

# Vliv okolí meteorologické stanice na měřené hodnoty globální radiace sledovaný pomocí hemisférických fotografií

Influence of the surroundings of the meteorological station on the values of global solar radiation evaluated by means of hemispherical photographs

Karel Matějka

IDS, Na Komořsku 2175/2a, 143 00 Praha 4; [matejka@infodatasys.cz](mailto:matejka@infodatasys.cz)

## Abstract

The measured values of global solar radiation are extremely affected by the surroundings of the meteorological station. Both nearby forests and other natural and artificial objects shading the station are important. In the area of Kostelec nad Černými lesy (Central Bohemia) there are six meteorological stations owned by the Faculty of Forestry and Wood Sciences. These stations have a different position regarding to the near forest stands: from the location in the open landscape to the location within a small forest gap. The shading of individual stations was evaluated using hemispherical photographs (HP). To evaluate HP, the own software CanopyPhotos was used, which calculates the share of diffuse radiation ( $L$ ) incident at a given point.  $L$  values ranged between 93 and 28 %. The relationship between  $L$  and the sum of global solar radiation is linear ( $r = 0.97$ ) during vegetation season. It is evidence of the correct implementation of the algorithm for calculating the diffuse radiation ratio in the CanopyPhotos software.

**Keywords:** global solar radiation, hemispherical photographs, share of diffuse radiation

Při sledování dynamiky lesních porostů má extrémně velký význam vyhodnocení světelných poměrů v podrostu. Pro tyto účely je využíváno vyhodnocení hemisférických fotografií (HF; Matějka 2018, <https://infodatasys.cz/proj008/hemisphericalphotos.htm>). Aby bylo možno takové vyhodnocení dále používat, je potřebné znát vztah mezi výsledky vyhodnocení a množstvím globálního záření dopadajícího do podrostu

Použito bylo 6 meteorologických stanic v okolí Kostelce nad Černými lesy, které jsou provozovány Fakultou lesnickou a dřevařskou ČZU v Praze od roku 2019 (tabulka 1). Jedná se o stanice firmy Libor Daneš (viz <http://www.libordanes.cz/>). Pyranometr je umístěn cca 2 m nad povrchem země. Měření je prováděno v intervalu 10 minut. Jsou umístěny v různých místech vzhledem k okolním lesním porostům (v blízkosti porostu nebo v různě velké porostní mezeře), případně k dalším objektům, takže jejich zastínění je silně variabilní. Dalším cílem této práce je proto vyhodnotit umístění těchto stanic tak, aby jejich data bylo možno dále používat pro modelování ročního populačního vývoje lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) pomocí modelu PHENIPS (Baier, Pennerstorfer, Schopf 2007; Matějka 2021a), kde je denní suma globálního slunečního záření jedním ze základních vstupních parametrů. I v jednom

území s totožnými makroklimatickými charakteristikami se vývoj lýkožrouta může lišit podle mikrovariability meteorologických prvků, zvláště pak podle různé osluněnosti stanovišť. Proto je otázkou, jaké stanice odpovídají jakým mikrostanovištím.

HF byly pořizovány fotoaparátem Canon EOS 6D s objektivem Sigma F3.5 EX DG fisheye, který byl umístěn na stativu Vanguard Alta Pro 2. Tato sestava byla doplněna dvouosou libelou a buzolou. Na každém snímaném bodě v horizontální vzdálenosti do přibližně 2 m, jižně od čidla globální radiace (pyranometru) byla pořízena dvojice snímků a to ve výšce 100 a 133 cm nad půdním povrchem. Užito bylo automatické nastavení uzávěrky a clony. Fotografování proběhlo 1. 6. 2021. Pro vyhodnocení HF byl použit vlastní program CanopyPhotos (Matějka 2021b), pomocí něhož bylo pro každou HF počítáno procento difusního záření ( $L$ ) jako vážený aritmetický průměr podílu počtu světlých pixelů ( $N_{sky}$ ) při daném úhlu od vertikály ( $\alpha$ )

$$L = \int_0^{\pi/2} \cos(\alpha) N_{sky}(\alpha) d\alpha \bigg/ \int_0^{\pi/2} \cos(\alpha) (N_{sky}(\alpha) + N_{Canopy}(\alpha)) d\alpha$$

