

## Potenciál obnoviteľných zdrojov energie na Slovensku z hľadiska výroby elektrickej energie

*Peter Tauš<sup>1</sup>, Radim Rybár, Dušan Kudelas, Dušan Domaracký and Štefan Kuzevič*

### *A potentiation of renewable energy sources in Slovakia in term of production of electricity*

*Electro-energetics of Slovak Republic is in this time in state of re-structuralization consequent from responsibilities which SR has with integration to the EU and on the other hand with actual status of production capacities of fossil fuels using in heat power stations and heat stations also the utilization of nuclear energy in nuclear power stations Jaslovské Bohunice and Mochovce. Paradoxically slim representation in production capacities have renewable energy sources, while only one relevant one is utilization of water in small hydro power stations. According to fact, that to the year 2010, the share of renewable sources of energy using in comparing with electric energy has to achieve 21,7% (direction of EU 77/2001). It is necessary to evaluate possibilities of utilization and to specify potential of utilization from technical and economical aspect.*

**Key words:** renewable energies, swot analysis, electricity generation

### Úvod

Elektroenergetika SR sa v súčasnosti nachádza v štádiu reštrukturalizácie vyplývajúcej jednak zo záväzkov, ku ktorým sa SR prihlásila v súvislosti s integráciou do EÚ a na druhej strane zo súčasného stavu výrobných kapacít, do značnej miery sa opierajúcich o využívanie fosilných palív v tepelných elektrárňach a teplárňach ako aj jadrovej energie v JĚ Jaslovských Bohuniciach a Mochovciach. Paradoxne mizivé zastúpenie vo výrobných kapacitách majú obnoviteľné zdroje energie OZE, pričom jediným relevantným z nich je v doterajšom rámci využívania energia vody predstavovaná malými vodnými elektrárňami. Vzhľadom na fakt, že do roku 2010 má byť podiel OZE na výrobe elektrickej energie 21,7 %, čo vyplýva zo smernice EÚ (77/2001), je nanajvýš potrebné zhodnotiť možnosti ich nasadenia a definovať veľkosť potenciálu a reálnu mieru jeho využitia tak z technického, ako aj z ekonomického hľadiska.

### Základné pojmy

Tzv. „plný“ potenciál je charakteristický existujúcimi zdrojmi a možnosťami ich využitia na výrobu energie pri využívaní existujúcich technológií. Čo nám neposkytuje dostatok informácií, keďže je to iba teoretická hodnota. Preto boli pre účely štúdie použité tieto pojmy:

**Technicky využiteľný potenciál:** Potenciál, ktorý sa dá využiť po zavedení dostupnej technológie, limitovaný administratívnymi, legislatívnymi a environmentálnymi prekážkami.

**Dostupný potenciál:** Technicky využiteľný potenciál, obmedzený ďalším využitím zdroja.

**Ekonomický potenciál:** Tá časť dostupného potenciálu, ktorá je po ekonomickej stránke realizovateľná, zohľadňujúc sociálne obmedzenia (legislatíva, daňové smernice, zariadenie a prevádzkové náklady, diskontné sadzby, inflácia atď.).

**Trhový potenciál:** Ekonomický potenciál, ktorý sú investori pripravení sami rozvíjať, zohľadňujúci bariéry trhu (investičné riziká, očakávané výhody, atď.).

### Biomasa

Z hľadiska výroby elektrickej energie na základe využívania OZE prichádza do úvahy využitie biomasy predovšetkým v kogeneračných jednotkách spaľujúcich bioplyn, o nahrádzaní klasických fosilných palív dendromasou, resp. fytomasou v nasledujúcom príspevku neuvažujeme.

### Energetické zhodnotenie bioplynu, skládkového, kalového a dreveného plynu

Potenciálna produkcia vymenovaných plynov na Slovensku je relatívne vysoká a niektoré snahy o potvrdenie reálnosti jej využitia už začali. Celková teoretická produkcia plynu sa odhaduje na 15 PJ, z čoho 10 PJ pochádza z využitia poľnohospodárskych exkrementov a 5 PJ z ostatných zdrojov organických odpadov. Reálna potenciálna výroba bioplynu, resp. vymenovaných plynov na Slovensku predstavuje

<sup>1</sup> Ing. Peter Tauš, Ing. Radim Rybár, PhD., Ing. Dušan Kudelas, Ing. Dušan Domaracký, Ing. Štefan Kuzevič, TU v Košiciach, F BERG, Ústav podnikania a cestovného ruchu, Park Komenského 15, 042 00 Košice  
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 4. 8. 2005)

cca 6,5 PJ v poľnohospodárskom sektore a 3 PJ v oblasti odpadov [5]. V nadväznosti na tieto predpovede sú prezentované údaje sumarizované v tabuľke 1.

Tab. 1. Odhad potenciálu bioplynu, skládkového, kalového a drevného plynu a množstva vyrobenej energie na Slovensku.  
Tab. 1. Potention estimation of biogas, dump gas, sludge gas and wood gas and the amount of produced energy in the Slovak Republic.

