

VYUŽÍVANIE SLNEČNEJ ENERGIE PRE FOTOVOLTIČNÉ APLIKÁCIE NA ÚZEMÍ SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Jaroslav Hofierka*, Ján Kaňuk**

* Prešovská univerzita v Prešove, Fakulta humanitných a prírodných vied, Katedra geografie a regionálneho rozvoja, ul. 17 novembra 1, 080 01 Prešov, hofierka@fhpv.unipo.sk

** Univerzita P.J. Šafárika v Košiciach, Prírodovedecká fakulta, Ústav geografie, Jesenná 5, 040 01 Košice, jan.kanuk@upjs.sk

The use of solar energy for photovoltaic applications in the Slovak Republic

Solar energy plays an increasingly important role in the diversified mix of energy sources in Slovakia. By the end of June 2011, almost six hundred photovoltaic power plants had been completed with a total installed capacity of 467 MWp. In this paper, the solar resource potential in Slovakia and economic factors leading to a development of photovoltaic power plant projects at concrete sites are analysed. The conclusion is that the major factors influencing the localization of photovoltaic power plants are the development costs, feed-in tariffs and interest rates valid in the time of starting the project. The installed capacity of the photovoltaic power plants has shown a very weak correlation with the actual solar resource potential. The proposed change in the state support scheme preferring feed-in tariffs set via auctions should press investors to a thorough evaluation of the solar resource potential for all considered power plant sites.

Key words: solar energy, photovoltaic, renewable energy, Slovakia

ÚVOD

Obnoviteľné zdroje energie (OZE) sa stávajú neoddeliteľnou súčasťou štruktúry energetických zdrojov, tzv. energetického mixu, v mnohých krajinách, vrátane Slovenska. Využívajú energiu získanú z prírodných procesov, ktoré sa neustále obnovujú. Zdrojom tejto energie je Slnko alebo tepelná energia zemského vnútra. Aj keď množstvo tejto energie je na Zemi enormné, problémom ostáva priestorová a časová variabilita dostupnosti jednotlivých OZE na zemskom povrchu. Nízka koncentrácia tejto energie tiež spôsobuje, že doterajší model výroby energie koncentrovanej vo veľkých elektrárňach alebo teplárňach je nutné nahradiť modelom distribuovaného spôsobu výroby energie v mnohých menších zariadeniach, ktoré je potom potrebné oveľa sofistikovanejšie monitorovať a riadiť. Zvyšuje sa tiež význam predikčných modelov, ktoré s dostatočnou presnosťou dokážu predpovedať množstvo energie vyrobené v určitom časovom období a eliminovať tak riziko krátkodobého nedostatku alebo prebytku energie.

Z geografického hľadiska ide o veľmi zaujímavú problematiku, ktorá má komplexný charakter, od analýzy prírodného potenciálu vychádzajúceho z prírodných faktorov až po sociálno-ekonomické analýzy a väzbu na podporné mechanizmy regionálneho rozvoja daného územia. Szóllós (1995 a 1998) pri analýze energetického systému Slovenska uvádza, že práve jeho dekoncentrácia s pomocou OZE môže vytvoriť jeho dlhodobú udržateľnosť. Geografiu energie, resp. zdrojov energie považuje za fyzicko-geografickú disciplínu, pre humánno-geografickú časť odporúča vhodnejší názov geografia energetiky. Rozvíjajúci sa

geografický výskum OZE považujeme za jedinečný príklad komplexného, integrovaného geografického výskumu s nutným previazaním fyzicko-geografických a aj humánno-geografických aspektov a prístupov. Vyplýva to nielen z komplexnosti problematiky OZE, ale aj z veľkej priestorovej a časovej variability OZE, ktorá výrazne ovplyvňuje výber vhodných lokalít i dlhodobú prevádzku energetických zariadení využívajúcich OZE.

Problematicou OZE sa u nás zaoberalo viacero odborníkov. Jeden z prvých autorov, ktorý sa venoval najmä širším súvislostiam využívania OZE, bol Bédi (1993 a 2001). Komplexnejší pohľad nájdeme aj v práci Murínovej (1997). V príspevkoch ďalších autorov už prevláda odvetvový prístup, špecificky zameraný na vybrané aspekty využívania OZE (napr. Viglaský 1994, Štibraný 1997, Vilček 2003 a Šály et al. 2006). V geografickej literatúre sa problematika OZE objavovala len sporadicky, resp. okrajovo v rámci širších súvislostí (napr. Szöllös 1998). Špecifické geografické práce zamerané na OZE sa objavili až začiatkom 21. storočia. Patria sem príspevky zamerané na výskum energetického využívania slnečného žiarenia s využitím technológie geografických informačných systémov – GIS (napr. Šúri 2006 a Hofierka a Cebecauer 2008). Práca Potockého (2007) predstavuje prvý pokus o komplexnejší geografický prístup k problematike OZE so zameraním na regionálny rozvoj.

