	Odhad reálného potenciálu FVE na domech podle druhu domu v kraji Hlavní město Praha. (ČSÚ)	36
Tabulka 13:	Odhad reálného potenciálu FVE v nevýrobní sféře v kraji Hlavní město Praha. (SEVEN)	37
Tabulka 14:	Obydlené domy podle materiálu nosných zdí a druhu domu. (ČSÚ)	39
Tabulka 15:	Odhad reálného potenciálu výroby TV ve slunečních kolektorech na domech podle druhu domu v kraji Hlavní město Praha. (ČSÚ)	40

Tabulka 16:	Využitelný technický potenciál malých vodních elektráren v Praze. (Ing. Jan Bouška) .	42
Tabulka 17:	Stanovení potenciálu energetických úspor náhradou stávajícího vytápění tepelnými čerpadly.....	45
Tabulka 18:	Přibližné shrnutí některých ekonomických ukazatelů pro náhradu elektrického vytápění tepelným čerpadlem.	46
Tabulka 19:	Ekonomika provozu geotermální elektrárny.....	50
Tabulka 20:	Potenciál geotermální energie v kraji Hlavní město Praha. (Myslil, 2013)	51
Tabulka 21:	Odhad geotermálního teplotního potenciálu na možných lokalitách pražské aglomerace.....	52
Tabulka 22:	Odhad potenciálu nových kapacit KVET v Praze	57

Seznam grafů

Graf 1:	Roční dopadající energie na svislou plochu, porovnání orientace ke světovým stranám pomocí různých modelů.	34
Graf 2:	Roční dopadající energie na různě skloněnou plochu, porovnání pomocí různých modelů.	34

Seznam obrázků

Obrázek 1:	Výnosy slámy jednotlivých plodin konvenčního zemědělství a lesních těžebních zbytků. Vávrová, K. (2013), Metodika: VÚKOZ, v. v. i., Zpracování: VÚKOZ, v. v. i.	18
Obrázek 2:	Mapa výnosů biomasy vybraných plodin v Praze. (Vávrová, K., 2013), Metodika: VÚKOZ, v. v. i., Zpracování: VÚKOZ, v. v. i.	22
Obrázek 3:	Větrný atlas České republiky, starší verze. (ÚFA AV ČR)	29
Obrázek 4:	Roční suma globálního záření dle PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System). (PVGIS).....	36
Obrázek 5:	Mapa globálního horizontálního záření. (SolarGIS © 2012 GeoModel Solar s.r.o.)	40

Seznam literatury

- [1] Beranovský, J., Vávrová, K., Myslíl, V., Bouška, J. (2013) Možnosti využití energetických úspor a obnovitelných zdrojů v kraji Hlavní město Praha. (CZ)
- [2] Beranovský, J. a kol. (2000): Metody hodnocení vhodnosti a výtěžnosti OZE pro účely energetických bilancí a energetické statistiky a pro účely regionálního územního plánování a energetických generelů. Zpracováno jako produkt zpracovaný v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2000 – část A České energetické agentury. Praha: EkoWATT. (CZ)
- [3] Bláha, M. (2010): Velký test tepelných čerpadel. [online] Praha: TZB-info informační server. Dostupný z <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/6841-velky-test-tepelných-cerpadel>.
- [4] Bláha, M. (2011): Velký test tepelných čerpadel - závěrečná zpráva. [online] Praha: TZB-info informační server. Dostupný z <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/7620-velky-test-tepelných-cerpadel-zaverecna-zprava>.
- [5] Bláha, M. (2012): Osobní rozhovor se zástupcem firmy Tepelná čerpadla IVT s.r.o.
- [6] Dvořák, L., Klazar, J., Petrák, J. (1987): Tepelná čerpadla. Praha, SNTL.
- [7] Hanslian David (2010): Potenciál větrné energie v České Republice. [online] Praha: Ústav fyziky atmosféry AV ČR. Alternativní Energie, 21.02.2010. Dostupné z <http://www.4-construction.com/cz/clanek/potencial-vetrne-energie-v-ceske-republice/>.
- [8] Havlíčková, K. a kol (2010): Analýza potenciálu biomasy v České republice. VÚKOZ Průhonice, s. 498, ISBN 978-80-85116-72-4.
- [9] Chalupa, Š. (2012): Rozhovor s předsedou ČSVE.
- [10] Kol. autorů (2012): Kolik uspoříme tepelným čerpadlem. Typické příklady instalací. [online] Opočno: Firemní stránky PZP Komplet. Dostupné z <http://www.tepelna-cerpadla-pzp.cz/cs/tepelna-cerpadla-kolik-usporime-90.html>.
- [11] Kol. autorů (2012) Country maps. Maps of Global horizontal irradiation (GHI). Mapa globálního horizontálního záření. [online] SolarGIS © 2012 GeoModel Solar s.r.o. Dostupné z <http://solargis.info/doc/pics/freemaps/1000px/ghi/SolarGIS-Solar-map-Czech-Republic-cz.png>
- [12] Kol. autorů (2012) Mapa globálního slunečního záření a elektrického potenciálu. [online] PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) Dostupné z <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>.
- [13] Kol. autorů (2012) Střední scénář odhadu realizovatelného potenciálu větrné energie v České republice dle studie Ústavu fyziky atmosféry Akademie věd ČR zpracované pro Českou společnost pro větrnou energii. Studii lze získat od ČSVE, v případě zájmu nás kontaktujte na sekretariat@csve.cz.
- [14] Kol. Autorů (1999): Národní studie energetické efektivnosti pro ČR. Zpracováno pro Světovou Banku. ECN - Netherlands Energy Research Foundation (hl. řešitel).
- [15] Kol. autorů (2012): Aktuální instalace VE. [online] ČSVE: Aktualizace k datu 1.3.2012. <http://www.csve.cz/clanky/aktualni-instalace-vte-cr/120>.
- [16] Kol. autorů (2011) VYHODNOCENÍ CEN TEPELNÉ ENERGIE k 1. lednu 2011. [online] Jihlava: Energetický regulační úřad – sekce regulace odbor teplotnictví. Dostupné z www.eru.cz.