Bioplyn *	Počet kusov			Produkcia bioplynu [ mil.m <sup>3</sup> /rok ]	Produkcia elektriny [ tis. GWh/rok ]	Produkcia tepla [ tis. GWh/rok ]
	dobytka	ošípaných	hydiny			
	[ ks ]					
	705	1 593	13 117	547	500	1000
Skládkový	Produkcia komunálneho odpadu,			Produkcia skládkového plynu [ tis. m <sup>3</sup> ]	300	600
	[ mil.t/rok ]					
	1,6			45 000		
Kalový	Celkový počet ČOV (SR – 1997)			Využitelný objem kalového plynu [ mil.m <sup>3</sup> /rok ]	590	1100
	363					
Drevný	Odhadnuté mn. odpadového dreva			Odhadnuté mn. odpadov z poľnohosp. [ mil.t/rok ]	30	50
	[ mil.t/rok ]					
	0,5			0,4		
<b>Celkové množstvo vyrobenej energie</b>					<b>1 420</b>	<b>2 750</b>

\* údaje o počte kusov dobytka sú prevzaté zo ŠÚ SR z roku 2000 a platia pre rok 1998

Je potrebné konštatovať, že všetky prezentované typy plynov je možné využívať v kogeneračných jednotkách pre získavanie elektrickej energie a tepla, resp. prostredníctvom trigenerácie pre získavanie elektrickej energie, tepla a chladu zároveň.

Z údajov uvedených v tabuľke vyplýva, že potenciál využitia biomasy na výrobu elektrickej energie je obrovský, ak si uvedomíme, že hodnota 1 420 GWh.rok<sup>-1</sup> predstavuje 5,5 % celkovej výroby elektrickej energie na Slovensku za rok 2002.

Samozrejme je nutné si pripomenúť, že údaje uvedené v tab. 1 sú výsledkom teoretických výpočtov s uvažovaným využitím všetkých dostupných zdrojov biomasy vhodnej pre energetické účely, čo reálne nie je technicky možné. S prihliadnutím na stav pôdohospodárstva na Slovensku, predovšetkým v živočíšnej výrobe, je badať v tejto oblasti zrejmy úpadok, s čím súvisí aj úbytok biomasy pre výrobu bioplynu, pričom vo výpočtoch je táto položka na druhom mieste za využitím bioplynu z čistiarní odpadových vôd (ČOV) [3].

Okrem toho, veľmi dôležitou položkou predovšetkým z hľadiska plánovania a projektovania takýchto zariadení, je pri výrobe elektrickej energie z biomasy spolu vyrobené teplo, ktoré predstavuje pri kogeneračných jednotkách až 2/3 z celkovej produkcie energie. Prednostne je teda pri projektovom zámere výroby elektrickej energie kogeneráciou z biomasy nutné zabezpečiť odber tepelnej energie.

Tab.2. Biomasa - swot analýza

Tab.2. Biomasa - swot analysis

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> <li>- reálny, okamžite využiteľný potenciál,</li> <li>- existujúce technológie,</li> <li>- vysoká účinnosť,</li> <li>- takmer bezodpadová technológia,</li> <li>- diverzifikácia energetických zdrojov,</li> <li>- priaznivý ekologický dopad,</li> <li>- výkonovo stabilný zdroj energie,</li> <li>- krátka doba návratnosti,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- odber veľkého množstva tepelnej energie,</li> <li>- koncentrácia biomasy,</li> <li>- silný vplyv výrobcov a dodávateľov energií na cenotvorbu a legislatívu,</li> <li>- absencia motivačných nástrojov štátu pre využívanie OZE,</li> <li>- nedostatočná informovanosť obyvateľstva,</li> </ul>
Príležitosti	Ohrozenia
<ul style="list-style-type: none"> <li>- reštrukturalizácia primárnych energetických zdrojov,</li> <li>- liberalizácia cien energií,</li> <li>- implementácia cieľov vyplývajúcich zo smernice 2001/77 EC,</li> <li>- pracovné príležitosti,</li> <li>- rozvoj zaostalých regiónov,</li> <li>- využitie dotácií a grantov sústredených na využívanie OZE,</li> <li>- využívanie existujúceho potenciálu OZE,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nedostatočná legislatívna podpora štátu,</li> <li>- náročnosť na cudzie zdroje (úvery),</li> <li>- nevysporiadané vlastnícke vzťahy (pozemky),</li> </ul>

V prípade eliminácie týchto, viac, či menej závažných faktorov negatívne vplyvujúcich na rozhodovací proces podpory využitia biomasy na energetické účely môžeme konštatovať, že biomasa predstavuje jeden z najperspektívnejších zdrojov energie na Slovensku. Tento záver plne podporuje aj nami vykonaná SWOT analýza (tab. 2.).

## Vodná energia

### Hydrologická charakteristika

Severným okrajom územia Slovenska prechádza hlavná európska rozvodnica, ktorá 96 % územia začleňuje k úmoriu Čierneho mora a len 4 % k úmoriu Baltského mora. Hustota riečnej siete kolíše od 0 do 2500 m/km<sup>2</sup> (v priemere to predstavuje 920 m/km<sup>2</sup>). Hodnoty základných hydrologických bilančných ukazovateľov z obdobia 1931 – 1980 sú nasledovné [2]:

- priemerný územný úhrn atmosférických zrážok za rok 753 mm (10 %),
- priemerný územný odtok za rok (odtoková výška) 261 mm (35 % zo zrážok),
- priemerný územný sumárny výpar za rok 492 mm (65 % zo zrážok),
- priemerný špecifický odtok z územia Slovenska 8,26 l. s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup> (kolíše od 1,5 l. s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup> na Podunajskej nížine do 60 l.s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup> v oblasti Vysokých Tatier).

