

Vplivi Razsvetljave na okolje

Andrej Orgulan,
Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, UM

Uvod

- Kateri so (neželeni) vplivi svetlobe na okolje?
- Kako jih lahko merimo, izračunavamo, določamo
- Kako jih lahko omejimo
 - Mednarodna priporočila in standardi
 - Uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja
- Katere vplive omejevati?

Moteče emisije svetlobe

Moteče emisije strokovno delimo predvsem po učinkih, ki jih imajo na okolje ali posamezne skupine uporabnikov:

- neposredni učinki emisij svetlobe, kot so bleščanje, vsiljena svetloba, sij neba nad urbanimi področji,
- vplivi na živali (nekatero poznamo, nekaterih tudi ne),
- drugi vplivi na ljudi (cirkadiani ritmi, modra svetloba),
- drugi vplivi na okolje, ki nastajajo zaradi delovanja naprav, njihove proizvodnje ali razgradnje.

Vplivi neželenih učinkov svetlobe so lahko **fiziološki** ali **psihološki**, pri čemer lahko posamezne motnje povzročata tako **preveč**, kakor tudi **premalo** svetlobe

12. 10. 2018

Razsvetljava / Lighting
Engineering 2018

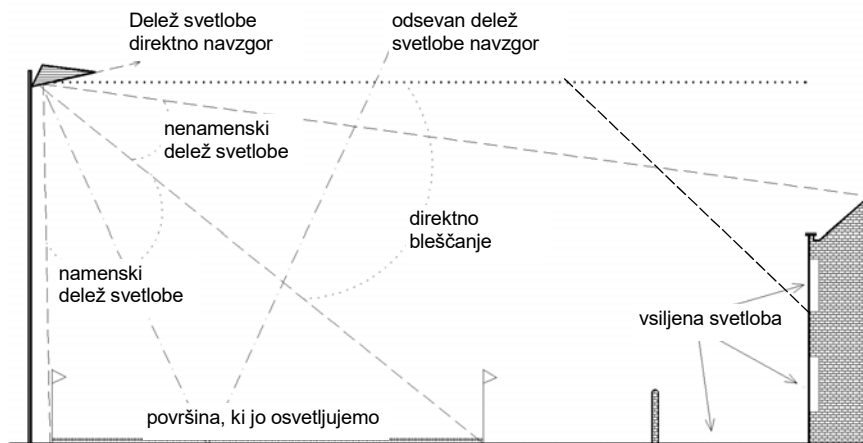
Pristopi k omejevanju svetlobnega onesnaženja

- v obdobju pred zavedanjem motenja astronomov – omejevanje bleščanja
- Astronomi v poznih 80tih letih začnejo ozaveščati druge težave pri opazovanju neba, kar sproži postopke za omejevanje neželenih vplivov
 - Predlagajo drastične omejitve, zastrte svetilke, prepovedi razsvetljave
 - Pridružijo se zoologi in okoljevarstvena gibanja
- Strokovna združenja – možni pristopi
 - Vrednotenje emisij
 - Novi predlogi: koliko več emisij povzročata razsvetljava kot je to nujno (razmerje)
 - vgrajen svetlobni tok na enoto osvetljene površine,
 - vgrajen svetlobni tok na št. prebivalcev,
 - porabljena el. energija na enoto osvetljene površine
- ...
- CIE: delitev na območja (cone) in omejevanje izbranih parametrov znotraj teh con.
- Slovenska uredba:
 - razmerje priključne moči na število prebivalcev??
 - omejitev gostote moči za zunanjo razsvetljava ob objektih (razvoj tehnologij?)
 - Omejitev svetlosti osvetljenih fasad in spomenikov (preostro)

12. 10. 2018

Razsvetljava / Lighting
Engineering 2018

Emisije svetlobe zaradi zunanje razsvetljave



12. 10. 2018

Razsvetljava / Lighting
Engineering 2018

Razmerje med potencialnim UPF in neizbežnim UPF_{min}

Opisuje deleže svetlobe, ki bodo sevali proti nebu (zgornja polobla), ne glede na lastnosti svetilk

Teoretični minimum tega izraza dobimo, kadar bi bil $ULOR=0$ in $DLOR=u$:

$$UPF_{min} = E \cdot A \cdot \rho_1 \quad \text{Kjer je } \rho - \text{refleksijski koeficient površin}$$

$$UFR = \frac{UPF}{UPF_{min}}$$

$$UFR = 1 + \frac{1}{\rho_1} \left[\frac{ULOR}{u} + \rho_2 \cdot \left(\frac{DLOR}{u} - 1 \right) \right]$$

Najmanjša vrednost $UFR = 1$, večje vrednosti pa pomenijo večji vpliv razsvetljave na atmosferski sij neba

12. 10. 2018

Razsvetljava / Lighting
Engineering 2018

Okoljski pristop k zmanjševanju vsiljene svetlobe (CIE-150:2017)

- Razdelitev na cone – območja prehodov dovolj velika

Cone	Svetlost okolja	Primeri
E0	Zelo temno	Astronomski observatoriji, parki za opazovanje temnega neba
E1	Temno	Relativno nenaseljeno podeželje
E2	Nizka svetlost	Redko poseljeno podeželsko območje
E3	Srednja svetlost	Naseljeno podeželje in urbana naselja
E4	Visoka svetlost	Mestna središča in trgovske površine

12. 10. 2018

Razsvetljava / Lighting
Engineering 2018

Sipanje svetlobe v atmosferi, ki otežuje opazovanje nočnega neba



Tudi dobra razsvetljava prispeva k siju neba in sipanju v atmosferi.

- odvisno od čistosti ozračja
- dolžine poti svetlobe
- valovne dolžine svetlobe
- ...

Ugotavljanje nebesnega sija; Walkerjev zakon

$$dM = -2,5 \log (1 + R_n / [r(1 - R_n)]),$$

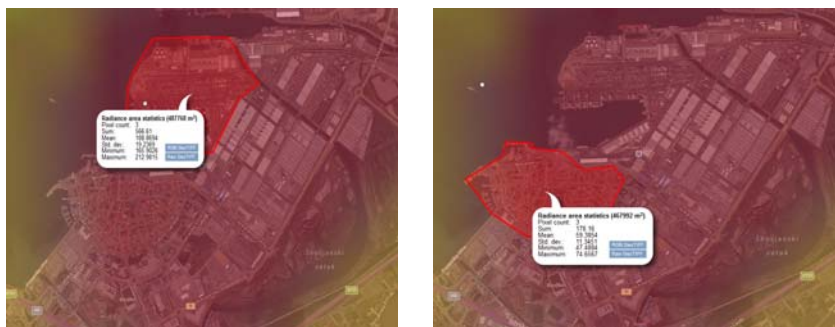
kjer je

- dM porast magnituda praga za ravno še vidne zvezde;
- Rn skupni navzgornji svetlobni tok **vsega mesta**
- r regijsko poprečne refleksijskega faktorja

12. 10. 2018

Razsvetljava / Lighting
Engineering 2018

Za nekatera področja imamo na voljo satelitske meritve (za nekaj let)



Satelitska slika porazdelitve sevalnosti za izbrano področje. Srednja vrednost sevalnosti področja je $188,9 \cdot 10^{-5} \text{ W / (sr} \cdot \text{m}^2)$

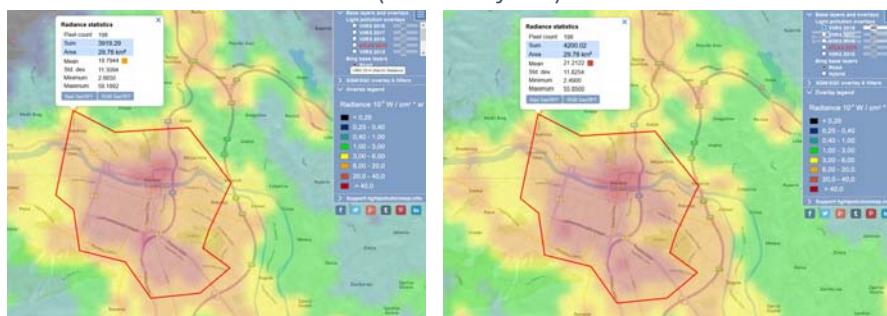
Na žalost so meritve v trenutni obliki le približni indikator sevalnosti območja. Neznane so spektralne lastnosti sevanja (ki ni linearno vrednoteno), časovna povprečenja, ...

Z namenskim opremljanjem satelitov, bi lahko dobili točnejše podatke

Razsvetljava / Lighting
Engineering 2018

12. 10. 2018

Za nekatera področja imamo na voljo satelitske meritve (za nekaj let)



Satelitska slika porazdelitve sevalnosti za Maribor za leto **2014** (levo) in **2018** (desno). Srednja vrednost sevalnosti področja je zelo podobna: okrog $20 \cdot 10^{-5} \text{ W / (sr} \cdot \text{m}^2)$

Satelitske meritve kažejo, da je razsvetljava v Mariboru ni bila prenovljena, kot bi po Uredbi morala biti do konca 2016.

<https://www.lightpollutionmap.info>

Razsvetljava / Lighting
Engineering 2018

12. 10. 2018

Priporočila za omejevanje vsiljene svetlobe zaradi razsvetljave športnih objektov in splošne zunanje razsvetljave (CIE-150) (Uredba – za varovane prost.)

Svetlobno tehnični parametri	Delovni pogoji	Okoljske cone				
		E0	E1	E2	E3	E4
Vertikalna osvetljenost (E_v)	Pred zatemnitvijo	/	2 lx	5 lx	10 lx	25 lx
	Po zatemnitvi	/	<0,1* lx	1 lx	2 lx	5 lx
Slovenska uredba	Pred zatemnitvijo	/	2 lx	5 lx	10 lx	25 lx
Slovenska uredba	Po zatemnitvi	/	0 lx	1 lx	2 lx	5 lx

* če je svetilka namenjena javni (cestni) razsvetljavi, njena vrednost znaša do 1 lx

Omejitve za varovane prostore kažejo, da bi tu Slovenska uredba lahko sledila CIE priporočilom. Vrednosti so enake, le območja so drugače definirana

Razsvetljava / Lighting
Engineering 2018

Priporočila za omejevanje svetlosti fasad in spomenikov (CIE-150 in Uredba)

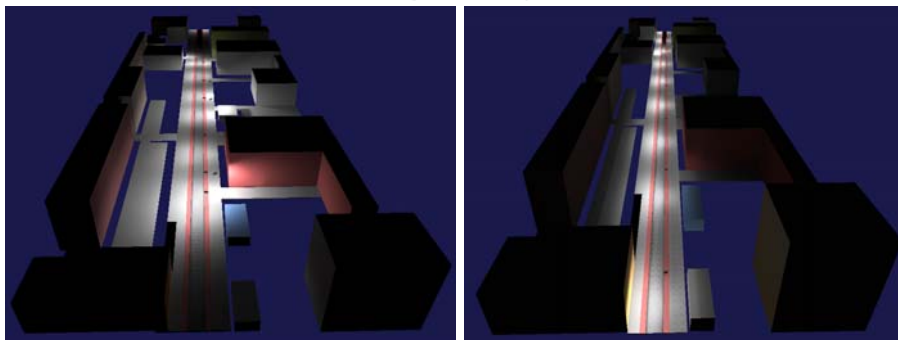
Svetlobno tehnični parametri	Delovni pogoji	Okoljske cone				
		E0	E1	E2	E3	E4
Svetlost gradbenih fasad (L_b)	produkt projektiranja povprečne osvetlitve in odbojnosti, deljeno s π	<0,1 cd/m ²	<0,1 cd/m ²	5 cd/m ²	10 cd/m ²	25 cd/m ²
Svetlost znakov (L_s)	povprečne osvetlitve in odbojnosti, deljeno s π , ali povprečna vrednost svetlosti za samo svetleče znake.	<0,1 cd/m ²	50 cd/m ²	400 cd/m ²	800 cd/m ²	1 000 cd/m ²

OPOMBA: Vrednosti veljajo tako pred zatemnitvijo in po njej, razen v coni 0 in 1, kjer bi morala biti vrednost 0 po zatemnitvi. Vrednosti znakov se ne uporabljajo za namene nadzora prometa, te vrednosti so podane v CIE 074-1988

Uredba omejuje svetlosti na 1 cd/m² in znake do

Razsvetljava / Lighting
Engineering 2018

Modeliranje in izračuni so lahko zahtevni in dolgotrajni



Pred prenovo, VtNa svetilke

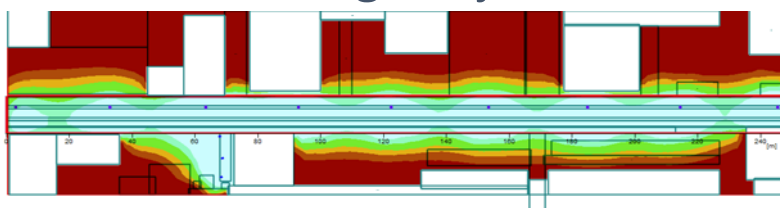
Po prenovi, LED svetilke

Pri presoji vplivov razsvetljave na okolje na najbolj natančen pristop modeliranje in numerični izračun, vendar je zahteven, (lahko tudi) dolgotrajen in zahteva usposobljene ljudi

12. 10. 2018

Razsvetljava / Lighting Engineering 2018

Modeliranje in izračuni so lahko zahtevni in dolgotrajni



Po prenovi, osvetljenost na višini svetilk (8,5 m) – nad cesto je osvetljenost merilne ravnine okrog 2 lx (zaradi odsevane svetlobe od vozišča)



12. 10. 2018

Razsvetljava / Lighting Engineering 2018

Spremembe v spektru svetlobe



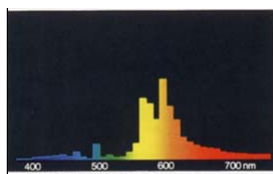
Ceste so bile v preteklosti (zaradi višjih svetlobnih izkoristkov) osvetljene z VtNa sijalkami (rumenkasta svetloba 2000K), mestna jedra pa z VtHg ali metalhalogenidnimi sijalkami svetlobe bele barve (>4000K)

LED svetlobni viri za belo svetlobo imajo veliko izbiro barv svetlobe in spektra!
Stroka priporoča barvo svetlobe do 3500K, astronomi bi želeli 2000K

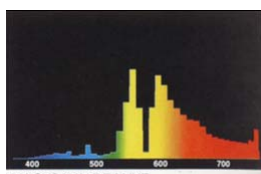
12. 10. 2018

Razsvetjava / Lighting
Engineering 2018

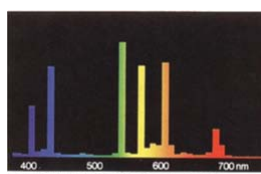
Spremembe v spektru svetlobe



VIALOX® NAV SUPER
2000 K, Ra 20, x 0,534 y 0,431

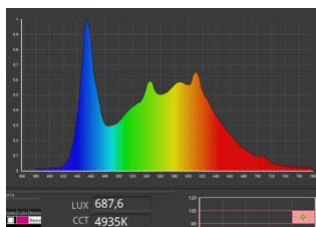


VIALOX® NAV-DE-LUXE
2200 K, Ra 65, x 0,506 y 0,418



HQL DE LUXE 3000-3300 K, Ra 57,
x 0,435-0,415 y 0,400-0,395

Spektri tradicionalnih sijalk: VtNa, VtNa izboljšana in VtHG



LUX 687,6
CCT 4935K

LED svetlobni viri za belo svetlobo imajo veliko izbiro barv svetlobe in spektra!

