

Vpliv spektra svetlobnih virov na sij nočnega neba

Andrej Orgulan, UM FERl

Matej B. Kobav, UL FE

Uvodne misli

Neželen vpliv svetlobe na okolje:

- Moteč vpliv na ljudi
- Moteč vpliv na živali (in rastline)
- Vpliv na sij nočnega neba

Vsi učinki so odvisni od jakosti svetlobe, njene usmerjenosti in spektra svetlobe

- vpliv na ljudi je zelo kompleksen (melanopsin, blue light hazard, bleščanje)
- Vpliv na živali (žuželke, ptice, želve, ribe)
- Vpliv na sij nočnega neba: sv. tok, usmerjenost, spekter, (razen tega vplivajo lastnosti atmosfere: onesnaženje, oblačnost, vlaga)

Vpliv na sij nočnega neba

Vpliv na sij nočnega neba - tudi kompleksno

- Geometrija
- Lastnosti okolice (refleksije površin, zahteve za E in L...
- Spekter svetlobe:

Je urejeno drugače

- predpisi
- - standardi
- - Lastnosti okolice

Omejitve so opisane s podobno barvno temperaturo (T_p , CCT) in tudi opisno - Čim manj modrega deleža spektra????

Številčno:

- G – indeks
- % deleža svetlobe do 500 nm
- Starry sky index
- Indeks ohranjanja nočnega neba

Vpliv spektra na sij nočnega neba

Podobna barvna temperatura	2010 -	4000 K
	2017 (cca) -	3000 K
	2022	2700 K
	2024	2200 K

Kako naprej ??

Nočni režim – Amber (oranžna) svetloba

Ni niti linearno merilo, niti ni enolična funkcija

Vpliv spektra na sij nočnega neba

Delež svetlobnega toka do 500 nm (520 nm):

- Od cca leta 2017 nekateri predstavniki industrije < 5 %, ali celo < 2 %
- Leta 2023 ZDA – DOE Delež spektralne izsevnosti z valovno dolžino < 500 nm ne sme presegati 7 % (v občutljivih okoljih)

Metoda je zelo enostavna in presentljivo učinkovita, vendar učinek varovanja nočnega okolja ni sorazmeren z odstotki.

Vpliv spektra na sij nočnega neba

G- indeks je vpeljal Španski znanstvenik David Galadí Enríquez, večjo prepoznavnost pa je dobil z vključitvijo v priporočila Evropske komisije v zvezi z zelenim javnim naročanjem leta 2017.

Osnova je razmerje med deležem Spektralne izsevnosti do 500 nm in fotopskim svetlobnim tokom

Indeks je logaritemski in daje večje vrednosti Za svetlobne vire z manjšim deležem svetlobnega toka do 500 nm

$$G = -2.5 \log_{10} \frac{\sum_{\lambda=380\text{nm}}^{500\text{nm}} E(\lambda)}{\sum_{\lambda=380\text{nm}}^{780\text{nm}} E(\lambda)V(\lambda)}$$

Slabosti – utežna funkcija je skočna (1 do 500 nm in 0 za druge valovne dolžine) – občutljivost posameznih udeležencev pa je zelo raznolika.

Vpliv spektra na sij nočnega neba

Merilo (izključno) za vpliv spektra svetlobe na sij nočnega neba smo avtorji predlagali leta 2022,

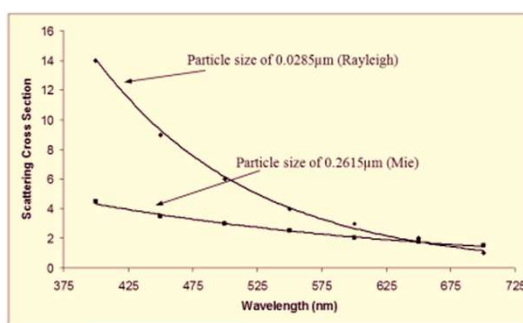
Zmanjšati spektralni vpliv na svetlost neba v zenitu pri dano postavitvi svetilk in izbranem svetlobnem toku.

