

Obhajoba diplomové práce **Sluneční záření a atmosféra**

Autor: Tomáš Miléř

Vedoucí: Doc. RNDr. Petr Sládek, CSc.

Oponent: RNDr. Jan Hollan

BRNO 2007

Katedra fyziky, PdF MU

1. Cíle

- Podat komplexní přehled současných znalostí v oboru fyzikálního výzkumu vlivu zemské atmosféry na intenzitu slunečního záření.
- Ověřit některé z metod určování Linkeho faktoru T_L (vyjadřujícího stupeň zákalu atmosféry) z intenzity přímého slunečního záření.
- Prozkoumat možnost aplikování již známých modelů bezoblačné oblohy na data získaná měřením slunečního záření fotovoltaickým článkem při různém sklonu a orientaci.
- Navrhnout jednoduché experimenty pro zjištění stavu atmosféry na základě měření intenzity slunečního záření.

2. Členění diplomové práce

Diplomová práce je členěna do úvodu, 3 kapitol, závěru a příloh (meteorologické podmínky měření, obrazová příloha aj.).

První kapitola (12 stran) představuje charakteristiky slunečního záření a určení polohy Slunce na obloze.

Druhá kapitola (19 stran) pojednává o základních charakteristikách atmosféry a o Linkeho koeficientu.

Třetí kapitola (16 stran) popisuje měření a některé úlohy, které je možno využít ve školních podmínkách.

3. Linkeho koeficient

$$T_{LI} = \frac{\delta_R + \delta_a + \delta_v + \delta_{O_3}}{\delta_R}$$

kde δ_R je optická tloušťka atmosféry pro Rayleighův rozptyl na molekulách,
 δ_a je optická tloušťka atmosféry pro rozptyl na aerosolech,
 δ_v je optická tloušťka atmosféry pro absorpci na vodní páře,
 δ_{O_3} je optická tloušťka atmosféry pro absorpci na molekulách ozónu.

