



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství
Odbor termomechaniky a techniky prostředí

Vliv slunečního záření na mikroklima v kabině automobilu

Část 1. – Model slunečního záření na Zemi

☐ Sluneční záření na Zemi

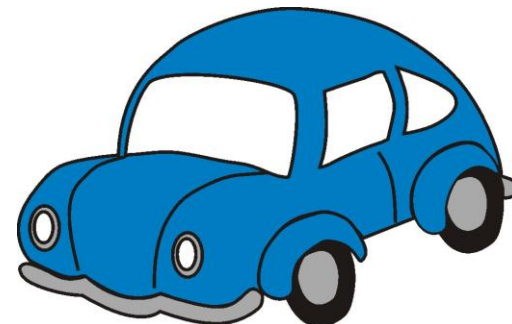
Predikce

- Roční a denní doba
 - Zeměpisná poloha
 - Poloha slunce na obloze
 - Znečištění atmosféry, oblačnost
 - Intenzita slunečního záření

Meteorologická data

☐ Auto

- Orientace kabiny vůči slunci
 - Plocha prosklení
 - Vlastnosti skel
 - Klimatizace



VSTUPY

- *Rok, den v roce (d), lokální čas (LT), časová zóna (TZ)*
- *z. délka (Lo), z. šířka (La), z. nadmořská výška (Al)*

ROVNICE

- *Rovnice času (EoT)*
- *Lokální standardní poledníkový čas (LSTM)*
- *Korekční faktor času (TC)*
- *Lokální sluneční čas (LST)*
- *Hodinový úhel (HRA)*
- *Deklinace (δ)*

VÝSTPY

- *Azimut*
- *Elevace*

Poloha slunce na obloze

Rovnice času (EoT)

$$EoT = 9.87 \cdot \sin(2B) - 7.53 \cdot \cos(B) - 1.5 \cdot \sin(B) \quad [\text{min}] \quad B = \frac{360}{365}(d - 81) \quad [\text{deg}]$$

Hodinový úhel (HRA)

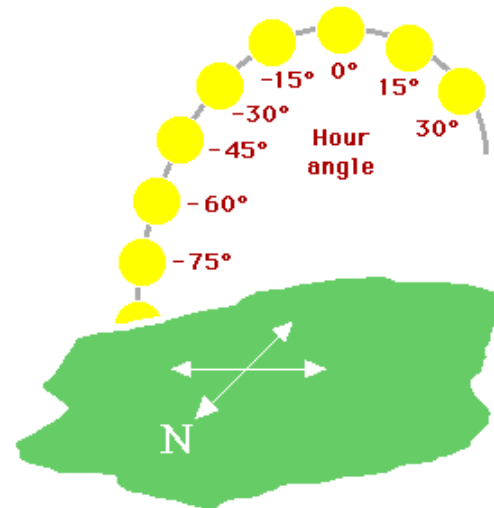
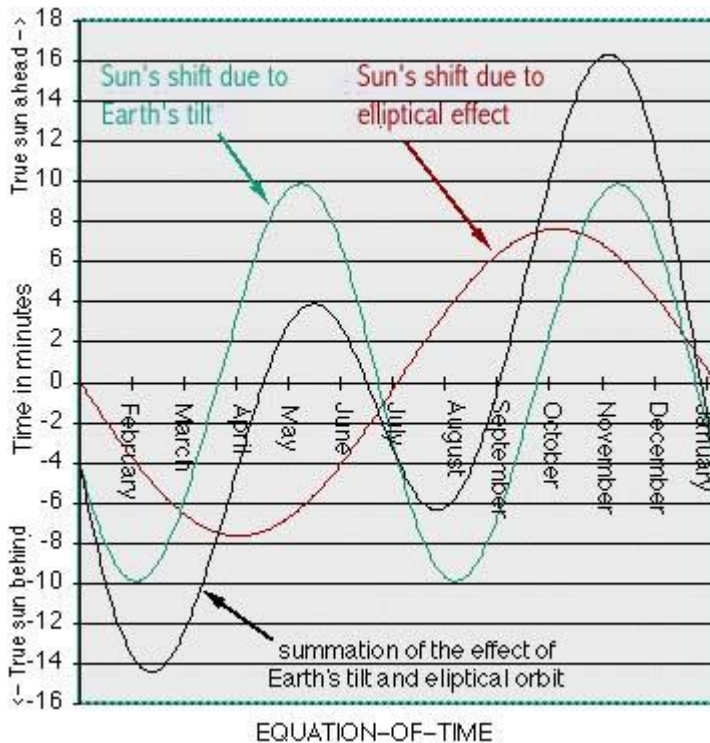
$$HRA = 15^\circ \cdot (LST - 12) \quad [\text{deg}]$$

$$LST = LT + \frac{TC}{60} \quad [\text{h}]$$

$$TC = 4 \cdot (Lo - LSTM) + EoT \quad [\text{min}]$$

$$LSTM = 360^\circ / 24 \cdot TZ \quad [\text{min}]$$

Poledne v lokálním slunečním čase (LST) je právě když se slunce nachází nejvýše na obloze (HRA=0°).



Poloha slunce na obloze

Rovnice času (EoT)

$$EoT = 9.87 \cdot \sin(2B) - 7.53 \cdot \cos(B) - 1.5 \cdot \sin(B) \quad [\text{min}] \quad B = \frac{360}{365}(d - 81) \quad [\text{deg}]$$

Hodinový úhel (HRA)

$$HRA = 15^\circ \cdot (LST - 12) \quad [\text{deg}]$$

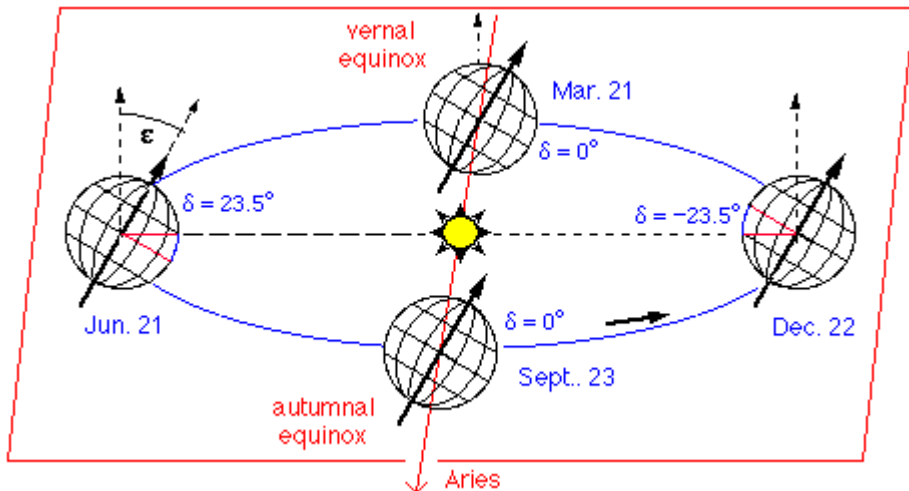
$$LST = LT + \frac{TC}{60} \quad [\text{h}]$$

$$TC = 4 \cdot (Lo - LSTM) + EoT \quad [\text{min}]$$

$$LSTM = 360^\circ / 24 \cdot TZ \quad [\text{min}]$$

Deklinace (δ)

$$\delta = \arcsin\left(\sin(23.45^\circ) \cdot \sin\left[\frac{360}{365} \cdot (d - 81)\right]\right)$$



Poloha slunce na obloze

Rovnice času (EoT)

$$EoT = 9.87 \cdot \sin(2B) - 7.53 \cdot \cos(B) - 1.5 \cdot \sin(B) \quad [\text{min}] \quad B = \frac{360}{365}(d - 81) \quad [\text{deg}]$$

Hodinový úhel (HRA)

$$HRA = 15^\circ \cdot (LST - 12) \quad [\text{deg}] \quad LST = LT + \frac{TC}{60} \quad [\text{h}]$$

$$TC = 4 \cdot (Lo - LSTM) + EoT \quad [\text{min}]$$

$$LSTM = 360^\circ / 24 \cdot TZ \quad [\text{min}]$$

Deklinace (δ)

$$\delta = \arcsin\left(\sin(23.45^\circ) \cdot \sin\left[\frac{360}{365} \cdot (d - 81)\right]\right)$$

Azimut

$$Azi = \arccos\left[\frac{\sin \delta \cdot \cos(La) - \cos \delta \cdot \sin(La) \cdot \cos(HRA)}{\cos \alpha}\right]$$

$$Azimut = \begin{cases} \text{if } LST < 12 \text{ or } HRA < 0 \text{ then } Azi \\ \text{if } LST > 12 \text{ or } HRA > 0 \text{ then } 360^\circ - Azi \end{cases}$$

$$\alpha = 90 - La + \delta \quad \text{severníp.}$$

$$\alpha = 90 + La - \delta \quad \text{jižníp.}$$

Elevace

$$Elevace = \arcsin[\sin \delta \cdot \sin(La) + \cos \delta \cdot \cos(La) \cdot \cos(HRA)]$$

Oblačnost

Udává se ve stupni pokrytí oblohy vyjádřeného zlomky. Určuje se vizuálně.

Pokrytí × kód	Význam	Symbol
0/8 × 0	jasno	
1/8 × 1	jasno	
2/8 × 2	skoro jasno	
3/8 × 3	malá oblačnost	
4/8 × 4	poloblačno, polojasno	
5/8 × 5	oblačno	
6/8 × 6	oblačno	
7/8 × 7	skoro zataženo	
8/8 × 8	zataženo	
× 9	nelze rozeznat	