- Težava je določiti pravilno spektralno utežno funkcijo, saj sipanje v atmosferi ni čisto Rayleighovo sipanje,
- V območju zelo malih valovnih dolžin prevlada Miejevo sipanje, delež tega pa je precej odvisen od onesnaženosti atmosfere

Vpliv spektra na sij nočnega neba

Fizikalni opis problema:

- Rayleighovo sipanje
- Miejevo sipanje
- In drugo



Primer za dve vrsti delcev v atmosferi. Skupni učinek je odvisen od delcev v ozračju. Analiza je primerna za pretežno čisto ozračje, saj bo takrat negativni učinek največji

Vpliv spektra na sij nočnega neba

Obstajajo zelo napredni modeli, ki upoštevajo:

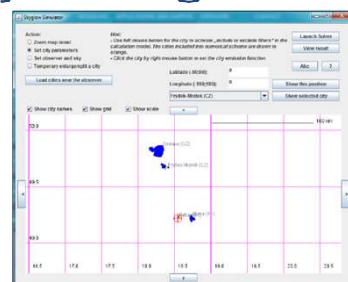
- Geometrijo Garstang
- Lastnosti površin
- Spekter virov Aube, Kocifaj
- Spektralno sipanje
- ...
- Izračuni počasni in prirejeni posameznemu problemu

Za določitev kriterijske funkcije smo uporabili Orodje SkyGlowTool, slovaškega avtorja Kocifaja

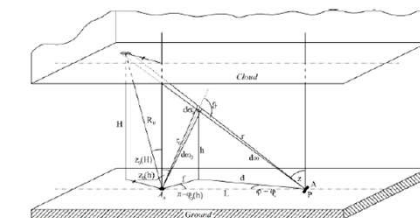
Vpliv spektra na sij nočnega neba

Za referenčni model smo izbrali mesto z okrog 100.000 prebivalci

- Brez večjih ovir na horizontu
- Jasno nebo brez oblačnosti
- Relativno nizko onesnaženje (delno kurjenje biomase, z malim deležem kurilnega olja, srednji izpušni plini)
- 15 % refleksijski factor površin in
- manj kot 10 % neposredne svetlobe navzgor
- Izračunali smo radianco v zenitu pri monokromatski virih normiranih na isto moč pri 550 nm za 700 lm na prebivalca (fotopsko)



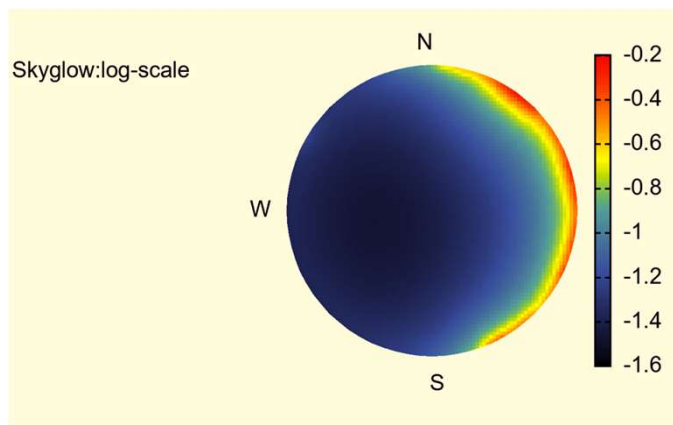
Graphical user interface for the model SkyGlow Simulator.



Geometrical setup of the light-pollution model for SkyGlow Simulator.