Hodnoty Linkeho koeficientu jsou obvykle

$T_L = 2,0$ pro polohy nad 2 000 m n. m.,

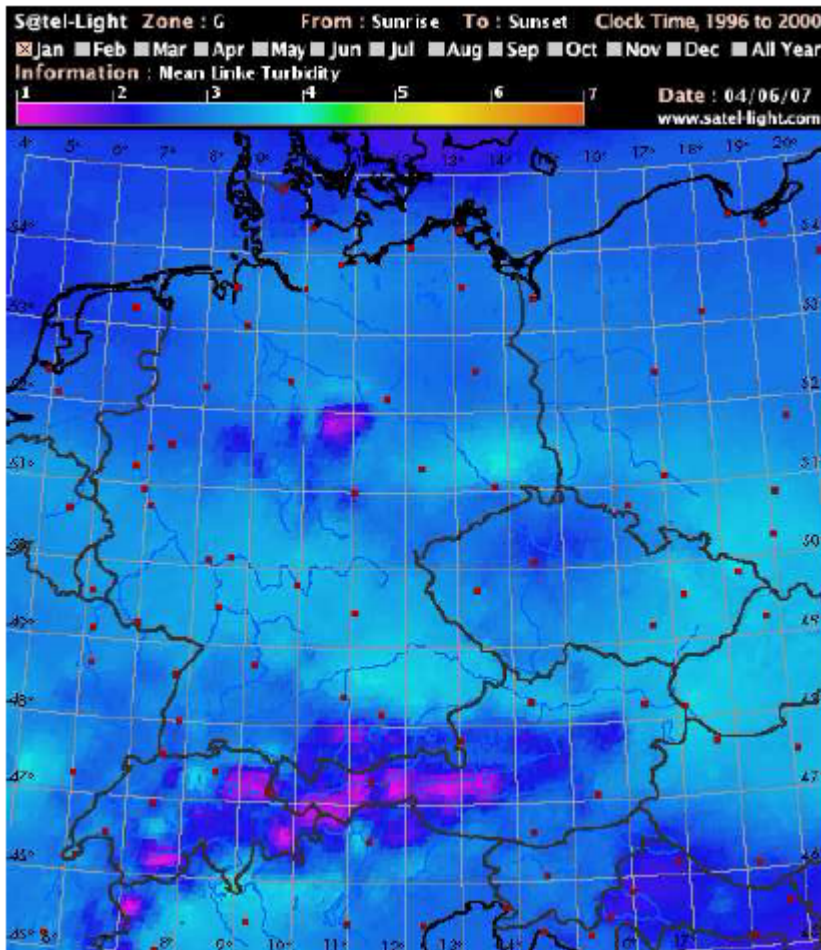
$T_L = 2,5$ pro místa 2 000 m n. m.,

$T_L = 3,0$ pro venkov bez průmyslových exhalací,

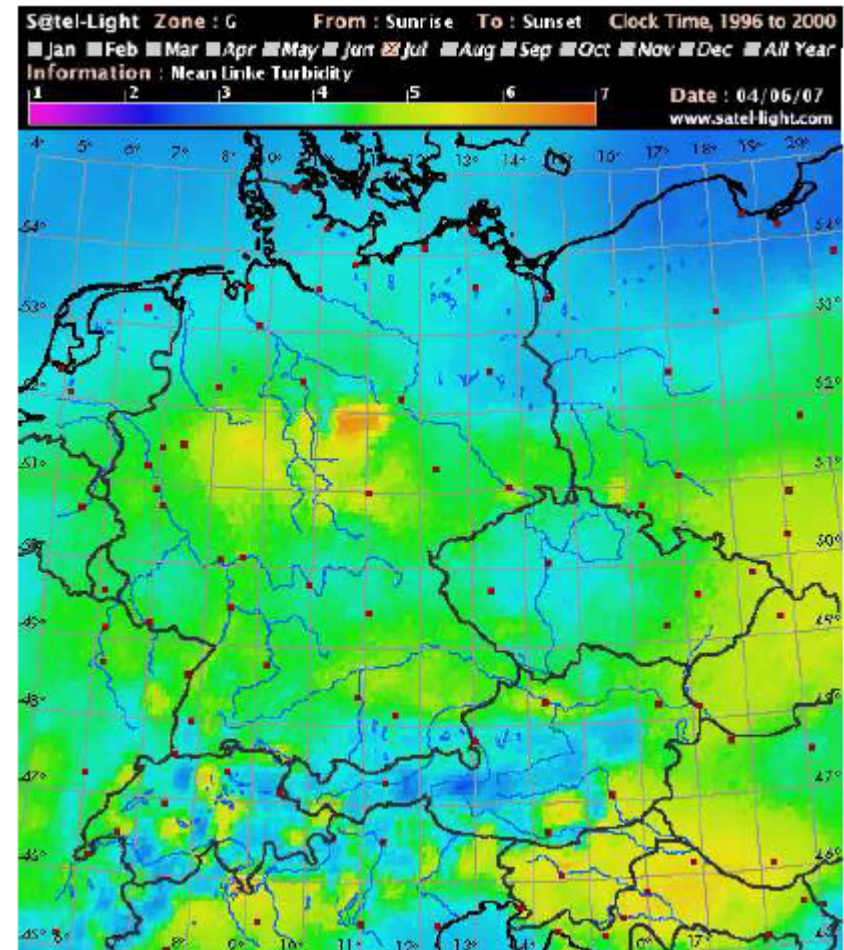
$T_L = 4,0$ pro města s průmyslovými exhalacemi a

$T_L = 5 - 6$ v průmyslových městech.

Průměrné hodnoty T_L ve střední Evropě



LEDEN



ČERVENEC

4. Ukázka jednoho z měření

Měření změn spektrálního složení přímého slunečního záření během dne

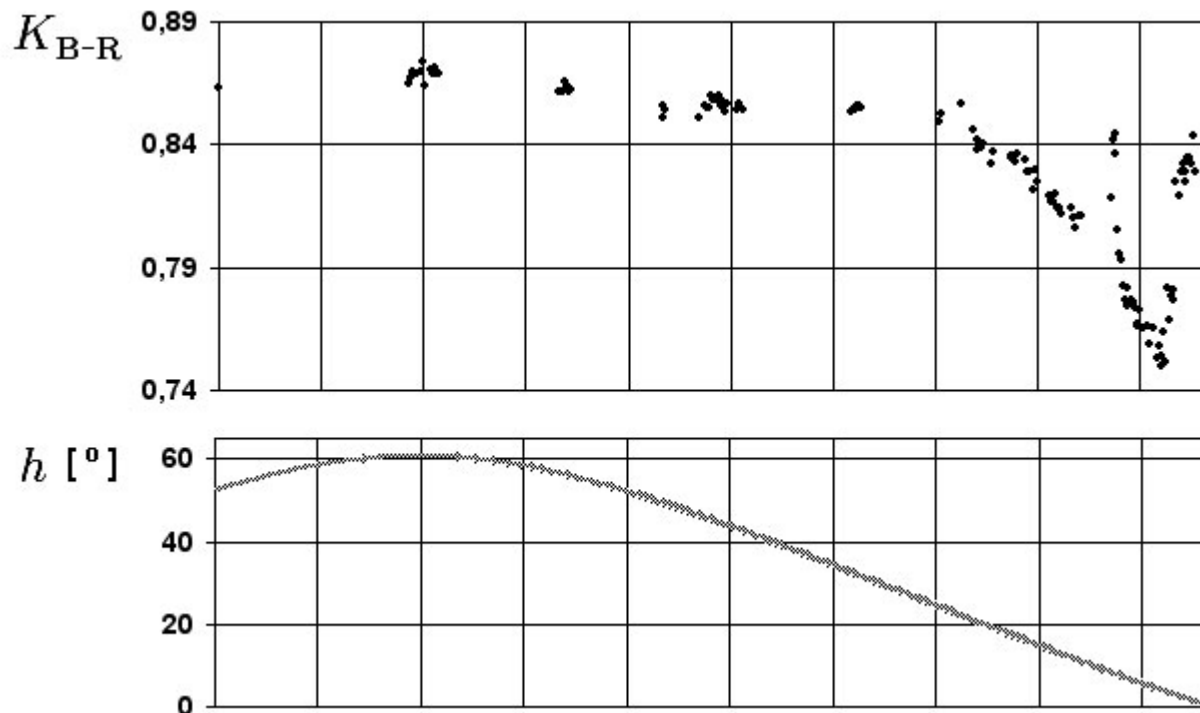
- Digitálním luxmetrem byla měřena intenzita osvětlení jak přímo, tak přes barevné fotografické filtry.
- Ukázalo jako dostačující použití běžných fotografických filtrů – červeného a modrého.
- K zjištění kolmosti čidla k slunečním paprskům byl použit jednoduchý „stínoměr“.



- Pro znázornění změn spektra je výhodou zavést relativní poměr K_{B-R} rozdílu intenzity osvětlení při použití modrého filtru E_B a při použití červeného filtru E_R .

$$K_{B-R} = \frac{E_B - E_R}{E_B}$$

- Výsledek měření dne 24.7.2006 ve Šlapanicích u Brna



5. Závěr

1. Diplomová představuje jednoduchá měření týkající se kvality ovzduší a vlivu úhlové výšky Slunce na barevné složení denního světla.
2. Měření relativního poměru intenzity osvětlení při použití modrého a při použití červeného filtru ukazuje, že se v průběhu dne mění barevné rozložení spektra slunečního světla tak, že se k večeru podíl červené složky zvyšuje.
3. S použitím fotovoltaického článku je možné stanovit hodnotu Linkeho faktoru znečištění ovzduší.
4. Byly ověřeny 4 modely bezoblačné oblohy. Pro zpracování dat z pyrheleometrických měření se z těchto modelů jeví jako nejlepší metoda Ineichena a Pereze, pro měření FV panelem je vhodnější metoda Heindela-Kocha.

6. Diskuze

1. "Nerozlišování veličin a jejich číselných hodnot."

$$\sigma(\cdot 10^{-28} \text{cm}^2) = \frac{1,045\,599\,6 - 341,290\,61 \lambda^{-2} - 0,902\,308\,50 \lambda^2}{1 + 0,002\,705\,988\,9 \lambda^{-2} - 85,968\,563 \lambda^2}$$

1. "Není uveden způsob, jak byl z údajů z fotovoltaických panelů (v jednom případě napětí naprázdno, ve druhém výkonu) počítán Linkeho koeficient."

- Z napětí naprázdno:

$$P = U_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF$$

$$I_{Pn} = \frac{P}{\eta \cdot S}$$

$$T_L = \frac{1}{m \cdot \delta_R} \cdot \ln \frac{I_0}{I_{Pn}}$$

- Z výkonu: Měření výkonu poskytoval střídač.

- Při vlastním měření natáčíme pomocí stínoměru panel kolmo ke slunečním paprskům, a měříme napětí naprázdno U_{oc} a proud nakrátko I_{sc} . Výkon fotovoltaického panelu vypočítáme pomocí vztahu:

$$P = U_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF$$

kde FF je koeficient plnění (fill factor), pro monokrystalický křemík má obvykle hodnotu $FF = 0,75$.

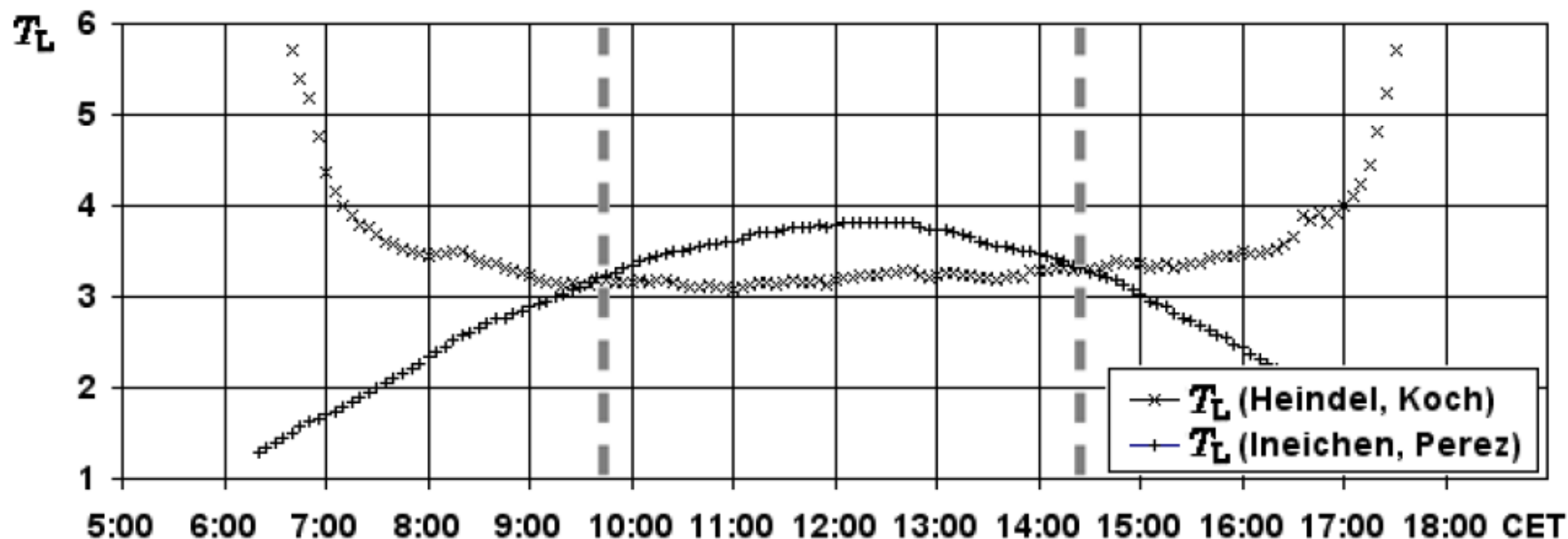
- Intenzita přímého slunečního záření na plochu kolmou ke směru paprsků je pak:

$$I_{Pn} = \frac{P}{\eta \cdot S}$$

kde η je účinnost fotovoltaického panelu (obvykle asi 0,125, resp. 12,5 %) a S je jeho plocha (včetně rámu) v m^2 .

- Linkeho koeficient znečištění atmosféry lze podle Ineichena a Pereze vypočítat následujícím empirickým vztahem:

$$T_{LI} = \frac{11,1}{m} \cdot \ln \left[\left(0,664 + \frac{0,163}{\exp\left(\frac{H}{8000}\right)} \right) \cdot \frac{I_0}{I_{Pn}} \right] + 1$$



Obrázek 34: Hodnoty Linkeho koeficientu získané metodou Heindela–Kocha a Ineichena–Pereze z měření napětí naprázdno fotovoltaického článku v horizontální poloze, Brno – Kraví Hora dne 11.3.2007