

ODVODENIE TEPLÔT VZDUCHU Z POTENCIÁLNEHO PRÍKONU SLNEČNEJ ENERGIE V OBLASTI HORSKÝCH SMREČÍN TATIER

Zuzana Sitková, Ivan Mészároš, Peter Fleischer

Abstract

Derivation of Air Temperature from Potential Income of the Solar Energy in Mountain Spruce Forests of the High Tatras

Presented paper deals with the possibility to gain air temperature values in their distributed form in indented terrain of the High Tatras mountains derived from potential income of the solar energy. Between these two parameters relatively strong dependence can be presumed that under certain conditions secures results of a good quality. Multiple regression was used to research mutual relationship of these factors. Based on this relationship air temperature layout was gained for the whole subject area. The result is presented as maps describing the whole year as well as growing season of 2002. Use of presented methodical approach under mesoclimatic conditions is though limited by data background from particular area as well as by other factors described in this paper in details.

Key words: Potential Income of the Solar Energy, Air Temperature, Digital Elevation Model (DEM), Multiple Regression

Úvod

Už za tradičné úlohy klimatológie sa považuje získanie klimatických parametrov na celú plochu skúmaného územia. S narastajúcim využívaním GIS, vývojom rôznych overovacích a interpretačných metód sa stala regionalizácia bodových informácií o klíme centrálnou otázkou vo viacerých oblastiach meteorológie. Ako uvádza SCHEIFINGER (1998), pri interpolácii klimatologických parametrov je potrebné sa vystríhať použitia nemodifikovaných matematicko-štatistických metód, nakoľko ide o priestorové rozdelenie fyzikálnych a chemických vlastností atmosféry blízko zemského povrchu, ktorý ich významnou mierou ovplyvňuje. Uvedené vzájomné pôsobenie teda značne rozhoduje o priestorovom rozdelení prvkov a komplikuje každý interpolačný postup.

Teplota vzduchu je pre mnohé biologické či chemické procesy v prírode rozhodujúcim faktorom. Najdôležitejším faktorom pri vytváraní teplotných pomerov určitej

oblasti je nepochybne nadmorská výška a reliéf. Vďaka úzkemu vzťahu teploty a nadmorskej výšky možno dosiahnuť pomerne presné výsledky jednoduchou závislosťou, avšak len na nečlenenom území a s dobrou údajovou základňou. V zložitom horskom prostredí, kde je často sieť meračích staníc nepostačujúca, nemôže jednoduchá lineárna výšková závislosť uspokojujúco vystihnúť priestorovú variabilitu teplotného poľa.

V našom príspevku sme vychádzali z úvahy, že modelovanie teplôt vzduchu v zložitom horskom teréne možno značne spresniť informáciou o príkone slnečnej energie dopadajúcej na povrch zeme, nakoľko sa medzi týmito dvoma parametrami predpokladá tesná korelácia. Výpočtom potenciálneho príkonu slnečnej energie sa zaoberajú napríklad práce týchto zahraničných i domácich autorov: DUBAYAH-RICH (1996), GOLDBERG (1997), ENDERS (1979), JENČO (1992), MÉSZÁROŠ-MIKLÁNEK (2000).

Materiál a metódy

Pre účely predloženej práce bol príkon slnečnej energie počítaný matematickým modelom SOLEI-32 bližšie popísanom v práci MÉSZÁROŠ (1998). Odvodenie teplôt vzduchu na základe príkonu slnečného žiarenia bolo zrealizované na modelovom území východnej časti Vysokých Tatier veľkom približne 24x18 km. Vstupným parametrom pre výpočet potenciálneho príkonu slnečnej energie bol digitálny výškový model terénu (DEM) s rozlíšením 30 m. Programovým