Slnečné žiarenie je jedným z hlavných zdrojov OZE na našom území, ktorého využívanie v poslednom období zaznamenalo veľký rozvoj. To prinieslo aj viacero otáznikov nad ekonomickou efektívnosťou realizovaných projektov a nastaveného systému štátnej podpory. Boli skutočne optimálne využité prírodné podmienky nášho územia? Cieľom tohto príspevku je zhodnotenie prírodného potenciálu využívania slnečnej energie na Slovensku, analýza súčasného stavu rozvoja fotovoltických elektrární (FVE), jeho ekonomických príčin a dôsledkov, a načrtnutie ďalšieho možného vývoja v tejto oblasti vzhľadom na meniace sa podmienky štátnej podpory tohto obnoviteľného zdroja energie.

SYSTEM ŠTÁTNEJ PODPORY OBNOVITELNÝCH ZDROJOV ENERGIE

Problematica OZE neustále nabera na význame aj v praktickej rovine. Dôvodov je viacero, patrí k nim snaha o diverzifikáciu energetických zdrojov, vyrovnávanie sa s dôsledkami klimatickej zmeny a v neposlednom rade aj bezpečnostné riziká využívania jadrovej energie. Podnetom pre rozvoj projektov OZE na Slovensku v súčasnosti je predovšetkým záväzok Slovenska zvýšiť podiel OZE na výrobe energie na 14 % do roku 2020, za celú Európsku úniu (EÚ) je to však až 20 % (EP a RE 2009). Počiatočný rozpačitý rozbeh využívania OZE po našom vstupe do EÚ dostal výraznejší impulz po schválení nových garantovaných výkupných cien energií stanovených Úradom pre reguláciu sieťových odvetví (ÚRSO). Stanovenie týchto cien vychádzalo z interných kalkulácií úradu, pričom zámerom bolo aj zatraktívniť tento spôsob výroby elektrickej a tepelnej energie. Podobným spôsobom postupovala aj Česká republika. Garantované výkupné ceny znamenajú, že producent energie z OZE má na Slovensku na 15 rokov garantovanú výkupnú cenu energie platnú v čase uvedenia zariadenia do prevádzky.

Turbulencie na svetových finančných trhoch v roku 2008 spôsobili, že počas roka 2009 došlo k výraznému poklesu obstarávacích nákladov pre FVE a fixné výkupné ceny elektrickej energie z tohto zdroja sa stali vzhľadom na klesajúce náklady veľmi atraktívne. Zaručovali istý zisk, bez väčšieho podnikateľského rizika. To podnietilo veľký rozmach výstavby FVE, najmä na poľnohospodárskej pôde. Slovenská elektrizačná a prenosová sústava (SEPS) limitovala alokovanú kapacitu nových FVE na 120 MWp inštalovaného výkonu v roku 2009, záujem však niekoľkonásobne prevyšoval túto ponuku. Hofierka (2009) v tomto období poukazyval na nedostatky a riziká aktuálneho spôsobu podpory OZE cez dopredu určené fixné ceny výkupu a navrhol aukčný predaj inštalovaného výkonu, ktorý Ministerstvo hospodárstva SR v roku 2011 schválilo pre ďalšie obdobie ako preferovaný spôsob pridelenia licencií. Zároveň sa však v oblasti FVE obmedzil ich rozvoj len na zastavané územia (systémy na strechách budov) a inštalovaný výkon do 100 kWp.

Doterajší prudký rozvoj FVE mal niekoľko následkov. Vzhľadom na vysokú cenu vykúpovanej elektriny z FVE a postupné zvyšovanie podielu slnečnej energie v mixe využívaných zdrojov energie sa tieto náklady postupne prenášajú na plecia konečného spotrebiteľa (zvyšovanie cien elektriny) a zároveň vzniká otázka, či neprimerane vysoká podpora FVE nepodnietila ich inštaláciu aj v lokalitách, ktoré nemajú optimálne prírodné podmienky na výrobu elektriny zo slnečných zdrojov.

SLNEČNÝ POTENCIÁL PRE FOTOVOLTICKÉ APLIKÁCIE

Základom efektívneho využívania OZE je dobré poznanie ich prírodného a technického potenciálu. Prírodný potenciál vychádza z analýzy prírodných podmienok, t. j. vhodnosti danej lokality na výstavbu energetického zariadenia na výrobu energie (elektrickej alebo tepelnej). V prípade slnečnej energie ide najmä o množstvo slnečného žiarenia, teplotu vzduchu alebo aj existenciu prírodných hrozieb pre nainštalované zariadenie. Pri analýze technického potenciálu sa zaoberáme aj technickými podmienkami na inštaláciu a prevádzku zariadenia. Napríklad zariadenia je možné stavať len v lokalitách s primeranou dopravnou dostupnosťou pre výstavbu a prevádzku zariadenia a aj možnosťou napojenia na elektrické prenosové siete.

Prírodným potenciálom využívania slnečnej energie pre fotovoltické aplikácie na území Slovenska sa zaoberalo viacero autorov. Napríklad Šúri et al. (2005) vytvorili celoeurópsku priestorovú databázu slnečnej energie pre fotovoltické aplikácie PVGIS. Analogickou metodikou Hofierka a Cebecauer (2008) spracovali podrobnejšiu priestorovú databázu s rozlíšením 100 m pre územie Slovenska, ktorú je možné využiť pre základný odhad dostupnej energie slnečného žiarenia dopadajúceho na horizontálnu rovinu, optimálne sklonenú rovinu a aj samotný georeliéf. Ďalšie globálne priestorové databázy slnečného potenciálu, odvodené mierne odlišnou metodikou, poskytujú aj pre územie Slovenska plateným spôsobom i súkromné spoločnosti, napr. GeoModel Solar, s.r.o. (www.solargis.info) a 3TIER (firstlook.3tier.com). Tieto globálne alebo regionálne databázy poskytujú približný odhad dostupnej slnečnej energie v danej lokalite, zvyčajne v rozlišovacej úrovni 100 m až niekoľko kilometrov. V prípade inštalácie FVE v zastavanom území (najčastejšie na strechách

a fasádach budov) je však potrebná podrobnejšia analýza miestnych podmienok vzhľadom na značnú priestorovú diferenciáciu takeého územia. Metodikou odhadu potenciálu slnečnej energie pre zastavané územia sa zaoberali Hofierka a Kaňuk (2009). Neskôr boli tieto odhady, extrapolované aj na areály bytových domov v mestách na Slovensku, identifikované databázou Corine Land Cover (Kaňuk et al. 2009).

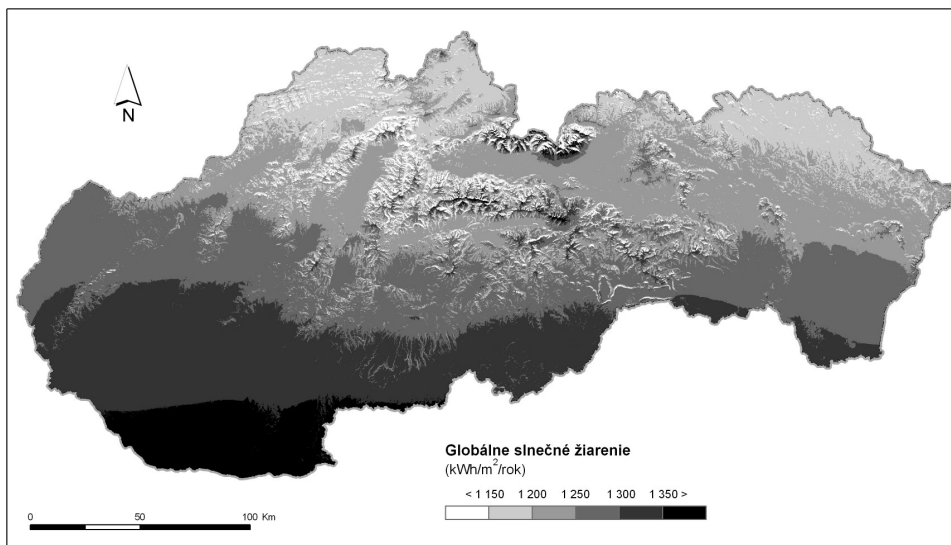
Súčasná technológia premeny energie slnečného žiarenia na elektrickú energiu dosahujú celkovú efektívnosť premeny približne len 10-20 % v závislosti od použitej technológie slnečných článkov. Už dlhšie sa využívajú slnečné panely na báze monokryštalických alebo polykryštalických kremíkových článkov, novšie technológie využívajú články na báze tenkých filmov (napr. kadmium-teluridové, články z amorfného kremíka alebo zo zlúčenín medi, india, gália a selénia). Snahou je znižovať nákladovosť výroby, avšak občas aj za cenu nižšej efektívnosti premeny. Životnosť slnečných článkov je minimálne 20 rokov, avšak postupne klesá efektívnosť premeny energie (napr. po 25 rokoch je to len približne 80 % pôvodného výkonu). Efektívnosť premeny slnečnej energie na tepelnú energiu prostredníctvom slnečných kolektorov je oveľa vyššia, dosahuje 40-60 %, je však viac závislá od teploty vzduchu v okolí kolektora v dôsledku jeho tepelných strát pri vysokom rozdieli teplôt medzi kolektorom a okolitým vzduchom.

Pri hodnotení prírodného potenciálu slnečnej energie pre fotovoltické aplikácie na Slovensku je vhodné vychádzať z existujúcich priestorových databáz charakterizujúcich slnečný potenciál danej lokality. Časť z týchto databáz je dostupná aj online (napr. PVGIS, SolarGIS, firstlook.3tier.com, HelioClim-2, SOLEMÍ a iné). Presnosť odhadov slnečného potenciálu pre konkrétnu lokalitu závisí od použitej metodiky a kvality vstupných údajov. Samotný odhad energetického zisku z fotovoltického zariadenia je závislý aj od použitej fotovoltickej technológie, konfigurácie zariadenia a vplyvu lokálnych faktorov, ktoré nie je možné zachytiť v globálnych alebo regionálnych databázach s nižším rozlíšením (napr. vplyv vegetácie, zástavby a pod.).