Dále byl vyhodnocen odhad podílu přímé sluneční radiace v bodě pořízení fotografie v porovnání s absolutně nezastíněnou lokalitou. Pro porovnání bylo zvoleno období od jarní rovnodennosti do letního slunovratu, uvažovány byly doby, kdy úhlová výška Slunce nad horizontem je větší než  $10^\circ$  (= zenitový úhel menší než  $80^\circ$ ).

Horizontální vzdálenost mezi objektivem fotoaparátu a pyranometrem byla vypočtena v programu CanopyPhotos na základě páru bodů lokalizovaných na obou pořízených fotografiích.

Tento text byl vypracován jako součást řešení projektu NAZV QK1920458, řešitel FLD ČZU Praha - Suchdol.

Tabulka 1. Přehled meteorologických stanic v oblasti Kostelecka a základní výsledky.  $\varphi$ ,  $\lambda$  – zeměpisné souřadnice WGS 84; X, Y, Nadmořská výška – souřadnice S-JTSK podle GPS; L – procento difusního záření podle vyhodnocení hemisférických snímků;  $g_{rel}$  – procento přímé sluneční radiace v období 21.3. až 21.6.2021 podle vyhodnocení hemisférických snímků; G – suma globální radiace v období 1. 4. až 17. 8. 2020;  $t_{AVG}$  – průměrná teplota vzduchu ve 2 m nad povrchem v období 1. 4. až 17. 8. 2020;  $t_{MAX}$  – průměr denních maximálních teplot vzduchu ve 2 m nad povrchem v období 1. 4. až 17. 8. 2020