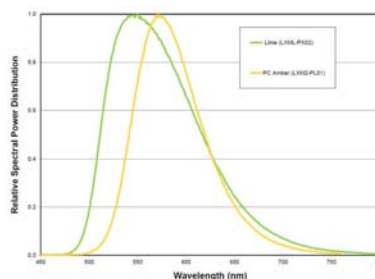
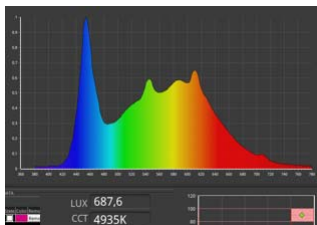
Stroka priporoča barvo svetlobe do 3500K, astronomi bi želeli 2000K

(Predvsem zaradi večjega sipanja v atmosferi pri manjših valovnih dolžinah)

12. 10. 2018

Razsvetjava / Lighting
Engineering 2018

Spremembe v spektru svetlobe



Stroka priporoča barvo svetlobe do 3500K, astronomi bi želeli 2000K
 V svetu marsikje poteka kampanja za uvajanje oranžnih (Amber) LED svetlobnih virov, Philips je razvil LED s svetlobo „limona barve“ (200 lm/W)

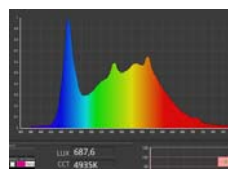
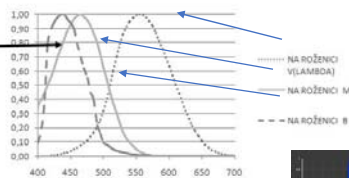
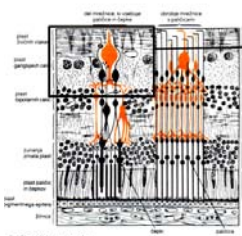
12. 10. 2018

Razsvetljava / Lighting Engineering 2018

Vpliv spektra svetlobe na ljudi, živali...

Danes poznamo spektralne odvisnosti učinkov svetlobe na :

- Zaviranje izločanja melatonina (cirkadiani ritmi)
- Tveganje za oslepitev zaradi modre svetlobe (začasna ali trajna oslepitev)
- Občutljivost nočnih vrst živali

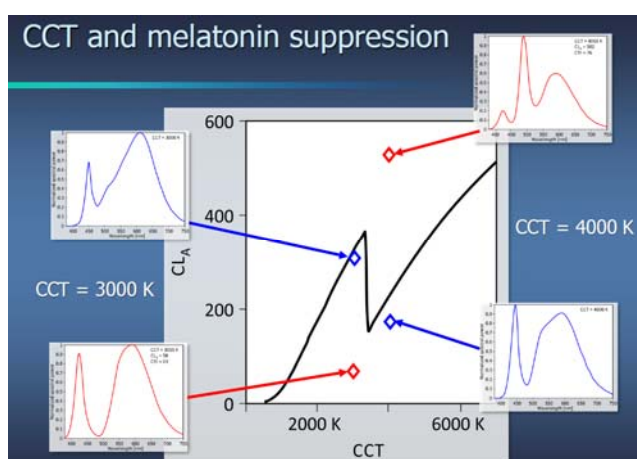


Spor med združenjem zdravnikov in stroko v Severni Ameriki! Zdravniško združenje je izjavo dalo nepremišljeno!

12. 10. 2018

Razsvetljava / Lighting Engineering 2018

Podobna barvna temperatura T_p in motnje v Cirkadianih ritmih



Povezava med barvo svetlobe in zaviranjem izločanja melatonina je zvezna pri nižjih T_p – do 3000K in spet pri visokih T_p nad 4000K

Rea and Figueiro. 2016. Light as a circadian stimulus for architectural lighting. *Lighting Research & Technology*.

12. 10. 2018

Razsvetljava / Lighting Engineering 2018

Sklep

- Neželeni vplivi svetlobe na okolje so zelo raznoliki
- Presoja vplivov neželenih emisij svetlobe na okolje je lahko zahtevna,
- Dovolj natančno znamo ovrednotiti deleže emisij svetlobe v prostor
- Različne učinke spektralne sestave svetlobe začnemo razumeti šele v zadnjih letih
- podobna barvna temperatura T_p je samo približni indikator spektra svetlobe

12. 10. 2018

Razsvetljava / Lighting Engineering 2018