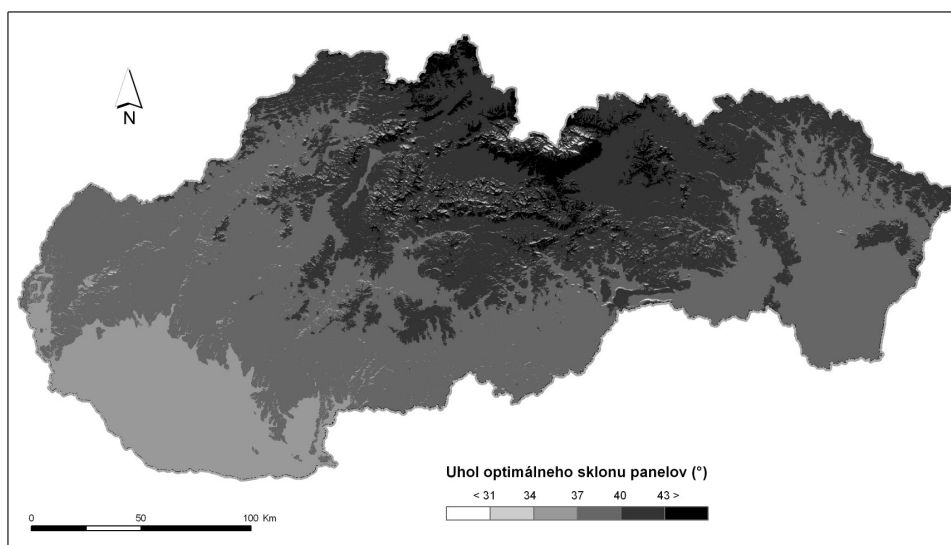
Pre účely tohto príspevku sme použili priestorovú databázu potenciálu využívania slnečnej energie spracovanú Hofierkom a Cebecauerom (2008), ktorú je možné využiť na základný odhad množstva dostupného slnečného žiarenia a odhad optimálneho sklonu na juh orientovaných panelov maximalizujúceho ich energetický zisk (obr. 1). Na výpočet uhla optimálneho sklonu panelov sa využil model *r.sun* v GIS-e GRASS, ktorý modeluje množstvo slnečného žiarenia dopadajúceho na zemský povrch alebo ľubovoľne orientovanú plochu (Šúri a Hofierka 2004, Hofierka a Cebecauer 2008). V podmienkach Slovenska tento uhol sklonu meraný od horizontálnej roviny dosahuje hodnoty od 36° do 44° (obr. 2).

Dlhodobý ročný úhrn globálneho slnečného žiarenia dopadajúceho na optimálne sklonenú rovinu maximalizujúcu energetický zisk na Slovensku dosahuje v priemere hodnoty okolo 1 250 kWh/m². Jeho priestorová distribúcia je ovplyvnená najmä zonálnosťou podľa geografickej šírky, georeliéfom – najmä zatienením okolitými tvarmi georeliéfu a aj nadmorskou výškou a miestnymi klimatickými podmienkami (ročný chod oblačnosti, výskyt hmiel a znečistenie atmosféry). Najnižšie hodnoty, približne 1 100 kWh/m²/rok,

dosahuje v členitom georeliéfe so severnou expozíciou a najmä v dolinách, ktoré sú často zatienené okolitými tvarmi georeliéfu. Najvyššie hodnoty okolo 1 350 kWh/m²/rok nájdeme na Podunajskej nížine.



Obr. 1. Dlhodobý ročný úhrn globálneho slnečného žiarenia dopadajúceho na optimálne sklonenú rovinu orientovanú na juh



Obr. 2. Optimálny uhol na juh orientovaných panelov maximalizujúcich energetický zisk

Z hľadiska využívania slnečnej energie je veľmi dôležitá časová variabilita slnečného žiarenia. Slnečné žiarenie má výraznú variabilitu v priebehu dňa a roka, čo vplýva aj na možnosti zvyšovania podielu slnečnej energie v energetickom mixe spoločnosti, najmä z hľadiska stability dodávok energie v závislosti od krivky jej spotreby. Napríklad v letnom období sa priemerne vyrobí štyrikrát viac elektrickej energie ako v zimnom období (Hofierka a Kaňuk 2009). V noci sa nevyrobí žiadna elektrická energia. Na druhej strane, v oblastiach so zvýšeným využívaním klimatizácie v obytných priestoroch počas slnečných a horúcich letných dní je využívanie FVE veľmi výhodné, pretože táto výroba dobre koreluje so zvýšenou spotrebou elektrickej energie.

V európskom meradle je slnečný potenciál Slovenska pre fotovoltické aplikácie priemerný a porovnateľný s inými stredoeurópskymi krajinami. Lepšie prírodné podmienky (okolo 1 500-1 800 kWh/m²/rok globálneho žiarenia na horizontálnu rovinu) dosahujú pobrežné oblasti Stredozemného mora. Je vhodné tiež poznamenať, že medzi európske krajiny s najväčším rozvojom FVE patrí Nemecko (s podobným prírodným potenciálom ako Slovensko) a Španielsko, ktoré má v Európe najlepšie prírodné podmienky pre rozvoj fotovoltických aplikácií.

