



Územní energetická koncepce  
hl. m. Prahy (2003 – 2022)

PŘÍLOHA 3

**Obnovitelné zdroje,  
druhotné zdroje a KVET**

Číslo publikace:  
2003/041/40/c



**SEVEn, Středisko pro efektivní využívání energie, o.p.s.**

Americká 17, 120 00 Praha 2

Česká republika

☎ +420-224 252 115      fax: +420-224 247 597

e-mail: [seven@svn.cz](mailto:seven@svn.cz)

[www.svn.cz](http://www.svn.cz)

## Obsah:

<b>I</b>	<b>Obnovitelné a druhotné zdroje energie na území hl. m. Prahy</b>	<b>2</b>
<b>I.1</b>	<b>Úvod</b>	<b>2</b>
<i>I.1.1</i>	<i>Shrnutí</i>	<i>3</i>
<b>I.2</b>	<b>Využití energie vody</b>	<b>4</b>
<i>I.2.1</i>	<i>Funkční MVE na katastrálním území hl. města Prahy</i>	<i>4</i>
<i>I.2.2</i>	<i>Využitelné lokality pro výstavbu nových MVE</i>	<i>4</i>
<b>I.3</b>	<b>Využití energie větru</b>	<b>6</b>
<b>I.4</b>	<b>Využití energie Slunce</b>	<b>7</b>
<i>I.4.1</i>	<i>Využitelný potenciál</i>	<i>8</i>
<b>I.5</b>	<b>Využití energie biomasy a druhotných zdrojů</b>	<b>10</b>
<i>I.5.1</i>	<i>Skládky komunálního odpadu a jejich energetické využití</i>	<i>11</i>
<i>I.5.2</i>	<i>Využití energie slámy spalováním</i>	<i>16</i>
<i>I.5.3</i>	<i>Využití exkrementů zvířat a lidí</i>	<i>16</i>
<i>I.5.4</i>	<i>Využití energie biomasy spalováním nevyužité dřevní hmoty</i>	<i>17</i>
<b>I.6</b>	<b>Nízkopotenciální zdroje energie</b>	<b>18</b>
<i>I.6.1</i>	<i>Současné využití geotermální energie v Praze</i>	<i>18</i>
<i>I.6.2</i>	<i>Perspektivy využití nízkopotenciálních zdrojů tepla</i>	<i>18</i>
<b>II</b>	<b>Kombinovaná výroba elektrické energie a tepla</b>	<b>20</b>
<b>II.1</b>	<b>Přínosy na straně elektrické energie</b>	<b>20</b>
<b>II.2</b>	<b>Sektory spotřeby</b>	<b>21</b>

## I Obnovitelné a druhotné zdroje energie na území hl. m. Prahy

### I.1 Úvod

Součástí územní energetické koncepce je analýza možností využití obnovitelných a druhotných forem energie. Bylo vyhodnoceno, jaké jsou možnosti a využitelné potenciály v Praze. Výpočty jsou provedeny spíše konzervativním způsobem, který odpovídá současnému stavu: městský charakter zástavby v hlavním městě a dobré pokrytí cenově konkurujícími formami energie – zemní plyn, CZT a elektřina.

Výsledky zde prezentované odpovídají použitým metodikám výpočtu potenciálu. Použitá metodika je u každé kapitoly stručně popsána tak, aby byly jasné její výhody a nevýhody při vyhodnocení potenciálu. Zjištěné hodnoty by se měly vždy používat v souladu s použitou metodikou.

Státní energetická politika počítá s větším využíváním obnovitelných zdrojů energie v budoucnosti. V současné době se připravuje nový zákon na podporu výroby elektřiny a tepla z obnovitelných zdrojů energie. Tento zákon by měl vstoupit v platnost od května roku 2004. Cílem je dosáhnout k roku 2010 celkem 8% podílu elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů na celkové domácí spotřebě, a ca 6% podílu spotřeby energie z obnovitelných zdrojů na celkové spotřebě energie. Návrh zákona počítá s kombinací povinného výkupu elektřiny za garantované ceny vyšší než je tržní úroveň s jistou formou obchodovatelných certifikátů za zelenou elektřinu a povinných kvót. V oblasti výroby tepla z obnovitelných zdrojů spočívá současný návrh na povinnosti doplnit kotelnu na tuhá paliva při rekonstrukci i o kotel s jistou kapacitou využívající obnovitelné zdroje energie (biomasu). Konečné znění zákona bude známé nejdříve počátkem roku 2004.

Zvláštní zákon na podporu obnovitelných zdrojů energie se přijímá z toho důvodu, že využití obnovitelných zdrojů energie – na rozdíl od úspor energie – znamenají obvykle jisté zvýšení nákladů na energii. Využití obnovitelných zdrojů energie bez dotací na komerčním základě je však v některých případech rovněž možné.

V současné době se uplatňují výkupní ceny za elektřinu vyrobenou z obnovitelných zdrojů podle cenového rozhodnutí Energetického regulačního úřadu (č.1/2003) ve výši dle následující tabulky:

[Kč/MWh]	Minimální výkupní cena	Orientační hodnota	Příplatek – podpora
Tržní cena elektřiny	800-850	800-850	0
Malé vodní elektrárny (<10 MW)	1 500	600	900
Větrné elektrárny	3 000	200	2 800
Elektřina z biomasy	2 500	700	1 800
Elektřina z bioplynu	2 500	700	1 800
Elektřina z geotermální energie	3 000	700	2 300
Elektřina ze slunečního záření	6 000	300	5 700

### 1.1.1 Shrnutí

Celkový potenciál obnovitelných a druhotných zdrojů energie v Praze názorně ukazuje následující tabulka:

tab. 1: Souhrn zjištěných potenciálů jednotlivých obnovitelných a druhotných zdrojů energie.

	Potenciál energie v palivu GJ/rok	Potenciál v teple GJ/rok	Potenciál v elektřině MWh/rok	Využito tepla GJ/rok	Využito elektřiny MWh/rok
Využití solární energie	-	431 045	-	< 1 500	5
Využití vodní energie	-	-	44 994	-	37 146
Využití energie větru	-	-	0	-	0
Využití energie biomasy včetně bioplynu a skládkového plynu	891 421	-	-	180 000	65 000
Využití energie kom. odpadu		1 650 000	150 000	1 100 000	0
Využití geotermální energie**		7 776 000	-	20 000	-
<b>Celkem</b>	<b>891 421</b>	<b>9 857 045</b>	<b>194 994</b>	<b>1 301 500</b>	<b>102 151</b>

\*\*zahrnuje celkový technický potenciál bez ohledu na ekonomickou využitelnost, z toho je pro pohon TČ potřeba 539 200 MWh<sub>el</sub>/rok tj. 1 941 120 GJ/rok

Z celkového využitelného potenciálu obnovitelných a druhotných zdrojů energie v Praze je nejvíce využíván potenciál vodní energie, biomasy, respektive bioplynu a skládkového plynu, a tuhého komunálního odpadu – na úrovni až ca 70% prakticky využitelného potenciálu. Využití tepla ze solární energie a z geotermální energie je podstatně nižší. Potenciál pro využití větrné energie v Praze je z energetického a ekonomického hlediska zanedbatelný.

Využívání obnovitelných a druhotných zdrojů energie odpovídá ca 2,8% celkové poptávky po energii na území města. To zhruba odpovídá celorepublikovému průměru.

Současná míra využívání jednotlivých obnovitelných a druhotných zdrojů energie odpovídá zhruba nákladovosti na jejich výrobu.

### **Zásady pro využití obnovitelných a druhotných energetických zdrojů**

1. Využití tuhých komunálních odpadů pro energetické účely pro dodávku a prodej tepla i elektřiny
2. Využití druhotných energetických zdrojů pro výrobu tepla a elektřiny v čistírně odpadních vod především pro pokrytí vlastní potřeby
3. Využití solární energie pro ohřev TUV a na topení především při rekonstrukcích objektů
4. Využití geotermální energie (tepelných čerpadel) především jako alternativa k elektrickému vytápění, či využívání tuhých paliv. Praktickou využitelnost nejvyššího potenciálu geotermální energie částečně omezují vyšší náklady na pořízení.

