


Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko



Doseganje spektra dnevne svetlobe v prihodnosti

doc. dr. Matej B. Kobav univ. dipl. inž. el

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko

Se zavedamo?

"Light affects our circadian rhythms more powerfully than any drug"
"Vpliv svetlobe na naš cirkadiani ritem je večji od vpliva katerekoli droge."

Chuck Czeisler: Perspective: Casting light on sleep deficiency.
 Nature, 2013; 497(7450):S13.



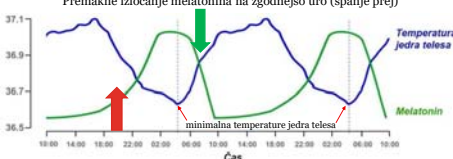
Ritem spanje-budnost sledi ritmu melatonina

- Običajen čas za spanja: ~2 uri po začetku tvorjenja melatonina (v temi)
- Običajen čas za prebujanje: ~10 ur po začetku tvorjenja melatonina (v temi)

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko

Svetloba in človek

Jutranja svetloba „pospeši“ biološko uro (prejšnje spanje)
 Svetloba po minimumu temperature jedra telesa = jutranja svetloba
 Premakne izločanje melatonina na zgodnejšo uro (spanje prej)



Večerna svetloba „zakasni“ biološko uro (kasnejše spanje)
 Svetloba pred minimumom temperature jedra telesa = večerna svetloba
 Premakne izločanje melatonina na kasnejšo uro (spanje kasneje)

Univerza na Zgodovini
Fakulteta za arhitekturo

Svetloba in človek

Razmere pri dnevni in umetni svetlobi

Več večerne svetlobe:
zmanjša melatonin in zakasni biološko uro in začetek spanja

Manj dnevne svetlobe:
zmanjša melatonin ponoči + večja občutljivost na večerno svetlobo

Manj jutranje svetlobe:
zakasni biološko uro in začetek spanja

Univerza na Zgodovini
Fakulteta za arhitekturo

Svetloba in človek

Nekaj priporočil:

Tekom dneva spreminjajte spekter in intenziteto svetlobe

- Povečajte osvetljenost in vsebnost modre svetlobe za povečanje pozornosti (zjutraj in tekom dneva)
- Zmanjšajte osvetljenost in vsebnost modre svetlobe za sprostitvev in spanje (zvečer in ponoči)
- Svetloba tekom noči mora biti ustrezno načrtovana, da ne moti spanja in zdravja

Univerza na Zgodovini
Fakulteta za arhitekturo

Svetloba in človek

Dnevna svetloba

(svetloba tekom svetlega dela dneva)
Ojača biološko uro in zmanjša občutljivost na svetlobo zvečer in ponoči.



Komercialna imena za isto zadevo

17-29-028 - integrativna razsvetljava
Razsvetljava, ki združuje vizualne in nevizualne učinke ter ustvarja fiziološke in/ali psihološke koristi za ljudi

Opomba 1: Izraz "integrativna razsvetljava" se nanaša samo na ljudi.
 Opomba 2: Razsvetljava predvsem za terapevtske namene (svetlobna terapija) ni vključena.
 Opomba 3: Izraz "human centric lighting, ali "biološko aktivna razsvetljava", se uporablja v podobnim pomenu.

<https://cie.co.at/eliceterm/17-29-028>

Integrativna razsvetljava - povzetek

IZJAVA CIE O STALIŠČU O NESLIKOVNIH UČINKIH SVETLOBE - IZBIRA USTREZNE SVETLOBE OB PRAVEM CASU

Povzetek:

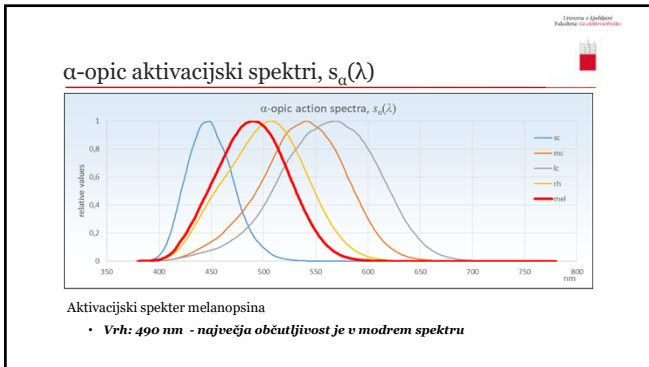
- **Visoka melanopska ekvivalentna dnevna osvetljenost (EDO)** podnevi po navadi povečuje pozornost in zbranost, podpira cirkadiani ritem in dober spanec.
- **Nizka melanopska ekvivalentna dnevna osvetljenost (EDO)** zvečer in ponoči omogoča, da lažje zaspimo, in da je spanec trden.