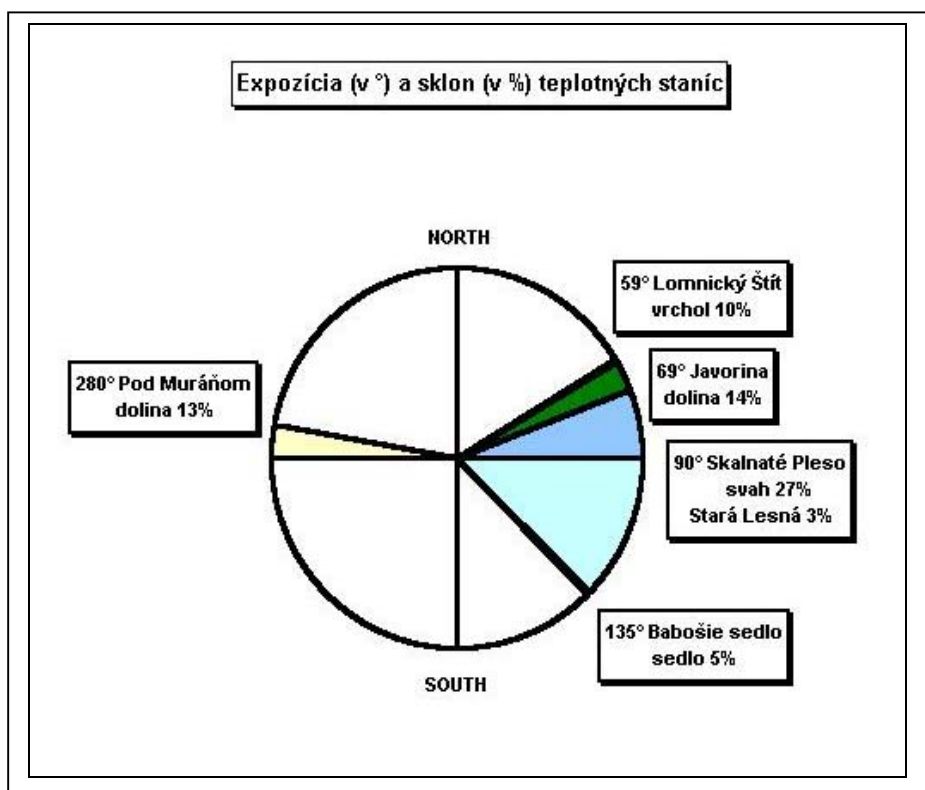
GIS-prostredím vyhodnocovania výsledkov bola 32-bitová verzia IDRISI.

Údaje o priemerných teplotách vzduchu boli spracované zo šiestich staníc na skúmanom území (štyri stanice siete SHMÚ a dve stanice kontinuálneho merania teplôt vzduchu) v dvoch časových rovinách roku 2002 – za vegetačné obdobie (v našom prípade máj-august) a celý rok. Charakteristiku teplotných staníc prináša **Tabuľka 1**. Pre uvedené stanice bola z digitálneho výškového modelu reliéfu extrahovaná aj informácia o expozícii a sklone (**Obrázok 1**).

Tabuľka 1 Stanice merania teplôt vzduchu na skúmanom území a ich poloha

Table 1 Geographical position of meteorological stations at the research area

stanica	zemepisná dĺžka X	zemepisná šírka Y	nadmorská výška (m n.m.)
Stará Lesná	20° 17' 28"	49° 09' 11"	810
Javorina	20° 08' 31"	49° 15' 40"	1014
Pod Muráňom	20° 09' 27"	49° 15' 01"	1100
Babošie sedlo	20° 09' 08"	49° 14' 03"	1360
Skalnaté Pleso	20° 14' 20"	49° 11' 06"	1778
Lomnický Štít	20° 12' 54"	49° 11' 42"	2635



Obrázok 1 Informácia o expozícii a sklone vybraných teplotných staníc

Figure 1 Information on aspect (degrees °) and slope (percent %) for selected meteorological stations

Výsledky a diskusia

Prvým predpokladom analýzy teplôt vzduchu opísaným spôsobom je výpočet energie slnečného žiarenia dopadajúceho na zemský povrch. V našom príspevku bol modelom SOLEI-32 počítaný potenciálny (maximálne možný) príkon slnečnej energie, a to za rok a vegetačné obdobie. Výpočet vychádza z informácie o expozičných a sklonových pomeroch územia zahrnutej v digitálnom modeli terénu. Okrem iných parametrov (ako je napr. zakalenie atmosféry, výška a azimut Slnka, albedo a iné) zohľadňuje model aj zatienenie vlastným a protiľahlým svahom. Pri našom výpočte bola použitá jedna hodnota albeda (koeficientu odrazu dopadajúceho žiarenia), a to

0,2 pre celé skúmané územie. Hodnoty výsledného príkonu slnečnej energie pre rok a vegetačné obdobie sú uvedené vo Wh.m⁻².

V ďalšom kroku bolo potrebné preskúmať vzájomný vzťah teploty vzduchu a potenciálneho príkonu slnečnej energie. Nakoľko teplota vzduchu bola známa len na meracích bodoch, údaj o zodpovedajúcom množstve dopadajúceho slnečného žiarenia sme získali z rastrovej vrstvy vypočítanej modelom SOLEI-32. Do viacnásobnej regresie bola následne okrem potenciálneho príkonu slnka zahrnutá aj nadmorská výška ako ďalší faktor vplyvajúci na teplotu vzduchu. Výsledky viacnásobnej regresie (pri n = 6) pre priemerné teploty za celý rok ako aj vegetačné obdobie 2002 sú uvedené v **Tabuľke 2**.

Tabuľka 2 Výsledky viacnásobnej regresie pre teploty vzduchu za rok a vegetačné obdobie 2002

Table 2 Multiple regression results for air temperature during the year and growing season 2002

VEGETAČNÉ OBDOBIE			
Faktor	Regresná rovnica	T test regresných koeficientov	Charakteristiky regresie
X ₁ – príkon slnečnej energie X ₂ - nadmorská výška	$Y = 1,1940 + 0,00002 * X_1 - 0,0064 * X_2$	1,13 -5,62***	R = 0,982
ROK			
X ₁ – príkon slnečnej energie X ₂ - nadmorská výška	$Y = -9,4276 + 0,000012 * X_1 - 0,0057 * X_2$	3,35** -11,80***	R = 0,992 F = 102,1***

1. Vyhodnotenie výpočtu priemernej teploty vzduchu vo vegetačnom období 2002

Výsledok priestorového rozloženia teplôt vzduchu vo vegetačnom období roku 2002, odvodených z potenciálneho príkonu slnečnej energie a reklasifikovaných do teplotných zón prezentuje **Obrázok 2**.

Analýza variancie ukázala, že pri danom stupni voľnosti (n-1) je F test štatisticky významný na hladine významnosti $\alpha = 0,01$ (**Tabuľka 3**). Zahrnuté faktory teda vysvetľujú rozptyl veľkej väčšiny hodnôt (v našom prípade až 96%) a ostatné vplyvy možno považovať za náhodné. Napriek tomu sa pri individuálnom testovaní regresných koeficientov nepotvrdil jednoznačný vzťah potenciálneho príkonu slnečnej energie s teplotou vzduchu. Ako však uvádzajú autori MATEJKA – HUZULÁK (1987) a WEBSTER – OLIVER (1990), v špecifických prípadoch možno výsledok testu interpretovať aj na inej hladine významnosti, napríklad, keď α spadá

do intervalu 0,05–0,32 môžeme o nulovej hypotéze H₀ pochybovať. V našom prípade sa regresný koeficient príkonu slnečnej energie ukázal byť štatisticky významný až pri $\alpha = 0,2$, t. j. pri uvedenej hladine významnosti môžeme pochybovať o tom, že analyzovaný faktor nemá štatisticky významný vplyv.

Celkovo je táto skutočnosť s veľkou pravdepodobnosťou spôsobená malým počtom bodov so známou teplotou, na ktorých sa navyše ukázali aj teplotné inverzie. Je totiž samozrejmé, že spracovávaným množstvom staníc nie je možné pokryť, resp. vystihnúť obrovskú variabilitu tak členitého územia. Keďže množstvo staníc na modelovom území nie sme schopní ovplyvniť, spresnenie výsledku by do určitej miery mohlo priniesť použitie aktuálneho množstva dopadajúceho slnečného žiarenia (so zahrnutím informácie napr. o oblačnosti

a vegetačnom kryte), ako aj teplotné priemery za dlhšie časové obdobie.

Tabuľka 3 *Výsledky analýzy variancie (ANOVA)*

Table 3 *Results of analysis of the variance*

VEGETAČNÉ OBDOBIE			
	stupeň volnosti	suma štvor- cov	$F_{kritické} = 30,82$
regresia	2	64,31	$F_{skutoč.} = 40,28^{**}$ $\alpha = 0,05$
reziduálny rozptyl	3	2,40	
celkový rozptyl	5	66,71	
ROK			
regresia	2	48,19	$F_{skutoč.} = 102,1^{***}$ $\alpha = 0,01$
reziduálny rozptyl	3	0,71	
celkový rozptyl	5	48,90	

2. *Vyhodnotenie výpočtu priemernej ročnej teploty vzduchu 2002*

Rovnakým postupom bola štatisticky preskúmaná a pre celé záujmové územie odvodená aj priemerná ročná teplota vzduchu v roku 2002 (**Obrázok 3**). Ako ukazujú výsledky viacnásobnej regresie s dvoma nezávislými parametrami (v **Tabuľke 2**), možno pre ročnú teplotu skonštatovať presnejší výsledok ako v prípade odvodenia priemernej teploty vo vegetačnom období. Okrem vysokej hodnoty korelačného koeficientu (0,99), aj výsledok F testu vysoko prekračuje hraničnú hodnotu už na hladine významnosti $\alpha = 0,01$.

Analýza variancie taktiež potvrdzuje, že až 98,5% hodnôt závislej premennej (t. j. teploty vzduchu) vysvetľujú zahrnuté faktory a náhodné vplyvy možno považovať za zanedbateľné. Pri samostatnom posúdení vzťahu ročnej teploty vzduchu a potenciálneho príkonu síce opäť konštatujeme nižšiu tesnosť korelácie, avšak vo viacnásobnej regresii je regresný koeficient príkonu slnečnej energie významný už pri štatisticky štandardnej hladine významnosti $\alpha = 0,05$ (t.j. s 95% spoľahlivosťou môžeme zamietnuť hypotézu H_0 o jeho nevýznamnosti).

Pre obidve časové roviny sme preverili aj jednorozmernú regresiu medzi teplotou vzduchu a nadmorskou výškou. Štatistická analýza nám potvrdila, že zahrnutie dvoch nezávislých faktorov do viacrozmernej regresie bolo vhodným riešením pre odvodenie teplôt vzduchu do priestoru, nakoľko sme pri

nej dokázali eliminovať vplyv náhodných vplyvov výraznejšie ako pri jednoduchej korelácii.

Záver

Neuspokojivá zdravotná situácia lesov na území Tatranského národného parku podnietila intenzívny výskum a monitoring v rámci ekologických a lesníckych vied. Jednou z hypotéz o príčinách rozpadu lesných spoločenstiev sú aj abnormálne vplyvy klímy v poslednom období (najmä dlhšetrvajúci deficit zrážok a vysoké teploty vzduchu), ktorých následkom sa drasticky menia aj ekologické podmienky lesov.

V práci bol načrtnutý a na modelovom príklade zrealizovaný metodický postup odvodenia teplôt vzduchu z hodnôt potenciálneho príkonu slnečnej energie na celé záujmové územie, t.j. aj na miesta bez priameho merania. Záverom môžeme skonštatovať, že tento spôsob výpočtu priestorového rozloženia teplôt vzduchu prináša, pri splnení podmienky dostatočných vstupov, presnejšie výsledky ako použitie jednoduchého korelačného vzťahu medzi teplotami vzduchu a nadmorskou výškou. Perspektívne je žiadúce uvažovať s použitím ďalších parametrov, ktoré by uvedený metodický postup spresnili, a tak vytvorili predpoklad kvalitných vstupov pre ďalšie modelovanie prírodných procesov.

Zoznam bibliografických odkazov

- DUBAYAH, R.; RICH, M. P., 1996. *GIS-Based Solar Radiation Modeling*. In: GIS and Environmental Modeling: Progress and Research Issues, Godchild, M. F., Steayert, L. T., Parils, B. O., (eds.). 129–134
- ENDERS, G., 1979. *Theoretische Topoklimatologie. Nationalpark Berchtesgaden*. Forschungsberichte 1/1979. Herausgeber Nationalparkverwaltung Berchtesgaden. 80 s.
- GOLDBERG, V., 1997. *Regionalisierung meteorologischer Größen im Osterzgebirge*. In: Wetter und Leben. Zeitschrift für angewandte Meteorologie. Jg. 49, 1997, Heft 4, S. 153-167
- JENČO, M. 1992. *Distribúcia priameho slnečného žiarenia na georeliéfe a jej modelovanie pomocou komplexného digitálneho modelu reliéfu*. In: Geografický časopis, roč. 44, č. 4, Bratislava, s. 342-355
- MATEJKA, F.; HUZULÁK, J. 1987. *Analýza mikroklimy porastu*. Veda, vydavateľstvo SAV, Bratislava, 232 s
- MÉSZÁROŠ, I., 1998. *Modelovanie príkonu slnečnej energie na horské povodie*. In: *Acta Hydrologica Slovaca* 1/1998. Ústav hydrológie SAV, Bratislava, s. 68–75
- MÉSZÁROŠ, I.; MIKLÁNEK, P. 2000. *Zmeny v programe SOLEI-32 a jeho citlivosť na vstupné parametre*. In: *Acta hydrologica slovaca*, 1, 2000, s. 41-47
- SCHEIFINGER, H., 1998. *Endbericht zur FIW-General Synopse des Institutes für Meteorologie und Physik*. BOKU, Dezember 1998
- WEBSTER, R.; OLIVER, M. A., (1990). *Statistical Methods in Soil and Resource Survey*. Oxford University Press, 1990, 316.s.

Pod'akovanie

Autori ďakujú Vedeckej grantovej agentúre MŠ a SAV (č. grantov 2/1162/21, 1/9207/02 a 1/9265/02) za finančnú podporu pri riešení uvedenej problematiky.