## I.2 Využití energie vody

Využití vodní energie je v Čechách tradiční. Hlavní město Praha má díky svým podmínkám dobré předpoklady, což dokládá celá řada malých vodních elektráren (MVE) pracujících v Praze a blízkém okolí.

### I.2.1 Funkční MVE na katastrálním území hl. města Prahy

tab. 2: Malé vodní elektrárny připojené do veřejné energetické sítě PRE, a.s. na katastrálním území města Prahy

Lokalita	Provozovatel	Tok	Instalovaný výkon (kW)	Výroba (MWh/rok)
Podbaba	Povodí Vltavy, a.s.	Vltava	1 260	5 166
Štvanice	ČEZ, s.p.	Vltava	5 700	23 370
Modřany	ENERGO-PRO, a.s.	Vltava	1 500	6 150
Lipence/Černošice	p. Nacházel	Berounka	360	1 476
Kyje	p. Honejsek	Kyjský rybník	4	16
Praha 8	Pražská. vodhosp. Spol., a.s.	Vltava - čerp. Stanice	220	902
Hostivař	Lesy hl. m. Prahy	Botič	16	66
<b>CELKEM</b>			<b>9 060</b>	<b>37 146</b>

V současné době je instalovaný výkon MVE 9 060 MW s výrobou 37 146 MWh/rok při uvažovaném využití výkonového maxima 4 100 hod.

### I.2.2 Využitelné lokality pro výstavbu nových MVE

tab. 3: Významné lokality pro výstavbu MVE v pražském regionu.

Název	Tok, řeka, km	Okres	Výkon (MW)	Výroba (MWh/rok)
Troja	Vltava 45,6	Praha	1,700	6 970

Kromě větších významných lokalit existuje celá řada menších lokalit, které jsou v současnosti převážně mimo provoz. Tyto lokality byly navráceny v rámci restitucí původním majitelům. Zda na nich dojde k realizaci MVE není jasné. Některé z uvedených lokalit mohou být pro případnou instalaci MVE nepoužitelné. Konkrétní hodnoty by bylo možné získat pouze průzkumem v daném místě.

tab. 4: Seznam menších lokalit vhodných pro realizaci MVE.

Název toku, na němž je vodní dílo zbudováno	Původně druh živnosti nebo průmyslu	Počet a druh vodních motorů	Výkon vodního díla (kW)	Roční výroba (MWh)
Únětický potok	mlýn	1 turbina Francis	5,59	22,92
Únětický potok	mlýn	1 turbina Francis	2,94	12,06
Podmoráňský potok	mlýn	1 turbina Francis	2,98	12,21
Zákolanský potok	šrotovna	1 turbina Francis	1,84	7,54

Název toku, na němž je vodní dílo zbudováno	Původně druh živnosti nebo průmyslu	Počet a druh vodních motorů	Výkon vodního díla (kW)	Roční výroba (MWh)
Zákolanský potok	mlýn	1 turbina Francis	4,40	18,03
Zákolanský potok	mlýn	1 turbina Francis	5,15	21,11
Zákolanský potok	mlýn	1 turbina Francis	3,82	15,68
Zákolanský potok	mlýn	1 turbina Francis	3,68	15,08
Zákolanský potok	mlýn	1 turbina Francis	3,68	15,08
Zákolanský potok	mlýn	1 turbina Francis	4,41	18,09
Zákolanský potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	5,15	21,11
Zákolanský potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	2,94	12,06
Zákolanský potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	3,82	15,68
Libochovický potok	šrotovna	1 kolo na svrchní vodu	2,03	8,32
Vltava, odbočka Čertovka	obrábění dřeva, truhlářství	1 kolo na spodní vodu	6,32	25,90
Vltava, odbočka Čertovka	mlýn	1 kolo na spodní vodu	5,88	24,12
Vltava, Rud. Štola	pumpa	1 turbina Francis	4,66	19,09
Radotínský potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	2,57	10,55
Radotínský potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	3,06	12,54
Radotínský potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	3,68	15,08
Radotínský potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	3,31	13,57
Radotínský potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	2,21	9,08
Radotínský potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	3,41	13,99
Radotínský potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	2,77	11,34
Radotínský potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	3,90	15,98
Kopanický potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	2,94	12,06
Dalejský potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	2,09	8,56
Litovický potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	2,94	12,06
Šárecký potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	0,00	0,00
Šárecký potok	továrna na topná tělesa	1 turbina Girard	4,41	18,09
Šárecký potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	2,94	12,06
Šárecký potok	vodárna	1 kolo na svrchní vodu	2,21	9,05
Únětický potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	1,82	7,48
Únětický potok	parní mlýn	1 turbina Francis	2,57	10,55
Únětický potok	šrotovna	1 kolo na svrchní vodu	2,94	12,06
Únětický potok	motor. Mlýn a výroba el. Světla	1 turbina Francis	5,15	21,11
Únětický potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	3,31	13,57

Název toku, na němž je vodní dílo zbudováno	Původně druh živnosti nebo průmyslu	Počet a druh vodních motorů	Výkon vodního díla (kW)	Roční výroba (MWh)
Únětický potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	2,79	11,46
Únětický potok	mlýn	1 turbina Francis	4,55	18,64
Únětický potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	2,94	12,06
Únětický potok	mlýn	1 turbina Francis	0,00	0,00
Únětický potok	mlýn	1 turbina Francis	4,78	19,60
Botič	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	3,97	16,28
Botič	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	4,82	19,75
Botič	pivovar	1 turbina Francis	4,41	18,09
Botič	parní prádelna	2 turbiny Francis	9,05	37,09
Kunratický potok	mlýn	1 turbina Francis	6,71	27,50
Kunratický potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	3,24	13,27
Kunratický potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	1,52	6,24
Libušský potok	mlýn	1 kolo na svrchní vodu	4,45	18,24
Rokytká	mlýn	1 turbina Francis	7,72	31,66
Rokytká	mlýn	1 turbina Francis	12,72	52,17
Rokytká	mlýn	1 turbina Francis	12,94	53,07
CELKEM			214,16	878,04

Celkový využitelný potenciál malých vodních elektráren je 161 979 GJ/rok (44 994 MWh/rok).

### I.3 Využití energie větru

Aby bylo možné stanovit využitelný potenciál v lokalitě, je potřebné předem definovat okrajové technicko-ekonomické podmínky využití větrné energie. Ty jsou dány zejména rychlostí větru. Moderní větrné elektrárny mají startovací rychlost větru pro rozběh kolem 4 m/s. Pro zvýšení výroby jsou některé elektrárny vybaveny dvěma generátory (nebo jedním s dvojitým vinutím). Při nízké rychlosti větru běží menší generátor, při vyšší rychlosti větru se přepne na větší generátor. Startovací rychlost pro snížený výkon je pak kolem 2,5 m/s.

Z předchozího vyplývá, že technickou podmínkou využití větrné energie je potřebná lokalita s průměrnou roční rychlostí vyšší, než je startovací rychlost větrné elektrárny tj. nad 4 m/s. Aby se větrná elektrárna dostala z rozběhové části výkonové křivky do výrobní, musí být rychlost větru alespoň 5 m/s a vyšší (záleží na typu a parametrech elektrárny).

#### Definice uvažovaných lokalit pro stanovení využitelného potenciálu:

- Minimální průměrná roční rychlost větru musí být vyšší než 5 m/s měřeno v 10m.
- Lokalita nesmí být zalesněná (nejlépe bez porostů), nebo s překážkami bránícími laminárnímu proudění větru (budovy).
- Musí být dostupná pro těžké mechanismy nejlépe po zpevněné komunikaci, nebo musí být vhodná pro vybudování potřebné zpevněné komunikace.
- Co nejmenší vzdálenost od přípojky vn nebo vvn s dostatečnou kapacitou.