Po roku 1980 bolo pozorované znižovanie priemerných prietokov. Najväčší pokles bol zaznamenaný na juhu a juhovýchode (povodia Ipľa, Slanej a Bodvy), menší pokles bol zaznamenaný v centrálnych častiach Slovenska (povodia Hrona, Nitry, časti horného Váhu, Hornádu, Bodrogu, Torusy), najmenší pokles bol zaznamenaný na severozápadnom Slovensku (povodia Kysuce, Oravy a stredného Váhu) a tiež na severovýchode Slovenska.

### Vodná energia - potenciál

Vodná energia je v SR najviac využívaný obnoviteľný zdroj energie na výrobu elektrickej energie. Využitelný potenciál na výrobu elektrickej energie na báze vodnej energie predstavuje 6607 GWh za rok. (V roku 2002 vodné elektrárne dosiahli rekordnú výrobu elektrickej energie 5370 GWh, čím bol potenciál vodnej energie využitý na 78 %. Bolo to dané hlavne zvýšeným stavom vodných tokov, čo zvýšilo výrobu asi o 15 %. Na porovnanie predbežné údaje za rok 2003 poukazujú na výrazné zníženie podielu výroby elektrickej energie z vodnej energie v dôsledku zníženého stavu vodných tokov a následnej nižšej výroby elektrickej energie vo vodných elektrárnach. Podiel veľkých vodných elektrární na vyrobenej elektrickej energii za rok 2002 predstavoval 92 %, MVE 8 %) [6]

### Malé vodné elektrárne

Ako malé vodné elektrárne MVE sa označujú elektrárne s inštalovaným výkonom do 10 MW. Úlohou MVE je popri veľkých VE využiť primárny hydroenergetický potenciál (PHEP) územia SR na výrobu elektrickej energie.

Základným údajom o možnostiach využitia vodných tokov pre hydroenergetické zámery je primárny hydroenergetický potenciál (PHEP), resp. technicky využiteľný primárny hydroenergetický potenciál. Technicky využiteľný primárny hydroenergetický potenciál tokov je možné rozdeliť na:

- Výkonový technický využiteľný PHEP, čo je súčet inštalovaných výkonov vybudovaných a realizovateľných VE.
- Výrobný technický využiteľný PHEP, čo je súčet priemerných ročných produkcií vybudovaných a realizovateľných VE [2].

Tento potenciál má praktický význam, lebo jeho hodnota sa používa pri bilancovaní a plánovaní v odvetví vodného hospodárstva.

Po získaní údajov o tokoch SR, preskúmaní možnosti sústredenia prietoku vody a spádu priamo na tokoch, je možné posúdiť lokalizáciu MVE. V podstate sa vyskytujú tieto možnosti:

- vybudovať MVE pri vodárenských nádržiach, kde sú primárne vodohospodárske záujmy,
- vybudovať hate na tokoch za účelom vzdutia hladiny (zisk spádu) a zároveň čiastočnej akumulácie vody, prevažne sú to však prietochné MVE,
- vybudovať beztlakovú alebo tlakovú deriváciu s príslušným umiestnením vodnej elektrárne.

Realizácia stavebnej časti VE je závislá od technologického zariadenia, čo predstavuje technologický aspekt využitia PHEP a vyžaduje osobitné posúdenie konkrétnych podmienok.

### Malé vodné elektrárne - potenciál

Z celkového využiteľného potenciálu 6607 GWh sa v priemere malé vodné elektrárne podieľajú na tomto potenciáli 15 % (1000 GWh). Z celkového využiteľného potenciálu MVE sa v súčasnosti využíva 24,5 % (245 GWh). Ku koncu roku 2002 bolo na Slovensku využívaných 201 malých vodných elektrární s inštalovaným výkonom 70 MW. Zostávajúci využiteľný potenciál je 790 GWh. Z tohto potenciálu je po zohľadnení hlavne environmentálnych aspektov možné celkovo využiť 400-450 GWh ročne, čo zodpovedá inštalovanému výkonu MVE na úrovni 100 MW. Na riekach Dunaj, Hron, Bodrog a Hornád je vytipovaných cca 250 lokalít, kde by bolo možné umiestniť MVE s inštalovaným výkonom 93 MW.

Údaje o výkonoch vodných elektrární za rok 2002 sú uvedené v tab. 3.

Tab. 3. Výkony vodných elektrární v roku 2002  
Tab. 3. Water power stations in year 2002

Zdroj	Inštalovaný výkon [M W]	Výroba v roku 2002 [G W h]	Využitie potenciálu [%]
Veľká vodná elektráreň	2446	4924	87,9
Malá vodná elektráreň	70	245	24,5

Kvôli proporcionálnemu rozloženiu uvádzame staršie údaje PHEP.

Technicky využiteľný potenciál vodnej energie v členení podľa inštalovaného výkonu je uvedený v tab. 4.

Tab. 4. Využitie HEP SR podľa metodiky z r. 1969 pre rok 2002  
Tab. 4. Utilization of HEP SR.

Typ Elektrárne	HEP SR				Využitelný HEP SR			
	Výkon		Ročná výroba		Výkon		Výroba	
	M W	%	G W h/r	%	M W	%	G W h/r	%
MVE	340	13,2	1219,5	16,6	36,8	16,8	136,7	11,21
VE	2235	86,8	6141,5	83,4	1256,2	56,21	3720,3	60,58
Spolu	2575	100	7361,0	100	1293,0	50,21	3857,0	52,40

Využitie hydroenergetického potenciálu v jednotlivých povodiach je uvedené v tab. 5.

