

Tomáš Milěř

Sluneční záření a atmosféra

Diplomní práce, Pedagogická fakulta MU, Brno, duben 2007

Posudek oponenta

Úvodem si dovoluji vyjasnit možné konflikty zájmů. Autor mi na třetím listu děkuje coby konzultantovi. Je pravda, že jsme spolu probírali během uplynulých let řadu témat, nicméně pokud jde o samotný text diplomní práce, ukázal mi autor jen na některé úvodní astronomické pasáže, načež jsem ho upozornil, že se nehodí říkat rovnice něčemu, co neobsahuje znaménko „=" (ač to astronomové a další, vlivem letitého opisování nějaké dávné chyby, v jednom případě dělají). Jde konkrétně o rozdíl pravého a středního slunečního času. Doporučil jsem též přidat graf této závislosti v průběhu roku. S obojím se autor dobře vypořádal. Téměř hotový koncept diplomní práce jsem nestihl ani začít číst, ač mne o to autor týden před jejím odevzdáním požádal. Teprve ze čtvrtku na pátek 20. dubna jsem ve chvatu přečetl verzi dostupnou tehdy na autorově webu a autorovi poslal jediný námět na opravu (ta se skutečně ještě podařila, šlo o správný popis pravé části obrázku 8), z práce jsem měl velmi dobrý dojem.

Po podrobnějším studiu diplomní práce z ní mám velmi dobrý dojem nadále. Práce je přehledná, důkladně uvádějící v textu odkazy, jejichž seznam je výborný v tom smyslu, že kdykoliv to je možné, uvádí přímo i URL, takže si je lze v případě pochybností či zájmu ihned prostudovat. Neobsahuje přitom odkazy zbytečné, které v textu autor nepotřebuje. V práci jsou shromážděny zajímavé obrázky. Jde zřejmě o dosud nejlepší český přehled o současných znalostech, pokud jde o hustotu toku slunečního záření dopadajícího na zemský povrch.

Autor kromě toho vyzkoušel a popisuje několik způsobů pozorování a měření jednoduchými, levnými prostředky (jaké mohou být dostupné např. ve škole), které mohou dát nějaké údaje o propustnosti zemské atmosféry.

http://is.muni.cz/th/80022/pedf_m/Slunecni_zareni_a_atmosfera_Tomas_Miler.pdf – tedy elektronická podoba práce – má ještě další podstatnou kvalitu, je totiž téměř plně hypertextová i se správnými záložkami vlevo, umožňujícími rychlou navigaci v textu. (Ono „téměř“ se týká jen toho, že není použita možnost „backref“, kterou pro sazbu nabízí „balík“ hyperref, tj. zpětné skoky do textu ze seznamu referencí na místa, kde jsou dané reference použity – autorovi jsem existenci takové možnosti bohužel zmínil až dlouho po odevzdání práce). Autor zjevně dobře zvládl užitečné řemeslo, totiž sazbu v pdftexu. Pro čtenáře, kteří užívají textové browsery (jistě, mnoho jich není) nebo chtějí některé pasáže citovat, se hodí i textová podoba práce, http://is.muni.cz/th/80022/pedf_m/Slunecni_zareni_a_atmosfera_Tomas_Miler.txt

Práci bych rád hodnotil i výborně, váhám ale vzhledem k několika aspektům, které jí chybí k dokonalosti.

Tím hlavním, obecným, je *nerozlišování veličin a jejich číselných hodnot*. To je samozřejmě chyba, která se vyskytuje v odborné literatuře běžně. Na druhé straně, speciálně

učitelé fyziky by to rozlišovat měli. Kromě toho, nerozlišování často činí text těžko srozumitelným (příkladem je vzorec 37, kde se sčítají násobky druhé a mínus druhé mocniny vlnové délky – má jít nepochybně jen o číselné hodnoty délek, ale s jakou jednotkou. . . lze jen hádat, že jde o vlnovou délku dělenou jedním mikrometrem). Samozřejmě, rozlišování textu prodlouží, ať již se použije konvence množinových závorek (a jednotka je udána coby dolní index za závorkou), nebo ať se postupuje jednoduše, explicitně, tj. veličina se vždy patřířičnou jednotkou vydělí, kdekoliv je to potřeba. Více o tom viz NIST Guide to SI Units - Rules and Style Conventions, část 7.11 Quantity equations and numerical-value equations <http://physics.nist.gov/Pubs/SP811/sec07.html#7.11> (celá publikace je dostupná, i jako pdf, ze stránky <http://physics.nist.gov/Pubs/SP811/contents.html>).

Druhou závažnější nedokonalost práce spatřuji v tom, že není uveden způsob, jak byl z údajů z fotovoltaických panelů (v jednom případě napětí naprázdno, ve druhém výkonu) počítán Linkeho koeficient. Jde přitom o jakousi experimentální dominantu práce, která se takto jeví být tajemná, ne zcela pochopitelná.

Třetí nedokonalost už bych autorovi ani moc nekladl za vinu: přílišnou důvěru v publikované vztahy. Na druhé straně, proč by diplomní práce neměla zjistit, že některé práce obsahují závažné chyby? U jedné z chyb nevím, nevznikla-li opisem (nemám citovaný zdroj): intenzitu difúzního záření na vodorovnou plochu stěží může být rovna $0,33 \times (\text{extraterestrická intenzita záření} + \text{přímé normálové intenzita u povrchu Země}) \times \sin$ úhlové výšky Slunce (jak říká vztah 17), protože by pro Slunce poblíž zenitu byla zhruba 0,55 té extraterestrické, celého třičtvrtě kilowattu. Možná tam patří prostě koeficient o jeden řád menší. Jinde je chyba nepochybně už na straně původních autorů: jde o vztah 69 či explicitnější 72. Nesmyslnost vztahu se v diplomní práci projevila v obrázku 30: při suchém ovzduší bez aerosolů by podle tohoto vztahu intenzita přímého slunečního záření na povrchu Země nezávisela na tom, jak vysoko je Slunce na obloze (viz levý okraj grafu, pro Linkeho koeficient rovný jedničce). Když jsem pátral po tom, zdali už na chybu někdo neupozornil, našel jsem od jednoho z oněch autorů publikovaný pozoruhodný složitý vzorec, obsahující část typu $\ln(\exp(\text{výraz}))$; odlogaritmováním by se vzorec zjednodušil do názorné triviálnosti. Zdá se, že v daném oboru (zkoumání slunečního příkonu na povrch Země, speciálně jde o časopis Solar Energy 80 (2006), str. 477) nepanuje zrovna kritické ovzduší. Tím spíše všechna čest Tomáši Milěřovi, že se takovou džunglí prodral a napsal o tom srozumitelný text.

Kromě toho práce samozřejmě obsahuje řadu chybek či nepřesností, jako každý text, který je čerstvě sepsán, na hodnocení práce by neměly mít vliv. Uvádím je, jak jsem si je poznamenal na okraji svého výtisku. V úvodu (i na několika místech dále) se píše o Linkeho koeficientu znečištění – ale jak je zřejmé, koeficient se stává větším než jedna již přítomností vodní páry a stratosférického ozónu, které lze stěží za znečištění považovat (kdoví, jestli za ně lze považovat i solné aerosoly z oceánů, znečištění v užším smyslu je totiž produkt antropogenní). Ve výčtu na další straně chybí závorka a hlavně lze stěží do pevných a kapalných částic počítat nezkondenzovanou vodu, leda by šlo o krystalky vzniklé sublimací). V části Solární konstanta v závěru str. 6 je odkaz na graf, který není uveden, a pak je komické tvrzení, že „konstanta“ sezónně kolísá v rozsahu téměř sedmi procent (je uvedeno podrobnější číslo, které je ale v mírném rozporu s údajem o několik řádků dále na další straně). Nekolísá konstanta, neb ta je udávána pro konstantní vzdálenost od Slunce. Ještě, dole na str. 6 by se rozsah skutečného kolísání sluneční zářivosti hodilo stlačit z nadsazeného 1 % na třetinu procenta (běžně ale jen jedno promile,

viz <http://www.pmodwrc.ch/pmod.php?topic=tsi/composite/SolarConstant>, odtud lze vzít i lepší střední hodnotu, totiž 1366 W/m^2). Na str. 8 patří globálního. Na str. 13 jde asi o *náklon* 37 stupňů (k jihu). Na str. 14 se v závěru hodí psát „pěti až šesti tisíc kelvinů“ místo „cca 5000 – 6000 K“ (zde by jinak platilo doporučení NIST, uvádět jednotku u obou okrajů rozmezí). Líčení a údaje na následující straně jsou s těmi na str. 14 poněkud v rozporu (jde o teploty chromatičnosti). Na str. 17 patří *pylová* a *Ne* (jako neon). Na str. 19 se hodí psát „k viditelnému“ místo „ke zdánlivému“ slunci (tento běžný nešvar vznikl asi nevhodným překladem anglického *apparent* do němčiny i češtiny, slunce se nám na nebi nezdá, ono tam opravdu bývá). Na str. 20 je nejasné, jak se počítá m_{KY}^{refr} . Na str. 23 je dvojmo *zřejmě* a patří *nepoužitelné*, . Dále, vzorec 39 má mít koeficient o řád menší 0,9 místo 9,9. Na str. 25 není myslím pravda, že vodní pára neabsorbuje pod vlnovou délkou 0,7 mikrometru (už před sodíkovým dubletem je přece první „dešťový pás“), i když to tak reference skutečně tvrdí. Vzorec 48 má mít na levé straně jen w . Obr. 23 na str. 28 má graf vlevo nejasného původu, v rozporu s tabulkou vpravo (maximum ozonové absorpce by mělo být na 610 nm). Na str. 30 na prvním řádku vypustit „za“. Str. 31 má nějak zmatený první odstavec.

Závěrem, asi bych měl zdůraznit, že naše měření světla fotovoltaickým panelem je ve dne tak nejisté (teplotní kompenzace se totiž opírá o teplotu vzduchu, ne panelu) a napětí tak málo závislé na osvětlení plným sluncem, že interpretovat jeho hodnoty, pokud jde o porovnávání různých výpočtů Linkeho koeficientu, ba i pokud jde o samotnou turbiditu ovzduší, je asi předčasné. Snad by se pro to dal vymyslet model, kdy by se teplota detektoru nějak odhadovala (v závislosti na předchozím oslunění a větru, jehož rychlost ale nemáme dobře měřenou). Mohlo by to stát za to, když už máme tak pěknou řádku dat, téměř celý rok. To, že měření probíhá, je autorovou zásluhou, kterou snad ani nezmínil (více viz i kratší URL <http://amper.ped.muni.cz/weather/>). Je dokonce možné, že turbiditu budeme schopni zjistit z hodnot nočních (díky brněnskému venkovnímu osvětlení).

Jako astronom bych ještě dodal, že by stálo za to zmínit v takovém českém textu i stať Zdeňka Mikuláška, jak byla publikována ve studii pro Ministerstvo životního prostředí (<http://amper.ped.muni.cz/noc>), popisující průhlednost ovzduší v Brně a na Skalnatém plese, a také práce Roy Garstanga z osmdesátých let, v nichž dává do souvislosti hodnoty teoretické, astronomicky měřené, meteorologické (dohlednost) a konečně i solární (Linkeho koeficient): Garstang R. H., 1986, PASP 98, 364; Garstang R. H., 1988, Observatory 108, 159; Garstang R. H., 1989, PASP 101, 306. Ideálním vyústěním diplomní práce by bylo heslo ve wikipedii...

Opakuji, že diplomní práce je velmi pěkná, odhaduji, že značně přesahující standard fakulty. Přesto, vzhledem k výše uvedeným problémům, se cítím nucen navrhnout hodnocení jen „velmi dobře“ – snad je autor zvrátí při obhajobě.

RNDr. Jan Hollan,
v Brně 22. května 2007