- Vhodné geologické podloží pro základy.
- Dostatečná vzdálenost (400m) od obydlí (minimalizace možného rušení obyvatel hlukem).
- Nesmí se nacházet v chráněné lokalitě z pohledu ochrany přírody.
- Nesmí jinak nevhodně zasahovat do okolní přírody (zátěž při výstavbě elektrárny, zátěž při budování přípojky, vzhled krajiny - názorově velmi individuální).

Jaké průměrné roční rychlosti větru se vyskytují v pražské aglomeraci ukazuje následující tabulka:

tab. 5: Aritmetické průměry rychlostí větru na vybraných meteorologických stanicích v lokalitě Praha z období 1961 - 1975 [1].

Název lokality	Zeměpisné souřadnice		Nadmořská výška	Průměrná roční rychlost větru
	Severní šířka	Východní délka	(m)	(m/s)
Praha – Klementinum	50° 05"	14° 25"	191	1,9
Praha – Ruzyně	50° 06"	14° 17"	380	4,2
Praha – Karlov	50° 04"	14° 26"	232	2,4
Jílové u Prahy	49° 54"	17° 29'	424	2,8
Praha – Uhřetěves	50° 02'	14° 36"	298	2,2

Pro ověření výše uvedených hodnot byla provedena kontrola programem VAS, který interpoluje údaje meteorologických měření rychlostí větru na zadané místo včetně korekcí na reliéf terénu a vyhodnotí také výrobu energie zadané větrné elektrárny (zde Vestas V 39 - 500 kW).

Na základě zjištěných údajů z modelu a také dlouhodobých měření nesplňuje pražská lokalita základní kritérium – dostatečná rychlost větru.

Praktické využití energie větru v Praze a blízkém okolí pro energetické účely je proto nereálné.

#### 1.4 Využití energie Slunce

Energii solárního záření lze využít na výrobu tepla nebo na výrobu elektrické energie pomocí fotovoltaických článků. V nejbližších letech však nelze očekávat jejich masové rozšíření díky poměrně vysokým investičním nákladům.

Solární energie se bude jako dosud využívat především na ohřev teplé užitkové vody (TUV), bazénů a případně přitápění.

## Podmínky v pražské lokalitě:

Na základě dlouhodobého měření vychází průměrné počty hodin solárního svitu následovně:

tab. 6: Průměrné měsíční a roční sumy solárního svitu v Praze [2].

	Měsíc (hod/měsíc)												
Praha:	Led	Úno	Bře	Dub	Kvě	Čer	Čv	Srp	Zář	Říj	Lis	Pro	Rok
Ruzyně	43	62	128	149	208	210	204	214	150	103	55	47	1 573
Klementinum	38	62	128	149	210	206	204	217	152	104	53	45	1 568
Kbely	35	58	124	152	200	219	206	221	150	91	51	39	1 546

Průměrné hodnoty globálního záření se pohybují od 3 700 do 3 800 MJ/m<sup>2</sup>, tj. 1 028 – 1 056 kWh/m<sup>2</sup>. Solární kolektor dovede z této energie využít v ideálním případě kolem 50% tj 500 – 550 kWh/m<sup>2</sup>. V praxi se dosahuje hodnot o něco nižších kolem 400 kWh/m<sup>2</sup>. Praha má pro využití solární energie běžné podmínky (tj. počty hodin solárního svitu a dosaženého globálního záření).

Oproti jiným obdobným lokalitám zde přibývá problém se znečištěním atmosféry, mající negativní vliv na množství vyrobené energie. Podobně problematický je prašný spad snižující účinnost a životnost solárních kolektorů.

## Funkční solární systémy v Praze:

Instalace solárních systémů v Praze a v ČR není sledována a proto je možné vycházet pouze z velmi hrubých odhadů. Předpokládáme, že je v Praze nainstalováno odhadem kolem 300 solárních systémů zejména na ohřev TUV a bazénů. Celková výroba je odhadována ca na 1 500 GJ/rok.

Kromě toho je v Praze první větší funkční fotovoltaický systém instalovaný na fasádu hotelu Panorama. Plocha solárních panelů je 66 m<sup>2</sup> s jmenovitým výkonem 6 kW. Předpokládaná roční výroba je 4,6 MWh/rok.

### 1.4.1 Využitelný potenciál

Odhad využitelného potenciálu solární energie vychází z využití klasických solárních systémů pro ohřev TUV plochými vodními kolektory. Je uvažováno s mírně konzervativní výrobou 350 kWh/m<sup>2</sup>. Pro srovnání byly provedeny odhady dvěma různými metodikami. Odhady nepočítají s lokalitami, kde je využití solární energie v blízkém časovém horizontu velmi nepravděpodobné (např. budovy zásobované CZT).

#### 1.4.1.1 Odhad vycházející z počtu budov v Praze

Odhad vychází z počtu budov na něž lze umístit určitý počet kolektorů. Počet kolektorů vychází z možnosti využití, typu budovy a počtu pater. Velké budovy jsou téměř výhradně zásobované centrálně nebo mají vlastní kotelnou. Využití solární energie je zde málo pravděpodobné jak technicky, tak majetkoprávně.

Na zahrnutí vlivu orientace budovy a možného využití byl zvolen koeficient „Redukce na polohu a využití“.

tab. 7 Potenciál využití solární energie vycházející z počtů a druhů budov.

Budova	Počet	Počet kol. teor./budovu	Teoretická výroba	Redukce na polohu a využití	Možná výroba
		(ks)	(MWh/rok)	(%)	(MWh/rok)
Rodinné domky	47 018 ks	4	115 852	40%	46 341
Bytové domy 1-3 podl.	6 982 ks	12	51 611	40%	20 644
Bytové domy 4-6 podl.	15 718 ks	18	174 281	30%	52 284
Bytové domy 7+ podl.	7 179 ks	0	0	0%	0
Ostatní budovy 1-3 podl.	1 258 ks	2	1 550	30%	465
Ostatní budovy 4-6 podl.	413 ks	0	0	0%	0
Ostatní budovy 7+ podl.	82 ks	0	0	0%	0
<b>CELKEM</b>			<b>343 294</b>		<b>119 735</b>

Tabulka počítá i teoretickou výrobu tepla, která dobře ukazuje jak je výše popsáný odhad shora omezen. Touto metodikou vychází využitelný potenciál 119 735 MWh/rok.

#### 1.4.1.2 Odhad vycházející ze znalosti druhu vytápění

Odhad vychází ze znalosti druhu vytápění bytů a z předešlého závěru, že se solární systémy nebudou masově využívat v budovách zásobovaných CZT. Dále se uvažuje s racionálním přístupem budoucích uživatelů solárních systémů. Ty se budou poměrně těžko prosazovat v plynofikovaných objektech, kde se TUV připravuje obvykle přímým ohřevem buď kombinovaným plynovým kotlem nebo karmou.

Naopak objekty již vybavené zásobníkem na TUV budou mít možnost využití solárního tepla podstatně snazší. Uživatel s elektrickým zásobníkem TUV nebo s kotlem na tuhá paliva a kombinovaným zásobníkem TUV budou využívat solární systémy zřejmě častěji.

I v tomto odhadu je nutné počítat s redukčním koeficientem zahrnujícím vliv reálného využití.

tab. 8: Potenciál využití solární energie vycházející z druhu vytápění.

Vytápěné byty	počet	Počet kol na byt	Teoretická výroba	Redukční koef.	Možná výroba
	(ks)	(ks)	(MWh/rok)	(%)	(MWh/rok)
z toho lokál tuhá paliva	61 815	3	114 234	48%	54 832
lokál zemní plyn	142 903	2	176 056	30%	52 817
lokál elektřina	17 149	3	31 691	55%	17 430
lokál ostatní nebo komb.	5 054	2	6 227	40%	2 491
<b>CELKEM</b>			<b>328 208</b>		<b>127 570</b>

Tabulka počítá i teoretickou výrobu tepla, která dobře ukazuje jak je výše popsáný odhad shora omezen. Odhad možné výroby tepla touto metodikou vychází na 127 570 MWh/rok, což se minimálně liší od předchozího odhadu.