PRIESTOROVÁ DISTRIBÚCIA EXISTUJÚCICH FOTOVOLTICKÝCH ELEKRÁRNÍ

Na Slovensku došlo v období rokov 2009-2011 k obrovskému rozvoju výstavby FVE, najmä na poľnohospodárskej pôde. Hlavným dôvodom boli vysoké výkupné ceny elektrickej energie zo slnečných zdrojov určené ÚRSO-m a nízke ceny fotovoltických modulov a iných potrebných zariadení, čo mimoriadne zatriktívnilo investície do tejto oblasti. Fotovoltické zariadenie má životnosť minimálne 20 rokov, systém výkupných cien garantuje fixnú cenu výkupu vyrobenej elektrickej energie na 15 rokov. Systém garantovaných cien výrazne znižuje podnikateľské riziko a pokiaľ sú výkupné ceny dostatočne vysoké, zaručuje vysoký zisk a rýchlu návratnosť investície.

Na porovnanie ekonomickej návratnosti investície do jednotkového výkonu FVE s bežnou technológiou monokryštalického kremíka sme použili typické hodnoty fotovoltického potenciálu na území Slovenska odhadnuté systémom PVGIS (tab. 1). Jednotkový inštalovaný výkon FVE s obstarávacími nákladmi 3 000 eur vyprodukuje v priemernej lokalite na Slovensku ročne približne 950 kWh elektrickej energie. Pri garantovanej cene výkupu až 0,43 eur/kWh platnej v roku 2010 to znamená, že jednoduchá návratnosť takejto investície je sedem rokov a vnútorná miera výnosovosti investície 12,6 %. Vnútorná miera výnosovosti sa porovnáva s nákladom na kapitál (napríklad úrokovou mieru investičného úveru) alebo výnosovosťou alternatívnej investície (Higgins 1997). Z tab. 1 je zrejmé, že pri výkupnej cene 0,43 eur/kWh je investícia do FVE atraktívna takmer v každej lokalite na Slovensku a mimoriadne atraktívna najmä pri dosiahnutí nízkej nákladovosti na obstaranie FVE (3000 eur/kWp). Cena 4000 eur/kWp bola typickou jednotkovou cenou inštalovaného výkonu veľkej FVE v roku 2007, ktorá obsahovala všetky potrebné náklady na inštaláciu (Kurokawa et al. 2007). Táto cena síce neobsahuje ďalšie ročné náklady na údržbu zariadenia, tie sú však relatívne nízke.

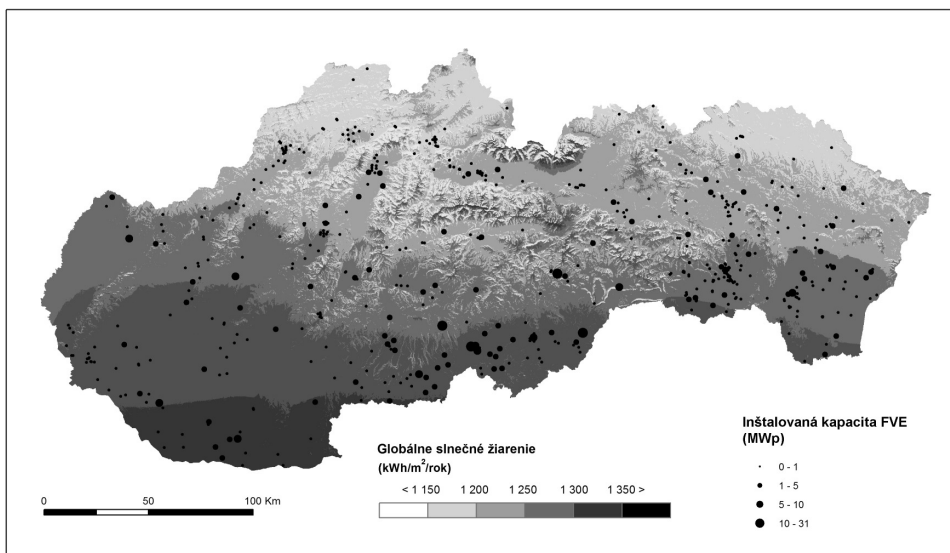
Ročné množstvo elektrickej energie vyrobenej z jedného kWp inštalovaného výkonu u nás kolíše od 850-1 050 kWh v závislosti od množstva slnečného žiarenia v danej lokalite a použitej fotovoltickej technológie. V prípade nízkych obstarávacích nákladov rozdiely v prírodnom potenciáli ovplyvňujú návratnosť investície len minimálne (návratnosť je v rozmedzí šesť až osem rokov). Rozhodujúcim faktorom návratnosti investície je teda nákladovosť projektu a výkupná cena vyprodukovanej elektrickej energie. Od 1.7.2011 cena vykúpovanej elektriny klesla na 0,259 eur/kWh, no aj napriek tomu je podnikateľské riziko investície do FVE stále nízke. Toto riziko spočíva najmä v tom, že po skončení 15-ročného obdobia bude výkup elektriny prebiehať za trhových podmienok. V súčasnosti je však ťažké odhadnúť cenové úrovne elektrickej energie o 15 až 20 rokov. Vnútoraná miera výnosovosti pri cene výkupu 0,259 eur/kWh klesá pod 8 % aj v najlepších lokalitách, a to aj pri nízkych obstarávacích nákladoch. Je nepochybné, že investičné rozhodnutie pri tejto cene výkupu môžu ovplyvniť aj ďalšie faktory, ako je aktuálna úroková miera alebo slnečný potenciál danej lokality, ktorý priamo ovplyvňuje výnosovú zložku investície. Pri takejto nízkej vnútornej miere výnosnosti musí investor dôkladnejšie zvážiť riziká, venovať pozornosť presnosti odhadu výnosov a zvážiť aj možné alternatívy danej investície.