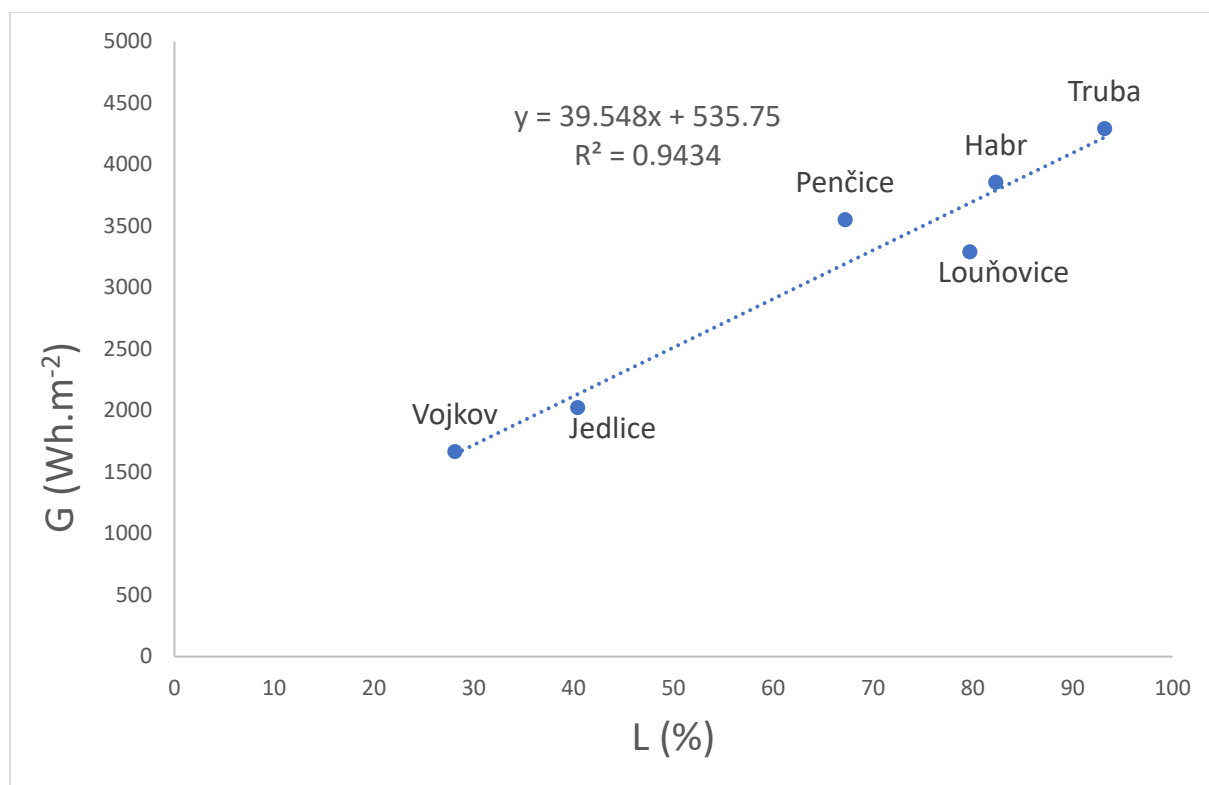
ID	Jméno	$\varphi$ (°)	$\lambda$ (°)	X (m)	Y (m)	Nadmořská výška (m)	L (%)	$g_{rel}$ (%)	G (Wh.m <sup>-2</sup> )	$t_{AVG}$ (°C)	$t_{MAX}$ (°C)	d (m)
10690	Truba	50.0064	14.8373	1055932	714488	366	93.2	94.2	4 290.7	15.1	21.8	1.36
10697	Habr	49.9540	14.7595	1060966	720780	491	82.3	91.9	3 855.0	13.9	20.5	0.77
10698	Louňovice	49.9816	14.7716	1058042	719512	422	79.7	84.0	3 288.4	14.5	20.6	1.64
10696	Penčice	49.9574	14.8210	1061186	716359	345	67.2	67.8	3 550.4	13.5	22.1	2.42
10692	Jedlice	49.9667	14.7153	1059155	723740	456	40.4	46.8	2 023.8	13.5	21.5	1.41
10691	Vojkov	49.9844	14.7117	1057163	723736	432	28.1	31.9	1 665.5	13.9	20.2	1.75

## Výsledky

Měření globální radiace bylo prováděno na všech šesti stanicích v období od září 2019 do srpna 2020, následně došlo k technické poruše na jedné stanici, proto jsou výpočty omezeny na toto období.

První tři stanice (Truba, Habr a Louňovice; obr. 5-7) dosahují vyšší osluněnosti (s tím, že stanice Louňovice je více zastíněna od jihu) a odpovídají tak spíše relativně většímu bezlesí, respektive lesním okrajům. Druhé tři stanice (Penčice, Jedlice a Vojkov; obr. 8-10) jsou výrazněji zastíněny okolním lesním porostem, čímž odpovídají menším lesním světlinám.

Pomocí hemisférických snímků byl vypočten podíl difusního záření dopadajícího do daného bodu focení v rozmezí 28 až 93 % teoretického difusního záření. Globální sluneční záření v období 1. 4. až 17. 8. 2020 (toto časové rozpětí odpovídá době, kdy probíhá vývoj lýkožrouta smrkového) se pohybovalo mezi 1666 a 4291 Wh.m<sup>-2</sup>. Oba parametry navzájem silně korelují (obr. 1). Procento přímé sluneční radiace je méně vypovídajícím základem pro odhad celkové globální radiace ( $r^2 = 0.906$ ) ve srovnání s podílem difusního záření ( $r^2 = 0.943$ ).



