

# FIZIOLOŠKI ODZIVI LJUDI NA SVETLOBO

Posvetovanje Razsvetljava 2024

Katja Žagar (ZAG)

Mentorica: doc. dr. Katja Malovrh Rebec (UL FE)

Oddelek za gradbeno fiziko

katja.zagar@zag.si

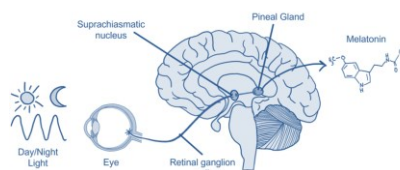
Portorož, 23. 1. 2025

1

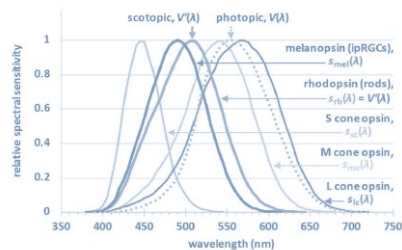
## Neslikovni učinki svetlobe

Svetloba igra pomembno vlogo pri sinhronizaciji človeške biološke ure (cirkadianega ritma):

- prek svetlobno občutljivih mrežničnih ganglijskih celic zavira izločanje melatonina
- uravnavanje fizioloških procesov, kakovost spanja, zdravje, učinkovitost in dobro počutje



[https://med.libretexts.org/Sandboxes/admin/introduction\\_to\\_Neuroscience\\_%28Hedges%29/07%3A\\_Behavior/7.11%3A\\_Circadian\\_Rhythms](https://med.libretexts.org/Sandboxes/admin/introduction_to_Neuroscience_%28Hedges%29/07%3A_Behavior/7.11%3A_Circadian_Rhythms)



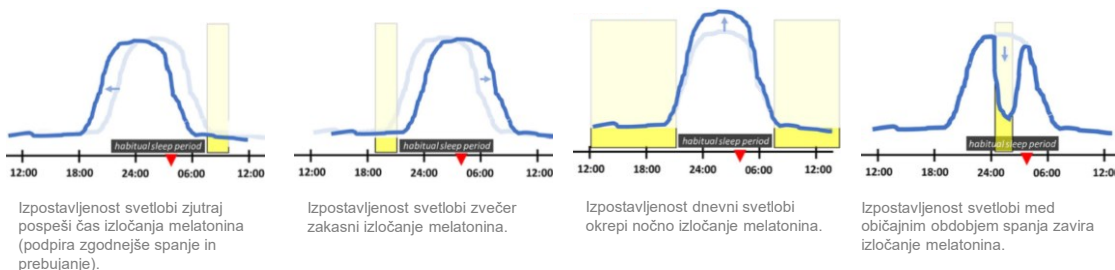
Schiang, L. J. M., & Price, L. L. A. (2021). The Lighting Environment, Its Metrology, and Non-visual Responses. *Frontiers in Neurology*, 12(March). <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.624861>

2 [www.zag.si](http://www.zag.si)

2

## Cirkadiani ritem

- Naravni ritem ljudi je nekoliko daljši od 24 ur. Zunanji dražljaji (svetloba) ga usklajujejo s trajanjem dneva. Sezonske spremembe (trajanje noči in dneva) so v sodobnih družbah manj izrazite zaradi uporabe električne razsvetljave.
- Izpostavitve svetlobi ob različnih časih v dnevu ima različne učinke na izločanje melatonina. Naravno biloško uro lahko podpremo z izbiro ustrezne osvetlitve ob pravem času.



Schlagen, L. J. M., & Price, L. L. A. (2021). The Lighting Environment, Its Metrology, and Non-visual Responses. *Frontiers in Neurology*, 12(March). <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.624861>

3 [www.zag.si](http://www.zag.si)

3

## Meritve fizioloških odzivov na svetlobo na ZAG

- Izkušnje in izzivi
- Eno izmed raziskovalnih vprašanj:
- **Kako različni svetlobni pogoji na delovnem mestu vplivajo na sproščanje melatonina?**
- Pisarniško okolje
- 20 udeležencev

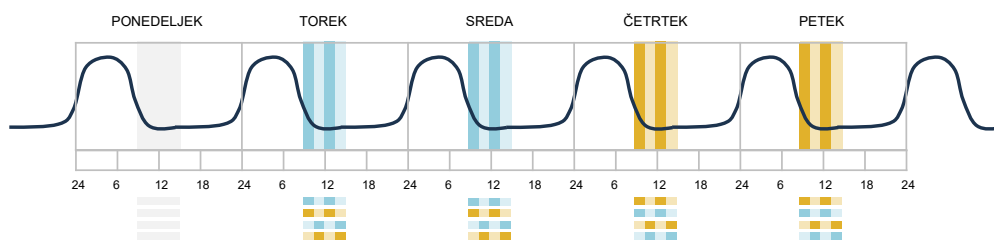


4 [www.zag.si](http://www.zag.si)

4

## Pogoji v eksperimentu

- Vsak udeleženec je bil izpostavljen 3 termalnim in 5 svetlobnim pogojem.
- Vsak udeleženec je v eksperimentu sodeloval 5 zaporednih delovnih dni (8:40 – 15:15).
- Vrstni red svetlobnih pogojev ni bil enak za vse udeležence.
- Vsak dan je bil eksperiment razdeljen na 4 enake sklope (v vsakem sklopu: odmor, delo, mirovanje, test).



 [www.zag.si](http://www.zag.si)

5

## Kaj in kako smo merili?

- Pogoje v prostoru:
  - svetloba (spektrometer in luksmetri na 5 mestih v prostoru)
  - termalni pogoji
- Odzive udeležencev:
  - Anketa
  - Nosljivi senzorji: temperature kože, srčni utrip, potenje, premiki → zaznavanje pozicije telesa, spanja, ...
  - Meritve nivoja melatonina v slini
  - Meritve velikosti zenice

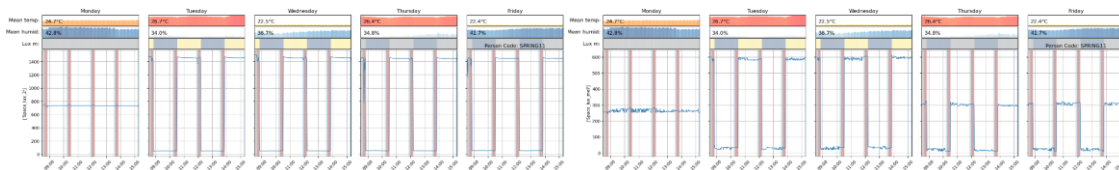


6  [www.zag.si](http://www.zag.si)

6

## Svetlobni pogoji

	Osvetljenost na površini mize – pod svetilom (lux)	Osvetljenost v smeri pogleda (lux)	Melanopična osvetljenost v smeri pogleda (mlux)
Svetli pogoji, hladna bela svetloba	1450 ± 21	724 ± 13	598 ± 15
Svetli pogoji, topla bela svetloba	1444 ± 22	726 ± 19	309 ± 12
Zatemnjeni pogoji, hladna bela svetloba	50 ± 2	37 ± 7	32 ± 7
Zatemnjeni pogoji, topla bela svetloba	52 ± 4	38 ± 7	23 ± 7
Nevtralna svetloba	741 ± 54	378 ± 25	270 ± 19

7 [www.zag.si](http://www.zag.si)

7

## Meritve melatonina

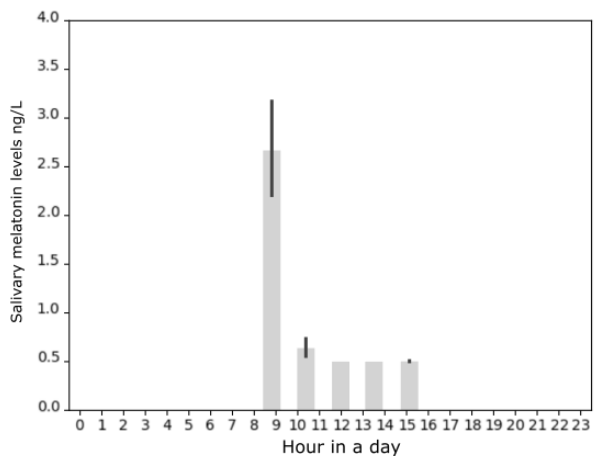
- Vsak dan pred začetkom eksperimenta in po koncu vsakega od 4 dnevnih sklopov:
  - 8:40
  - 10:15
  - 11:55
  - 13:35
  - 15:15
- Nivo melatonina smo merili z zbiranjem vzorcev sline in RIA analizo (Radio Immunoassay Analysis). Udeleženci so na epruvete zabeležili točen čas odvzema vzorca.

8 [www.zag.si](http://www.zag.si)

8

## Rezultati meritev melatonina – 1. del

- 11 udeležencev
- Nivo melatonina je bil najvišji ob 8:40
- Tekom preostanka dneva (do 15:15) je bila **raven melatonina prenizka** (<0,5 ng/L), da bi jo bilo mogoče natančno izmeriti - **ne glede na pogoje osvetlitve.**

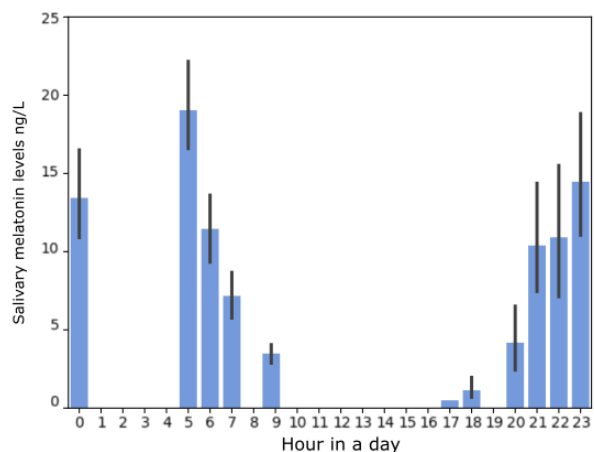


9 [www.zag.si](http://www.zag.si)

9

## Rezultati meritev melatonina – 2. del

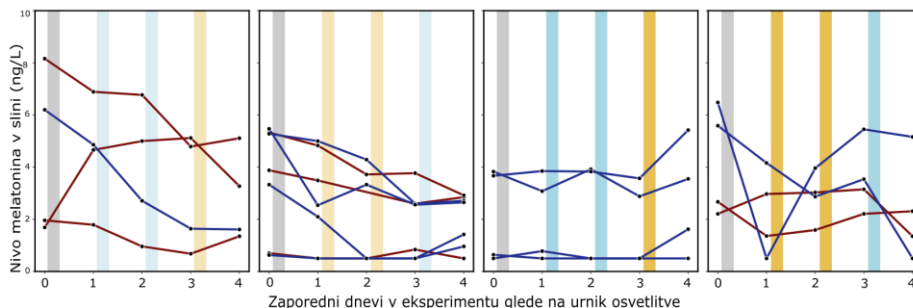
- Kakšni so vplivi svetlobe na nivo melatonina zjutraj in zvečer?
- 9 udeležencev
- Spremenjen urnik meritev:
  - 30 minut po bujenju
  - 90 minut po bujenju
  - Pred eksperimentom (8:40)
  - Ob 18:00
  - Ob 20:00
  - Pred spanjem



10 [www.zag.si](http://www.zag.si)

10

## Analiza meritev melatonina ob 8:40

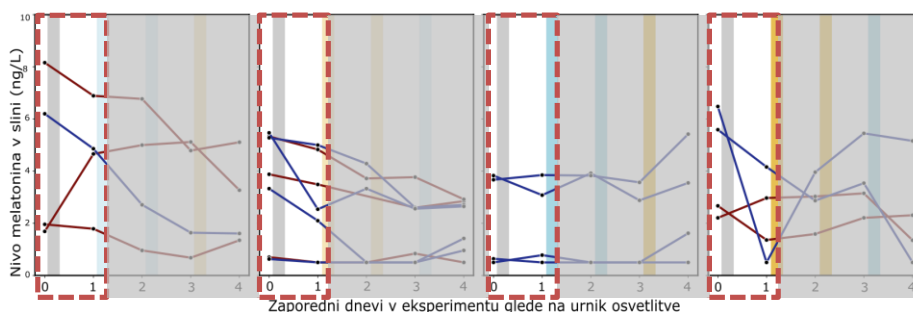


- Začetni nivo melatonina (prvi dan) ni enak za vse udeležence.
- Vzorec nihanja melatonina med udeleženci ni poenoten.
- Ni opaznih razlik med udeleženci, ki so v poskusu sodelovali pozimi ali poleti.

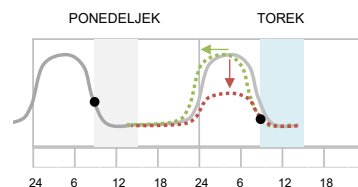
11 [www.zag.si](http://www.zag.si)

11

## Analiza meritev melatonina ob 8:40



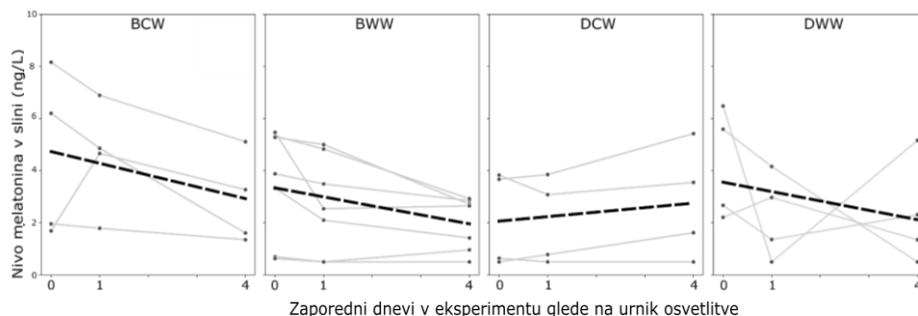
- Po prvem dnevu poskusa (drugi dan) se je pri večini udeležencev znižala jutranja raven melatonina:
  - MORDA: zgodnejše vstajanje v času poskusa (v primerjavi z vikendom)
  - MORDA: nižja raven osvetlitve tekom prvega dneva poskusa (v primerjavi z običajnim dnevom)



12 [www.zag.si](http://www.zag.si)

12

## Analiza meritev melatonina ob 8:40

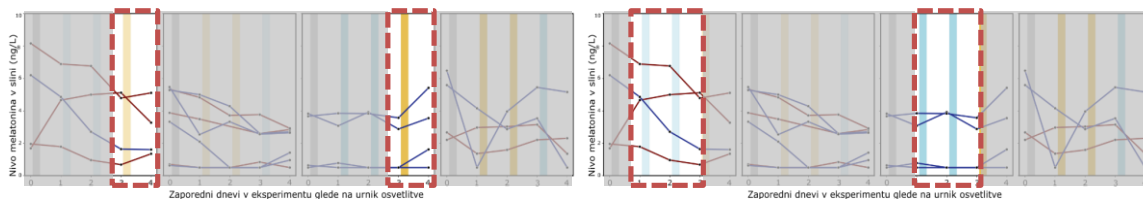


- Pri večini udeležencev je vrednost melatonina tekom tedna še naprej padala (zadnji dan je bilo melatonina manj kot prva dva dneva udeležbe v eksperimentu).
- Izstopa eden izmed urnikov osvetlitve – pri 3 od 4 udeležencev se nivo melatonina dvigne.

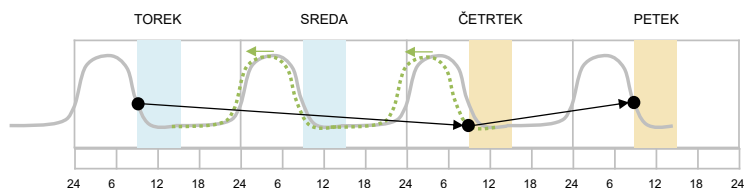
13 [www.zag.si](http://www.zag.si)

13

## Analiza meritev melatonina ob 8:40



- Vrednost melatonina ob 8:40 po dveh dneh izpostavitve hladni beli svetlobi in enem dnevu izpostavitve topli beli svetlobi naraste oz. neha padati:
- MORDA: povezano z zamikom cikla zaradi višje melanopične osvetlitve prejšnja dva dneva

14 [www.zag.si](http://www.zag.si)

14

## Vpliv spanja na nivo melatonina

- Podatke smo pridobili iz meritev pametne zapestnice: določili smo čas začetka in konca spanca.
- Meritve spanca smo primerjali z zabeleženimi časi na vzorcih sline iz drugega dela meritev.

Udeleželec		Meritve bujenja	Zapis časa na prvem vzorcu
A	PON		06:18
A	TOR	06:17	06:45
A	SRE	06:17	06:40
A	ČET	06:29	06:55
A	PET	06:35	06:50
A	SOB	06:02	06:44
B	PON		06:30
B	TOR	07:15	06:00
B	SRE	07:21	06:00
B	ČET		06:00
B	PET	07:20	06:00
B	SOB	08:10	06:00

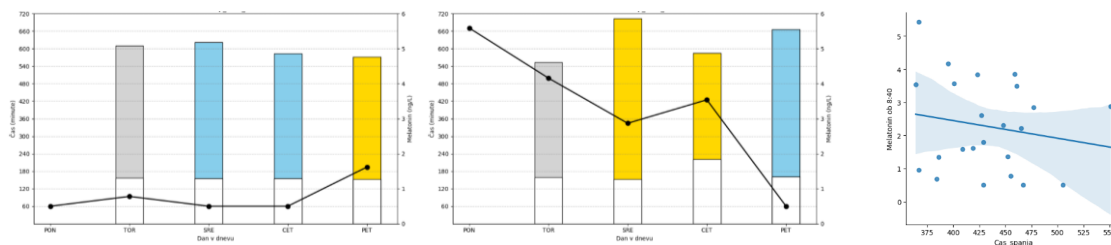
### Izzivi

- Manjka meritev spanja z nedelje na ponedeljek.
- Neusklajenost meritev in zapisa je verjetno povezana z navadami udeležencev, ki so vplivale na zaznavanje pametne zapestnice.

15  www.zag.si

15

## Analiza meritev spanja



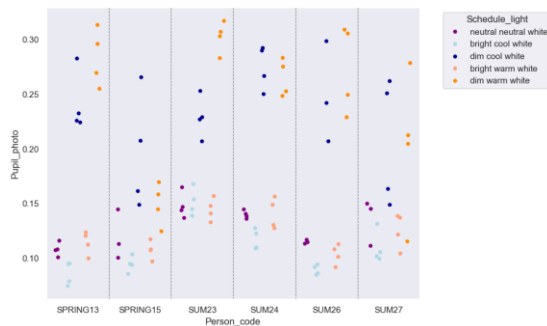
- Prvi udeleželec je imel enoten urnik spanja. Nivo melatonina ob 8:40 se po izpostavitvi topli beli svetlobi dvigne.
- Nivo melatoninina pri drugem udeležencu obratno sovпада z dolžino spanca.
- Meritve časa spanja 6 udeležencev nakazujejo vpliv časa spanja na nivo melatonina ob 8:40.

16  www.zag.si

16

## Vpliv velikosti zenice

- Mrežnične ganglijske celice sodelujejo tudi pri uravnavanju velikosti zenice → vpliv na količino svetlobe, ki pride do fotoreceptorjev



- Velikost zenice je odvisna od svetlobnih pogojev.
- Razpon velikosti zenic se razlikuje od posameznika do posameznika.

17 [www.zag.si](http://www.zag.si)

17

## Zaključki

- Meritve kažejo razlike med posamezniki.
- Hipnih melatoninskih odzivov na svetlobne pogoje v času poskusa (8:40 – 15:15) ni bilo. Nivo melatonina je tekom dneva ostal nizek, ne glede na svetlobne pogoje.
- Rezultati nakazujejo vpliv dnevnih svetlobnih pogojev na jutranje nivoje melatonina (in na cirkadiani ritem).
- Izzivi:
  - Omejeno število meritev
  - Točnost podatkov o spanju, manjkajoči podatki o spalnih navadah pred udeležbo v eksperimentu
  - Manjkajoči podatki o svetlobi, ki so ji bili udeleženci izpostavljeni izven sodelovanj v poskusu
  - Izzivi povezani z meritvami melatonina (zadostna količina vzorca – predvsem zjutraj)

18 [www.zag.si](http://www.zag.si)

18



# Znanje, ki pušča sled

[www.zag.si](http://www.zag.si), [info@zag.si](mailto:info@zag.si)



19  [www.zag.si](http://www.zag.si)

19