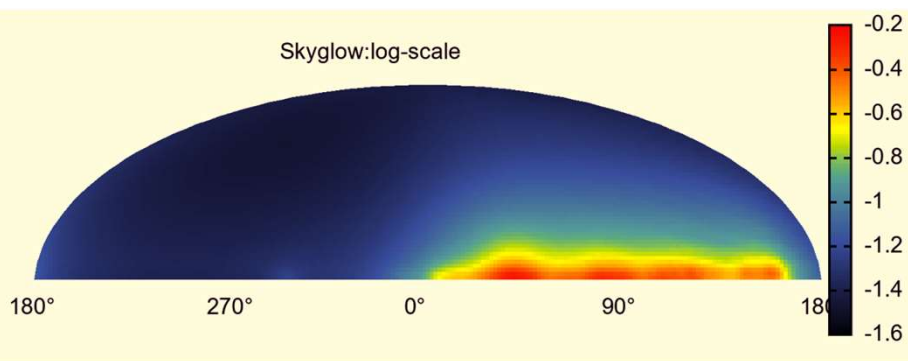
Vpliv spektra na sij nočnega neba

- Izračunali smo radianco v zenitu pri monokromatski virih normiranih na isto moč pri 550 nm za 700 lm na prebivalca (fotopsko)



Vpliv spektra na sij nočnega neba

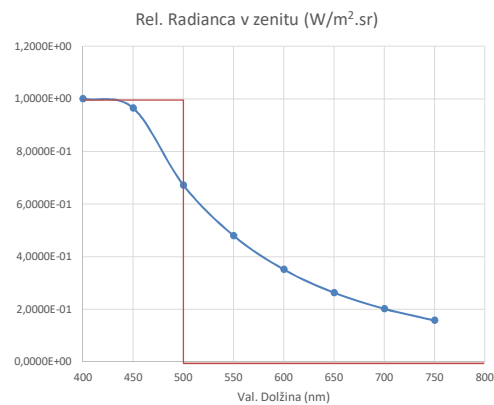
- Izračunali smo radianco v zenitu pri monokromatski virih normiranih na isto moč pri 550 nm za 700 lm na prebivalca (fotopsko)



Vpliv spektra na sij nočnega neba

Postavitev novega merila za vrednotenje vpliva spektra:

Učinek razpršene svetlobe = spekter vira utežen s spektralnim učinkom razpršitve (Rayleigh + Mie)
Delež vidne svetlobe = spekter vira utežen z $V(\lambda)$ (fotopsko), vendar relativno



Vpliv spektra na sij nočnega neba

Postavitev novega merila za vrednotenje vpliva spektra:

$$NSPI = \left(1 + \frac{\int_{38}^{780} \phi_{e,\lambda,ref}(\lambda) \cdot K(\lambda) d\lambda - \int_{380}^{780} \phi_{e,\lambda,mer}(\lambda) \cdot K(\lambda) d\lambda}{\int_{38}^{780} \phi_{e,\lambda,mer}(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda} \right) * 100 (\%)$$

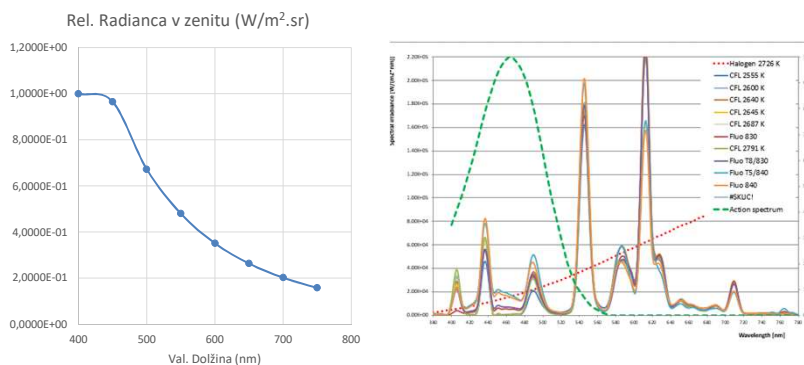
Učinek razpršene svetlobe = spektralna izsevnost vira utežena s spektralnim učinkom razpršitve (Rayleigh + Mie) = $K(\lambda)$

Delež vidne svetlobe = spekter vira utežen z $V(\lambda)$ (fotopsko), vendar relativno

Kot referenčni vir smo uporabili NtNa sijalko (indeks=100)

Vpliv spektra na sij nočnega neba

Učinek razpršene svetlobe = spekter vira utežen s spektralnim učinkom razpršitve (Rayleigh + Mie)