- [17] Macholda, F. a kol. (2010): Komplexní rekonstrukce panelových domů v nízkoenergetickém standardu. Výzkumný projekt VAV-SP-3g5-221-07. MŽP, Praha. Dostupné též [online] z http://www.ekowatt.cz/library/dokumenty/Abstrakt_KD10_20_12_2010_JA.pdf
- [18] Oddělení statistik ERÚ (2012): Roční zpráva o provozu ES ČR za rok 2011. [online] Praha: ERÚ, Energetický regulační úřad. Dostupné z http://www.eru.cz/user_data/files/statistika_elektro/rocní_zprava/2011/Rocni_zprava_ES_CR_FINAL.pdf
- [19] Svoboda Jan (2012) Osobní rozhovor a údaje z provozu BPS ODAS ODPADY s.r.o.
- [20] Šantrůček, J. a kol. (2001): Základy píceinářství. Česká zemědělská univerzita v Praze, 146 s.
- [21] Tauchman, David (2007) Biomasa v soustavách měst a obcí - projekty a zkušenosti (III). [online] Praha: Portál TZB-info. Dostupné z <http://www.tzb-info.cz/4061-biomasa-v-soustavach-mest-a-obci-projekty-a-zkusenosti-iii>.
- [22] Velich, J. a kol. (1994): Píceinářství. Vysoká škola zemědělská v Praze, 204 s.
- [23] Zámečník Miroslav, Lhoták Tomáš (2012) Srovnání makroekonomických dopadů národních programů pro zvyšování energetických standardů budov s jinými, státem financovanými alternativami zhodnocení možných ekonomických přínosů, pozitivní stimulace zaměstnanosti. [online] Praha: Analýzu zadala Šance pro budovy – společná iniciativa Centra pasivního domu a České rady pro šetrné budovy. Dostupné z http://sanceprobudovy.cz/images/docs/analyza_ives2012.pdf.

Seznam zkratek

APUEK	akční plán územní energetické koncepce
AZE	alternativní zdroje energie
ATEM	ATEM - Ateliér ekologických modelů, s. r. o.
INTER	automatizované klimatické stanice
AIM	automatizovaný imisní monitoring
BRKO	biologicky rozložitelná část komunálního odpadu
BRO	biologicky rozložitelný odpad
BPS	bioplynová stanice
BPEJ	bonitovaná půdně ekologická jednotka
CZT	centrální zásobování teplem
CDV	Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.
COP	topný faktor (z angl. <i>Coefficient Of Performance</i>)
ČSVE	Česká společnost pro větrnou energii
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČSÚ	Český statistický úřad
DCF	diskontovaný cash-flow
DPP	Dopravní podnik hl. m. Prahy, akciová společnost
EMĚ	Elektrárna Mělník
GHG	emise skleníkových plynů
EK	energetická koncepce
ERÚ	Energetický regulační úřad
EŠOB	energetický štítek obálky budovy
EC	energetický kontrakt (z angl. <i>Energy Contracting</i>)
EPC	metoda realizace energeticky úsporných opatření s garantovaným výsledkem (z angl. <i>Energy Performance Contracting</i>)
ESCO	poskytovatel energetických služeb (z angl. <i>Energy Services Company</i>)
EGS	pokročilý geotermální systém (z angl. <i>Advanced Geothermal System</i>)
EPS	expandovaný polystyren
XPS	extrudovaný polystyren
FVE	fotovoltaická elektrárna
GIS	geografický informační systém
GTE	geotermální elektrárna
HPKJ	hlavní půdně klimatická jednotka
HPJ	hlavní půdní jednotka
HD	hospodařící domácnost
HDR	suché teplo hornin (z angl. <i>Hot Dry Rock</i>)
IT	informační technologie (z angl. <i>Information Technology</i>)
IPPC	Integrovaná prevence a omezování znečištění (z angl. <i>Integrated Pollution Prevention and Control</i>)
JI	flexibilní mechanismus společné implementace (z angl. <i>Joint Implementation</i>)
NACE	klasifikace ekonomických činností
KR	klimatické regiony
KGJ	kogenerační jednotka