Vzhledem ke stávajícím technicko-ekonomickým podmínkám v komunální energetice (vysoké pořizovací náklady na solární systémy) bude reálnější v závěrečných bilancích počítat s hodnotou 119 735 MWh/rok tj. 431 045 GJ/rok

## **I.5 Využití energie biomasy a druhotných zdrojů**

Energetický potenciál biomasy je v podmínkách ČR vůbec největší a nejzajímavější obnovitelný zdroj energie. V městské aglomeraci s hustou zástavbou se však jeho význam značně snižuje. Jednou z podmínek efektivního využití energie biomasy je její dostatek v místě spotřeby, s minimalizací dopravních nákladů, což je ve městě obtížné.

**V Praze jsou následující možnosti využití biomasy pro energetické účely:**

- 1) Přímé spalování vhodné biomasy
  - a) Dřevní odpad, palivové dříví, sláma, dřevěné přepravky apod.
  - b) Ostatní odpady, které je možné spálit
- 2) Výroba bioplynu z vhodných organických odpadů
  - a) Odpady z hotelů, tlející biomasa z pražských sadů, odpady ze zeleniny a ovoce z velkoobchodních skladů a tržnic (např. tržnice v Lipencích), odpady z potravinářských provozů a jatek.
  - b) Výroba bioplynu z exkrementů zvířat a lidí
- 3) Využití skládkového plynu

V současné době dodává Spalovna Malešice do sítě PT a.s. (přes parovodní soustavu tepelnárny Malešice) více než 1 PJ energie ročně.

Následující tabulka uvádí strukturu využívání odpadu v Praze:

tab. 9 Využití odpadu v Praze

1999			Zneškodnění (t)	Využití odpadu:		
zařízení	komodita (způsob sběru)	celkem (t)		energetické (t)	materiálové (t)	CELKEM využití (t)
<b>Směsný a objemný odpad</b>						
<b>spalovna Malešice celkem</b>	193 550 směsný a ob- jemný odpad					
	železo (mag.separace)	3 056			3 056	3 056
	popílek	5 247	5 247			
	škvára	53 844	53 844			
	přeměna na tepelnou energii	131 403		131 403		131 403
<b>skládky Dáb- lice</b>	směsný a ob- jemný odpad	31 000	31 000			
<b>Tříděný sběr</b>						
komodita	způsob sběru	celkem (t)	zneškodnění (t)	energetické využití (t)	materiálové využití (t)	CELKEM využití (t)
papír celkem	9 061					
papír	kontejnery	8 210			8 210	8 210
papír	školy	851			851	851
sklo	kontejnery	3 020			3 020	3 020
plasty	kontejnery	2 170			2 170	2 170
sběrné dvory celkem		1210			1210	1210
nebezpečné odpady celkem	222					
neb.odpady	stabilní sběr	88			88	88
neb.odpady	mobilní sběr	114			114	114
neb.odpady	lékárny	20			20	20
<b>CELKEM využití a zne- škodnění</b>		<b>240 233</b>	<b>90 091</b>	<b>131 403</b>	<b>18 739</b>	<b>150 142</b>
<b>HMOTNOST- NÍPODÍL</b>	(%)	<b>100</b>	<b>37,5</b>	<b>54,7</b>	<b>7,8</b>	

### 1.5.1 Skládky komunálního odpadu a jejich energetické využití

#### 1.5.1.1 Vznik bioplynu ze skládek TKO

Skládka tuhého komunálního odpadu (TKO) představuje biochemický reaktor, v němž dochází k mikrobiologickému rozkladu organických složek odpadu. Jedním z produktů, které přitom vznikají je skládkový plyn.

Biodegradační proces je charakterizován čtyřmi navazujícími fázemi a teprve v poslední dochází k dlouhodobému vývinu skládkového plynu. Rozlišují se fáze aerobní (za přístupu kyslíku) a anaerobní (bez přístupu kyslíku).

V první fázi je organická hmota za přítomnosti vzdušného kyslíku rozkládána aerobními organismy za vývinu tepla. Lože skládky se zahřívá. Odbourávají se snadno a středně narušitelné složky zejména sacharidy. Dochází ke spotřebování veškerého vzdušného kyslíku. Ve druhé – anaerobní fázi se tuky, celulóza a proteiny odbourávají na mastné kyseliny. Prostředí skládky je kyselé. Plynným produktem je CO<sub>2</sub>. Zápach mastných kyselin je snadno poznatelný. Ve třetí fázi nastává nestabilní metanové kvašení. Podmínkou je přechod prostředí do neutrálního až slabě zásaditého. Začínají narůstat metanogenní společenstva bakterií. Ve čtvrté, poslední fázi dochází ke stabilnímu metanovému kvašení. Reakce pak probíhá rychlostí úměrnou množství substrátu, až do jeho úplného vyčerpání. Základní podmínkou je vlhkost substrátu. Vzniká plynná směs CO<sub>2</sub> + CH<sub>4</sub>. Teplota v těle skládky se stabilizuje na 35 až 50 °C.

Ve stabilizované fázi je typické složení skládkového plynu v objemových procentech:

CH <sub>4</sub>	52 – 70%
CO <sub>2</sub>	25 – 45%
N <sub>2</sub>	1 – 3%

Vytvořené mikrobiologické prostředí ve skládce je velmi citlivé na vnější vlivy. Značným zásahem je nucené odčerpávání vznikajícího plynu. Pokud je odčerpáván zvýšenou rychlostí, vzniká v tělese skládky podtlak. Tím dojde k přísávání vzduchu do tělesa skládky a zničení životního prostředí citlivých anaerobních mikroorganismů. Skládka se „otraví kyslíkem“ produkce metanu prudce klesá až ustane. Obnova trvá značně dlouho.

#### 1.5.1.2 Aktivita skládky

Skládky se podle aktivity rozdělují do tří skupin – neaktivní, aktivní s vývinem plynu a vysoce aktivní se značným vývinem plynu.

Časový průběh vývinu plynu vyplývá z výše popsané teorie biodegradabilních procesů. Rozkladné procesy začínají už ve chvíli zavezení odpadu na skládku. Do doby, kdy je celá skládka, nebo její sektor utěsněn na vnějším povrchu a zahájeno čerpání plynu, již číst hmoty zreaguje. Častý názor, že „po zakrytí skládky teprve dochází k bouřlivým vnitřním procesům a produkce plynu stoupá“ je nesprávný. Ve skládce tikají již od samého počátku biologické hodiny a čím později se přistoupí k jímání plynu, tím menší je výtěžnost. Po maximálním vývinu plynu už produkce pouze klesá. Zpočátku strmě, a dále pomaleji. Obvykle se počítá s životností skládky od 8 do 15 let, přičemž množství čerpaného plynu se ke konci sníží asi na čtvrtinu.

Uvádí se, že v množství odpadu je okolo 35% organických látek. Potom z 1 kilogramu odpadu lze vyprodukovat přibližně 0,3 m<sup>3</sup>/kg skládkového plynu.