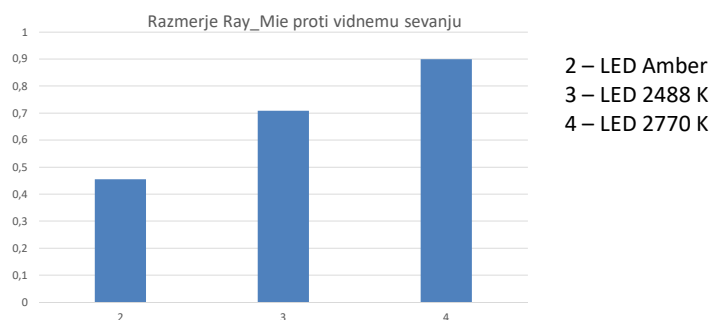


Razsvetljava 2024 Portorož

15

Vpliv spektra na sij nočnega neba

Razmerje razpršene proti vidnemu sevanju

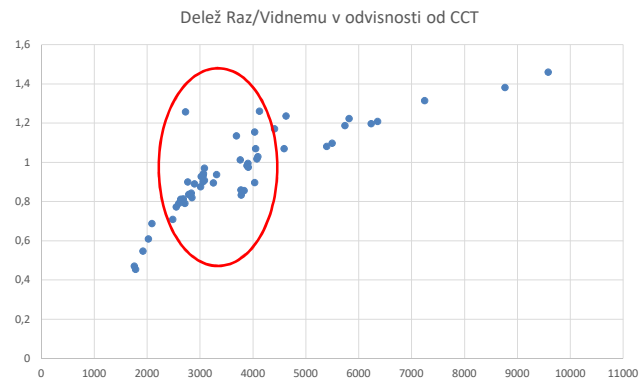


Razsvetljava 2024 Portorož

16

Vpliv spektra na sij nočnega neba

Razmerje Ray/Vidno v odvisnosti od podobne barvne temperature

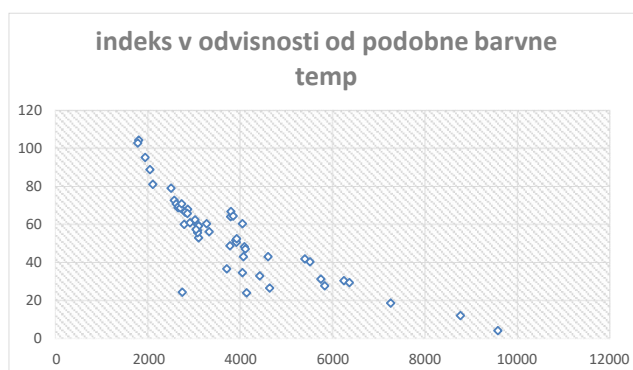


Razsvetljava 2024 Portorož

17

Vpliv spektra na sij nočnega neba

Indeks spektralne sprejemljivosti svetlobnega vira



>80 – odlično
>70 in <80 dobro
(sijalke s T_p
okrog 2700 K)

Razsvetljava 2024 Portorož

18

Vpliv spektra na sij nočnega neba

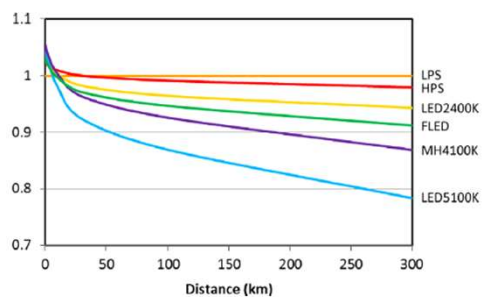
Indeks izboljšuje razmere za bližnjega opazovalca (na robu mesta)

Z oddaljevanjem od mesta se razmere slabšajo!

Oddaljeni opazovalec:

- Manjši Delež svetlobe navzgor – slabše razmere
- Boljši indeks ohranjanja nočnega neba – slabše razmere (velja za vse indekse), vendar boljše kot v mestu
- Še slabše so razmere na horizontu v smeri vira svetlobe!

Razmerje svetlosti v zenitu v primerjavi z NtNa



- Hvala za pozornost!

- Vprašanja: