

Analýza dostupného globálneho žiarenia v urbánnych územiach Slovenska pomocou GIS

Ján KAŇUK

Abstract: *The solar energy is one of the most available and the most ecological source of energy. However, people often perceive present higher costs and they lack sufficient understanding of the technology strengths, and opportunities for sustainable social and economic development. Nowadays, there are many models calculating irradiation for a particular space. The aim of our study is to convey the sum of global radiation in urban areas of Slovakia for the needs of the photovoltaic systems installing.*

Key words: *solar irradiation, Slovak urban areas, photovoltaic systems*

Úvod

Globálne žiarenie je žiarenie Slnka dopadajúce na povrch Zeme. Ako uvádza Kaňuk, J. (2007) slnečné žiarenie je najvýznamnejším zdrojom energie, na základe ktorého funguje väčšina procesov v krajine. Jednou z oblastí záujmu Európskej komisie je zvyšovať podiel obnoviteľných zdrojov energie (OZE), pričom sa uvažuje aj o využívaní fotovoltických systémov, ktoré získavajú elektrickú energiu priamou konverziou zo slnečného žiarenia. V tomto smere Európska komisia vyvíja ambicióznú snahu zvýšiť spomínaný podiel OZE do roku 2020 na 20 % (COM/2007/723 ...). Dôvody pre takúto energetickú politiku by sme mohli hľadať predovšetkým v dlhodobom náraste cien fosílnych palív ako aj ostatných energií, ktorých množstvo je limitované (Hofierka, J., Cebecauer, T., 2008). Veľmi perspektívne sa javí využívanie slnečného žiarenia priamo v urbánnej krajine, čo je výhodné z viacerých dôvodov - táto energia má významný a všadeprítomný technický potenciál, nízke prevádzkové náklady, nulové negatívne ekologické vplyvy počas prevádzky, nevznikajú nároky na nové zastavané plochy, zaujímavé sú aj možnosti architektonického stvárnenia stavieb, umožňuje vyrábať priamo elektrickú energiu alebo sa môže využiť na ohrev vody, prípadne aj na chladenie a pod. (Kaňuk, J., 2007). Napriek výraznému technologickému pokroku a poklesu cien fotovoltických systémov, však stále najväčšou bariérou ich masového použitia sú investičné náklady. Preto ako uvádza Hofierka, J., Cebecauer, T. (2008), ich konfigurácia a lokalizácia musí byť starostlivo naplánovaná. Významnú pomoc vo fáze plánovania, ako aj následného monitorovania fotovoltických systémov zohrávajú mapy a digitálne priestorové databázy globálneho žiarenia.

V odbornej literatúre sa stretávame s prácami založenými na báze modelovania, štatistickej analýzy údajov a vizualizácií, ktoré interpretujú distribúciu slnečného žiarenia využívajúc špecializované informačné systémy alebo geografický informačný systém (GIS) (Šúri, M., 2002). Najnovšie trendy už smerujú k tomu, že informácie o slnečnom žiarení a jeho energetických hodnotách sa prezentujú na internete v podobe web-databázy, ktorá obsahuje mapy, tabuľky a grafy o energetických hodnotách získaných zo slnečného žiarenia, kde je možné si zadať parametre o polohe, náklone modulov a orientácii voči svetovým stranám (Hofierka, J., Kaňuk, J., 2008).

Podľa Hofierka, J., Šúri, M. (2004) sa intenzita slnečného žiarenia mení v závislosti od priestoru (na čo vplyva geografická šírka, nadmorská výška a morfometrické osobitosti krajiny, klimatické podmienky) a času (denný a ročný chod). Pre prvotné zhodnotenie atraktivity urbánnej krajiny pre potenciálne inštalovanie fotovoltických systémov sú však potrebné aj priestorové analýzy, ktoré nám do určitej miery generalizujú práve priestorovú a časovú diferenciáciu distribúcie slnečného žiarenia. Takéto analýzy majú za cieľ vyjadriť, ktoré územia sú viac alebo menej atraktívne pre potenciálnu investíciu v podobe masívnejších inštalácií. Takéto analýzy sú vnímané ako podklad pre ďalšiu podrobnejšiu analýzu.