Tab. 5. Využitie HEP v jednotlivých povodiach SR  
Tab. 5. Utilization of HEP in basins of Slovak Republic

Povodie	HEP celkom (G W h)	HEP využitý (G W h)	Poznámka
Dunaj	2655*	1634*	Využitie dočasným riešením VE Gabčíkovo
Váh	3505	2042	
Hron	761	66	
Bodroga Hornád	440	115	

Hodnoty zodpovedajú projektovaným údajom podľa schválenej medzištátnej dohody medzi štátmi na realizácii sústavy vodných diel Gabčíkovo-Nagymaros. (teraz medzi SR a MR)

Malé vodné elektrárne SR sú rozložené v území 4 povodi, ako je to zřejmé z tab. 6, ktorá obsahuje údaje zostavené v r. 1982.

Tab. 6. Rozloženie MVE do jednotlivých povodi v SR  
Tab. 6. Small hydro power stations in SR basins

Číslo povodia	Názov povodia	Malé vodné elektrárne do 10 MW								
		Vybudované			Plánované			Celkom		
		Počet Ks	Výkon MW	Výroba GWh	Počet Ks	Výkon MW	Výroba GWh	Počet Ks	Výkon MW	Výroba GWh
VII	Dunaj	-	-	-	5	3,1	22,6	5	3,1	22,6
VIII	Váh	15	13,3	46,0	57	83,2	274,7	72	96,5	320,7
IX	Hron	13	16,0	65,9	77	188,2	613,2	90	204,2	679,1
X	Bodroga Hornád	12	3,5	11,9	52	97,7	203,7	64	101,2	215,6
Celkom SR		40	32,8	123,8	191	372,2	1114,2	231	405	1238

Aj keď uvedené údaje sú čiastočne odlišné od súčasného stavu, nestrácajú význam z toho hľadiska, že dávajú prehľad o počte, výkonoch a ročných výrobách, ktoré je možné v jednotlivých čiastkových povodiach SR získať výstavbou MVE.

Podrobnejšie rozčlenenie technicky využiteľného primárneho potenciálu SR podľa inštalovaného výkonu MVE do 60 kW, 60 až 200 kW, 200 až 1 MW, 1 až 5 MW a od 5 do 10 MW je zrejmé z tab. č. 7, obsahujúcej údaje o počte, výkone a ročnej výrobe MVE v jednotlivých povodiach SR.

Tab. 7. Technicky využiteľný primárny hydroenergetický potenciál tokov v MVE do 10 MW, delený podľa veľkosti inštalovaného výkonu (1982).

Tab. 7. Technical potention of small hydro power stations less than 10 MW, divided by amount of power.

Technický využiteľný primárny hydroenergetický potenciál tokov v MVE do 10 MW, delený podľa veľkosti inštalovaného výkonu									
Číslo povodia	Názov povod.	Technické parametre		Do 0,06	0,06-0.2	0,2-2	1.V	5.X	celkom
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VII		Počet	ks	1	2	-	2	-	5
	Dunaj	Výkon	MW	0,06	0,2	-	2,8	-	3,1
		Výroba	GWh	0,2	0,7	-	21,7	-	22,6
VIII		Počet	ks	20	9	19	21	3	72
	Váh	Výkon	MW	0,6	1,2	8,3	63,1	23,3	96,5
		Výroba	GWh	3,3	5,2	35,3	222,4	54,4	320,7
IX		Počet	ks	3	7	24	37	19	90
	Hron	Výkon	MW	0,1	0,9	11,8	59,5	131,9	204,2
		Výroba	GWh	0,5	4,6	44,7	199,9	429,4	679,1
X	Bodrog	Počet	ks	5	10	25	17	7	64
	a	Výkon	MW	0,2	1,0	12,8	40,5	46,7	101,2
	Hornád	Výroba	GWh	0,1	6,3	46,7	85,6	76,9	215,6
Celkom SR		Počet	ks	29	28	68	77	29	231
		Výkon	MW	1	3,3	32,9	165,9	201,9	405
		Výroba	GWh	4,1	16,8	126,7	529,8	560,8	1238

Pre využitie technicky využiteľného PHEP boli spracované a vypočítané energetické parametre navrhovaných lokalít v jednotlivých tokoch a povodiach SR. Ak súčtová hodnota TV PHEP v navrhovaných lokalitách v tomto čase nezodpovedá uvádzaným hodnotám, neznamená to, že sa TV PHEP zmenil, ale je to z iných dôvodov, napr. environmentálnych.

Tab. 8. Súčasný stav realizácie vodných elektrární – súčasné využitie technicky využiteľného HEP v SR (1997)

Tab. 8. Present state of small hydro power station realization – present utilization of technically used HEP in SR (1997)

Povodie, o.z.	Celkový technicky využiteľný HEP	Výroba el. energie vo VE a MVE v roku 1997	Percento využitia TV HEP
	GWh	GWh	%
Dunaj	2 540	1 520	59,8
Váh	3 156	2 043	64,7
Hron	557	111	19,9
Bodrog a Hornád	354	126	35,6
Spolu	6 607	3 800	57,5

V najväčšej miere je už využitý HEP v povodí Váhu (temer 65 %), HEP povodia Dunaja je využitý na cca 60 %. Najnižšie využitie HEP má povodie Hrona, zhruba 20 %.