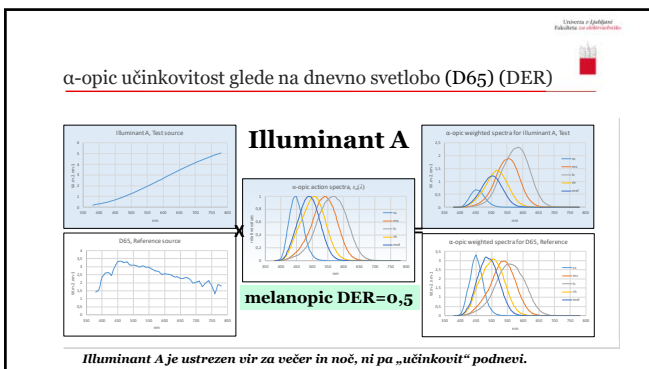
Svetloba in človek

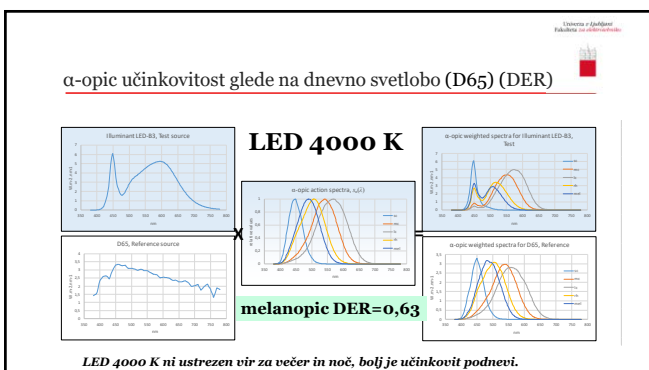
CIE standard

- Navodila
- Excel tabela za izračun

CIE S 026 Toolbox
CIE S 026 User Guide







Univerza na Zgodovinski Fakulteti za arhitekturo

Ekvivalentna dnevna (D65) osvetljenost - EDO

$E_{D65} = 1000 \text{ lx}$

LED 4000 K:	melanopic DER=0,63	EDO= 630 lx
Žarnica:	melanopic DER=0,50	EDO= 500 lx

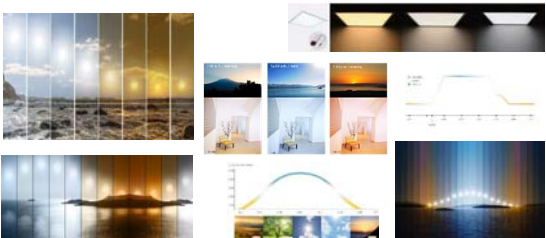
Za enak melanopski učinek potrebujemo:

1000 lx	dnevne svetlobe (6500 K)
1590 lx	LED 4000 K
2000 lx	žarnica 2700 K

Univerza na Zgodovinski Fakulteti za arhitekturo

Imamo tehnologijo?

V svetilko se namesti LED z različnimi CCT...



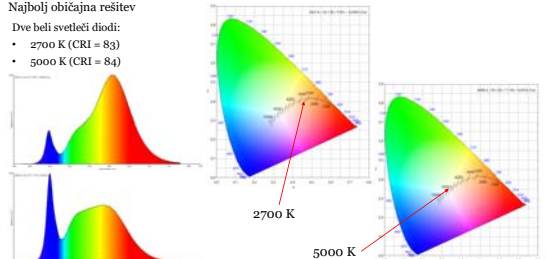
Univerza na Zgodovinski Fakulteti za arhitekturo

Tehnologija z dvema svetlečima diodama

Najbolj običajna rešitev

Dve beli svetleči diodi:

- 2700 K (CRI = 83)
- 5000 K (CRI = 84)



Tehnologija z dvema svetlečima diodama

Najbolj običajna rešitev

Dve beli svetleči diodi:

- 2700 K (CRI = 83)
- 5000 K (CRI = 84)

The slide shows two spectral power distribution (SPD) curves. The top curve is for a 2700 K LED, showing a strong red and orange component. The bottom curve is for a 5000 K LED, showing a strong blue component. To the right is a color rendering chart (CIE 1931) with a dashed line representing the path of the two LEDs. A photo of a LED chip is also included.

Tehnologija z dvema svetlečima diodama

Najbolj običajna rešitev

Dve beli svetleči diodi:

- 2700 K (CRI = 83)
- 5000 K (CRI = 84)

CCT območje: 2700 K - 5000 K
 CRI: okrog 83
 Melanopic DER območje: 0,39 - 0,73

Dodatna zelena svetleča dioda?

The slide features a spectral power distribution graph with a distinct green peak, labeled 'Dodatna zelena svetleča dioda?'. Next to it is a color rendering chart with a green arrow pointing to a specific point on the curve. A photo of a LED chip is also present.