Cieľom tohto príspevku je vyjadriť ročný priemer denného úhrnu globálneho žiarenia dostupného v urbánnych areáloch Slovenska pre potreby energetického využitia slnečného žiarenia (napr. inštalácie fotovoltických zariadení, kolektorov a pod.). Podobne, ako je vyššie uvedené, výsledky tejto práce aj my považujeme za podklad pre ďalší, detailnejší výskum realizovaný na Katedre geografie

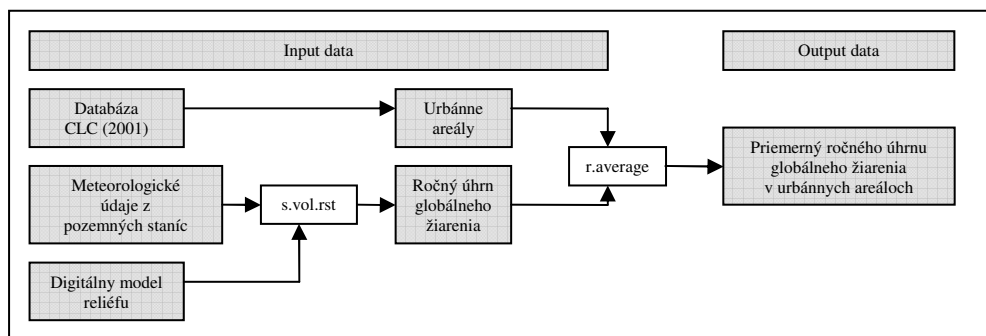
a regionálneho rozvoja FHPV Prešovskej univerzity v Prešove v rámci štúdia urbánneho priestoru z aspektu využívania slnečného žiarenia pre energetické účely. Výsledná analýza by mala kategorizovať mestá SR, čo je podnetné aj pre ohodnocovania urbánnych areálov pre potreby inštalácie slnečných systémov a plánovanie ich rozmiestnenia.

Metódy a údaje

Ako vstupné údaje bola použitá digitálna údajová vrstva urbánnych plôch Slovenska získaná s údajovej vrstvy databázy krajinej pokrývky SR vyčlenenej pomocou metodiky CORINE LAND COVER (CLC) z roku 2001 (Feranec, J., Oľahel, J., 2001). Urbánne areály sme vyčlenili z triedy I reprezentujúcej urbanizované a technické areály.

Ako podklad pre analýzu úhrnu globálneho žiarenia bola použitá digitálna údajová vrstva globálneho slnečného žiarenia dopadajúca na horizontálnu plochu pre územie Slovenska (Hofierka, J., Cebecauer, T., 2008). Ide o digitálnu údajovú vrstvu, ktorá bola vytvorená v rastrovom údajovom formáte interpoláciou údajov z 22 meteorologických staníc, ktoré merajú globálne slnečné žiarenie. Keďže na Slovensku sa globálne slnečné žiarenie meria iba na 6 staniaciach, bolo potrebné pre zvýšenie presnosti modelu zahrnúť do modelu aj meteorologické stanice merajúce globálne žiarenie so susedných štátov. Aby model bral do úvahy aj vertikálny rozmer (v našom prípade nadmorskú výšku), bolo potrebné kvôli vyjadreniu meteorologických charakteristík použiť matematickú priestorovú interpoláciu založenú na metóde regularizovaného splajnu s tenziou, ktorá je implementovaná do príkazu *s.vol.rst* v GIS GRASS (Hofierka, J. a kol., 2002), kde ako vstupný údaj pre faktor *z* bol digitálny výškový model SR od firmy Geomodel s. r. o. Takto vzniknutá údajová vrstva bola vybudovaná pre územie Slovenska s rozlíšením rastra 100 m v rámci riešenia grantového projektu VEGA č. 1/3049/06 "Potenciál využívania obnoviteľných zdrojov energie na území Slovenska".