### Veterná energia

Potenciál veternej energie je v SR malý, s hodnotou 605 GWh.rok<sup>-1</sup> sa podieľa na celkovom potenciáli zhruba 2 %. Je to dané tým, že na Slovensku je z hľadiska vhodných veterných podmienok málo vyhovujúcich oblastí a konkrétnych lokalít. Všeobecne sa udáva, že prijateľné podmienky na využívanie veternej energie majú lokality, kde je priemerná celoročná rýchlosť vetra vyššia ako 6,5 m.s<sup>-1</sup>. Lokality s nižšími rýchlosťami sa považujú za slabé. Podľa posledného mapovania situácie na Slovensku sa dospelo

k záveru, že efektívna plocha územia vhodného pre realizáciu veterných turbín s priemernou rýchlosťou vetra  $> 5,5 \text{ m.s}^{-1}$  je veľmi malá (cca  $191 \text{ km}^2$ , čo je len  $0,39 \%$  z celkovej rozlohy Slovenska) [9].

Tab. 9. Vodná energia - SWOT analýza  
Tab. 9. Water energy - SWOT analysis

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> <li>- trvalý nevyčerpatelný stále sa obnovujúci zdroj,</li> <li>- vlastný (domáci) zdroj,</li> <li>- zdroj neprodukujúci žiaden odpad,</li> <li>- pohotovosť zdroj t.j. schopnosť rýchlo reagovať na zmeny zaťaženia v elektrizačnej sústave,</li> <li>- najlacnejší zdroj jalovej energie,</li> <li>- nízke prevádzkové náklady,</li> <li>- dlhá životnosť,</li> <li>- vysoký počet prevádzkových hodín,</li> <li>- nízke nároky na obsluhu,</li> <li>- environmentálne prijateľný zdroj,</li> <li>- možnosť plnoautomatickej prevádzky,</li> <li>- možnosť ovládať hladinový režim (protipovodňová ochrana),</li> <li>- zlepšenie kyslíkovej bilancie toku,</li> <li>- zmiernenie erozívneho procesu na horských a stredných úsekoch tokov,</li> <li>- rozšírené možnosti rekreácie,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zmena prietokových pomerov,</li> <li>- zvýšenie sedimentačnej činnosti toku,</li> <li>- zmena režimu podzemných vôd,</li> <li>- prekážka pri migrácii vodných živočíchov,</li> <li>- hlučnosť prevádzky,</li> <li>- zásah do okolitého krajinného prostredia,</li> <li>- straty v energetickej produkcii spôsobené neenergetickými odbermi vody,</li> <li>- straty spôsobené nízkymi prietokmi, straty spôsobené nadmernými a povodňovými prietokmi,</li> <li>- sezónna variabilita produkcie elektrickej energie,</li> <li>- ročná variabilita produkcie elektrickej energie (suchý a mokry rok),</li> <li>- náročnosť na výber vhodnej lokality,</li> </ul>
Príležitosti	Ohrozenia
<ul style="list-style-type: none"> <li>- reštrukturalizácia primárnych energetických zdrojov,</li> <li>- decentralizácia energetických zdrojov,</li> <li>- liberalizácia cien energií,</li> <li>- implementácia cieľov vyplývajúcich zo smernice 2001/77 EC,</li> <li>- pracovné príležitosti,</li> <li>- rozvoj zaostalých regiónov,</li> <li>- využitie dotácií a grantov sústredených na využívanie OZE,</li> <li>- využívanie existujúceho potenciálu OZE,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nedostatočná legislatívna podpora štátu,</li> <li>- náročnosť na cudzie zdroje (úvery),</li> <li>- úrokové sadzby,</li> <li>- poškodenia v dôsledku povodní,</li> <li>- lobistické záujmy,</li> <li>- ekologické ohrozenia spôsobené únikom mazív,</li> <li>- nevysporiadané vlastnícke vzťahy (pozemky),</li> </ul>

Podstatná časť územia SR patrí do kategórie s veľmi slabými podmienkami pre využívanie veternej energie (na  $16,4 \%$  rozlohy SR sú priemerné rýchlosti vetra  $> 3,5 \text{ m.s}^{-1}$  a na  $2,37 \%$  rozlohy sú  $> 4,5 \text{ m.s}^{-1}$ ). Tu by sa mohli uplatňovať len malé individuálne zdroje, ktoré sa však do veternoenergetickej bilancie nezapočítavajú.

Pri stanovení technicky využiteľného potenciálu (TVP) sa berú do úvahy len plochy s priemernou rýchlosťou vetra  $> 4,5 \text{ m.s}^{-1}$ . Ich celková rozloha je  $1\,352 \text{ km}^2$ . Vylúčením plôch nevhodných na inštaláciu veterných turbín bola stanovená využiteľná efektívna plocha s rozlohou  $257 \text{ m}^2$ . Túto plochu predstavuje 43 potenciálnych lokalít. TVP je vypočítaný na základe predpokladu, že táto plocha by bola využitá na inštaláciu veterných turbín výkonových radov 500 až  $1000 \text{ kW}$ .