Tehnologija s prihodnjo generacijo Sunlike

Tri svetleče diode:

- 15000 K (CRI = 96)
- 4000 K (CRI = 68)
- 1800 K (CRI = 96)

The slide displays three spectral power distribution (SPD) curves. The top curve is for a 1800 K LED, showing a strong red component. The middle curve is for a 4000 K LED, showing a strong blue component. The bottom curve is for a 15000 K LED, showing a very strong blue component.

Tehnologija s prihodnjo generacijo Sunlike

Tri svetleče diode:

- 15000 K (CRI = 96)
- 4000 K (CRI = 68)
- 1800 K (CRI = 96)

Tehnologija s prihodnjo generacijo Sunlike

Rezultat:
 CCT območje: 1800 K - 15000 K
 CRI: 96 - 99
 melanopic DER območje: 0,24 - 1,34

Tehnologija s prihodnjo generacijo Sunlike

Malo matematike

$$c_{A1} * SPD_A + c_{B1} * SPD_B + c_{C1} * SPD_C \rightarrow CCT_1 @ E_1$$

$$c_{A2} * SPD_A + c_{B2} * SPD_B + c_{C2} * SPD_C \rightarrow CCT_2 @ E_2$$

$$c_{A3} * SPD_A + c_{B3} * SPD_B + c_{C3} * SPD_C \rightarrow CCT_3 @ E_3$$

....

$$c_{An} * SPD_A + c_{Bn} * SPD_B + c_{Cn} * SPD_C \rightarrow CCT_n @ E_n$$

Za vse kombinacije izračunamo:

- CCT,
- CRI,
- svetlobni tok,
- X, Y,
- u', v' in
- Duv.

kjer:
 CCT podobna barvna temperatura
 E osvetljenost
 c tok skozi LED (med 0 in 1 s korakom 0.05/0.01)
 SPD spektralna porazdelitev

1. korak: 8 000 kombinacij
 2. korak: 1 000 000 kombinacij

Univerza na Jadranski
Fakulteta za arhitekturo

Tehnologija s prihodnjo generacijo Sunlike

Malo matematike

$$c_{A1} * SPD_A + c_{B1} * SPD_B + c_{C1} * SPD_C \rightarrow CCT_1 @ E_1$$

$$c_{A2} * SPD_A + c_{B2} * SPD_B + c_{C2} * SPD_C \rightarrow CCT_2 @ E_2$$

$$c_{A3} * SPD_A + c_{B3} * SPD_B + c_{C3} * SPD_C \rightarrow CCT_3 @ E_3$$

....

$$c_{An} * SPD_A + c_{Bn} * SPD_B + c_{Cn} * SPD_C \rightarrow CCT_n @ E_n$$

Noramliziramo vse enačbe pri 1 lx ↓

$$c_{An}/E_1 * SPD_A + c_{Bn}/E_1 * SPD_B + c_{Cn}/E_1 * SPD_C \rightarrow CCT_n @ 1 Lx$$

Univerza na Jadranski
Fakulteta za arhitekturo

Tehnologija s prihodnjo generacijo Sunlike

Malo matematike

$$CCT_1 = c'_{A1} * SPD_A + c'_{B1} * SPD_B + c'_{C1} * SPD_C$$

$$CCT_2 = c'_{A2} * SPD_A + c'_{B2} * SPD_B + c'_{C2} * SPD_C$$

$$CCT_3 = c'_{A3} * SPD_A + c'_{B3} * SPD_B + c'_{C3} * SPD_C$$

....

$$CCT_n = c'_{An} * SPD_A + c'_{Bn} * SPD_B + c'_{Cn} * SPD_C$$

Predeterminiran sistem!!!

Odstrani vse kombinacije, kjer:

- CRI < 95
- Duv < 0,06

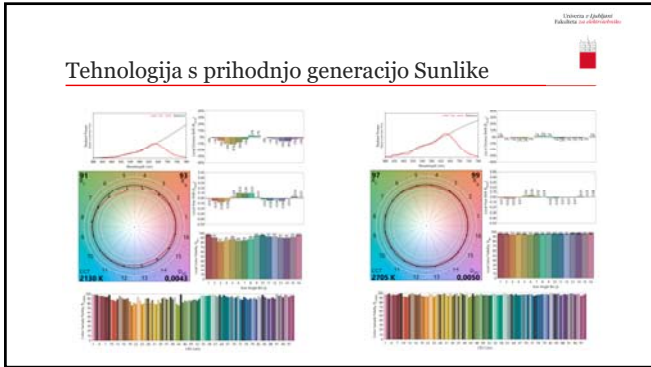
65.125 trenutnih kombinacij!