Pomocou príkazu *r.average* (SHAPIRO MICHAEL ...), ktorý je implementovaný v GIS GRASS, boli počítané priemerné hodnoty energie žiarenia pre plochy zastavaného územia na Slovensku (Obr.1). Význam tejto analýzy, ktorá je založená na mapovej algebre, spočíva v tom, že na Slovensku chýba kartografické dielo, ktoré by do určitej miery generalizovalo ročný úhrn globálneho slnečného žiarenia pre urbanizované plochy. Výsledky by mali slúžiť predovšetkým pre prvotné všeobecné posúdenie, nakoľko je daná lokalita (zastavané územie) atraktívna pre väčšie inštalácie solárnych systémov.



Obr. 1. Vstupné a výstupné digitálne údajové vrstvy a procedúry prepočítavania v programe GIS GRASS

Výsledky a diskusia

Ročný priemer denných úhrnov globálneho žiarenia je našom príspevku vyjadrený v $\text{Wh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{deň}^{-1}$. V zmysle práce Šúri, M. (2002) je možné plošnú hustotu energie žiarenia vyjadriť v jednotkách $\text{Wh}\cdot\text{m}^{-2}$ za určitý časový interval. V našom prípade sa jedná o **ročný priemer denného úhrnu** globálneho žiarenia, ktorý dopadá na horizontálnu plochu (teda plochu kolmú na tiaž Zeme), ktorý je vyjadrený v jednotkách $\text{Wh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{deň}^{-1}$.

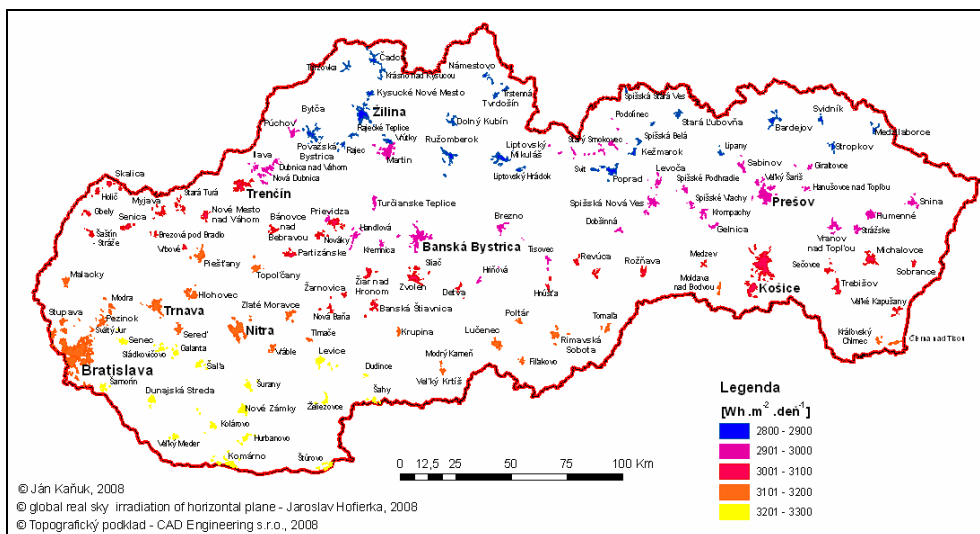
Podľa Hofierka, J., Cebecauer, T. (2008), Kaňuk, J. (2007), Šúri, M. a kol. (2005) je celé územie Slovenska perspektívne pre inštaláciu slnečných systémov, aj keď tu možno badať určité diferenciacie. V práci Hofierka, J., Kaňuk, J. (2008) je prezentovaná aj analýza urbánnej krajiny z aspektu inštalácie slnečných systémov na príklade mesta Bardejov, kde predmetom analýzy bolo štúdium intraurbánnych