#### 1.5.1.3 Biofiltry

Při biodegradačních procesech ve skládkách tuhého komunálního odpadu vzniká skládkový plyn obsahující metan, oxid uhličitý, dusík, sulfan-sirovodík a minoritní nositele zápchu. Jímání plynu odsáváním a jeho zneškodňování na polním hořáku, nebo spalováním s využitím energetického obsahu, či výrobou elektrické energie je značně nákladné. V případě prostého spalování je jednoznačně ztrátové. U energetického využití závisí na místních podmínkách. Alternativou je oxidace vznikajícího metanu na povrchu skládky v „biofiltrech“. Zde působí aerobní bakterie, které jsou schopny účinně likvidovat nejen metan,

ale i četné vyšší uhlovodíky a jejich deriváty. Biologická filtrace odstraňuje metan a ostatní obtížné složky plynu velmi účinně – a bez přívodu vnější energie. Pro malé a střední skládky jde o mnohonásobně levnější technologii, než prosté spalování

#### *1.5.1.4 Legislativa*

Legislativní předpisy v oblasti skládkování odpadů jsou soustředěny do zákona o odpadech a souvisejících vyhlášek.

Zákon o odpadech 125/1997 Sb. – zákon o odpadech

Vyhláška 337//1997 Sb. – katalog odpadů a další seznamy

Vyhláška 340/1997 Sb. – zajištění péče o skládku

Vyhlášky ukládají „v případě možného vývoje skládkového plynu je nutno skládku opatřit zařízením pro jímání a nakládání s plynem“.

Výskytem, jímáním a zneškodňováním skládkového plynu se zabývá ve svých částech norma ČSN 83 08030 „skládkování odpadů“ a navazující oborové normy, zejména TNO 83 8034 Odplynění skládek odpadů a další.

#### *1.5.1.5 Staré a nové skládky v Praze*

Na území města Prahy existuje mnoho skládek. Podstatný podíl tvoří skládky staré, ve většině případů již rekultivované. U těchto starých skládek není naděje na energetické využití skládkového plynu.

První pokusy o jímání a využívání skládkového plynu se datují do konce sedmdesátých let. Skládka Suchdol byla navržena širokoprofilovými vrty. Plyn byl odčerpáván do kotelny blízkého průmyslového areálu.

Místo exploatace starých, nebo starších skládek s nejistým výsledkem lze doporučit zaměřit se na skládky nově vznikající, nebo připravované. Zde je možno již ve stádiu projektu zabudovat jímací systém bioplynu a systém pro řízení vlhkosti uvnitř tělesa. Rovněž lze s dostatečným předstihem posoudit podnikatelskou vhodnost čerpání, transportu a energetického využití získaného plynu. V řadě referenčních projektů v zahraničí je kvůli nižším nákladům na inženýrské sítě volen způsob výroby elektrické energie (bez využití tepla). Vyrobená elektřina se nepoměrně snáze transportu je na místo spotřeby. Potřebné motorgenerátorové jednotky pro automatický provoz se běžně vyrábějí v kontejnerovém provedení, aby je bylo možno převézt na místo nové výroby.

V dalším textu proto místo inventarizace starých, obtížně využitelných skládek, uvádíme příklad podnikatelského projektu pro využití skládkového plynu.

#### *1.5.1.6 Pilotní projekt – využití skládkového plynu v severní oblasti Prahy*

Využití skládkového plynu v severní oblasti Prahy je v podmínkách České republiky ojedinělou aktivitou. Je odčerpáván plyn ze skládek Dolní Chabry a Ďáblice. Po úpravě je plyn veden 5,5 km plynovodem ke spotřebiteli. Zde se používá pro výrobu tepla a pro kombinovanou výrobu tepla a elektrické energie v průmyslovém areálu DAEWOO-AVIA Letňany. Instalovaný elektrický výkon činí 2 MWe a 3,2 MWt v kogeneračních jednotkách a 18 tun páry/h a 12,5 MWt v plynových průmyslových kotlích.

#### *1.5.1.7 Skládka odpadů – Ďáblice*

Skládka byla postavena a dána do provozu v roce 1993. Slouží jako skládka netříděného komunálního odpadu. Svozová oblast je Praha a okolí. Stavba byla postavena v souladu s rakouskými normami a splňuje tedy evropské standardy pro skladování komunálního odpadu. Provozovatelem skládky je společnost A.S.A. Součástí provozu skládky je rovněž přísné sledování kvality provozu a monitoring podzemních vod.

Skládka byla postavena v místě s jílovým podložím. To bylo využito jako minerální těsnění. Celé těleso skládky je podloženo svařovanou fólií z vysokohustotního polyetylénu o tloušťce 2,5 mm. Fólie je po celé ploše navíc pokryta speciální tkaninou. Skládka je členěna do jednotlivých sektorů se samostatným odvodem průsakových vod.

Je vybavena odplyňovacím systémem s možností regulace jednotlivých větví. Na něj jsou napojeny šachty umožňující odsávání plynu z tělesa skládky a navedena drenážní vrstva hrubého štěrku.

Skládka je neustále hutněna třemi kompaktory na co nejmenší objem. Hutnění přispívá k budoucí produkci kvalitního bioplynu. Ze zavezených starých sektorů skládky je průběžně odváděna voda. Shromažďuje se v jímce průsakových vod. Tato voda je dále využívána k vlhčení skládky, které je potřebné k udržení žádoucí mikrobiální flóry. Průsaková voda cirkuluje mezi tělesem skládky a jímkou. Ze sektorů, které jsou připraveny k zavezení, je srážková voda směřována do jímky dešťových vod. Po zahájení skládkování se voda z tohoto sektoru přesměruje do jímky průsakových vod.

Odsávací stanice plynu má kapacitu 1600 m<sup>3</sup> plynu za hodinu. Odváděný plyn byl až do roku 1997 pro nízký obsah metanu spalován polním hořákem (fléře). Od roku 1998 je využíván pro vytápění objektů skládky a k výrobě elektrické energie.

Celková kapacita všech sektorů činí 1,7 mil. m<sup>3</sup>. Prvních 850 tis. m<sup>3</sup> bylo zaplněno po třech letech provozu. V 04. 1999 bylo uloženo 1,5 mil. tun. Ukládají se komunální a živnostenské odpady, výkopové zeminy a nezávadné stavební sutě. Vyčerpání kapacity se předpokládá během následujících dvou let.

Rekultivace nejstarší části skládky se provádí od roku 1997. Povrch je uzavírán fólií a minerální jílovou vrstvou. Na temeno skládky je pak navážena zemina, je zatravněna a osázeno stromy.

#### 1.5.1.8 Technologie odplynění skládky Ďáblice

Odčerpávání plynu bylo zahájeno ještě ve fázi navážení skládky. Plyn se odčerpává ze zaplněných sektorů, kde je skládkování ukončeno.

Čerpací stanice slouží k odčerpávání plynu ze skládky a k jeho transportu ke spotřebiteli (AVIA Letňany). Při odstávce u spotřebitele, nebo při poruše na trase se odsátý plyn spaluje v polním hořáku. Stanice má stavebnicové uspořádání. Tak je možné postupně rozšiřovat čerpací kapacitu podle nárůstu tvorby plynu. Jednotlivé moduly stanice jsou umístěné ve zvláštních kontejnerech. Kontejnery mají skladebné rozměry 6 x 3,2 – 3,1 metru.

Systém pracuje v automatickém režimu a je řízen počítačem. Sleduje se složení plynu – čidla O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, dále fyzikální parametry plynu – tlak, teplota, průtok, relativní vlhkost a rosný bod. Před dopravou je plyn sušen vymrazováním.

Časový postup náběhu čerpání:

rok	technologie	čerpací kapacita etapy	čerpací kapacita celkem
1994	modul měření a regulace, čerpací modul I, vysokoteplotní pochodeň	1 x dmychadlo 600 m <sup>3</sup> /h, 20 kPa	600 m <sup>3</sup> /h
1997	čerpací modul II	2 x dmychadlo 350 m <sup>3</sup> /h, 90 kPa	1300 m <sup>3</sup> /h



1999	čerpací modul III	2 x dmychadlo 500 m <sup>3</sup> /h, 90 kPa	2300 m <sup>3</sup> /h
------	-------------------	---	------------------------

### 1.5.1.9 Technologie odplynění skládky Dolní Chabry

Ukládání materiálu na skládku bylo ukončeno v roce 1993. V 05.1999 bylo zahájeno odčerpávání plynu. Technologie je obdobná, jako v Ďáblicích.

rok	technologie	čerpací kapacita etapy	čerpací kapacita celkem
1999	modul měření a regulace, čerpací modul I, vysokoteplotní pochodeň	2 x dmychadlo 750 m <sup>3</sup> /h, 40 kPa	1500 m <sup>3</sup> /h

Odčerpaný plyn se vede plynovodem na skládku Ďáblice, kde se napojuje na stávající trasu do AVIA Letňany.