Problém:
nespecifikuje se tloušťka vrstvy oblačnosti

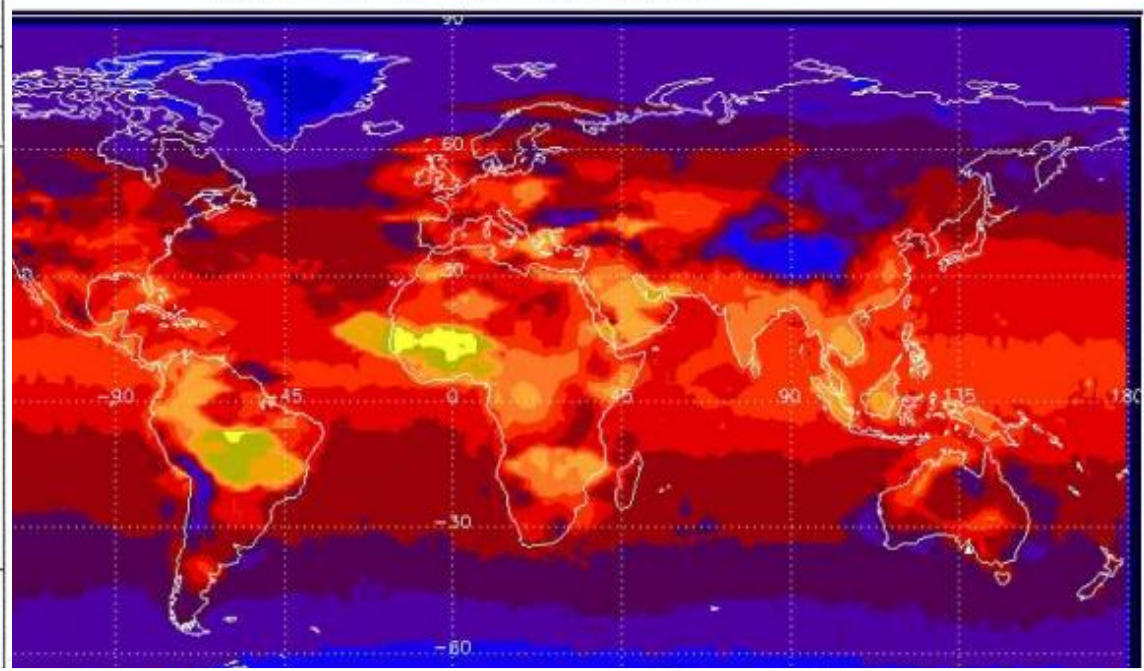
Znečištění atmosféry - Linkeho zákal



1.0 3.0 4.5 6.5



Copyright Meteotest - Armines - Ecole des Mines de Paris, 2002



Tab. 2.1. Průměrný měsíční součinitel znečištění atmosféry

Měsíc	Průměrné měsíční hodnoty součinitele Z pro oblasti s rozdílnou čistotou ovzduší			
	horské oblasti	venkov	města	průmyslové oblasti
I.	1,5	2,1	3,1	4,1
II.	1,6	2,2	3,2	4,3
III.	1,8	2,5	3,5	4,7
IV.	1,9	2,9	4,0	5,3
V.	2,0	3,2	4,2	5,5
VI.	2,3	3,4	4,3	5,7
VII.	2,3	3,5	4,4	5,8
VIII.	2,3	3,3	4,3	5,7
IX.	2,1	2,9	4,0	5,3
X.	1,8	2,6	3,6	4,9
XI.	1,6	2,3	3,3	4,5
XII.	1,5	2,2	3,1	4,2
roční průměr	1,9	2,75	3,75	5,0

Intenzita slunečního záření

VSTUPY

- *Elevace slunce*
- *Nadmořská výška*
- *Koef. Linkeho zákalu (Z) a (koeficient oblačnosti)*

ROVNICE

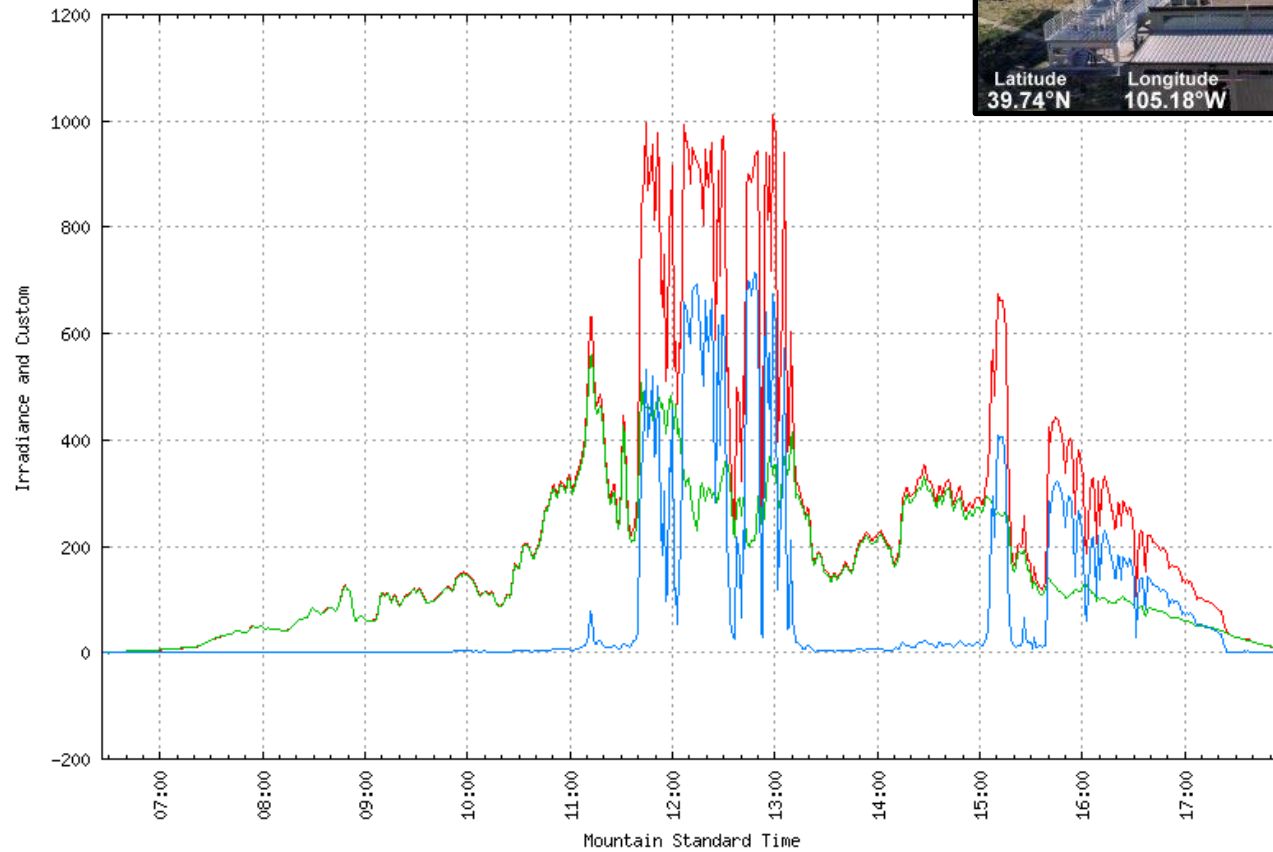
- *Solární záření nad atmosférou*
- *Heindl-Kochův koeficient ε – zohlednění vlivu atmosféry*
- *Korekce pomocí Linkeho zákalu (a oblačnosti)*

VÝSTUPY

- *Přímé sluneční záření* $I_{dr} = I_0 \cdot e^{-\frac{Z}{\varepsilon}}$
- *Difuzní sluneční záření* $I_{df} = f(I_{dr}, I_0, \text{Elevace})$
- *Celkové sluneční záření* $I_{gl} = I_{dr} + I_{df}$

Meteorologická data

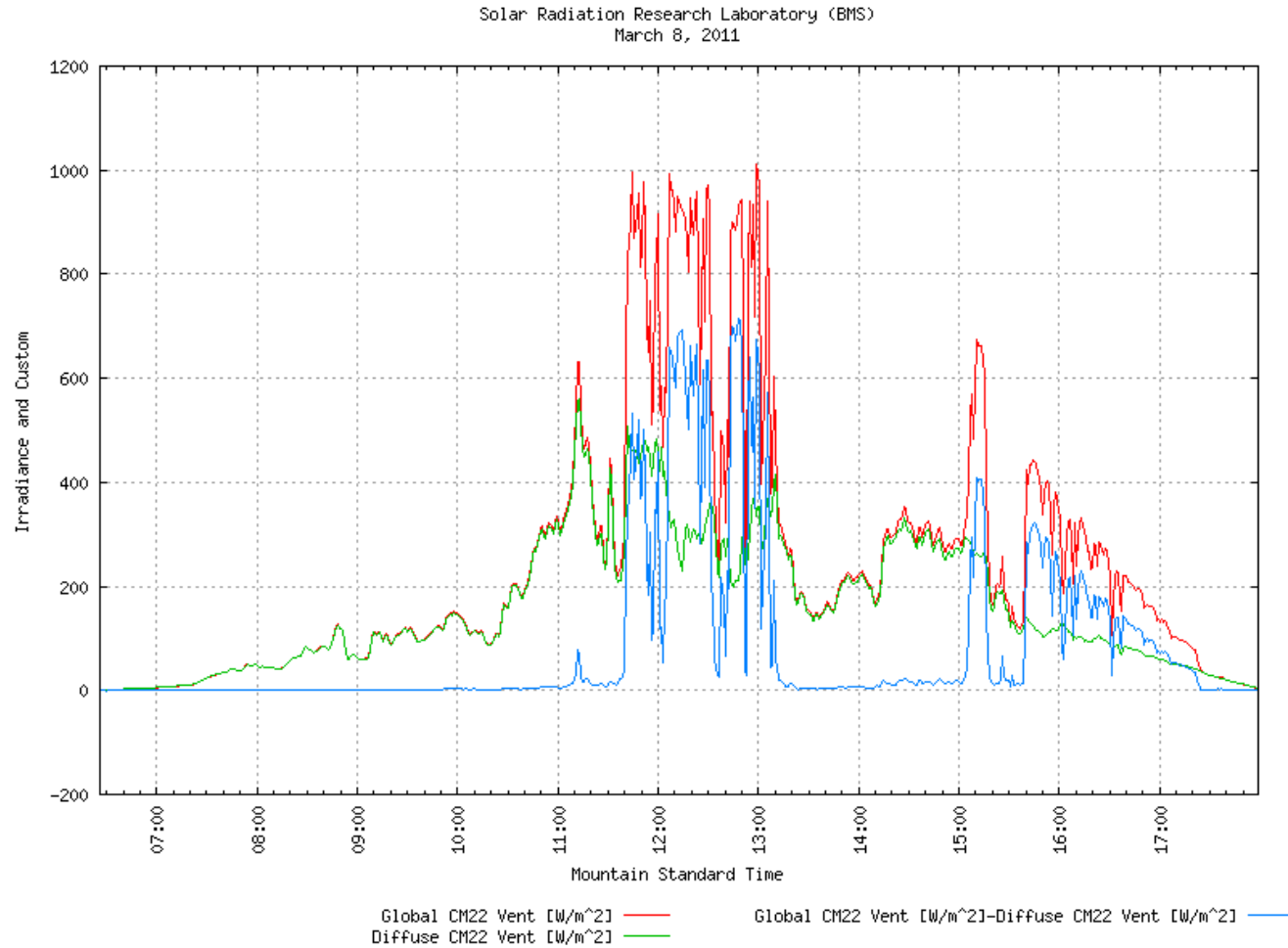
Solar Radiation Research Laboratory (BMS)
March 8, 2011



03/08/2011 07:00 03/08/2011 08:00 03/08/2011 09:00 03/08/2011 10:00 03/08/2011 11:00 03/08/2011 12:00 03/08/2011 13:00 03/08/2011 14:00 03/08/2011 15:00 03/08/2011 16:00 03/08/2011 17:00



Meteorologická data



<http://www.nrel.gov/midc/apps/plot.pl?site=BMS&start=20080901&edy=14&emo=3&eyr=2011&zenloc=159&amsloc=161&year=2011&month=3&day=8&endyear=2011&endmonth=3&endday=8&time=1&inst=3&inst=52&type=plot&wrlevel=6>
<http://www.nrel.gov/midc/apps/skythumb.pl?year=2011&smoonth=3&sday=8&eyear=2011&emonth=3&eday=8&stime=0500&etime=1900&width=8>

- ❑ Sluneční záření má značný vliv na vnitřní klima v kabině automobilu
- ❑ Poloha slunce je na obloze je daná a neměnná
- ❑ Intenzita slunečního záření pro bezoblačnou oblohu
- ❑ Skutečná intenzita solárního záření je těžko určitelná
 - Model pro oblačnou oblohu - pouze odhad
 - Meteorologická data - pouze pro pár míst v ČR
 - Měření intenzity slunečního záření přímo na automobilu
- ❑ Co bude dál?
 - Juniorský projekt – Ing. Pokorný, Ing. Fišer, Bc. Podola
Vývoj 1D modelu kabiny automobilu pro predikci parametrů vnitřního prostředí
=> Získání okrajových podmínek a dat pro kalibraci a validaci modelu