

Vybrané problémy vlivu globálního záření a dešťových srážek na režim teploty půdy

(případová studie Olomouce a okolí)

Some aspects of global radiation and rainfall effect on soil temperature regime:

Case of Olomouc and its surroundings

Michal Lehnert

Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci

Abstrakt

Na vybraných meteorologických stanicích Metropolitní staniční síť Olomouc byla v letech 2010–2012 měřena teplota půdy, intenzita globálního záření a srážkové úhrny. Podrobný popis režimu teploty půdy na třech reprezentativních stanicích vytvořil základ pro jeho další hodnocení. Předpokládalo se, že mezi ostatními meteorologickými prvky a procesy je teplota půdy nejvíce ovlivňována intenzitou globálního záření a srážkami. Analýza vztahů teploty půdy a globálního záření však nevykazuje jednoznačnou korelaci teploty půdy a globálního záření. Stejně tak vliv srážek na teplotu půdy nebylo možné generalizovat. Jako východisko pro další interpretaci a simulaci režimu teploty byl navrhnout detailnější a komplexnější přístup.

Klíčová slova: teplota půdy, režim počasí, Metropolitní staniční síť Olomouc

Abstracts

Soil temperature was measured at selected sites of Metropolitan station system Olomouc in the period 2010–2012. Based on recorded data, soil temperature regime was analysed on three selected representative sites. Within variety of meteorological features, global radiation and precipitation were considered to have major impact on soil temperature regime. Following analyses however did not prove strong clear-cut relation between soil temperature and global radiation. Simultaneously, it was shown that a generalization of an influence of precipitation amount on soil temperature is not possible. Consequently, the improved approach for soil temperature regime interpretation and determination was suggested.

Keywords: soil temperature, weather regime, Metropolitan station system Olomouc

Úvod

Přestože je teplota půdy jednou z nejdůležitějších bioklimatologických charakteristik, v současném výzkumu je jí věnována poměrně malá pozornost. Příčinou je patrně složitost a komplexnost vztahů faktorů, které režim teploty půdy ovlivňují a které zároveň odrazují potencionální autory od jejího studia. Šíření tepla v půdě je z fyzikálního hlediska velmi dobře popsáno, ale vysoká prostorová variabilita faktorů podmiňujících režim teploty půdy znesnadňuje možnosti aplikace teoretických poznatků v geografickém prostoru.

Příspěvek se zabývá možností interpretace vlivu vybraných faktorů na režim teploty půdy na příkladu globálního záření a srážkových úhrnů. Představuje jeden z dílčích výstupů dosavadních výsledků studia teploty půdy v městské a příměstské krajině Olomouce, a zejména koncept dalšího, detailnějšího výzkumu, který by mohl přispět k překonání současné strnulosti studia režimu teploty půdy.

Srážky, respektive nárůst půdní vlhkosti, mění nejen tepelné vlastnosti půdy, ale také zvyšují hodnotu evaporace a způsobují tak ztrátu latentního tepla (Ramdas, Dravid 1934; Hanks et al. 1967). Časoprostorové rozložení vlhkosti v půdě je potom podmíněno mnoha dalšími faktory, z nichž lze uvést půdní profil, zrnitostní složení, pórovitost nebo také gradient tlaku vodních par (Rettig 1956). Systém podobně složitých vztahů přitom prolíná vlivy všech faktorů ovlivňující režim teploty půdy.

Zdá se proto, že popisovat vliv dílčích faktorů na teplotu půdy, jak učinili mnozí autoři, je neefektivní (Elizbarasvilli 2007; Hora 2011; Lehnert 2012). Může však jít o důležitý krok určující směřování dalšího studia. Dále jsou tak prezentovány teploty půdy právě ve vztahu k dvěma dílčím faktorům - globálnímu záření a srážkám.

Materiál a metody

Zájmové území proložené lužními lesy Moravy, úrodnými lány Hané, urbánní krajinou Olomouce, hluboce zařazanými údolními zlomových svahů a navazujícími parovinami Nízkého Jeseníku představuje vzhledem ke své pestrosti na relativně malém území ideální prostředí pro komplexní topoklimatický výzkum. V rámci víceúrovňové analýzy klimatu Olomouce a okolí je

od roku 2010 na sedmi stanicích MESSO (Metropolitní staniční síť Olomouc) měřena také teplota půdy. Detailní informace o zájmovém území a staniční síti MESSO uvádí Vysoudil a kol. (2012).

Jako reprezentativní pro studium režimu teploty půdy byly vybrány tři stanice (BOT_PdF, DDHL, KOPE) umístěny na lokalitách, které dobře reprezentují charakter svého okolí, disponují půdním profilem blízkým přírodnímu a vykazují kontinuální série dat s minimem chyb. Na těchto stanicích byly vyhodnocovány datové řady teploty půdy v hloubce 20 cm v letech 2010–2012 (tab. 1). Všechny stanice byly plně automatické a teplotu půdy zaznamenávaly v desetiminutových intervalech. Pro detekci teploty půdy sloužily teplotní snímače PT100-XM s přesností $\pm 0,3$ °C (ZIEHL® 1999).







Z naměřených hodnot teploty půdy byly stanoveny průměrné dekádové teploty. Tyto aritmetické průměry byly vypočteny ze všech desetiminutových měření v daném intervalu. Stejným způsobem byly získány průměry roční. Dekádní průměry teploty půdy byly následně porovnány se sumami globálního záření a srážkových úhrnů na příslušných stanicích (hodnoty globálního záření pro stanici BOT_PdF byly naměřeny na 1 km vzdálené stanici ENVE, která byla navíc v dubnu 2012 v poruše). Protože byly dekády brány jako první, druhá a třetí dekáda v daném měsíci, došlo v případě výpočtu sum ve třetích dekáдах února a všech měsíců s 31 dny k jejich standardizaci pro deset dní.

Dále byly provedeny korelační analýzy vztahu teploty půdy a globálního záření. Jednoduché srovnání průměrné teploty půdy s úhrny globálního záření v jednotlivých dekáдах doplnila analýza tohoto vztahu pro dny s radiačním režimem počasí (rychlost větru do $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a oblačnost do 2/8). Radiační dny byly vyhodnocovány pouze pro roky 2010 a 2011, jelikož databáze radiačních dní pro rok 2012 nebyla v době dokončování tohoto příspěvku kompletní.

Kromě vlivu globálního záření na teplotu půdy byl rovněž analyzován vliv srážkových úhrnů na teplotu půdy. Pro zajištění nezávislosti proměnných byly v tomto případě teploty půdy vyděleny příslušnou intenzitou globálního záření a vynásobeny průměrnou intenzitou globálního záření. Následně byl na základě 5–10 denních srážkových úhrnů hledán vztah mezi teplotou půdy a

srážkami, který byl, mimo vliv půdní vlhkosti, předpokládán prostřednictvím latentních ztrát tepla evaporací.

Tab. 1 Účelová charakteristika vybraných stanic MESSO

Stanice	BOT_PdF	DDHL	KOPE
Poloha (s. z. š.)	49° 36' 01''	49° 39' 36''	49° 37' 39''
Poloha (v. z. d.)	17° 15' 27''	17° 24' 33''	17° 20' 20''
Nadmořská výška (m)	211	307	362
Reliéf	rovina	údolí	svah
Aktivní povrch	udržovaný trávník	udržovaný trávník	udržovaný trávník
Skelet v zemině (%)	14,7	50,2	16,5
Prach a jíl v jemnozemi (%)	11,1	6	3,1
Humus (%)	3,6	2,5	2,8
Půdní profil			
Okolí stanice			

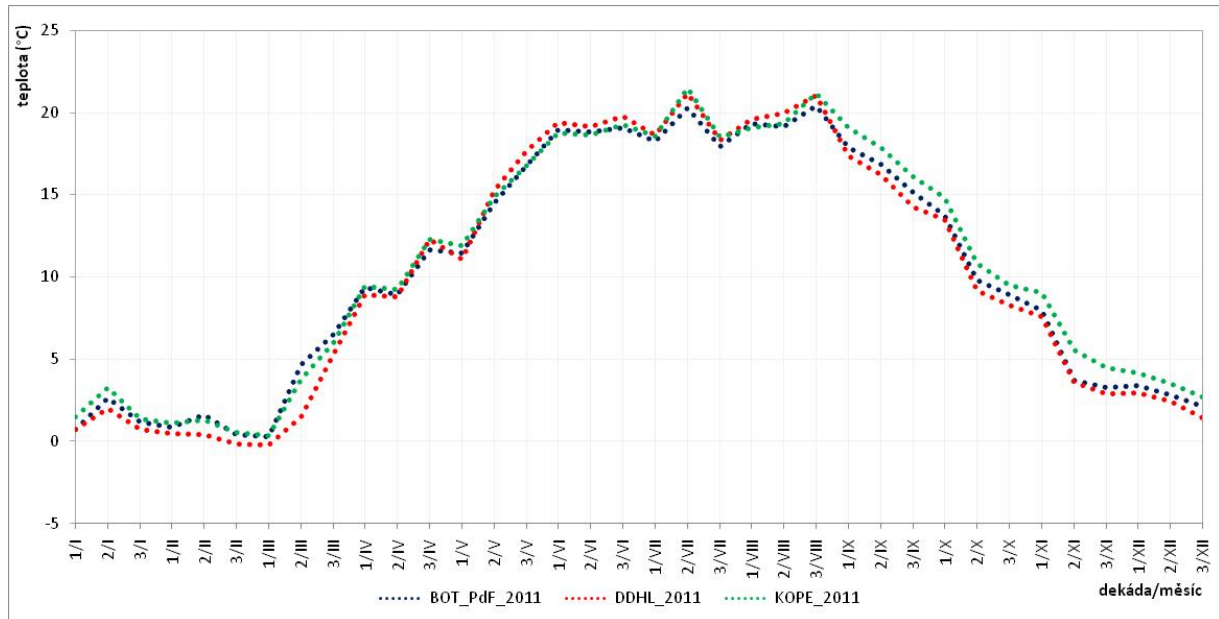
Interval 5–10 dnů byl zvolen na základě poznatků Brooks a Rhoades (1953), kteří uvádí, že ochlazující vliv zvýšené evaporace po srážkovém období trvá týden až dva týdny. Dále byly experimentálně snižovány hodnoty vysokých denních srážkových úhrnů na různé konstantní maximální hodnoty denního srážkového úhrnu. Východiskem pro tento postup byl předpoklad, že pokud již půda dosáhla bodu plné vodní kapacity, další vodu neabsorbuje, a další srážky nemají na teplotu půdy vliv.

Výsledky

Průměrná teplota půdy v roce 2010 byla nejvyšší na nejvýše položené stanici KOPE (10,6 °C). Na stanici BOT_PdF byla průměrná roční teplota půdy jen nevýznamně nižší, než na stanici KOPE (10,5 °C). Přitom vůbec nejvyšší dekádové průměry byly v druhé srpnové dekádě zjištěny právě na stanici KOPE. Zdaleka nejnižší byla průměrná teplota půdy v roce 2010 na stanici DDHL.

Z obrázku 1 je patrné, že na stanici KOPE dosahovala teplota půdy v porovnání se stanici BOT_PdF vyšších hodnot zejména na začátku a konci roku, tedy zimě. Naopak stanice BOT_PdF vykazovala vyšší teploty půdy v období vrcholícího léta. Stanice DDHL, tedy stanice s průměrně nejnižší teplotou půdy, vykazovala nižší průměrné teploty půdy především na jaře a na podzim. Lehnert (2012) při analýze denního chodu teploty půdy vysvětlil nízké hodnoty teploty půdy na stanici DDHL vlivem reliéfu. Stanice je situována na dno sevřeného údolí, které zejména v období s nižší dráhou Slunce nad obzorem výrazně snižuje úhrny globálního záření. Tento vliv je přitom zesílen zpětnou vazbou na vznik radiačních inverzí.

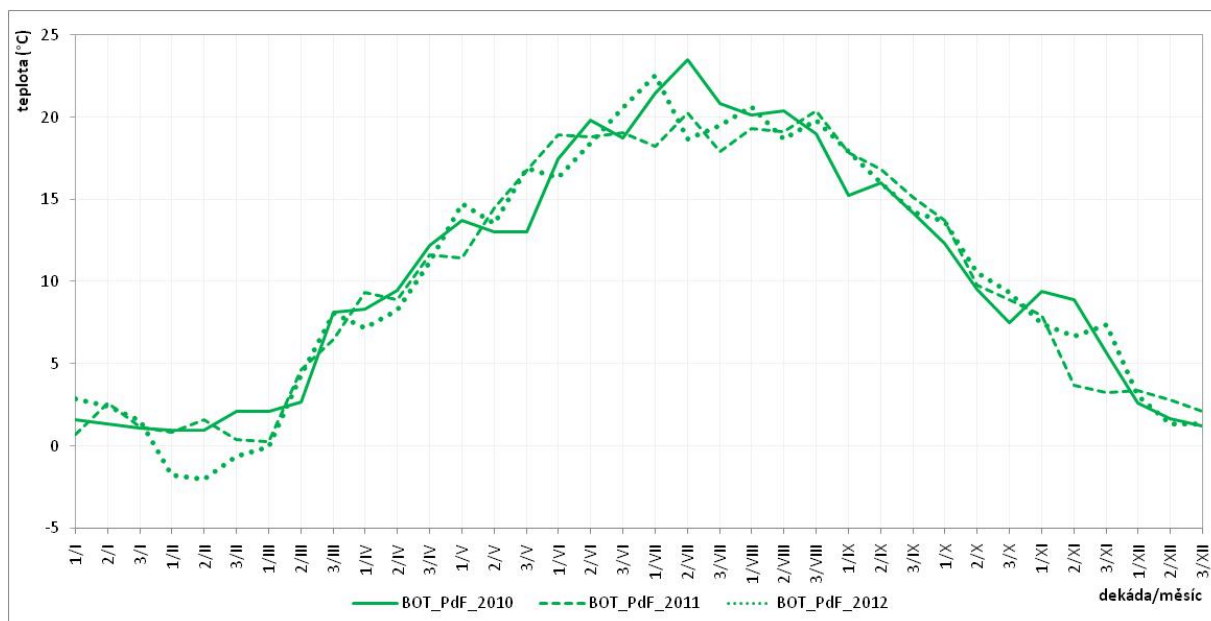
Je-li srovnáván chod teploty půdy na jediné stanici během více roků, pak je zřejmé, že zásadní vliv na rozdílný chod teplot má především doprovázející režim počasí. Například v roce 2012 byla dekádou s nejvyšší průměrnou teplotou půdy již druhá červnová dekáda, zatímco v letech 2010 a 2011 byly průměrné teploty půdy nejvyšší až v druhé červencové dekádě (obr. 2). Brzký nástup nejvyšších průměrných ročních teplot půdy lze spojovat s nižšími úhrny globálního záření v červenci roku 2012 (obr. 3).



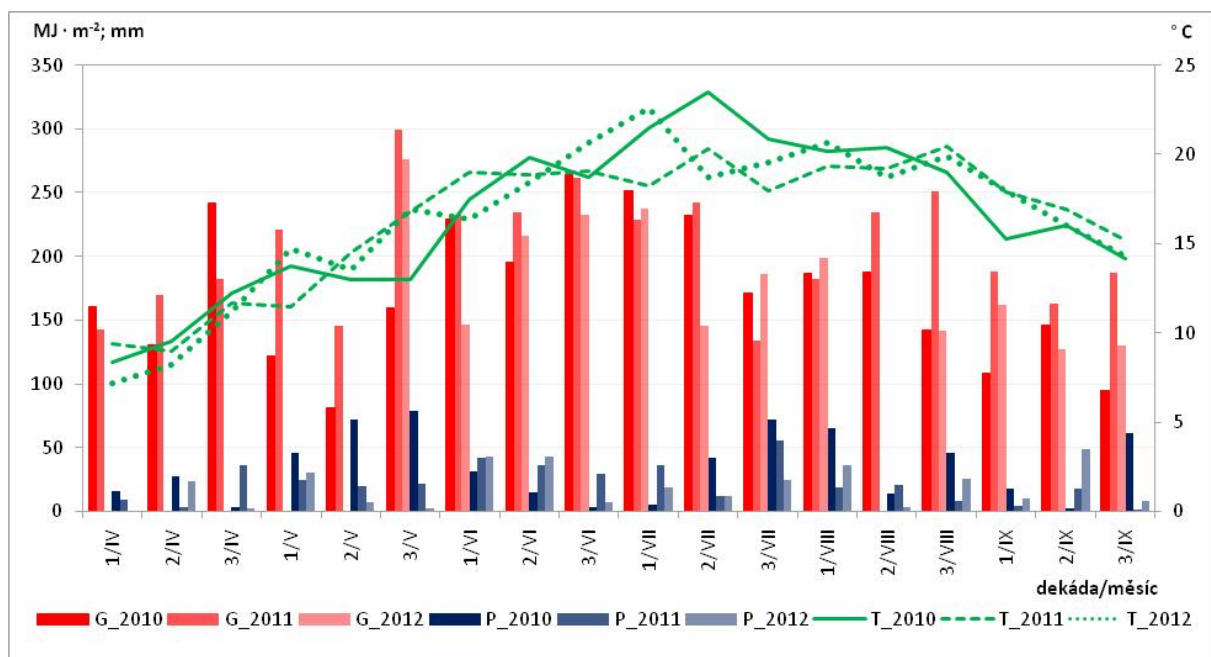
Obr. 1. Průměrná teplota půdy na vybraných stanicích MESSO v roce 2010

Mezi úhrny globálního záření a teplotou půdy byla očekávána poměrně silná závislost. Jak však potvrdily výpočty, pouze menší část časové variability průměrné teploty půdy napříč dekadami lze vysvětlit přímo skrze intenzitu globálního záření ($R^2=0,26$). Jistou část reziduí vysvětlují výsledky analýzy vlivu radiačních dní na teplotu půdy, které prokazují kladný vliv radiačních dní na teplotu půdy do konce července a na záporný vliv radiačních dní na teplotu půdy od poloviny září (bude upřesněno).

Protože půdní vlhkost zásadně ovlivňuje tepelné vlastnosti půdy, je časová variabilita půdní vlhkosti jednou z příčin malé přímé závislosti mezi teplotou půdy a úhrny globálního záření. Lepších výsledků regresního modelu se však nepodařilo dosáhnout, ani pokud byly hledány souvislosti mezi rezidui vztahu teploty půdy a globálního záření se srážkovými úhrny v předešlých dnech.



Obr. 2 Průměrná teplota půdy na stanici BOT_PdF v letech 2010–2012



Obr. 3 Průměrná teplota půdy, úhrny globálního záření a srážkové úhrny na stanici BOT_PdF
 v teplém půlroce v letech 2010–2012

Diskuze

Režim teploty půdy v letech 2010–2012 vykazoval značnou pravidelnost. Vztah mezi sumami úhrnů globálního záření a průměrnou teplotou půdy však nebyl jednoznačný, stejně jako vztah mezi denní amplitudou teploty půdy a denními úhrny globálního záření ve dnech s radiačním počasím. Může proto být zavádějící, že průměrná denní intenzita globálního záření ve dnech s radiačním počasím dobře korelovala s denní amplitudou teploty půdy (Lehnert 2012). Příčinu je možno hledat jak ve vlivech celkového trendu chodu teploty půdy, tak ve vývoji noční energetické bilance povrchu v průběhu roku. Ze zákonitosti radiační bilance aktivního povrchu vyplívají v ročním období se zápornou energetickou bilancí vyšší tepelné ztráty povrchu půdy v radiačních dnech než ve zbylých dnech, přestože hodnoty globálního záření jsou v radiačních dnech vyšší.

Hodnoty reziduí vztahu teploty půdy a intenzity globálního záření může podstatně snížit také měření půdní vlhkosti, přestože vliv samotných srážek na teplotu půdy se navzdory několika variantám testů zatím nepodařilo přímo vyjádřit. Vries (1952) zjistil přibližně konkávní funkci mezi půdní vlhkostí a tepelnou vodivostí půdy. Tu je možno považovat za jednu z komplikací při vyjádření vlivu srážek na teplotu půdy. Nepodařilo se však vyjádřit ani vliv zvýšené evaporace tzv. „cold shower“ efekt na hodnotu teploty půdy. Ten popsali Brooks a Rhoades (1953) a na úrovni denního chodu teploty půdy ho identifikoval i Lehnert (2012). Sledování vlhkosti půdy a znalost hydrických režimů půd na sledovaných lokalitách je tak nevyhnutelné.

Jelikož je zřejmé, že jednoduché regrese nedokáží vysvětlit vztah režimu teploty půdy a jejich determinantů, je nezbytné přistoupit k hledání složitějších vztahů založených na znalostivíce vzájemně se ovlivňujících parametrů. Balland, Arp (2005), kteří takový přístup aplikovali pro stanovení tepelné vodivosti půdy, dosáhli velmi dobrých výsledků. Nejen pro pedoklimatické účely je však vypovídající hodnotou nikoliv tepelná vodivost půdy, ale teplota půdy. Navíc, pokud je sestavován model pro půdní vodivost, je explicitní k latentním ztrátám či příjmům tepla. Zároveň je třeba vzít v potaz lepší dostupnost dat o půdní teplotě, než o tepelné vodivosti půdy. Lze se proto domnívat, že nadále je nezbytné pracovat především s teplotou půdy. Postupně by měly být popisovány vztahy mezi teplotou půdy a jejími determinanty na bázi zdokonalování znalosti jejich vzájemných vztahů a vlivů těchto vztahů na režim teploty půdy.

Závěr

Interpretace vlivů globálního záření, srážek a mnoha dalších faktorů, které podmiňují režim teploty půdy, si vyžaduje komplexnější, detailnější a po všech stránkách náročnější analýzy. Pokud mají být postihnuty složité vztahy teploty půdy a jejich determinantů, je nezbytné výrazně rozšířit staniční síť při zachování velikosti zájmového území. Další výzkum tak vyžaduje doplnění stávající staniční sítě o nové lokality určené pro terénní měření teploty půdy.

Literatura

- BALLAND, V., ARP, P. A. (2005): Modeling soil thermal conductivities over a wide range of conditions. *Journal of Environmental Engineering and Science*, vol. 4, pp 549-558.
- BROOKS, F. A., RHOADES, D. G. (1953): Daytime partition of irradiation and the evaporation chilling of the ground. *Transactions, American Geophysical Union*, vol. 35, Issue 1, pp 145-152.
- ELIZBARASHVILI, E. SH. et al. (2007): Specific Features of Soil Temperature Regimes in Georgia. *Eurasian Soil Science*, 40, č. 7, pp 761–765.
- HANKS, R. J., GARDNER, H. R., FAIRBOUR, M. (1967): Evaporation of water from soils as influenced by drying with wind or radiation, *Soil Sci. Soc. Am. Pro.*, vol. 31, pp 593–598.
- HORA, P. (2011): Vztah teploty půdy a různých půdních druhů. In.: Středová, H., Rožnovský, J., Litschmann, T. (eds.): *Mikroklima a mezoklima krajinných struktur a antropogenních prostředí. Skalní mlýn 2–4*. 2. 2011.
- LEHNERT, M. (2012): Režim teploty půdy v městské a příměstské krajině (Olomouc a okolí). Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 104 p.
- RAMDAS, L., A., DRAVID, R., K. (1934): Soil temperatures. *Current science*, vol. 3, pp 266–267.
- RETTIG, H. (1956): Beitrag zum problem der Wasserbewegung im Boden. In: Geiger, R., Aron, R. H., Todhunter, P. (2003): *The Climate Near the Ground*. Rowman & Littlefield publishers, Inc., Lanham, pp 145–146.
- VRIES, D., A. (1952): Het Wärm tegeleidingsvermogen van grond. In: Geiger, R., Aron, R. H., Todhunter, P. (2003): *The Climate Near the Ground*. Rowman & Littlefield publishers, Inc., Lanham, pp 142–144.
- VYSOUDIL, M. et al. (2012): *Podnebí Olomouce*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 211 p.

ZIEHL® (1999): Pt100-Temperature-Sensors Type TF101. ziehl.de [cit 2013-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.ziehl.de/ziehl/englisch/indexe.html>>

Poděkování

Prezentovaný příspěvek vznikl za použití staniční sítě budované z finančních prostředků grantového projektu Grantové agentury ČR číslo 205/09/1297, které tímto děkuji za podporu.

Kontakt:

Mgr. Michal Lehnert

Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého

Katedra geografie, oddělení fyzické geografie

17. listopadu 12

771 46 Olomouc

Česká republika

michal.lehnert@gmail.com