### 1.5.1.10 Časový průběh projektu vyvedení plynu

Do konce roku 1997 byl odsávaný plyn na skládce Ďáblice spalován v polním hořáku. Na skládce Ďáblice bylo instalováno energocentrum pro kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla. V období 01.1998 – 04. 1999 zde byla zařízení:

2 x	kogenerační jednotka Jenbacher	celkem 1,65 MWe do veřejné sítě, odpadní teplo mařeno v chladiči
1 x	teplovodní kotel CORRIN 125NT	125 kWt pro potřeby firmy A.S.A., vytápění areálu

od 05. 1999 přibyla další kogenerační jednotka:

1 x	kogenerační jednotka Waukesha	celkem 300 kWe + 600 kWt pro potřeby firmy A.S.A. a pro čerpací stanice plynu Ďáblice a Dolní Chabry
-----	-------------------------------	--

od 05. 1999 dochází ke stavbě plynovodů:

	Ďáblice – AVIA Letňany HDPE DN 225/20,5	3.000 m <sup>3</sup> /hod	3.500 metrů
	Dolní Chabry – Ďáblice DN 225/12,5	1.500 m <sup>3</sup> /hod	1.921 metrů

Od 05. 1999 se do průmyslového areálu AVIA, na konec potrubní trasy, stěhují kogenerační jednotky Jenbacher a jsou postaveny kotle:

2 x	kogenerační jednotka Jenbacher	celkem 1,65 MWe do závodní a veřejné sítě, teplo 2,58 MWt do závodní sítě
1 x	kotel DAKOVIČ STEAMBLOCK K1	18 t/h páry, 160°C, 0,4-0,5 MPa
1 x	kotel LOOS	12,5 MW, teplovodní

### 1.5.2 Využití energie slámy spalováním

Pro odhad potenciálu byly zjištěny osevní plochy a sklizně v Praze. Ze sklizně lze určit množství slámy, ze které zemědělci nevyužijí pro podestýlku a další účely 20 – 30%. Toto množství je možné využít pro energetické účely. Výhřevnost slámy je velmi dobrá a pohybuje se kolem 14 GJ/t. Řepková sláma má výhřevnost dokonce vyšší.

tab. 10: Energie biomasy (slámy) v palivu.

Plodina/jednotky	Plocha (ha)	Celk. sklizeň (t)	Výnos (t/ha)
Pšenice ozimá	4 568	22 593	5,0
Pšenice jarní	693	2 823	4,1
Ječmen ozimý	1 043	5 469	5,2
Ječmen jarní	2 415	9 366	3,9
Oves	243	595	2,5
Kukuřice	197	1 121	5,7
Louky	498	621	1,3
Pastviny	318	356	1,1
Obiloviny celkem	9 252	42 358	4,6
Řepka olejná	1 304	3 438	2,6
<b>Energie v palivu:</b>			(GJ/rok)
Obiloviny celkem			118 601
Řepka olejná			49 507
<b>CELKEM</b>			<b>168 108</b>

**Potenciál energie v palivu při spalování slámy je 168 108 GJ/rok.**

### 1.5.3 Využití exkrementů zvířat a lidí

Pro odhad potenciálu bioplynu z exkrementů zvířat byly zjištěny počty a druhy chovaných zvířat v Praze. Z počtů a druhů zvířat lze určit produkované množství exkrementů a také bioplynu. Bioplyn je možné spalovat podobně jako zemní plyn. Jeho výhřevnost se pohybuje kolem 23 MJ/m<sup>3</sup>.

Zvířata, která jsou převážnou většinu roku na pastvě nejsou do výpočtu zahrnuta.

tab. 11: Využití exkrementů zvířat zpracováním na bioplyn.

Zvířata	Počet	(m <sup>3</sup> /den/kus)	(tis. m <sup>3</sup> /rok)
Slepice	375 042 ks	0,015	2 053
Drůbež celkem	638 606 ks	0,01	962
Kozy a kozli	335 ks	-	-
Ovce a berani	1 553 ks	-	-
Koně a hříbata	555 ks	-	-
Prasnice zapuštěné	2 639 ks	0,200	193
Prasnice nezapuštěné	1 043 ks	0,150	57
Selata	8 910 ks	0,004	13
Prasata celkem	41 727 ks	0,090	414
Krávy zapuštěné	4 318 ks	1,200	1 891
Krávy zapuštěné mastné	76 ks	0,850	24
Krávy nezapuštěné	2 329 ks	0,900	765
Krávy nezapuštěné mastné	35 ks	0,900	11
Skot celkem	17 586 ks	0,900	2 220
<b>CELKEM</b>			<b>8 603</b>
Energie v pal. (GJ/rok)			<b>197 874</b>

### Potenciál energie v palivu při spalování bioplynu je 197 874 GJ/rok.

Pro odhad potenciálu bioplynu z čistírenských kalů (exkrementy lidí) je možné vycházet z údajů Pražských služeb a.s. závodu Čistírny odpadních vod. Podle jejich výpočtů vychází možná denní produkce bioplynu na 60 – 70 000 m<sup>3</sup>/den na odkanalizovaných čistírnách.

V současné době tento závod již provozuje 4 kogenerační jednotky s výkonem 4x 1 MW<sub>el</sub> (4 x 1,4 MW<sub>tep</sub>), uvažuje se s výstavbou páté s obdobnými parametry. Vyrobena energie slouží výhradně pro potřeby závodu. Údaje jsou přehledně shrnuty v následující tabulce:

tab. 12: Využití čistírenských kalů zpracováním na bioplyn.

Bioplyn z ČOV, využívaný potenciál	
Elektrický výkon	4 MW <sub>el</sub>
Tepelný výkon	5,6 MW <sub>tep</sub>
Průměrné roční vytížení	4 000 Hod
Výroba el. energie	25 050 MWh
Výroba tepelné energie	108 255 GJ

### Potenciál energie v palivu při spalování bioplynu z čistírenských kalů je 503 700 GJ/rok.

#### 1.5.4 Využití energie biomasy spalováním nevyužitá dřevní hmota

Pro odhad potenciálu biomasy nevyužitá dřevní hmota byla zjištěna její produkce. Ta vychází z těžby v pražské lokalitě. V literatuře se obvykle počítá s 50% využitím vytěženého dřeva. Zbytek je odpad zůstávající v lese, palivové dřevo a odpad při zpracování. Odhad potenciálu vychází z těžby a proto se počítá s dřevem o vlhkosti 50% při výhřevnosti kolem 8 GJ/t.

V praxi by došlo k přirozenému (případně umělému) vysušení dřevní hmoty s následným spalováním. Pro spalování štěpků je optimální hodnota vlhkosti 30%.

tab. 13: Těžby a teplo v palivu nevyužitě dřevní hmoty.

Lesy	Jehličnaté (tis. m <sup>3</sup> . b.k.)	Listnaté (tis. m <sup>3</sup> . b.k.)	Ostatní (tis. m <sup>3</sup> . b.k.)	CELKEM (tis. m <sup>3</sup> . b.k.)
Těžba obnovní	3,4	1,7	1,3	6,4
Těžba výchovná	1,3	2,1	0	3,4
<b>Těžba celková</b>	<b>4,7</b>	<b>3,8</b>	<b>1,3</b>	<b>9,8</b>
Pro energ. využití:	1,41	1,14	0,39	2,94
<b>Energie v pal. (GJ/rok)</b>	<b>9 251</b>	<b>10 434</b>	<b>2 053</b>	<b>21 739</b>

**Potenciál energie v palivu při spalování odpadní dřevní hmoty je 21 739 GJ/rok. Celkový potenciál využití energie biomasy je 387 721 GJ/rok.**

## I.6 Nízkopotenciální zdroje energie

### I.6.1 Současné využití geotermální energie v Praze:

Podle odhadů je v Praze instalováno ca 300 tepelných čerpadel s odhadovanou roční výrobou ca 20 000 GJ/rok. Pro využití tohoto potenciálu je třeba dále spotřebovat zhruba 2 220 MWh elektrická energie sloužící pro pohon tepelných čerpadel.