častí mesta, ktoré vychádzalo z podrobného výskumu jednotlivých budov, z ktorej vyplýva, že urbánne územie mesta Bardejov disponuje dostatkom atraktívnych plôch pre inštaláciu sľučných systémov, ktoré by dokázali produkovať značné množstvo energie (cca. 6 GWh, čo je asi 50 % spotreby el. energie celého mesta). Z uvedeného vyplýva, že aj mestá s relatívne najnižším priemerným úhrnom globálneho žiarenia na Slovensku nemôžeme označiť za neperspektívne. Našou snahou je poukázať predovšetkým na to, že aj mestá Slovenska, ktoré dosahujú relatívne najnižšie úhrny globálneho žiarenia, sú pre potenciálne inštalácie atraktívne.

Rozdiel v hodnotách ročného priemeru globálneho úhrnu žiarenia pre urbánne územia v SR predstavuje $500 \text{ Wh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{deň}^{-1}$. Najväčší vplyv na tento rozdiel majú morfológické charakteristiky (orografická členitosť) územia SR, ako aj klimatické charakteristiky (v urbánnych územiach nachádzajúcich sa v kotlinách je väčšia oblačnosť ako v mestách ležiacich v nížinách). V menšej miere vplyva na tento rozdiel aj geografická šírka, kde šírkový rozdiel, teda rozdiel medzi najsevernejším a najjužnejším bodom Slovenska je iba $1^{\circ}53'$. Keďže na Slovensku sa nížiny vyskytujú práve v južných častiach, mestá v týchto oblastiach dosahujú aj najvyššie úhrny globálneho žiarenia a preto ich možno považovať za najperspektívnejšie a najatraktívnejšie pre inštaláciu solárnych systémov. Najvyššie úhrny globálneho žiarenia dosahujú mestá ako Hurbanovo, Komárno, Štúrovo, kde ročný priemer dennej hodnoty globálneho žiarenia dosahuje viac ako $3270 \text{ [Wh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{deň}^{-1}]$. Naopak, najnižšie hodnoty dosahujú mestá, ktoré sa nachádzajú na severe Slovenska a z hľadiska relatívnej výškovej členitosti patria do typu reliéfu vrchovina až hornatina. Ide o mestá ako Námestovo, Turzovka, Trstená, Čadca, Medzilaborce, kde priemerné ročné hodnoty dennej úhrnu žiarenia sú menšie ako $2820 \text{ [Wh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{deň}^{-1}]$. Kvôli prehľadnosti dosiahnutých výsledkov sme urbánne areály rozdelili do intervalov a jednotlivých kategórií (Tab.1) a zobrazili v mape (Obr. 2).

Tab. 1. Rozdelenie miest SR do kategórií podľa ročného priemeru denného úhrnu globálneho žiarenia

Interval [Wh.m-2.deň-1]	Mesto
2800 – 2900 Relatívne najnižší úhrn globálneho žiarenia v SR	Námestovo, Turzovka, Trstená, Čadca, Medzilaborce, Spišská Stará Ves, Tvrdošín, Krásno nad Kysucou, Dolný Kubín, Stará Ľubovňa, Podolíne, Bardejov, Svidník, Rajecké Teplice, Kysucké Nové Mesto, Liptovský Hrádok, Ružomberok, Spišská Belá, Liptovský Mikuláš, Svit, Kežmarok, Poprad, Bytča, Vrútky, Žilina, Rajec, Lipany, Stropkov, Považská Bystrica
2901 – 3000 Relatívne nízky úhrn globálneho žiarenia v SR	Sabinov, Starý Smokovec, Martin, Levoča, Krompachy, Giraltovce, Snina, Púchov, Spišské Podhradie, Veľký Šariš, Brezno, Turčianske Teplice, Trenčianske Teplice, Dobšiná, Kremnica, Hanušovce nad Topľou, Spišská Nová Ves, Spišské Vlachy, Tisovec, Gelnica, Prešov, Banská Bystrica, Hriňová, Humenné, Ilava, Handlová, Dubnica nad Váhom, Nemšová, Nová Dubnica, Bojnice, Strážske, Vranov nad Topľou
3001 – 3100 Relatívne stredný úhrn globálneho žiarenia v SR	Trenčín, Prievidza, Revúca, Sobrance, Stará Turá, Banská Štiavnica, Medzev, Detva, Michalovce, Myjava, Sliač, Rožňava, Zvolen, Nováky, Jelšava, Skalica, Hnúšťa, Košice, Sečovce, Nové Mesto nad Váhom, Holič, Žiar nad Hronom, Bánovce nad Bebravou, Brezová pod Bradlom, Gbely, Veľké Kapušany, Trebišov, Senica, Žarnovica, Nová Baňa, Partizánske, Vrbové, Šaštín – Stráže
3101 – 3200 Relatívne vysoký úhrn globálneho žiarenia v SR	Kráľovský Chlmec, Moldava nad Bodvou, Piešťany, Čierna nad Tisou, Topoľčany, Poltár, Malacky, Krupina, Stupava, Leopoldov, Modrý Kameň, Hlohovec, Modra, Zlaté Moravce, Rimavská Sobota, Lučenec, Tornaľa, Tlmače, Trnava, Nitra, Filakovo, Veľký Krtíš, Bratislava, Sereď, Svätý Jur, Vráble, Pezinok
3201 – 3300 Relatívne najvyšší úhrn globálneho žiarenia v SR	Levice, Galanta, Sládkovičovo, Šaľa, Dudince, Senec, Šurany, Šamorín, Dunajská Streda, Želiezovce, Šahy, Nové Zámky, Kolárovo, Veľký Meder, Hurbanovo, Komárno, Štúrovo



Obr. 2. Ročný priemer denného úhrnu globálneho slnečného žiarenia dopadajúceho na horizontálnu plochu v urbánnych areáloch v SR

Záver

Potenciál slnečného žiarenia je z celosvetového pohľadu obrovský. V mnohých krajinách by stačilo pokryť menej ako 1 % územia (napr. strechy budov, nevyužitú plochu) slnečnými technológiami, aby bol zabezpečený dostatok energie pre celú krajinu (Šúri, M. a kol., 2005). Podstatné je, že aj v našich klimatických podmienkach je potenciál slnečnej energie veľký. Problematika hľadania perspektívnych areálov z aspektu energetickeho využívania je problémom, ktorému je potrebné venovať pozornosť.

Cieľom práce bolo vyjadriť úhrn globálneho žiarenia v urbánnych areáloch Slovenska z aspektu potenciálnej inštalácie fotovoltických zariadení. Vyššie uvedené výsledky práce považujeme za základ pre ďalší, detailnejší výskum urbánneho priestoru z aspektu využívania slnečného žiarenia pre energeticke účely. Predstavená analýza kategorizuje mestá SR do piatich kategórií v závislosti od priemerného úhrnu globálneho žiarenia.

Dosiahnuté a prezentované výsledky ukazujú, že urbánne areály Slovenska sú z hľadiska ročného úhrnu globálneho žiarenia dopadajúceho na horizontálnu plochu diferencované, avšak perspektívne pre inštaláciu slnečných systémov.

Literatúra

- COM/2007/723 Európsky strategický plán energetickej politiky, available on internet site <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0723:FIN:EN:PDF> (visited 15.12.2008)
- FERANEC, J., OĎAHEL, J., 2001: Krajinná pokrývka Slovenska. Land cover of Slovakia. Bratislava (Veda SAV, GÚ SAV)
- HOFIERKA, J., CEBECAUER, T., 2008: Spatially distributed assessment of solar resources for energy applications in Slovakia. Acta Facultatis Studiorum Humanitatis et Naturae Universitatis Prešovensis. Prírodné vedy, Folia Geographica 11 Prešov. (v tlači).
- HOFIERKA, J., KAŇUK, J., 2008: Assessment of Photovoltaic Potential in Urban Areas Using Open-Source Solar Radiation Tools. Submitted to Renewable Energy.
- HOFIERKA J., PARAJKA J., MITASOVA H., MITAS L., 2002: Multivariate Interpolation of Precipitation Using Regularized Spline with Tension. Transactions in GIS 6, 135–150.
- HOFIERKA, J., ŠÚRI, M., 2004: A New GIS-based Solar Radiation Model and Its Application to Photovoltaic Assessments. Transactions in GIS, 8, 175–190.
- KAŇUK, J., 2007: Analýza solárneho žiarenia pre urbánne územia. Zborník zo VIII. vedeckej konferencie doktorandov a mladých vedeckých pracovníkov. FPV UKF Nitra. ISBN 978-80-8094-106-2

- ŠÚRI, M., 2002: Modelovanie a kartografické zobrazovanie globálneho žiarenia. In: Feranec, J. Pravda J., eds. Proceeding of the workshop "Aktivity v kartografii 2002", Slovak Cartographic Society and Institute of Geography SAS Bratislava, 31.10.2002, 126–133.
- ŠÚRI, M., HULD, T. A., DUNLOP, E., D., OSSENBRINK, H. A., 2005: Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries. Submitted to Energy (manuscript).
- SHAPIRO MICHAEL, U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory, dostupné na http://www.hpcc.nectec.or.th/grass/grass63/manuals/html63_user/r.average.html (citované 11.05.2008)

Príspevok je súčasťou riešenia grantového projektu VEGA č. 1/3049/06 "Potenciál využívania obnoviteľných zdrojov energie na území Slovenska".

The Analysis of Available Global Irradiation in Slovak Urban Areas Using GIS

Ján KAŇUK

***Summary:** Global irradiation is the sun radiation falling down to the Earth surface; it is also the most important source of energy which enables the functions of most of the processes in the country. One of the fields of interests of the European Commission is the increasing ratio of renewable energy sources, using mainly the technology of photovoltaic systems which obtains the energy by direct conversion from the sun radiation. Nowadays, the issue of spatial and temporary differentiation of global radiation draws a remarkable respect. Scientific literature focuses mainly on the representation of solar radiation potential in the urban areas, which is the most perspective for the installing the photovoltaic systems. The aim of our study is to convey the sum of global radiation in urban areas of Slovakia for the needs of the photovoltaic systems installing. At the basis of this analysis we can categorize the cities of Slovakia, which is very useful also for the evaluation of urban areas intended for the solar systems installation and for planning of their arrangement.*

*As the input data we used the digital data layer of urban areas in Slovakia gained from the data layer of Slovak land cover database, specified by means of CORINE LAND COVER method and a digital data layer of global sun radiation falling down on the horizontal plain for the area of Slovakia. Using the *r.average* command we read the average values of radiation energy for the areas of the settled area in Slovakia.*

The difference in the values of the annual average of global sum of radiation for the urban areas in Slovakia is $500 \text{ Wh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$. The highest sums of global radiation were reached in the cities of Hurbanovo, Komárno, Štúrovo, where the annual average of daily values of global radiation was more than $3270 \text{ [Wh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}]$. On the contrary the lowest values were measured in the cities on the highland or mountainous relief. There belong the cities of Námestovo, Turzovka, Trstená, Čadca, Medzilaborce, where the annual averages of daily sum of radiation are lower than $2820 \text{ [Wh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}]$. Our findings and presented outcomes show that the urban areas are much differentiated from the point of view of the global radiation falling on the horizontal plain; however they are very perspective for the installation of solar systems.

Adresa autora:

RNDr. Ján Kaňuk
Katedra geografie a regionálneho rozvoja
Fakulta humanitných a prírodných vied, Prešovská univerzita
Ul. 17. novembra 1, 081 16 Prešov
kanuk.jan@gmail.com