

# Možnosti využívania fotovoltaických aplikácií na Slovensku

Tauš, P., Kušnir, M., Vranay, F., Taušová, M.: The Possibility of Using of the Photovoltaic Applications in Slovakia. *Životné prostredie*, 2015, 49, 1, p. 22 – 24.

*The aim of this paper is to point out the possibility of using of the photovoltaics in Slovakia. Photovoltaics are emission-free and noise-free source of electricity. Therefore it is suitable for use in all condition without adverse to environmental impact. The paper defined the basic types of PV installations and basic technical and economic parameters for their efficient operation in the Slovak Republic.*

*Key words: photovoltaic, electricity, economics, legislation, renewable energy sources*

Fotovoltaika (FV) patrí v súčasnosti k najrýchlejšie sa rozvíjajúcim a v praxi aplikujúcim technológiám z oblasti obnoviteľných zdrojov energie. Hlavným dôvodom je jednoduchosť používania a stále prístupnejšia vstupná investícia. Nemenej dôležitým faktorom je takmer beznákladová a bezúdržbová prevádzka. Ak sa k uvedeným pridá aj správne nastavená legislatívna podpora využívania takýchto technológií, ostáva len dúfať, že aj bežný spotrebiteľ elektrickej energie si uvedomí svoj vplyv na životné prostredie a stane sa tiež jej ekologickým výrobcom.

## Technológie fotovoltaiky a formy jej využívania

Fotovoltaika predstavuje technológiu, ktorá je schopná priamej premeny slnečného žiarenia na elektrickú energiu. Ide teda o technológiu využívajúcu obnoviteľnú energiu dostupnú na každom mieste zemegule, na rozdiel od iných obnoviteľných zdrojov energie. Uvedený fakt teda predurčuje FV pre najrozšírenejšie využívanie v rôznych oblastiach a systémoch pracujúcich na báze elektrickej energie. Prečo sa teda všade tam nevyužíva? Hlavné dôvody sú dva. Prvým je relatívne nízka účinnosť FV článkov (obr. 1), druhým je cena FV článkov a panelov v prepočte za inštalovaný Wp (tzv. Wat peak – špičkový inštalovaný výkon FV zariadenia). Úmyselne používame výraz „relatívne nízka účinnosť“, pretože laboratórna účinnosť dnes dosahuje už hodnotu 45 %, bežne dostupné a v praxi používané FV panely však dosahujú účinnosť v rozmedzí 8 – 22 % podľa typu FV panelu (Progress in PV, 1993 – 2014). Ak si uvedomíme, že účinnosť výroby elektrickej energie moderných tepelných elektrární sa pohybuje na úrovni 40 %, jadrových elektrární 28 % a klasických tepelných elektrární dokonca len 26 %, nie je účinnosť samotnej výroby energie z FV článkov zaznávaná právom. Iný prípad nastane, ak budeme porovnávať plošné nároky na inštalovaný výkon (Hofman, 2010). V tomto prípade FV elektrárne jednoducho nemajú šan-

cu, ak si uvedomíme, že mono- a polykryštalické FV panely bežne dostupné na trhu dnes z 1 m<sup>2</sup> inštalovanej plochy vyrobia na Slovensku v priemere 170 kWh elektrickej energie ročne, pri tenkovrstvových CdTe paneloch je to cca 100 kWh, amorfné panely dosahujú v priemere výkon na úrovni 65 Wp.m<sup>2</sup>.

Často uvádzaným negatívom FV technológií je vysoká cena. Ak však vezmeme do úvahy, že sa jedná o obnoviteľný zdroj energie, tak v porovnaní s ďalšími zdrojmi je investičný náklad na jednotku výkonu porovnateľný napríklad s bioplynovou stanicou či niekoľkonásobne nižší oproti malej vodnej elektrárni (tab. 1).