Ing. Zuzana Sitková

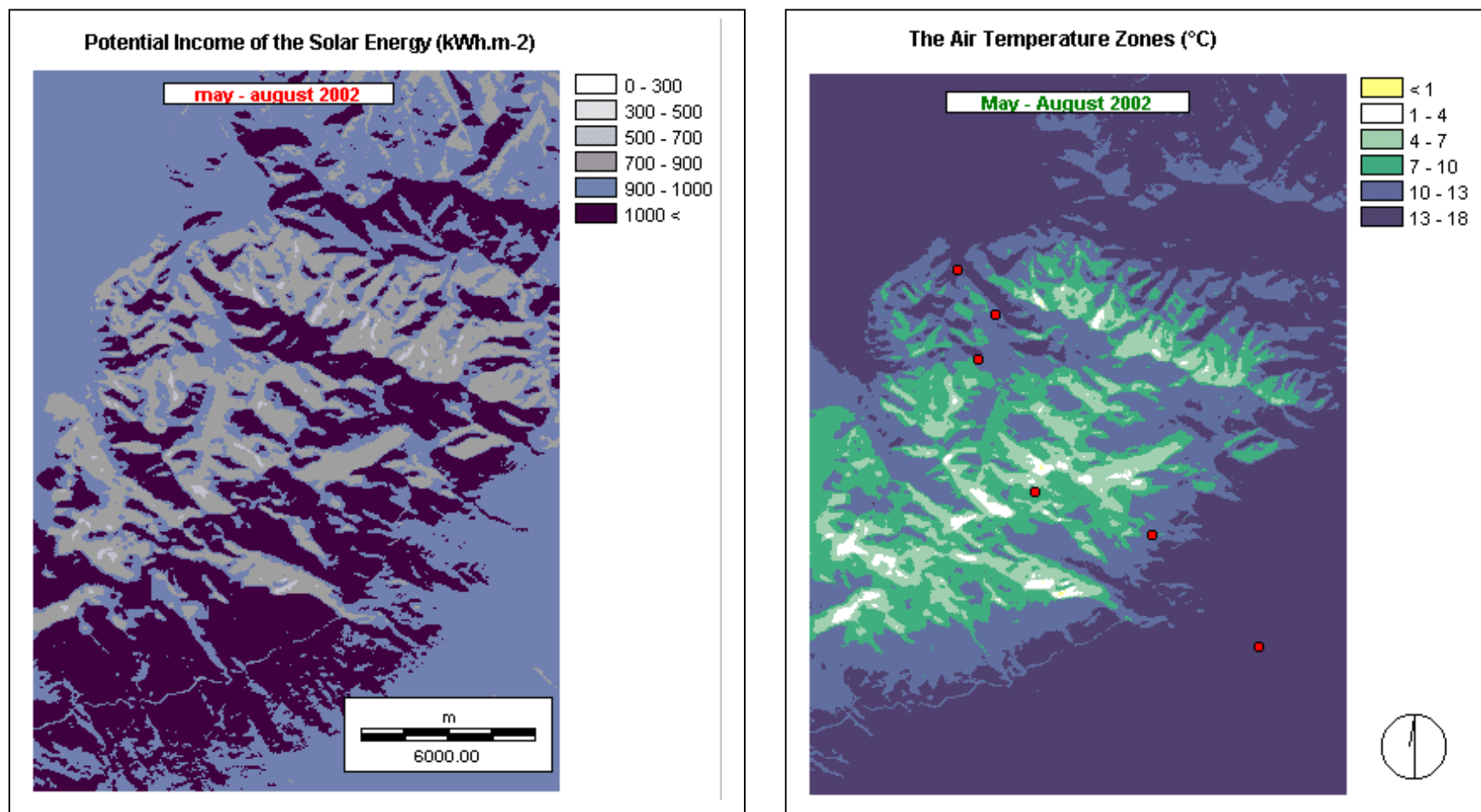
Katedra prírodného prostredia
Lesnícka fakulta TU vo Zvolene
Masarykova 24, 960 53 Zvolen
Slovenská republika
sitkova@vsld.tuzvo.sk

Ing. Ivan Mészáros, CSc.

Ústav hydrológie SAV
P.O.BOX 94
838 11 Bratislava
Slovenská republika
meszaros@uh.savba.sk