Vhodné – z hľadiska priemernej rýchlosti vetra – sú horské oblasti, najmä hrebeňové polohy a sedlá, s málo zvlňeným reliéfom v okolí a bez lesného porastu. K najvhodnejším patrí hrebeň Nízkych Tatier, Slovenského Rudohoria, Malých a Bielych Karpát, Malej a Veľkej Fatry a ďalších pohorí. Údolné a kotlinové polohy sú naopak nepriaznivé, s priemernou ročnou rýchlosťou pod  $2,5 \text{ m.s}^{-1}$ . Výnimkou sú oblasti Devínskej brány a časť Podunajskej nížiny za Malými Karpatami, kde môžeme na vhodných lokalitách očakávať priemerné rýchlosti vetra okolo  $3,5 \text{ m.s}^{-1}$ . Podobne je to v oblasti Popradskej a Košickej kotliny [9].

Stanovenie oblastí s ročným výskytom rýchlosti vetra nad  $5,0 \text{ m.s}^{-1}$  v trvaní 1500 hodín za rok a viac bolo urobené z hodinových vyčíslení anemografických záznamov. Podľa korelácie medzi priemernou ročnou rýchlosťou vetra a trvaním uvedenej rýchlosti bola pre naše územie stanovená hodnota priemernej ročnej rýchlosti okolo  $2,7 \text{ m.s}^{-1}$ . Oblasti, kde sa na Slovensku takéto ročné rýchlosti vetra vyskytujú sú *Devínska brána, západná a severozápadná časť Podunajskej nížiny, Podkarpatská a Košická kotlina, spolu s vrcholovými partiami nižších pohorí, s prevýšením cca 400 – 500 m nad úrovňou nížin.*

Z rozboru situácie vyplýva, že efektívna plocha územia vhodného pre realizáciu veterných turbín je veľmi malá. Podstatná časť územia SR patrí do kategórie s veľmi slabými podmienkami pre využívanie vetrernej energie. Tu by sa mohli uplatňovať len malé individuálne zdroje.

#### Podmienky pripojenia veterných turbín k sieti

V súčasnej dobe neexistujú žiadne špeciálne predpisy pre pripojenie veterných turbín k verejnej sieti. Všetky zdroje musia energiu do verejnej siete dodávať s napäťovými parametrami podľa normy EN 50160. Napäťové charakteristiky elektrickej energie dodávanej do verejných rozvodových sústav.

Pre veterné turbíny nad 400 kW inštalovaného výkonu rozvodové závody predpisujú podmienku, že dodávateľ musí trvale zabezpečiť minimálne 50 % inštalovaného výkonu zdroja. Vzhľadom na charakter vetrernej-energetických zdrojov je táto podmienka nespĺniteľná.

Pri priamom zapojení veterných turbín do koncových bodov nízko napäťového rozvodu je rozhodujúca kapacita týchto sietí z hľadiska prenosu dodávaného výkonu. Podľa dimenzie týchto rozvodov sa turbíny s výkonom nad 50 kW pravdepodobne nebudú dať pripájať priamo.

Turbíny s výkonom 500 kW a veterné farmy sa budú musieť pripojsť do sústavy 22 kV.

#### Ekonomika projektov v podmienkach SR

Bez znalosti úrokových sadzieb a výkupných cien energie nie je možné vytvoriť ekonomický model pre naše podmienky. Západné pramene vždy predpokladajú čistý výnos z investície 5 až 7 %. Pri súčasných výkupných cenách u nás nie je však zaručená ani jednoduchá reprodukcia nákladov.

Tab. 10. Vodná energia - SWOT analýza

Tab. 10. Wind energy - SWOT analysis

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> <li>- trvalý nevyčerpatel'ny stále sa obnovujúci zdroj,</li> <li>- vlastný (domáci) zdroj,</li> <li>- zdroj neprodukuje žiaden odpad,</li> <li>- nízke prevádzkové náklady,</li> <li>- nízke nároky na obsluhu,</li> <li>- enviromentálne prijateľný zdroj,</li> <li>- plnoautomatická prevádzka,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- prekážka pri migrácii,</li> <li>- infrazvukové a zvukové emisie,</li> <li>- zásah do okolitého krajinného prostredia,</li> <li>- emisie tieňa,</li> <li>- straty spôsobené nerovnomernými vetrami,</li> <li>- veľká variabilita produkcie elektrickej energie,</li> <li>- možnosť negatívneho ovplyvňovania parametrov siete,</li> <li>- vysoké zriaďovacie náklady,</li> <li>- výstavba adekvátneho vedenia a prístupových komunikácií do odľahlých lokalít,</li> <li>- dlhá doba návratnosti,</li> </ul>
Príležitosti	Ohrozenia
<ul style="list-style-type: none"> <li>- reštrukturalizácia primárnych energetických zdrojov,</li> <li>- decentralizácia energetických zdrojov,</li> <li>- liberalizácia cien energií,</li> <li>- implementácia cieľov vyplývajúcich zo smernice 2001/77 EC,</li> <li>- pracovné príležitosti, (priame, nepriame)</li> <li>- rozvoj zaostalých regiónov,</li> <li>- využitie dotácií a grantov sústredených na využívanie OZE,</li> <li>- využívanie existujúceho potenciálu OZE,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nedostatočná legislatívna podpora štátu,</li> <li>- náročnosť na cudzie zdroje (úvery),</li> <li>- úrokové sadzby,</li> <li>- poškodenia v dôsledku extrémnych vetrov,</li> <li>- lobistické záujmy,</li> <li>- ekologické ohrozenia spôsobené únikom mazív (prevodovka, hydraulické pohony),</li> <li>- nevysporiadané vlastnícke vzťahy (pozemky),</li> </ul>