Tab. 1. Analýza ekonomickej návratnosti jednotkového výkonu FVE (1 kWp)

Ročná produkcia elektriny (kWh)	Nákladovosť (eur/kWp)	Návratnosť pri cene 0,43 eur/kWh (počet rokov)	Vnútoraná miera výnosovosti (%)	Návratnosť pri cene 0,26eur/kWh (počet rokov)	Vnútoraná miera výnosovosti (%)
850	3 000	8	11,0	13	5,0
	4 000	11	7,3	18	2,2
	5 000	14	4,9	23	0,4
950	3 000	7	12,6	12	6,2
	4 000	9	8,7	16	3,3
	5 000	12	6,1	21	1,3
1050	3 000	6	14,2	11	7,3
	4 000	9	9,9	15	4,2
	5 000	11	7,2	18	2,2

Na základe údajov zverejnených ÚRSO-m sme zostavili mapu priestorovej distribúcie FVE uvedených do prevádzky k 30.6.2011 (obr. 3). Celkový inštalovaný výkon týchto FVE dosahoval 466,6 MWp a celkový počet FVE bol 569. Najvyššia kapacita FVE sa koncentruje v oblasti slnečného potenciálu pre optimálne sklonené panely s hodnotou 1 301-1 350 kWh/m²/rok (obr. 4). Na území Slovenska zaberajú najväčšiu plochu regióny so slnečným potenciálom 1 201-1 250 kWh/m²/rok a 1 251-1 300 kWh/m²/rok. Predchádzajúcu ekonomickú analýzu sme overili pomocou týchto existujúcich projektov FVE a našej priestorovej databázy slnečného potenciálu (Hofierka a Cebecauer 2008). V GIS-e GRASS sme z tejto databázy pre identifikované lokality FVE získali hodnoty slnečného potenciálu pre optimálne sklonené panely. Pomocou Pearsonovho koeficientu korelácie sme štatisticky vyhodnotili mieru korelácie veľkosti inštalovaného výkonu FVE a prírodného potenciálu danej lokality.

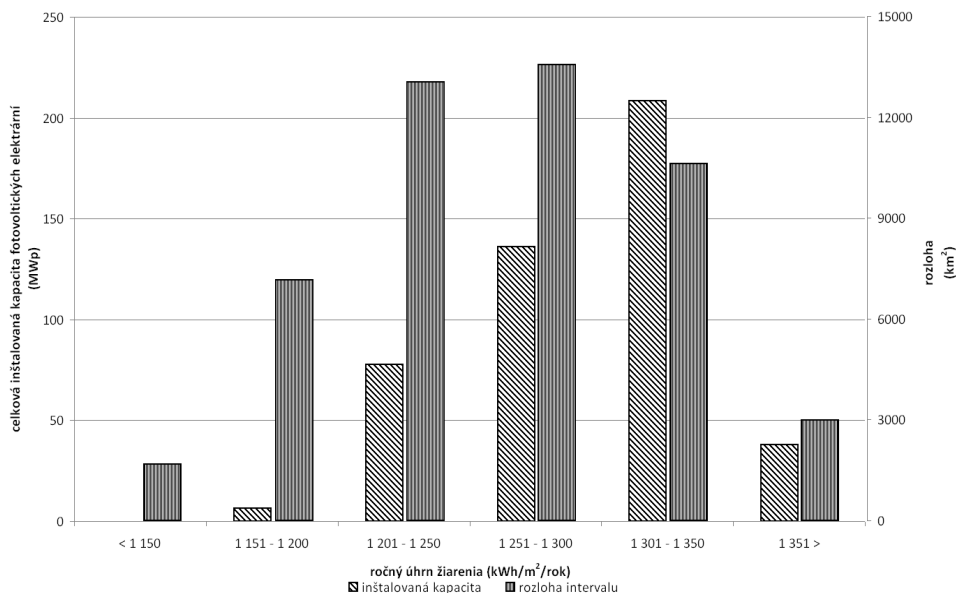
Z tejto analýzy vyplýva, že aj keď mierne prevažujú FVE v južných oblastiach Slovenska s vyšším slnečným potenciálom, miera korelácie výkonu týchto FVE so slnečným potenciálom dostupným na území Slovenska je len 0,24. Je zjavné, že slnečný potenciál lokalít súčasných FVE zohrával pri ich výbere investormi len okrajovú úlohu. Za rozhodujúce faktory považujeme nákladovosť projektu FVE, nízke úrokové miery a vysokú úroveň cien vykupovanej elektrickej energie. Výber konkrétnej lokality však nepochybne ovplyvnili aj iné faktory, ktoré však v tejto štúdii neanalyzujeme. Napríklad dostupnosť voľnej plochy (pozemkov), podpora miestnych orgánov verejnej správy, možnosti napojenia na elektrickú sieť a iné.