### I.6.2 Perspektivy využití nízkopotenciálních zdrojů tepla

Z hlediska využitelnosti různých systémů odběru zemského tepla jako podkladu pro odhad využitelného potenciálu bylo studované území rozděleno do čtyř kategorií:

**kategorie 0:** území s předpokládanou vydatností zdrojů podzemní vody menší než 0,5 l/s,

**kategorie 1:** území s očekávanou vydatností zdrojů podzemní vody do 1 l/s,

**kategorie 2:** území s vydatností zdrojů podzemní vody do 5 l/s,

**kategorie 3:** území se zdroji podzemní vody o vydatnosti více než 5 l/s.

Tato kategorizace vychází z aplikace tepelných čerpadel pro vytápění a ohřev užitkové vody v objektech různé velikosti, s různými tepelnými ztrátami. Vydatnost 0,5 l/s zajišťuje totiž minimální potřebný průtok pro činnost tepelného čerpadla voda/voda o výkonu 7,8 kW při ohřevu na 35°C (podlahové vytápění) anebo 7 kW při výstupní teplotě 50°C. Tyto topné výkony odpovídají běžným tepelným ztrátám většiny rodinných domků.

V území zařazeném do kategorie 0 je možno získávat nízkopotenciální energii z vrtů hloubených do 120–140 m. Jedním takovým vrtem lze podle geologické situace odebírat energii pro tepelné čerpadlo o výkonu 6–14 kW. Rozsah celkového odběru tepla ze země pro daný objekt je v tomto případě dán výměrou využitelného pozemku, při čemž vzdálenost mezi vrty musí být minimálně 10 m a vzdálenosti vrtů od objektu by neměly přesahovat 10–15 m. Využití tohoto systému je tedy prakticky omezeno hustotou zástavby a přístupností pozemků pro nasazení vrtných souprav. Proto také byly terény spadající do kategorie 0 dále členěny do tří skupin. V případě tzv. blokové zástavby, tj. když se jedná o hustou zástavbu, kdy jsou jednotlivé bloky domů od sebe odděleny ulicemi a není prakticky k dispozici prostor pro nasazení vrtných souprav, byl využitelný potenciál vypočítáván z průměrné hustoty tepelného toku Země, a to 0,05 W/m<sup>2</sup>. Za minimální získatelný výkon byla přitom považována hodnota 5 kW, tj. množství tepla, které lze v průměru odebrat jedním stometrovým vrtem. Tatož průměrná hodnota tepelného toku byla uvažována v obvodech, v nichž se kategorie 0 kombinuje s některou jinou kategorií. Tím se jakoby zvýhodňují kategorie využívající podzemní vodu

oproti systému země/voda. Důvodem je menší efektivnost tohoto systému ve srovnání se systémem voda/voda. Pro ostatní případy hustoty zástavby bylo použito k odvození aplikovaných hodnot modelování situace pro jednotlivé typy zástavby. Vycházelo se zde z té okolnosti, že při odebrání tepla z určitého hloubkového intervalu padá dříve respektovaný limit vyplývající z hustoty tepelného toku na zemském povrchu. Limitujícím faktorem se potom stává možnost co nejúčinnější lokalizace vrtných prací při dodržení výše zmíněných minimálních vzdáleností. S tímto přístupem jsme pro sídlištní zástavby a pro individuální, nejčastěji vilové zástavby obvodů odvodili průměrnou hodnotu získatelného energetického potenciálu  $2,5 \text{ W/m}^2$ . Pro nezastavěné a řídko zastavěné plochy, které vznikají při pavilonové zástavbě a rovněž při zástavbě průmyslovými objekty anebo ojedinělými stavbami jsme odvodili průměrnou hodnotu  $5 \text{ W/m}^2$ .

U území zařazeného do kategorie 1 lze při vydatnostech vrtů na vodu mezi 0,5 až 1 l/s nasadit tepelná čerpadla s topnými výkony do 20 kW při výstupní teplotě  $35^\circ\text{C}$  anebo do 18 kW při teplotě výstupu  $50^\circ\text{C}$ . Při modelové síti vrtů  $100 \times 100 \text{ m}$  lze teoreticky uvažovat nasazení 1000 tepelných čerpadel na čtv. km o minimálním topném výkonu 7–10 kW každé. Z toho vyplývá, že lze z  $1 \text{ m}^2$  území s danou vydatností vodních zdrojů teoreticky získat 0,07–0,1 W tepelné energie. Vzhledem k tomu, že území kategorie 1 je tvořeno jednotlivými horninovými ostrůvky, na jejichž okraji mohou být přítoky nedostatečné, zvolili jsme opravný koeficient 0,6, takže uvažujeme při výpočtech hodnotu  $0,42 \text{ W/m}^2$ .

Na plochách zařazených do kategorie 2 jsou předpokládány vydatnosti mezi 1 l/s až 5 l/s. V těchto případech přicházejí v úvahu tepelná čerpadla s topnými výkony 20 až 120 kW. Při uvažované síti hydrovrtů  $100 \times 100 \text{ m}$  je teoretická možnost nasazení tisíce tepelných čerpadel o výkonu 50–75 kW každé. Vzhledem k faciálním nerovnoměrnostem ve vývoji vrstev a částečně větším hloubkám zvodní uvažujeme opravný koeficient 0,5 a odvozujeme reálně získatelný energetický potenciál z  $1 \text{ m}^2$  ve výši 2,5 W.

Do kategorie 3 bylo zařazeno území s vydatnostmi zdrojů podzemní vody přesahujícími 5 l/s. Při modelové hustotě sítě hydrovrtů v počtu 1 000 na  $\text{km}^2$  a nasazení tepelných čerpadel o výkonech 120–150 kW vychází získatelný minimální potenciál  $12 \text{ W/m}^2$ . Vzhledem k charakteru zástavby v údolí Vltavy v centru města a vzhledem k faciálním nepravidlostem sedimentace kvartéru (zajílování apod.) počítáme s opravným koeficientem 0,65 a používáme hodnotu  $7,8 \text{ W/m}^2$ .

**Z provedeného průzkumu vyplývá celková technický potenciál pro využití geotermálního tepla na úrovni ca 700-1000  $\text{MW}_{\text{th}}$ .**

## II Kombinovaná výroba elektrické energie a tepla

Pojmem „kogenerace“ je označována společná výroba elektrické energie a tepla. Teplo se účelně využívá. V tom je rozdíl proti výrobě elektrické energie ve velkých elektrárnách, kdy se odpadní teplo vědomě maří v chladících věžích, nebo se ho využívá jen zanedbatelná část, protože v místě není dostatečně velká spotřeba.

### PRINCIP KOGENERACE

Kombinovaná výroba tepla a elektrické energie se uplatňuje jak u velkých elektráren s výkonem stovek megawattů pracujících pro veřejnou síť, tak malých zařízení, které nadlepší bilanci jednoho, nebo několika spotřebitelů. Jde o zařízení s elektrickým výkonem od 10 kW do 2 (5) MW.

Porovnání výroby elektřiny a tepla v porovnání s běžným řešením ukazuje tabulka. Cílem je dodat do budovy ke spotřebě 100 jednotek tepla a 60 jednotek elektrické energie.