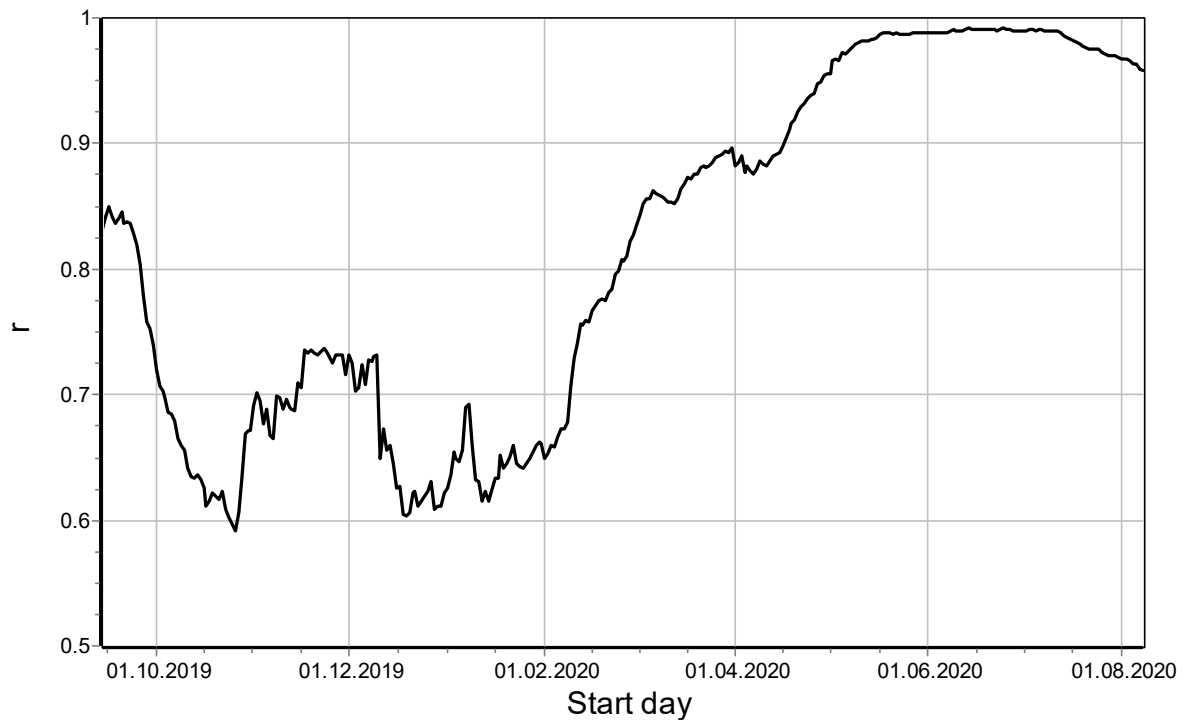
Obr. 1. Celková globální radiace (G) měřená na šesti stanicích v období 1. 4. až 17. 8. 2020 v závislosti podílu difusního záření (L)

Lze předpokládat, že globální radiace ( $R$ ) závisí lineárně na podílu difusního záření ( $L$ )