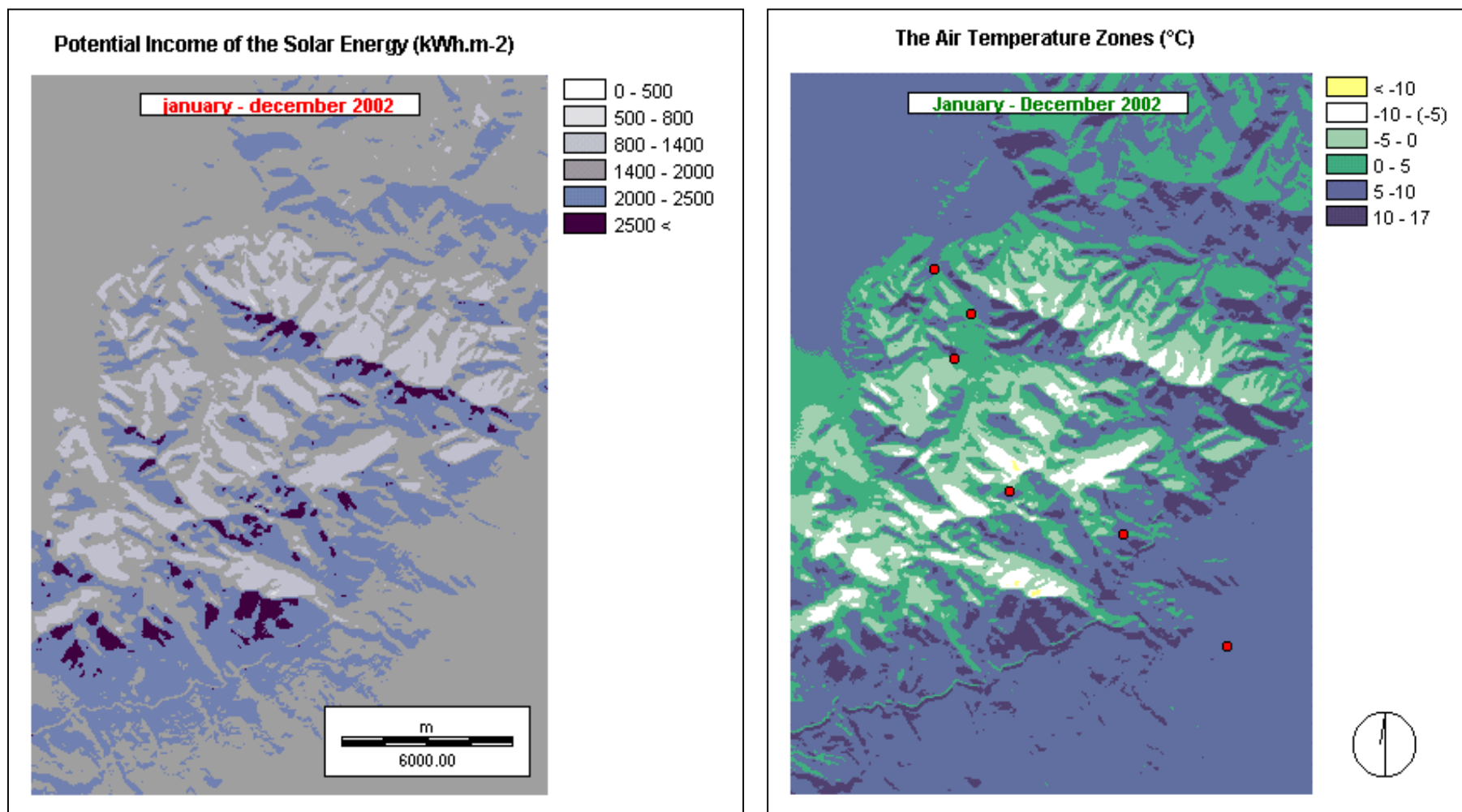
Ing. Peter Fleischer, Phd.

Výskumná stanica TANAP-u
Tatranská Lomnica
Slovenská republika
fleischer@vstanap.sk



Obrázok 2 Potenciálny príkon slnečnej energie a rozloženie teplôt vzduchu vo vegetačnom období 2002 pre celé záujmové územie východnej časti Vysokých Tatier. Body na mape teplôt vzduchu zobrazujú polohu staníc.

Figure 2 Potential incom of the solar radiation and air temperature distribution over the growing season 2002 for the whole subject area of the eastern part of the High Tatras. Marked points on the map represent position of stations



Obrázok 3 Potenciálny príkon slnečnej energie a rozloženie teplôt vzduchu za rok 2002 pre celé záujmové územie východnej časti Vysokých Tatier. Body na mape teplôt vzduchu zobrazujú polohu staníc.

Figure 3 Potential income of the solar radiation and air temperature distribution in 2002 for the whole subject area of the eastern part of the High Tatras. Marked points on the map represent position of stations