#### Geotermálna energia

Geotermálna energia sa v našich podmienkach využíva predovšetkým na ohrev teplej úžitkovej vody, na vykurovanie, rekreačné účely a v kúpeľníctve na ohrev bazénov. Využitie geotermálnej energie na produkciu elektrickej energie je viazané na vysokoteplotné (pre potreby priamej výroby) a strednoteplotné zdroje (pre potreby nepriamej výroby elektrickej energie, napr. technológiou ORMAT). V súčasnosti sú k dispozícii dostupné zdroje, ktoré sú na hranici ekonomickej dostupnosti, ale značné množstvo existujúcich zdrojov, sa nachádza pod súčasnou hranicou ekonomickej efektívnosti [8].

Z toho dôvodu sú možnosti využitia geotermálnej energie na výrobu elektrickej energie na Slovensku prakticky nulové [4].

Tab. 11. Vodná energia - SWOT analýza  
Tab. 11. Geothermal energy - SWOT analysis

<b>silné stránky</b>	<b>slabé stránky</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- geotermálna aktivita rovná a vyššia ako svetový priemer,</li> <li>- rozsiahle priestorové rozloženie vhodných kolektorov geotermálnych vôd,</li> <li>- sprostredkovaná možnosť produkcie elektrickej energie zo strednoteplotných zdrojov,</li> <li>- nízke prevádzkové náklady na mernú jednotku získanej energie,</li> <li>- minimálne výkyvy teploty čerpaných geotermálnych vôd,</li> <li>- minimálne množstvo znečisťujúcich látok,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nerovnomerné priestorové rozloženie vhodných kolektorov na Slovensku</li> <li>- zdroje vhodné na produkciu elektrickej energie sa nachádzajú pod súčasnou hranicou ekonomickej dostupnosti</li> <li>- silná mineralizácia geotermálnych vôd,</li> <li>- vysoké investičné náklady,</li> <li>- obmedzenie prietoku za účelom ochrany zdroja,</li> <li>- absencia motivačných nástrojov na využívanie OZE,</li> <li>- monopolizácia výroby a dodávky elektrickej energie,</li> </ul>
<b>príležitosti</b>	<b>ohrozenia</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ekologické zvládnutie produkcie elektrickej energie,</li> <li>- využitie dotácií na zníženie investičnej náročnosti,</li> <li>- znižovanie emisií,</li> <li>- produkcia ušľachtilej energie,</li> <li>- všeobecný trend nárastu cien energií a tým aj zníženie doby návratnosti investície,</li> <li>- znižovanie hĺbkovej hranice ekonomickej dostupnosti geotermálnych zdrojov,</li> <li>- vytvorenie záložného zdroja,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nedostatok dostupných finančných prostriedkov na výstavbu nových zariadení produkujúcich elektrickú energiu z ekologických zdrojov,</li> <li>- nedostatočná legislatívna podpora,</li> <li>- deformácia trhu s energiami,</li> </ul>

### Slnecná energia

Podobne ako geotermálna energia ani slnečná nepredstavuje z hľadiska výroby elektrickej energie pri súčasných technicko-ekonomických parametroch fotovoltaických systémov nepredstavuje významný energetický zdroj. Slnecná energia sa v našich podmienkach využíva predovšetkým na ohrev teplej úžitkovej vody, na vykurovanie a na ohrev bazénov [1].

Tab. 12. Solárna energia - SWOT analýza  
Tab. 12. Solar energy - SWOT analysis

<b>Silné stránky</b>	<b>Slabé stránky</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- trvalý nevyčerpatelný zdroj,</li> <li>- takmer všadeprítomný zdroj,</li> <li>- bezodpadová výroba elektrickej energie,</li> <li>- nulové prevádzkové náklady,</li> <li>- bezobslužná prevádzka,</li> <li>- enviromentálne prijateľný zdroj,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- veľká variabilita produkcie elektrickej energie,</li> <li>- vysoké zriaďovacie náklady,</li> <li>- dlhá doba návratnosti,</li> <li>- veľmi nízka účinnosť,</li> </ul>
<b>Príležitosti</b>	<b>Ohrozenia</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- reštrukturalizácia primárnych energetických zdrojov,</li> <li>- decentralizácia energetických zdrojov,</li> <li>- liberalizácia cien energií,</li> <li>- implementácia cieľov vyplývajúcich zo smernice 2001/77 EC,</li> <li>- rozvoj zaostalých regiónov,</li> <li>- rozvoj cestovného ruchu,</li> <li>- využitie dotácií a grantov sústredených na využívanie OZE,</li> <li>- využívanie existujúceho potenciálu OZE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nedostatočná legislatívna podpora štátu,</li> <li>- náročnosť na cudzie zdroje (úvery),</li> <li>- úrokové sadzby,</li> </ul>

Veľmi nízka účinnosť (5 až 16 %) a vysoké investičné náklady na systém (350 až 600 tis.kW<sup>-1</sup>) odsúvajú solárne fotovoltaické systémy len do pozície využitia v ostrovných systémoch, u ktorých by zavedenie verejnej elektrifikačnej siete predstavovalo vyššie, resp. porovnateľné náklady. Len v takýchto prípadoch je využitie fotovoltaických systémov ekonomicky výhodné, nakoľko prevádzkové náklady sú prakticky nulové [7].