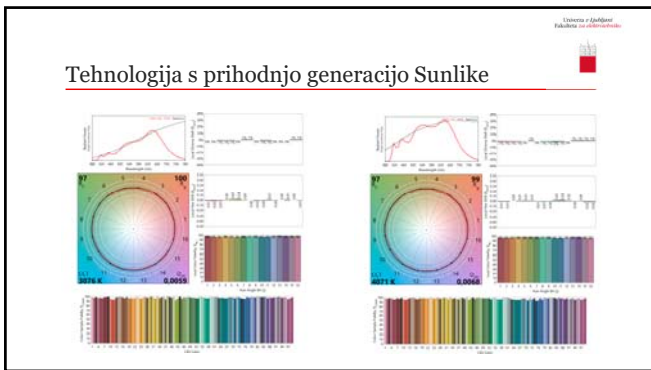
Univerza na Jadranski
Fakulteta za arhitekturo

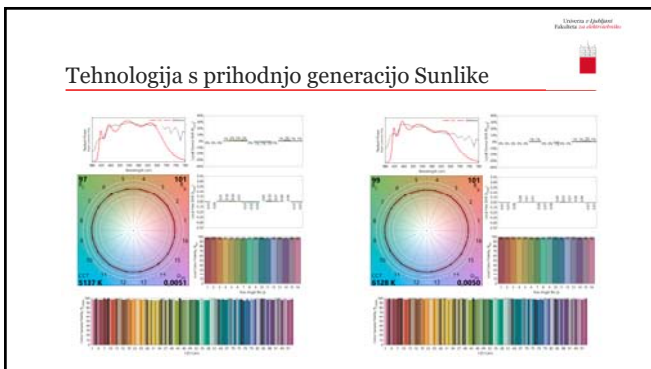
Tehnologija s prihodnjo generacijo Sunlike

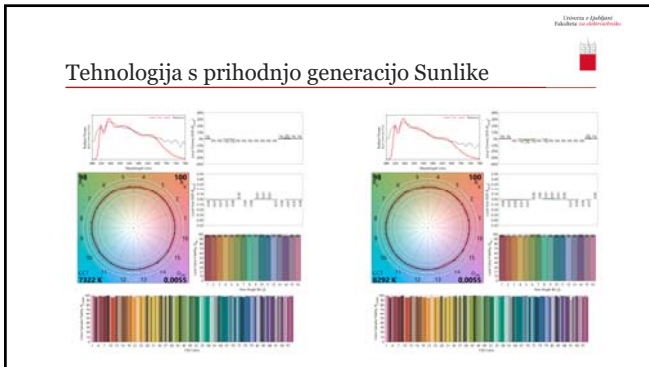
Malo matematike

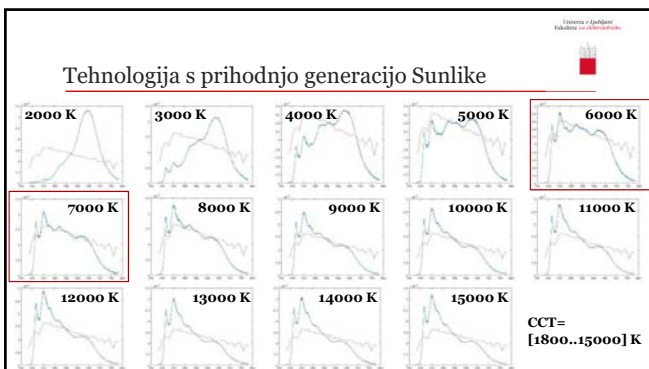
Rezultat so trije polinomi 7. reda.

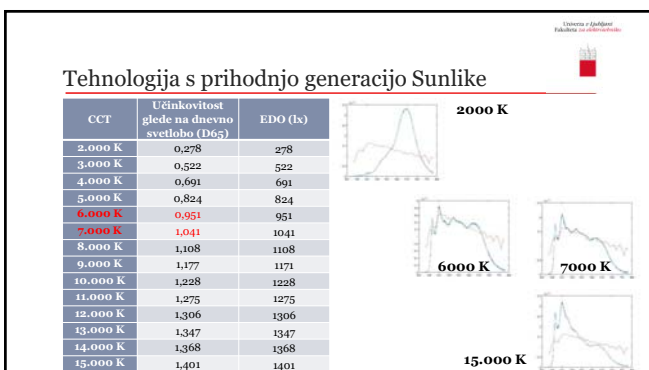












Tehnologija s prihodnjo generacijo Sunlike

$E_{D65}=1000 \text{ lx}$

LED 4000 K: melanopic DER=0,63 EDO= 630 lx
Žarnica: melanopic DER=0,50 EDO= 500 lx

MtE (2000 K): melanopic DER=0,28 EDO= 280 lx

MtE (6000 K): melanopic DER=0,95 EDO= 950 lx

MtE (15000 K): melanopic DER=1,40 EDO= 1400 lx

Hvala