Samostatná výroba elektrické energie a samostatná výroba tepla:

výroba elektrické energie ( $\eta=37\%$ )			
energie v palivu	162 jednotek	<b>vyrobená elektřina</b>	<b>60 jednotek</b>
		ztráty	102 jednotek
výroba tepla ( $\eta=85\%$ )			
energie v palivu	110 jednotek	<b>vyrobené teplo</b>	<b>100 jednotek</b>
		ztráty	18 jednotek
součet	272 jednotek		

### Kombinovaná výroba tepla a elektrické energie

kogenerace ( $\eta_{el}=36\%$ , $\eta_{tep}=50\%$ ,)			
energie v palivu	186 jednotek	<b>vyrobená elektřina</b>	<b>60 jednotek</b>
		<b>vyrobené teplo</b>	<b>100 jednotek</b>
		ztráty	26 jednotek

Z porovnání tabulek vyplývá, že pro výrobu stejného množství tepla a elektrické energie (100 + 60) jednotek je při samostatné výrobě potřeba 272 jednotek (162+110) a při použití kogenerace pouze 186 jednotek vstupního paliva. Úspora tedy činí 86 jednotek, tedy

Je tedy zřejmé, že při použití kombinované výroby dochází k vyššímu využití energie obsažené v palivu.

### II.1 Přínosy na straně elektrické energie

#### SNÍŽENÍ ZTRÁT PŘENOSEM

Vyrobená elektřina se dodává většinou do sítě nízkého napětí, nebo v větších výkonech do sítě napětí vysokého. Z toho je patrné, že veškerá energie se spotřebuje tam, kde se vyrobí, nebo v blízkém okolí. Odpadají tak ztráty transformací a přenosem na velké vzdálenosti, které činí na místě spotřeby okolo 20% energie vyrobené v elektrárně.

## VÝROBA VE ŠPIČKÁCH

Pokrytí energetických špiček vlastní výrobou přímo na místě významně přispívá k snížení zatížení distribuční sítě. Z hlediska uživatele se nabízí možnost využít dodávek do distribuční sítě v oblasti špičkového tarifu (v létě 4 hodiny a v zimě 7 hodin). Dodávky do sítě jsou ve špičkách oceňovány nejvýše. Špičkový provozní režim představuje za rok 2.000 provozních hodin. Z hlediska celkového využití jednotek i z hlediska dodávky tepla je však tento počet hodin nízký.

## PLÁNOVÁNÍ NA STRANĚ ZDROJŮ

Kogenerační jednotky se obvykle používají jako doplněk ke stávajícím tepelným zdrojům. Investoři je staví ve snaze zvýšit dlouhodobou efektivnost zdroje. Odhady trhu kogeneračních jednotek v republice se pohybují okolo 2.000 MW elektrického výkonu. V posledních deseti letech bylo s minimální státní podporou instalováno více jak 100 MW. Technické prostředky dovolují vytvářet z jednotlivých malých jednotek sítě o velkém počtu zdrojů. Nabídka jejich zaručeného výkonu se pak vyrovná dodávce z elektrárny postavené na zelené louce. Kogenerační jednotky pracují většinou na bázi plyných paliv, nejčastěji zemního plynu. Předpokládá se, že v období následujících třiceti let bude právě zemní plyn hlavním zdrojem energie pro vytápění. Je proto žádoucí využít jeho energetický obsah co nejefektivněji. Základní spotřebu energie budou vždy pokrývat velké uhelné, nebo jaderné zdroje. Kogenerační jednotky budou mít své místa jako lokální a špičkové zdroje.

## II.2 Sektory spotřeby

Kogenerační jednotky jsou s dobrým ekonomickým efektem používány tam, kde jsou vysoké platby za elektrickou energii a kde zároveň existuje spotřeba tepla. Zařízení se navrhují pro dva základní provozní režimy:

- krytí vlastní spotřeby elektrické energie
- prodej do sítě distribuční společnosti

**Vlastní výrobu elektřiny** využívají někteří uživatelé. Typickým představitelem je průmyslový závod, nebo kancelářská budova. Vlastní produkce je levnější, než dodávky ze sítě, když jde o případy nevyrovnaného odběru, kdy jsou vysoké platby za odebraný výkon, nebo při maloodběru, kdy je hrazena pouze platba za práci, ale jednotková cena je vysoká. Technické možnosti spotřebitelské soustavy pak obvykle neumožňují vyrovnat (čtvrt)hodinový odběrový diagram. Z hlediska uživatele jde o výhodný způsob provozu. Nemusí jednat o prodeji vyrobené elektrické energie. Úspora je vyjádřena cenami, za něž běžně nakupuje. Rozvodný podnik, který ale v předchozím období nainvestoval do sítě, se odpojování spotřebitelů brání. Při výpadku kogenerační jednotky a následném nouzovém nákupu od distribuční společnosti jsou platby několikanásobkem běžných tarifů. Technické řešení kombinuje systém sledování a řízení maxima regulaci na jednotce, která kopíruje vlastní spotřebu. Kvůli snížení platby za náhradní nouzové dodávky se požadovaný výkon rozděluje na dvě jednotky, tak aby bylo zajištěno krytí alespoň poloviny výkonu. Některé zdroje se opatřují nouzovým vzduchovým chladičem, aby byla zajištěna výroba elektřiny v létě, když není odběr pro vyrobené teplo.

**Prodej elektřiny do sítě distribučních společností** se používá tehdy, když zdroj má zajištěn značný odběr tepla. Typickým představitelem jsou zdroje tepla pro systémy centrálního zásobování teplem bytového sektoru a občanské vybavenosti. Jde o centrální, nebo blokové kotelny na sídlištích. Podle volby výkonu jednotky a místních tarifních podmínek je tato provozována buď pouze ve špičkách, nebo po celý den. Provoz ve špičkách vyžaduje akumulaci tepla v nádrži, nebo v distribuční síti. Nutný je též doplňkový zdroj tepla – plynový kotel. Technické řešení doplnění stávajícího tepelného zdroje kogenerační jednotkou je výsledkem optimalizačních úvah. Jsou známy případy instalace nejmenších jednotek 22 kW<sub>e</sub> pro krytí

vlastní spotřeby elektřiny, ale i instalace jednotek 1 MW pracující pouze ve špičkách, nebo použití jednotek o celkovém výkonu 500 kW pro dodávku do sítě cca 8.000 hodin ročně.

**Společná výroba elektřiny, tepla a chladu** nemá dosud ustálený název, uvádí se jako „kofrigerace“, nebo „trigenerace“. Jde o doplnění kogenerační jednotky absorpčním chladícím zařízením. Zdrojem energie pro chladící zařízení je horká voda, nebo pára. Lze tak využít letního poklesu poptávky po teple z kogenerační jednotky. Odběrový diagram tepla se vyrovná, nemá již tak výrazný sezónní charakter. Typickým představitelem jsou obchodní domy, rozsáhlé kancelářské komplexy, hotely a zdravotnická zařízení. Technické řešení spočívá v regulaci teploty vody na výstupu z jednotky v létě na teplotu požadovanou chladícím strojem (obvykle více jak 110°C).

## ZHODNOCENÍ

Ekonomická efektivnost kogenerace silně závisí na konkrétních podmínkách v dané lokalitě. Při současných cenových podmínkách nelze hovořit o dostatečné ekonomické motivaci pro plošné nasazení kogenerace.

Při jakékoliv úvaze o kombinované výrobě elektrické energie a tepla je třeba zdůraznit, že se na území spálí část paliva, které by mohlo být spáleno mimo ně.

Plošné nasazení kombinované výroby by vyvolalo nárůst emisí znečišťujících látek. Jde zejména o zvýšení hladiny oxidů dusíku. Toto zvýšení může být v uzavřeném prostoru Pražské kotliny a zejména centra města velmi významným parametrem.

Kogeneraci i kombinovanou výrobu elektřiny a tepla je třeba posuzovat individuálně z ekonomického hlediska, ale i z hlediska vlivů na životní prostředí.