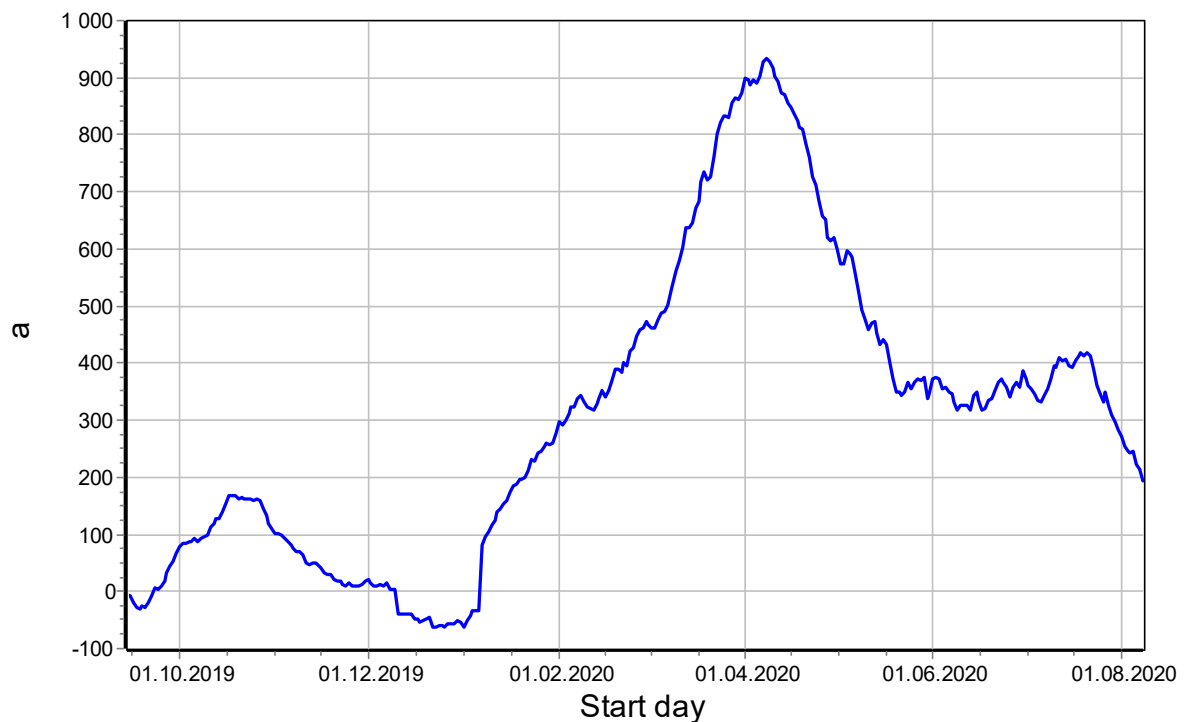
$$R = a + b L$$

Tento vztah se však mění v průběhu roku, jak ukazuje příslušný korelační koeficient (obr. 2) a příslušné regresní parametry (obr. 3-4). Korelace je nejtěsnější v letním pololetí, v zimním pololetí je nízká. To je dáno umístěním stanic, jejichž osluněnost je výrazně ovlivněna zvláště okolními lesními porosty v době s nízkou se pohybujícím Sluncem nad obzorem.

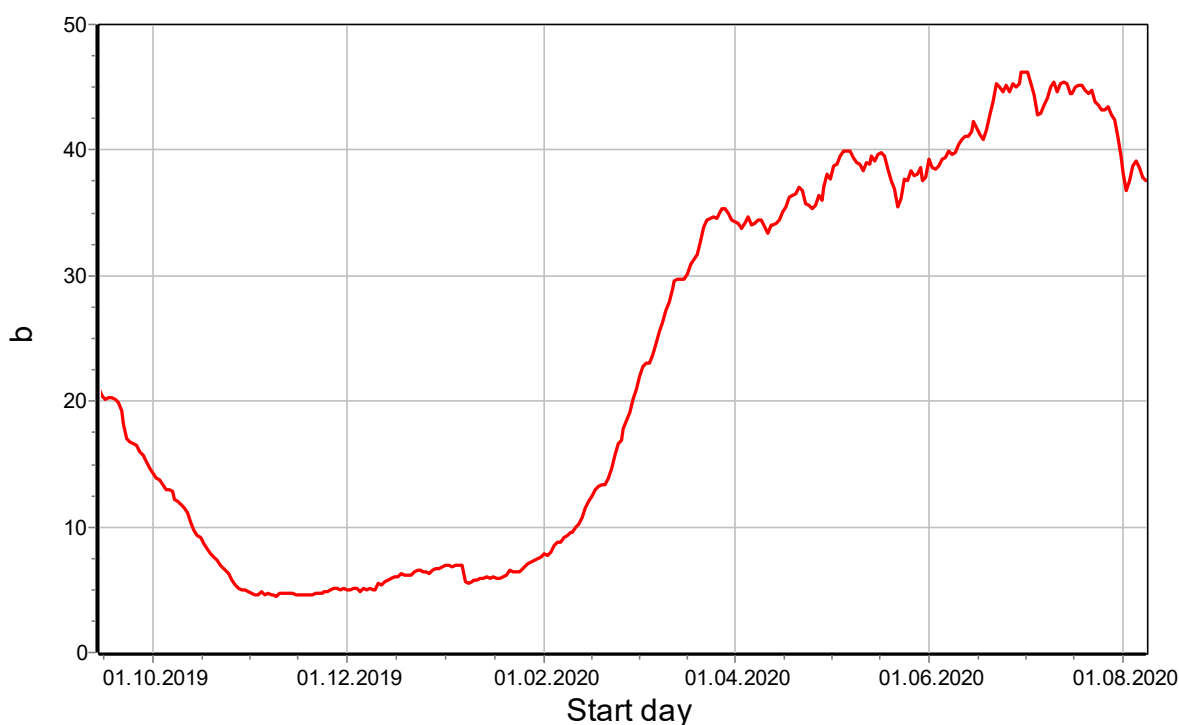
Konstanta  $a$  dosahuje svého maxima brzy po jarní rovnodennosti, což odpovídá období s vysokým podílem difusního záření na globálním záření. Záporných hodnot může konstanta  $a$  dosahovat zvláště v zimním období se sněhovou pokrývkou. Naopak zvýšený význam přímého slunečního záření se projevuje vysokými hodnotami parametru  $b$ , čehož je dosahováno v létě.



Obr. 2. Pearsonův korelační koeficient ( $r$ ) mezi podílem difusního záření odhadnutého pomocí hemisférických snímků a měřenou globální radiací na 6 meteorologických stanicích v průběhu sledovaného období od 14. 9 2019 do 8. 8. 2020. Byla použita metoda floating window s délkou okna 30 dnů.



Obr. 3. Konstanta  $a$  regresní rovnice  $R = a + bL$  pro závislost globální radiace ( $R$  ve  $\text{Wh}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ) na podílu difusního záření ( $L$  v %) v průběhu sledovaného období od 14. 9 2019 do 8. 8. 2020. Byla použita metoda floating window s délkou okna 30 dnů.



Obr. 4. Konstanta  $b$  regresní rovnice  $R = a + bL$  pro závislost globální radiace ( $R$  ve  $\text{Wh}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ) na podílu difusního záření ( $L$  v %) v průběhu sledovaného období od 14. 9 2019 do 8. 8. 2020. Byla použita metoda floating window s délkou okna 30 dnů.

## Závěr

Hemisférické fotografie je možno úspěšně vyhodnocovat algoritmem obsaženým v programu CanopyPhotos (Matějka 2021b). Korelace s globální sluneční radiací dosahují vysoce signifikantních hodnot především ve vegetačním období.

## Literatura

- Baier P., Pennerstorfer J., Schopf A. (2007): PHENIPS - A comprehensive phenology model of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. - *Forest Ecology and Management*, 249: 171-186. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.05.020
- Matějka K. (2018): Struktura stromového patra a světelné poměry v porostech na výzkumných plochách. – URL: [https://infodatasys.cz/proj008/DemObjects\\_HF2018.pdf](https://infodatasys.cz/proj008/DemObjects_HF2018.pdf)
- Matějka K. (2021a): Návod k programu PHENIPS. – URL: [https://infodatasys.cz/software/hlp\\_PHENIPS/index.htm](https://infodatasys.cz/software/hlp_PHENIPS/index.htm)
- Matějka K. (2021b): Návod k programu CanopyPhotos. – URL: [https://infodatasys.cz/software/hlp\\_CanopyPhotos/CanopyPhotos.htm](https://infodatasys.cz/software/hlp_CanopyPhotos/CanopyPhotos.htm)



Obr. 5. Stanice 10690 – Truba,  $L = 93 \%$



Obr. 6. Stanice 10697 – Habr,  $L = 82 \%$





Obr. 7. Stanice 10698 – Louňovice,  $L = 80 \%$



Obr. 8. Stanice 10696 – Penčice,  $L = 67 \%$



Obr. 9. Stanice 10692 – Jedlice,  $L = 40 \%$



Obr. 10. Stanice 10691 – Vojkov,  $L = 28 \%$