### Záver

Po vykonanom hodnotení jednotlivých hodnotení OZE môžeme konštatovať: Rozdiel medzi ekonomickým a trhovým potenciálom je dôležitý indikátor pre identifikáciu cieľov a nástrojov energetickej politiky. Tento rozdiel sa od jedného zdroja k druhému výrazne mení.

- Rozdiel medzi ekonomickým a trhovým potenciálom je najmenší pre geotermálnu energiu, čo indikuje, že len malá štátna intervencia je nutná na motiváciu účastníkov trhu na investovanie. Niekoľko projektov geotermálnej energie už bolo identifikovaných a sú plánované na implementáciu do konca uvažovaného obdobia. Na druhej strane, kým biomasa má najväčší ekonomický potenciál, jej trhovú potenciál reprezentuje len jednu štvrtinu z ekonomického potenciálu. To ukazuje, že na rozvoj tohto sektora bude nutná vysoká úroveň štátnej podpory.
- Trhový potenciál pre veternú a slnečnú energiu indikuje, že účastníci stále čelia bariéram, ktoré potrebujú prekonať predtým, ako môže byť realizovaná veľká časť ekonomického potenciálu.
- Rozdiel medzi ekonomickým a trhovým potenciálom pre malé vodné elektrárne je menší a na realizáciu tohto potenciálu by mohli byť potrebné iba cielené akcie.

Ak uvažujeme, že geotermálna energia a biomasa majú všeobecne najväčší energetický potenciál a že významne prispievajú k výrobe tepelnej energie, nie je prekvapujúce, že tepelný potenciál je vyšší než elektrický. Pre všetky zdroje je dostupný potenciál na výrobu elektriny 17,5 % celkového dostupného potenciálu, kým trhovú potenciál elektriny je 12,3 % z celkového trhového potenciálu.

Pokiaľ ekonomický potenciál tepla reprezentuje 36,9 % z dostupného potenciálu, pre elektrickú energiu je to len 27,6 %. Tento trend je tiež potvrdený číslami z trhového potenciálu, ktorý je 13,1 % z dostupného potenciálu tepla, kým u elektriny je to iba 8,6 %. To je možné vysvetliť problematickou realizáciou fotovoltaiických systémov a veterných elektrární vo väčšom merítke.

Záverečná prehľadná tabuľka (tab. 13) potenciálu obnoviteľných zdrojov energie na Slovensku je spracovaná podľa vyššie spomínaných definícií potenciálov.

Tab. 13. Porovnanie „rôznych“ potenciálov využitia OZE  
Tab. 13. Comparison of various potential types for renewable energies

Zdroj	[GWh.rok <sup>-1</sup> ]				
	Technicky dostupný potenciál	Súčasnú využívanie	Dostupný potenciál	Ekonomický potenciál	Trhový potenciál
Geotermálna energia	22680	1224	21456	8424	4355
Veterná energia	2178	0	605	505	150
Solárna energia	18720	25	18695	4460	1270
Malé vodné elektrárne (MVE)	1000	245	2995	749	299
Biomasa	40453	12683	27770	11868	2932
<b>Celkom</b>	<b>85031</b>	<b>14177</b>	<b>71521</b>	<b>26006</b>	<b>9006</b>

Z tabuľky je možné vidieť, že z hodnoty dostupného potenciálu sa v súčasnosti využíva približne 20 %, čo sa blíži k hodnote ekonomického potenciálu, ktorý predstavuje len približne 36 % z celkového dostupného potenciálu obnoviteľných zdrojov energie na Slovensku.

Postoj súčasnej legislatívy voči obnoviteľným zdrojom energie vyjadruje posledný údaj v tabuľke, teda hodnota trhového potenciálu, ktorá predstavuje pri súčasných cenách technológií, výkupných cenách energie a podporných nástrojoch využívania obnoviteľných zdrojov energie len hodnotu približne 12 % z dostupného potenciálu.

### Literatúra - References

- [1] Beranovský, J.; Truxa, J.: Alternatívni energie pro váš dům. EkoWATT. 2003.
- [2] Dušička, P. a kol.: Malé vodní elektrárny, Jaga group, Bratislava, 2003,
- [3] Energetické centrum Bratislava: Energia z bioplynu – príručka. Európska komisia pre energiu (DG XVII), Bratislava, 1998.
- [4] Franko, O.; Remšík, A.; Fendek, M.: Atlas geotermálnej energie Slovenska, GÚDŠ, Bratislava, 1995.
- [5] Košíková, B., Bučko, J.: Biotechnológie a využitie biomasy. ES TU Zvolen, 1999.
- [6] Národná štúdia energetickej efektívnosti SR, záverečná správa, júl, 2002.
- [7] Rybár, P., Tauš, P., Rybár, R.: Alternatívne zdroje energie I - Slnečná energia, Elfa, Košice, 2001.
- [8] Rybár, P.; Kuzevič, Š.: Alternatívne zdroje energie II - Geotermálna energia, ES/AMS 2002.

- [9] Rybár, R., Kudelas, D., Fischer, G.: Alternatívne zdroje energie III - Veterná energia, Edičné stredisko F BERG, Košice, 2004
- [10] Vargová, I.: Atlas využívania obnoviteľných energetických zdrojov na Slovensku. Energetické centrum Bratislava 2002.