Obr. 3. Priestorová distribúcia inštalovaných FVE k 30.6.2011

Z tab. 1 vyplýva, že priestorová diferenciacia slnečného potenciálu môže mať výraznejší vplyv na rozhodnutie o umiestnení projektu len v prípade hraničných ekonomických podmienok vyjadrených nižšou vnútornou mierou výnosnosti projektu, resp. dlhším obdobím návratnosti investície. To znamená, že rozhodnutie o umiestnení FVE v danej lokalite je v prvom rade ovplyvnené nákladmi na kapitál (úrokovými mierami) v čase realizácie projektu, nákladmi na obstaranie FVE a výškou ceny vykupovanej elektrickej energie. Pri aukčnom predaji licencií na základe najnižšej ekonomicky rentabilnej ceny výkupu elektrickej energie bude prírodný potenciál oveľa významnejším spôsobom ovplyvňovať rozhodnutie o realizácii projektu v danej lokalite. Väčší význam bude mať aj podrobná analýza časovej variability a neurčitosti výroby a teda aj fluktuácie peňažných tokov z produkcie elektriny. Väčšina priestorových slnečných databáz predstavuje dlhodobý priemer úhrnov slnečného žiarenia v jednotlivých rokoch alebo mesiacoch. V jednotlivých rokoch prevádzky FVE však skutočné zaznamenané žiarenie môže dosahovať významné odchýlky (napr. až 10-20 % od dlhodobého priemeru). So zvyšovaním podielu slnečnej

energie v štruktúre energetických zdrojov je preto možné očakávať zvýšený záujem aj o analýzu časovej variability produkcie elektrickej energie (ročný chod a fluktuácie počas dňa) aj zo strany SEPS-u a regionálnych elektrárenských distribučných spoločností vzhľadom na nutnosť zabezpečenia plynulosti a bezpečnosti dodávok elektrickej energie.



Obr. 4. Porovnanie rozdelenia početnosti inštalovanej kapacity FVE a slnečného potenciálu územia Slovenska

ZÁVER

Slnečná energia sa stáva neoddeliteľnou súčasťou štruktúry energetických zdrojov na Slovensku. Súčasná kapacita FVE dosahujú už niekoľko sto MWp inštalovaného výkonu a budú sa neustále zvyšovať. Analýza slnečného potenciálu a FVE prevádzkovaných na Slovensku k 30.6.2011 ukázala, že pri výbere lokalít pre FVE nezohrával rozhodujúcu úlohu ich prírodný potenciál, ale iné faktory, napríklad nákladovosť projektu FVE, nízke úrokové miery a vysoká úroveň cien vykupovanej elektrickej energie. Výsledkom je inštalácia FVE aj v lokalitách s nižším slnečným potenciálom a nižšou efektivitou výroby elektrickej energie. Súčasný stav môžeme považovať za dôsledok dotačnej politiky administratívne určených, dlhodobo garantovaných výkupných cien zaručujúcich ziskovosť projektov FVE bez ohľadu na prírodný potenciál ich lokalít.

Napriek tomu, že jedným z cieľov takejto štedrej podpory je rozvoj technológie a zvyšovanie objemu výroby s predpokladom rýchlejšieho poklesu jednotkových nákladov na výrobu fotovoltických zariadení, nežiaducim efektom tejto dotačnej politiky je nielen okamžitá záťaž konečného spotrebiteľa v podobe vyššej spotrebiteľskej ceny elektrickej energie, ale aj významná

deformácia trhového prostredia. Vysoké garantované ceny výkupu paradoxne pôsobia kontraproduktívne aj pre samotné OZE a fotovoltiku, pretože sa nevytvára potrebný tlak na zvyšovanie ekonomickej efektivity projektov FVE. Garantované ceny výkupu elektrickej energie zaručujú zisk všetkým projektom a tým aj znižujú tlak na zvyšovanie efektivity a konkurencieschopnosti OZE voči iným zdrojom energie. Zmenou dotačnej politiky štátu a zavedením trhových princípov do udeľovania licencií na prevádzkovanie FVE je však možné očakávať zmenu v prístupe investorov a aj zvýšený záujem o geografické analýzy slnečného potenciálu územia.

Príspevok je súčasťou riešenia grantového projektu VEGA č. 1/0355/09 „Modelovanie distribúcie slnečného žiarenia v urbánných oblastiach a potenciál jeho využitia“.

LITERATÚRA

- BÉDI, E. (1993). *Obnoviteľné zdroje energie – energia bez konca*. Bratislava (Fond pre alternatívne energie – SZOPK).
- BÉDI, E. (2001). *Obnoviteľné zdroje energie*. Bratislava (Fond pre alternatívne energie – SZOPK).
- EP a RE (2009). *Smernica 2009/28/ES z 23. apríla 2009 o podpore využívania energie z obnoviteľných zdrojov energie a o zmene doplnení a následnom zrušení smerníc 2001/77/ES a 2003/30/ES*. Brusel (Európsky parlament a Rada Európy).
- HIGGINS, R. C. (1997). *Analýza pro finanční management*. Praha (Grada Publishing).
- HOFIERKA, J. (2009). Zavedme trhové princípy do cien obnoviteľných zdrojov energie. *Hospodárske noviny*, 28.12.2009, p.16.
- HOFIERKA, J., CEBECAUER, T. (2008). Spatially distributed assessment of solar resources for energy applications in Slovakia. *Acta Facultatis Studiorum Humanitatis et Naturae Universitatis Prešovensis, Folia Geographica*, 12, 97-114.
- HOFIERKA, J., KAŇUK, J. (2009). Assessment of photovoltaic potential in urban areas using open-source solar radiation tools. *Renewable Energy*, 34, 2206-2214.
- KAŇUK, J., HOFIERKA, J., ROSIČ, M. (2009). Mapovanie areálov bytových domov v mestách Slovenskej republiky z aspektu energetického využívania slnečného žiarenia. *Geografický časopis*, 61, 139-151.
- KUROKAWA, K., KOMOTO, K., VAN DER VLEUTEN, P., FAIMAN, D. (2007). *Energy from the desert. Practical proposals for very large scale photovoltaic systems*. London (Earthscan).
- MURÍNOVÁ, O. (1997). *Posúdenie možnosti výstavby alternatívnych zdrojov na báze obnoviteľných a druhotných energetických zdrojov s možnosťou nasadenia po roku 2000*. Bratislava (EGÚ, s.r.o., Výskumný ústav energetický).
- POTOCKÝ, P. (2007). *Potenciál využitia obnoviteľných zdrojov energie v regiónoch Slovenska*. Doktorandská dizertačná práca, Prešovská univerzita v Prešove, Prešov.
- SZÖLLÖS, J. (1995). Niekoľko názorov na problémy výskumu energie a energetiky v geografii. *Geografický časopis*, 47, 213-228.
- SZÖLLÖS, J. (1998). *Geografická analýza energie a energetiky: teoretická báza a aplikácia na energetický systém Slovenska*. Geographia Slovaca, 14, Bratislava (Geografický ústav SAV).
- ŠÁLY, V., RUŽINSKÝ, M., BARATKA, S. (2006). Photovoltaics in Slovakia – status and conditions for development within integrating Europe. *Renewable Energy*, 31, 865-875.
- ŠTIBRANÝ, P. (1997). *Veterná energetika*. Bratislava (Polygrafia SAV).
- ŠŮRI, M. (2006). Slnečná elektrina a perspektívy jej výroby na Slovensku. *Životné prostredie*, 40, 127-132.

- ŠÚRI, M., HULD, T. A., DUNLOP, E. D. (2005). PVGIS: a web-based solar radiation database for the calculation of PV potential in Europe. *International Journal of Sustainable Energy*, 24, 55-67.
- ŠÚRI, M., HOFIERKA, J. (2004). A new GIS-based solar radiation model and its application to photovoltaic assessments. *Transactions in GIS*, 8, 175-190.
- VILČEK, J. (2003). Bioenergy production of agricultural soils cover. *Ekológia (Bratislava)*, 22, 177-182.
- VIGLASKÝ, J. (1994). Potenciál dreva a slamy na výrobu energie na Slovensku. In *Pokrokové využitie biomasy pre energiu. Zborník z medzinárodného workshopu, Stupava 17.-18. August 1994*. Bratislava (Dom techniky ZSVTS), pp. 57-102.

Jaroslav Hofierka, Ján Kaňuk

THE USE OF SOLAR ENERGY FOR PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS IN THE SLOVAK REPUBLIC

Solar energy is one of the renewable energies with a rapidly growing importance in the energy mix of Slovakia. By the end of June 2011, almost six hundreds photovoltaic power plants had been completed with a total installed capacity of 467 MW_p. The solar resource potential of Slovakia is comparable with other Central European countries like Germany (about 1150 kWh/m²/year of global solar radiation). The actual photovoltaic potential can be assessed via various spatial solar resource databases available online, such as the PVGIS, SolarGIS, firstlook.3tier.com and others. The statistical analysis of the solar resource potential and the actual installed capacity of photovoltaic power plants operating by the end of June 2011 has shown that the solar resource potential did not play a major role in the localization of power plants in Slovakia. The correlation coefficient of the installed capacity with the solar resource potential in the current power plant sites is very weak (0.24). The economic analysis has also shown that the internal rate of return of the photovoltaic investment project depends mostly on the development costs, feed-in tariffs and interest rates. However, a recently proposed change in the state support scheme preferring small rooftop power plants and feed-in tariffs set via auctions should press future photovoltaic projects more toward a market oriented environment with a higher demand for the geographical analysis of the solar resource potential.