KVET	kombinovaná výroba elektřiny a tepla
KCE	konstrukce
KZS	kontaktní zateplovací systém
KÚ	Krajský úřad
LPIS	Systém identifikace zemědělských parcel (z angl. <i>Land Parcel Identification System</i>)
LTO	lehký topný olej
LHP	lesní hospodářské plány
MHMP	Magistrát hl. m. Prahy
MVE	malá vodní elektrárna
MSJ	malé spalovací jednotky výkon 5 – 50 kW
MO	maloodběr elektřiny
MOO	maloodběr elektřiny obyvatelstvo
MOP	maloodběr elektřiny podnikatelé
VAS	metoda pro simulaci a tvorbu větrné mapy
MW(h)	megawatt(hodiny)
NP	nadzemní podlaží
BAT	nejlepší dostupná technika (z angl. <i>Best Available Technology</i>)
NPV	čistá současná hodnota (z angl. <i>Net Present Value</i>)
NN	nízké napětí (do 1 kV)
NERD	nízkoenergetický rodinný dům
NT	nízký tarif
NTL	nízký tlak (pro plynovodní potrubí)
OZE	obnovitelné zdroje energie
OP	operační program
ORC	organický Rankinův cyklus (z angl. <i>Organic Rankine Cycle</i>)
PE	parní elektrárny
PPS	pěnový polystyren
PP	podzemní podlaží
PÚR	politika územního rozvoje
PRE	Pražská energetika, a. s.
PID	Pražská integrovaná doprava
PPD	Pražská plynárenská Distribuce, a. s.
PT	Pražská teplárenská a.s.
PTS	Pražská teplárenská soustava
PS	Pražské služby, a. s.
PVS	Pražská vodohospodářská společnost a. s.
PREdi	PREdistribuce, a. s.
PEZ	primární energetické zdroje
NZÚ	Program Nová zelená úsporám
PD	projektová dokumentace/pasivní dům
PENB	Průkaz energetické náročnosti budovy
REZZO	Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší
RD	rodinný dům
RRD	rychle rostoucí dřeviny
SKO	směsný komunální odpad

SLT	soubor lesních typů
CNG	stlačený zemní plyn (z angl. <i>Compressed Natural Gas</i>)
SET	strategické energetické technologie (z angl. <i>Strategic Energy Technology</i>)
SSJ	střední spalovací jednotky výkon 50 – 200 kW
SCZT	systém centrálního zásobování teplem
SEK ČR	Státní energetická koncepce České republiky
TSK	Technická správa komunikací hlavního města Prahy
TZB	technické zařízení budov
TI	tepelná izolace
TČ	tepelné čerpadlo
TV	teplá voda
TMA	Teplárna Malešice
TMI	Teplárna Michle
TCO	celkové náklady za dobu vlastnictví, resp. životnosti (z angl. <i>Total Costs of Ownership</i>)
TTP	trvalé travní porosty
TKO	tuhý komunální odpad
UDI	Ústav dopravního inženýrství hl. m. Prahy
ÚFA	Ústav fyziky atmosféry AV ČR
ÚČOV	Ústřední čistírna odpadních vod v Praze
ÚT	ústřední vytápění
ÚPD	územně plánovací dokumentace
UEK	územní energetická koncepce
VSJ	velké spalovací jednotky (výkon nad 200 kW)
VO	velkoodběr elektřiny
VVN	velmi vysoké napětí (nad 52 kV)
VN	vysoké napětí (od 1 kV do 52 kV)
VT	vysoký tarif
VTL	vysoký tlak (pro plynovodní potrubí)
VVTL	velmi vysoký tlak (pro plynovodní potrubí)
VYT	vytápění
VÚKOZ	Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i.
VÚZT	Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.
VZT	vzduchotechnika
ZEVO	zařízení na energetické využití odpadu
ZT	zdroj tepla
ZP	zemní plyn