Cena FV panelov sa odvíja predovšetkým od technológie ich výroby, kde dnes najrozšírenejším typom sú FV panely na báze kremíka. Za posledných viac ako 20 rokov bola laboratórna účinnosť kremíkových, monokryštalických kremíkových a polykryštalických kremíkových FV článkov zvýšená v priemere len o 3 %. Výrazný skok v účinnosti zaznamenali viacprechodové koncentračné články, ktoré sú však využiteľné v špeciálnych aplikáciách a taktiež farbivami senzibilizované a organické FV články. Tieto sú v súčasnosti tiež len na úrovni výskumných a testovacích aktivít. Veľkú pozornosť si zaslúžia tzv. tenkovrstvové FV články typu CIGS alebo CdTe. Druhé uvedené sú v nevýhode kvôli kadmiumu používanému na ich výrobu a jeho negatívne vplyvu na ľudský organizmus. Naproti tomu články typu CIGS dosahujú v súčasnosti účinnosť na úrovni 15 % v praktických aplikáciách (20 % v laboratórnych podmienkach) a ich cena sa, vďaka technológii výroby, pohybuje na úrovni niekoľkých centov za Wp. Vyššie spomínaná mierna stagnácia zvyšovania účinnosti kremíkových FV článkov je jedným z dôvodov neustáleho vývoja nových technológií, ktoré by zvýšili účinnosť výroby elektriny a na druhej strane znížili výrobné náklady. Medzi najperspektívnejšie technológie v tejto oblasti, okrem uvedených článkov, patria:

- nanosolárne, farbivami senzibilizované FV články;
- FV články s nanokryštálmi;

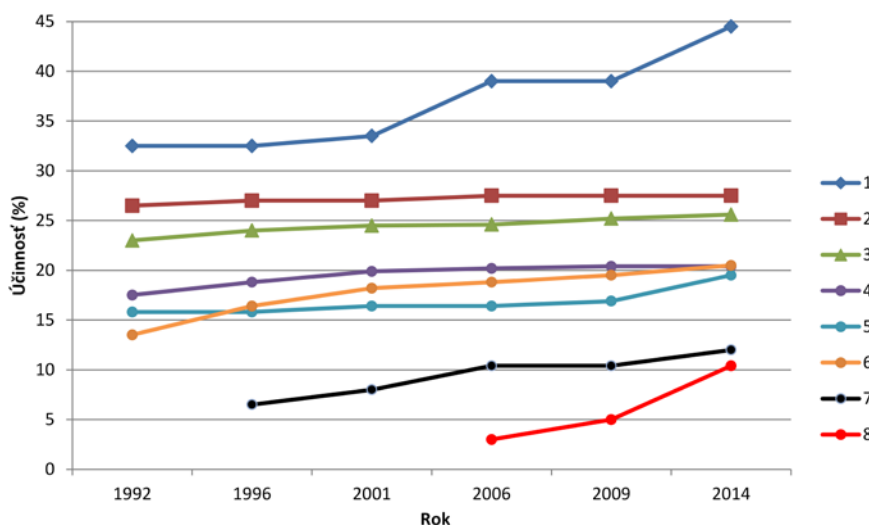
- polymérové FV články;
- nanosolárne FV články vo forme antén.

Aj napriek intenzívnemu výskumu v oblasti technológií FV článkov je možné predpokladať, že kryštalické kremíkové (tzv. c-Si) FV panely zostanú ešte určitý čas lídrom na trhu s FV, aj keď ich podiel na trhu postupne klesá v prospech amorfných a tenkovrstvových FV panelov. Od roku 2009 vzrástla sumárne výrobná kapacita inštalovaných kryštalických a tenkovrstvových FV panelov o 120 %, avšak inštalácia kryštalických panelov vzrástla za rovnaké obdobie o približne 85 % oproti 200 % nárastu FV panelov typu tenký film (Trends 2013 in PV applications, 2013).

Z hľadiska negatív FV technológií je ďalším nezanedbateľným faktorom brániacim masovejšiemu využívaniu FV jej časová nestálosť súvisiaca s „pohybom a polohou“ Slnka v rámci dňa a ročných období. Potreba akumulácie elektrickej energie výrazne delimituje oblasti a spôsoby využitia FV systémov vo svete. V dôsledku toho rastie počet FV systémov pripojených do distribučnej siete fungujúcej ako akumulátor prebytočnej elektrickej energie (Bača, 2010). Avšak po boome veľkých FV elektrární (1 a viac MWp) nastalo obdobie „vytriezvenia“ a aj kvôli problémom v distribučných sieťach, ktoré spôsobuje práve časová nestálosť dodávanej elektrickej energie, sa postupne prechádza na FV systémy pripojené do siete, avšak s inštalovaným výkonom prispôbeným lokálnej spotrebe. Tomu už na Slovensku zodpovedá aj legislatíva definujúca spôsoby používania FV systémov.

### Možnosti využitia fotovoltaiky na Slovensku

Z hľadiska využívania FV systémov na Slovensku je potrebné pri výbere typu FV panelov zohľadniť spôsob inštalácie i časové využitie FV systému. Monokryštalické FV panely sú síce definované ako účinnejšie oproti polykryštalickým alebo amorfným, avšak len pri priamom slnečnom žiarení. Je teda vhodné ich inštalovať buď na natáčacie konštrukcie, tzv. trackery alebo na budovách, kde ich budeme využívať väčšinou sezónne, napr. na chatách v letných mesiacoch a pod., čomu musia byť prispôbené inštalčné parametre. Naproti tomu polykryštalické a amorfné či tenkovrstvové FV panely vykazujú laboratórne nižšiu účinnosť, avšak znova pri priamom žiarení a definovaných skúšobných podmienkach. Pri celoročnom využívaní na území Sloven-



Obr. 1. Účinnosť fotovoltaických článkov. Zdroj: vlastné spracovanie (2014)

Vysvetlivky: Typ fotovoltaických článkov: 1 – viacprechodové koncentračné, 2 – kremíkové koncentrátorové, 3 – monokryštalické kremíkové, 4 – polykryštalické kremíkové, 5 – tenký film CIGS, 6 – tenký film CdTe, 7 – farbivami sensibilizované, 8 – organické

Tab. 1. Investičné náklady na technológie obnoviteľných zdrojov energie pre výrobu elektrickej energie

| Druh obnoviteľnej energie | Náklady na technológiu (€.MW <sup>-1</sup> ) |
|---------------------------|--|
| Veterná energia           | 1,2  |
| Bioplynová stanica        | 2,2  |
| Fotovoltaika              | 3,0  |
| Malá vodná elektráreň     | 8,0  |

ska, kde priame slnečné žiarenie nie je možné zabezpečiť po celú dobu prevádzky, tieto systémy dokážu vyrobiť rovnaké množstvo elektriny ako systémy s monokryštalickými FV panelmi. Spôsobuje to fakt, že uvedené FV panely majú schopnosť prijímať širšie spektrum slnečného žiarenia ako monokryštalické články, dokážu teda vo vyššej miere absorbovať i odrazené a difúzne slnečné žiarenie. Pri statických nosných konštrukciách, ktoré jednoznačne prevládajú pri inštaláciách FV systémov na budovách, sú teda pre podmienky Slovenska odporúčané FV systémy na báze polykryštalických a tenkovrstvových FV panelov.

Napríklad FV systém s inštalovaným výkonom 1 kWp, sklonom panelov 36° a orientáciou na juh v oblasti Stropkova vyrobí pri použití monokryštalického panela o 100 kWh elektrickej energie menej ako tenkovrstvový CdTe panel. Teda reálna výťažnosť tenkovrstvovej technológie v týchto podmienkach je oproti kryštalickým technológiám vyššia o viac ako 10 %. Je síce potrebné pri tejto technológii uvažovať s inštalčnou plochou, oproti rovnakému inštalovanému výkonu v kryštalických paneloch, väčšou zhruba 2 – 2,5-krát, ale pri legislatívnom obmedzení maximálneho inštalovaného výkonu to nepredstavuje veľký problém.

Veľkou výhodou tenkovrstvových FV panelov je veľká variabilita produktov na trhu a široké možnosti integrácie FV panelov priamo do budovy. Tomuto bodu nahráva aj najnižšia závislosť účinnosti tenkovrstvových panelov od ich prevádzkovej teploty. Zatiaľ čo pri monokryštalických paneloch sa ich účinnosť znižuje až o 0,5 %·K<sup>-1</sup>, pri tenkovrstvových technológiách je to len 0,25 %·K<sup>-1</sup>. Vďaka tomu môžu byť z tenkovrstvových technológií vyrábané napríklad FV strešné šindle, škridle či dizajnové FV fasádne systémy.

### Legislatívne podmienky využívania fotovoltaických systémov na Slovensku

V oblasti legislatívnej podpory FV systémov na Slovensku sa záujemcovia môžu opierať predovšetkým o zákon č. 382/2013 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 309/2009 Z. z. o podpore obnoviteľných zdrojov energie a vysoko účinnej kombinovanej výroby a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov. Tento zákon zavádza do oblasti využívania obnoviteľných zdrojov energie malými spotrebiteľmi nový pojem *malý zdroj – definovaný ako zariadenie na výrobu elektriny z obnoviteľných zdrojov s celkovým inštalovaným výkonom do 10 kW*. Týmto údajom sa v prípade výrobcu elektriny zo slnecnej energie rozumie štítkový údaj, resp. súčet jednotkových výkonov FV panelov. Uvedený zákon bližšie definuje podmienky výroby elektriny z FV zdroja.

Záujemca o využitie FV systému na výrobu elektriny má zjednodušené podmienky pripojenia do verejnej distribučnej siete. V médiách deklarovanú podporu pre FV systémy, resp. jej využitie je však potrebné zvážiť, nakoľko podľa uvedeného zákona využitím podpory stráca výrobca elektriny nárok na niektoré podporné mechanizmy. Je preto veľmi dôležitá prípravná, resp. plánovacia časť projektu, z ktorej bude zrejmé percentuálne pokrytie vlastnej spotreby FV systémom i výška prípadnej priamej podpory, čo výrazne ovplyvňuje návratnosť projektu. Taktiež je dnes už samozrejmé, že využitie istého druhu podpory prináša nielen na Slovensku nemalú administratívnu záťaž pre jej poberateľa.

### Fotovoltaické zariadenia *plug & save*

Dôležitým aspektom, ktorý je pri uvažovaní o využití FV systému v podmienkach Slovenska potrebné zvážiť, je inštalovaný výkon systému, resp. plánovaná produkcia voči reálnej spotrebe elektriny v mieste inštalácie. Je logické uvažovať s FV zariadením, ktorého produkcia je v maximálnej novej miere krytá priamou okamžitou spotrebou v mieste inštalácie, teda v samotnom objekte. Projektovanie takéhoto systému si vyžaduje v prvom rade podrobné zmapovanie časového diagramu spotreby elektriny v objekte. V druhom rade je to tzv. energetické správanie sa užívateľa FV systému. To

znamená „naprogramovanie“ spotrebičov tak, aby celodenný priebeh spotreby kopíroval dennú produkciu FV systému. Tým sa umožní maximalizácia spotreby FV elektriny priamo v mieste jej výroby.

Aktuálnou novinkou v oblasti využívania FV systémov sú tzv. *plug & save* (zapoj a ušetri) zariadenia. Jedná sa o FV panely pripojené cez mikroinverter priamo do elektrickej zásuvky budovy. Dôležitou podmienkou ich využitia je naprojektovať ich tak, aby výroba systému pokryla len minimálnu spotrebu elektriny v budove, čím nedôjde k „prietokom“ elektriny do distribučnej siete. Jedná sa o jednoduché zariadenie výroby elektriny pre vlastnú spotrebu.

\* \* \*

Fotovoltaika predstavuje jedného z vážnych kandidátov na uplatnenie sa na spotrebiteľskom trhu Slovenska. Aktuálne platná legislatíva a nastavenie dvoch základných druhov podpory využívania FV by mohli napomôcť celosvetovo orientovanému trendu – decentralizácii výroby energie z obnoviteľných zdrojov. Často proklamovanú návratnosť investícií je potrebné považovať za podružný efekt, prvoradým by malo byť zabezpečenie spomínanej diverzifikácie energetických zdrojov, s tým súvisiace zvyšovanie energetickej sebestačnosti a znižovanie závislosti spotrebiteľov od centrálnych dodávateľov a, samozrejme, ochrana životného prostredia, keďže FV systémy sú bezemisné zdroje elektriny.

### Literatúra

- Bača, P.: Possibilities of Electric Power Storage from Renewable Sources. *Acta Montanistica Slovaca*, 2011, 15, 2010, p. 100 – 104.
- Hofman, J.: Měřicí systém pro sledování efektivity fotovoltaického panelu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. ([http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=27669](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=27669))
- Progress in PV. Research and Applications, 1993 – 2014. Solar Cell Efficiency Tables (Version 1 – 43). UK: John Wiley and Sons Ltd., 1993 – 2014. (<http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/9781119915915>)
- Trends 2013 in Photovoltaic applications. Survey Report of Selected IEA Countries between 1992 and 2012. Report IEA-PVPS T1-23:2013. St. Ursen: IEA-PVPS, 2013, 79 p.

---

**Doc. Ing. Peter Tauš, PhD.,** [peter.taus@tuke.sk](mailto:peter.taus@tuke.sk)  
**Ing. Marcela Taušová, PhD.,** [marcela.tausova@tuke.sk](mailto:marcela.tausova@tuke.sk)  
Ústav podnikania a manažmentu Fakulty baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií Technickej univerzity v Košiciach, Park Komenského 19, 042 00 Košice  
**Ing. Marek Kušnir, PhD.,** [marek.kusnir@gmail.com](mailto:marek.kusnir@gmail.com)  
**Ing. František Vranay, PhD.,** [frantisek.vranay@tuke.sk](mailto:frantisek.vranay@tuke.sk)  
Ústav pozemného staviteľstva Stavebnej fakulty Technickej univerzity v Košiciach, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice