



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

## NÁVRH SIMULÁTORU RANNÍHO SLUNCE

DESIGN OF THE MORNING SUN SIMULATOR

Bakalářská práce

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Stanislav Suský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaroslav Štěpánek

BRNO 2019

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**  
Ústav elektroenergetiky

**Student:** Stanislav Suský

**ID:** 173750

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2018/19

**NÁZEV TÉMATU:**

## Návrh simulátoru ranního slunce

**POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

1. Vypracování literární rešerše týkající se cirkadiánních rytmů a možnosti simulátorů slunce
2. Návrh simulátoru svítání slunce s využitím platformy Arduino a LED zdrojů
3. Praktický výzkum významu simulátoru svítání slunce na několika osobách

**DOPORUČENÁ LITERATURA:**

podle pokynů vedoucího práce

**Termín zadání:** 4.2.2019

**Termín odevzdání:** 27.5.2019

**Vedoucí práce:** Ing. Jaroslav Štěpánek

**Konzultant:**

**doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.**  
*předseda oborové rady*

**UPOZORNĚNÍ:**

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení částí druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

SUSKÝ, Stanislav. *Návrh simulátoru ranního slunce* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/119571>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky. Vedoucí práce Jaroslav Štěpánek.

Poděkování: Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Jaroslavu Štěpánkovi za poskytnuté rady, připomínky, čas a hlavně trpělivost. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu při psaní této práce.

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma *Návrh simulátoru ranního slunce* jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.“

V Brně dne: 27.5.2019

.....

## **ABSTRAKT**

Tato práce se zabývá seznámením s problematikou vlivu elektromagnetického záření na cirkadiánní rytmy a jejich vlivu na organismus. V práci jsou popsány cirkadiánní rytmy a jejich vliv na organismus, umístění a popis funkcí důležitých orgánů a vliv elektromagnetického záření na tyto orgány. Jsou popsány zdroje světla a jejich vliv na cirkadiánní rytmy.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** Cirkadiánní rytmy, elektromagnetické záření, modré světlo, biologické hodiny, simulátor ranního slunce.

## **ABSTRACT**

This work deals with the introduction of the influence of electromagnetic radiation on circadian rhythms and their influence on the organism. The work describes circadian rhythms and their influence on the organism, the location and description of functions of important organs and the influence of electromagnetic radiation on these organs. There are described light sources and their influence on circadian rhythms.

**KEY WORDS:** Circadian rhythms, electromagnetic radiation, blue light, biological clocks, morning sun simulator

**OBSAH**

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>8</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>9</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>10</b>
<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
<b>2 CHARAKTERISTIKA SOUČASNÉHO STAVU ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>12</b>
2.1 NEIONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ.....	13
2.2 INFRAČERVENÉ ZÁŘENÍ.....	13
2.3 ULTRAFIALOVÉ ZÁŘENÍ.....	13
2.4 VIDITELNÉ SPEKTRUM.....	14
<b>3 BIOLOGICKÉ FUNKCE ORGANISMU ŘÍZENÉ SVĚTLEM.....</b>	<b>15</b>
3.1 POPIS CIRKADIÁNNÍCH RYTMŮ .....	15
3.2 BIOLOGICKÉ HODINY.....	15
3.3 UMÍSTĚNÍ BIOLOGICKÝCH HODIN.....	16
3.4 STAVBA OKA A SÍTNICE.....	16
3.5 ŘÍZENÍ CIRKADIÁNNÍCH RYTMŮ A JEJICH SYNCHRONIZACE.....	18
3.6 EPIFÝZA A FUNKCE MELATONINU.....	19
3.7 VLIV MODRÉHO SVĚTLA NA ORGANISMUS .....	20
3.8 VLIV INTENZITY MODRÉHO SVĚTLA.....	21
<b>4 REALIZACE ZAŘÍZENÍ .....</b>	<b>23</b>
4.1.1 ARDUINO UNO .....	23
4.1.2 LCD DISPLEJ .....	24
4.1.3 MEMBRÁNOVÁ KLÁVESNICE .....	24
4.1.4 HODINY REÁLNÉHO ČASU .....	25
4.1.5 SPÍNANÝ ZDROJ.....	25
4.1.6 MOSFET .....	26
4.1.7 VÝKONOVÉ LED DIODY .....	27
4.1.8 REZISTORY .....	27
4.1.9 KONDENZÁTORY.....	28
4.1.10 SVÍTIDLO.....	28
4.2 PROGRAM .....	29
4.3 SCHÉMA SIMULÁTORU RANNÍHO SLUNCE .....	33
4.4 NAMĚŘENÉ VLASTNOSTI LED DIOD .....	34
<b>5 PRAKTICKÝ VÝZKUM .....</b>	<b>35</b>
5.1.1 BALLISTOCARDIOGRAM.....	35
5.2 PRŮBĚH MĚŘENÍ.....	36

---

<b>5.3 NAMĚŘENÉ VÝSLEDKY .....</b>	<b>36</b>
5.3.1 DOBROVOLNÍK 1 .....	36
5.3.2 DOBROVOLNÍK 2 .....	40
5.3.3 DOBROVOLNÍK 3 .....	43
5.3.4 DOBROVOLNÍK 4 .....	49
5.3.5 DOBROVOLNÍK 5 .....	54
<b>6 ZÁVĚR.....</b>	<b>59</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>60</b>
<b>7 PŘÍLOHY .....</b>	<b>63</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 2-1 Spektrum elektromagnetického záření (převzato z [28])</i> .....	12
<i>Obr. 2-2 Barevné spektrum (převzato z [33])</i> .....	13
<i>Obr. 3-1 Umístění suprachiasmatických jader v mozku (převzato z [20])</i> .....	16
<i>Obr. 3-2 Anatomie oka (převzato z [15])</i> .....	17
<i>Obr. 3-3 Denní rytmy lidského těla (převzato z [19])</i> .....	18
<i>Obr. 3-4 Umístění Epifyzy v mozku (převzato z [12])</i> .....	20
<i>Obr. 3-5 Závislost citlivosti cirkadiálního systému na fotoskopické osvětlenosti. (převzato z [18])</i> .....	21
<i>Obr. 3-6 Relativní spektrální výkonové rozložení 3000K zářivky a zdroj vln krátkých délek. Další rozdíly mezi vizuálním a cirkadiálním viděním je v době působení světla a prostorovém rozložení. (převzato z [18])</i> .....	22
<i>Obr. 4-1 Arduino UNO (převzato z [25])</i> .....	23
<i>Obr. 4-2 Arduino displej žlutý (převzato z [23])</i> .....	24
<i>Obr. 4-3 Membránová klávesnice 1x4 (převzato z [24])</i> .....	25
<i>Obr. 4-4 Hodiny reálného času DS1307 (převzato z [21])</i> .....	25
<i>Obr. 4-5 Spínaný zdroj MEAN WELL LRS-50-12 (převzato z [22])</i> .....	26
<i>Obr. 4-6 PWM MOSFET (převzato z [26])</i> .....	27
<i>Obr. 4-7 Výkonové LED diody</i> .....	27
<i>Obr. 4-8 Svítidlo OSMOND LINA 1 (převzato z [27])</i> .....	28
<i>Obr. 4-9 Vývojové prostředí Arduino IDE</i> .....	29
<i>Obr. 4-10 Graf nárůstu teploty chromatičnosti při spuštění druhé diody</i> .....	34
<i>Obr. 4-11 Graf nárůstu intenzity osvětlení</i> .....	34
<i>Obr. 5-1 Monitor spánku beddit 2</i> .....	35
<i>Obr. 7-1 Vnitřní uložení součástí</i> .....	63
<i>Obr. 7-2 Umístění LED diod</i> .....	63
<i>Obr. 7-3 Pohled na přední stranu zařízení</i> .....	64
<i>Obr. 7-4 Pohled na zadní stranu zařízení</i> .....	64
<i>Obr. 7-5 Pohled na přední stranu zařízení</i> .....	65



---

## **SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka 1 Dělení IR záření .....</i>	<i>13</i>
<i>Tabulka 2 Dělení UV záření.....</i>	<i>14</i>

**SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$\alpha$	– částice alfa
$\beta$	- částice beta
$\gamma$	– částice gama
T	– perioda
$\tau$	– střední doba
DNA	– deoxyribonukleová kyselina – nosič genetické informace
DC	– stejnosměrný elektrický proud
LCD	– displej z tekutých krystalů
GND	– signalizace se společnou zemí
PWM	– pulzně šířková modulace
kB	- kilobyte
I2C	– sériová sběrnice
V	– volt – jednotka napětí
A	– ampér – jednotka elektrického proudu
Hz	– hertz - jednotka frekvence
MHz	– megahertz - jednotka frekvence
W	– watt - jednotka výkonu
LED	– elektroluminiscenční dioda
RTC	– hodiny reálného času
MOSFET	– unipolární tranzistor s kovovým oxidem
USB	- univerzální sériová sběrnice

# 1 ÚVOD

V dobách před elektrifikací byl lidský organismus navyklý pouze na přirozené světlo. Jedinými světelnými zdroji bylo sluneční světlo ve dne, měsíční svit v noci a pár zdrojů světla v podobě hořících svíček, olejových a plynových lamp. Tyto zdroje světla ovšem neprodukují dostatečný světelný tok, zvláště ne v požadovaných vlnových délkách potřebných k probuzení organismu. Proto se jejich aktivita v průběhu dne a roku odvíjela z přirozených přírodních rytmů. Tedy ze střídání dnů a nocí či změn ročních období. S příchodem druhé průmyslové revoluce a rozvojem světelné techniky reprezentované žárovkou vynálezce Thomase Alvy Edisona, dochází ke změnám. Ve využívání světla k změnám v pracovní době ale i vniku nočního života obyčejných obyvatel. Zavedení nočních směn v továrnách a výrobních závodech vedl ke pestřejšímu nočnímu životu, ale docházelo k zatemňování během dnů za pomoci záclon a žaluzií. Opuštění přirozených přírodních cyklů se projevilo i narušením přirozených biologických pochodů v organismech. Ve všech organismech, tak i tělech lidí, se totiž nachází takzvané biologické hodiny, které řídí funkci orgánů. Jsou-li tyto hodiny rozladěny, mohou nastávat zdravotní potíže. Světlo totiž ovlivňuje délku a kvalitu spánku (biologické hodiny). Problém narušení chodu biologických hodin se začal řešit až mnohem později a stále je předmětem výzkumu. Z dosud známých skutečností však víme že největší vliv na biologické hodiny má modré světlo, které dopadem na gangliové buňky v oční sítnici způsobuje nastartování pochodů k probuzení organismu [1, 2].

Tato práce je věnována vývoji zařízení pro simulaci východu ranního slunce a následného ověření její funkčnosti na testovaných subjektech.

## 2 CHARAKTERISTIKA SOUČASNÉHO STAVU ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Světlo je elektromagnetické vlnění, které vyvolává zrakový vjem pomocí očního zrakového orgánu. Elektromagnetické vlnění je děj, při kterém dochází k přesunům elektrického a magnetického pole. Elektrické pole je definováno intenzitou  $E$  a magnetické pole je definováno magnetickou indukcí  $B$ . Vektory elektrického a magnetického pole jsou na sebe navzájem kolmé a zároveň jsou kolmé na šíření záření. Rovnice pro výpočet frekvence světla ze vztahu:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad [m; m \cdot s^{-1}, Hz]$$

Kde:  $\lambda$  – vlnová délka

$c$  – rychlost světla ve vakuu ( $3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

$f$  – frekvence

Elektrické vlny jsou vyzařovány v kvantech, které nazýváme fotony. Foton má vlastnosti duality. Tedy možnost popsat foton buď jako vlnu nebo částici. Energie fotonu je úměrná frekvenci elektromagnetického záření. Největší energii mají v oblasti viditelného spektra a mají barvy s nejkratší vlnovou délkou.

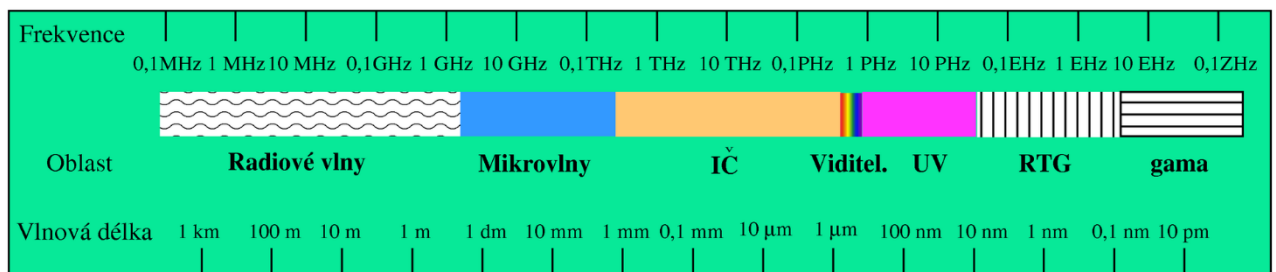
$$E = h \cdot f \quad [eV; eV \cdot s, Hz]$$

Kde:  $E$  – energie kvanta

$h$  – Planckova konstanta ( $4,135 \cdot 10^{-15}$ )

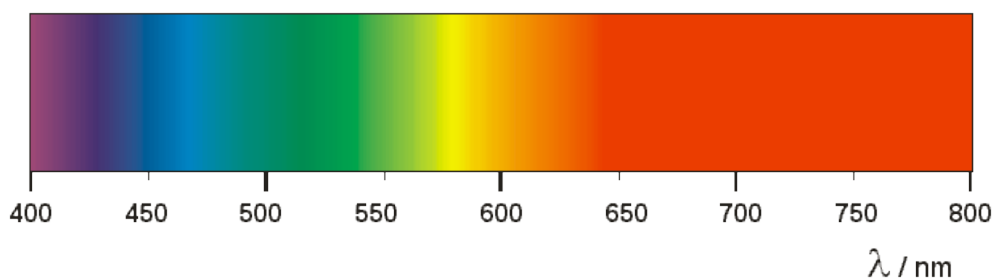
$f$  – frekvence

Podle vlnových délek nebo frekvence lze rozdělit záření na radiové vlny, mikrovlny, infračervené záření, viditelné záření, ultrafialové záření, rentgenové a gama záření [7].



Obr. 2-1 Spektrum elektromagnetického záření (převzato z [28])

Viditelné záření je tedy jen malou částí z celého elektromagnetického spektra, kterou dokáže náš zrakový orgán zpracovat. Vlnová délka viditelného světla leží mezi 780(nm), kde přechází do infračerveného záření a 400 (nm), kde přechází do ultrafialového záření. Barevná vlastnost světla se nazývá „chromatičnost světla“.



Obr. 2-2 Barevné spektrum (převzato z [33])

## 2.1 Neionizující záření

Mezi neionizující záření patří všechna elektromagnetická záření o větší vlnové délce než 1 (nm). Tedy radiové záření, mikrovlnné záření, infračervené záření, viditelné záření a ultrafialové záření. Neionizující záření nemá dostatečnou energii k odtržení elektronů z atomového obalu [5].

## 2.2 Infračervené záření

Infračervené záření je typem elektromagnetického záření. Stejně jako ostatní druhy záření je součástí EM spektra, s kterým se lidé každodenně setkávají. Pro lidské oko je nezaznamatelné, ale můžeme ho cítit ve formě tepla. Vlnová délka je vyšší než u viditelného spektra a pohybuje se přibližně od 1mm do 700 nm [3],

Tabulka 1 Dělení IR záření

Zkratka	Vlnová délka	Frekvence
IR-A	700 nm - 1400 nm (0,7 $\mu\text{m}$ - 1,4 $\mu\text{m}$ )	215 THz - 430 THz
IR-B	1400 nm - 3000 nm (1,4 $\mu\text{m}$ - 3 $\mu\text{m}$ )	100 THz - 215 THz
IR-C	3000 nm - 1 mm (3 $\mu\text{m}$ - 1000 $\mu\text{m}$ )	300 GHz - 100 THz

Zdrojem infračerveného záření je slunce, které vydává v této formě více jak polovinu své energie a hraje tak důležitou roli na vývoj klimatu (skleníkový efekt) na zemi, kdy rozdíl mezi pohlceným IR a vyzářeným IR zemí určuje počasí na zemi a ovlivňuje veškerou biosférickou činnost. Prakticky každý objekt na povrchu země emituje především IR záření.

Využití IZ je velké. Od biologických účinků v medicíně pro rychlejší léčbu zranění či léčbu kardiovaskulárních obtíží, průmyslových provozech na tepelné opracování materiálů, přenos dat (ovladač TV) až po zařízení na detekci a studium IR emitované z objektů ve vesmíru [3, 4].

## 2.3 Ultrafialové záření

Je typ elektromagnetického záření s vlnovou délkou kratší než viditelné spektrum, ale delší než rentgenové záření. Pro člověka je neviditelné, ale některé druhy zvířat záření vidět mohou. UV záření není považované za ionizační i když UV s vyšší frekvencí způsobují chemické reakce.

Tabulka 2 Dělení UV záření

Zkratka	Vlnová délka	Frekvence
UV-A	315 nm - 400 nm	215 THz - 430 THz
UV-B	280 nm - 315 nm	100 THz - 215 THz
UV-C	180 nm – 280 nm	300 GHz - 100 THz

UV-A je největší částí UV záření dopadajícího na povrch země a nemá ionizační účinky na rozdíl od UV-B a UV-C, které mají dostatek energie na ionizaci atomů.

Zdrojem přirozeného ultrafialového záření je slunce. Umělými zdroji světla jsou elektrické oblouky, rtuťové výbojky a xenonové výbojky. V přírodě lze UV záření pozorovat v podobě blesků.

UV záření je využíváno v mnoha odvětvích. V osvětlovací technice je pomocí fluorescence vytvářeno viditelné světlo z UV. Využívá se ke skenování materiálů, v potravinářství ke sterilizaci nebo odhalení bakterií ve výrobcích až po výrobu mikročipů pomocí litografie.

Vliv UV záření na lidský organismus v malých dávkách způsobuje opálení a tvorbu vitamínu D. Ve větších dávkách vede k poškození DNA a tvorbě rakoviny a dalším zdravotním problémům [5].

## 2.4 Viditelné spektrum

Viditelné záření je nejznámějším z forem elektromagnetického záření a vytváří tu část spektra, na které je oko citlivé. Život na zemi bez viditelného spektra, které představuje téměř polovinu z vyzařované energie slunce, by nepodporoval na zemi fotosyntézu. Dalším významnou vlastností viditelného spektra pro život na zemi je pozoruhodná propustnost tohoto spektra vodou. Pozoruhodná průhlednost vody soustředěná v úzkém režimu viditelného světla, vyznačená vertikálními čárkovanými čarami na obrázku, je výsledkem charakteristického rozdělení vnitřních energetických stavů vody. Absorpce je silná vůči infračervenému záření kvůli molekulárním vibracím a intermolekulárním kmitům. V ultrafialové oblasti je absorpce záření způsobena elektronickými excitacemi. Světlo o kmitočtech, které mají absorpční koeficienty větší než  $a = 10 \text{ cm}^{-1}$  nemůže ani dosáhnout sítnice z lidského oka, protože jeho složení kapalin se skládá hlavně z vody, která absorbuje právě takové frekvence světla. Z další kapitoly je zřejmé že se budeme zabývat frekvencemi právě ve viditelném spektru [5].

## 3 BIOLOGICKÉ FUNKCE ORGANISMU ŘÍZENÉ SVĚTLEM

Lidský organismus reaguje na změny světla. Život na Zemi se během evoluce podřídil střídání dne a noci. Řada fyziologických funkcí se pak těmto biologickým rytmům přizpůsobila. V této části práce se budeme zabývat rozbořem cirkadiánních rytmů a biologických hodin.

### 3.1 Popis cirkadiánních rytmů

Všechny prozatím studované živé organismy vykazují denní rytmy ve stovkách dějů probíhajících na úrovni organizmální, tkáňové, buněčné i molekulární. Člověk vyazuje významné rytmy např. ve spánku a bdění, v tělesné teplotě, v psychickém a fyzickém výkonu, v tvorbě a uvolňování četných hormonů, např. melatoninu z epifyzy či kortizolu z kůry nadledvinek, v metabolické aktivitě, ve složení tělních tekutin, v aktivitě četných enzymů, v zapínání a vypínání stovek genů apod. Rytmy přetrvávají i tehdy, žijí-li organismy ve stálém, neperiodickém prostředí bez vědomí o vnějším čase, např. člověk v jeskyni či v izolovaném bunkru. Rytmy jsou organismu vrozené. Nazývají se proto rytmy cirkadiánní, z latinského *circa* – zhruba – a *diem* – den [8].

### 3.2 Biologické hodiny

Biologickými hodinami se zabývá vědní obor chronobiologie, který zkoumá biologické pochody organismu člověka z pohledu biologického času. Vznik biologických hodin byl zapříčiněn potřebou organismů přizpůsobit se 24 hodinovému cyklu způsobenému rotací planety okolo vlastní osy. Biologické hodiny ovládají všechny pravidelně se opakující děje. Dělíme je na centrální a periferní hodiny. Periferní hodiny ovládají a řídí funkce ledvin, plic, jater a ostatních orgánů, vylučování hormonů, vnímání, soustředěnost a jsou tedy odpovědné za duševní a fyzickou zdatnost člověka. Centrální biologické hodiny zajišťují synchronizaci periferních hodin [9].

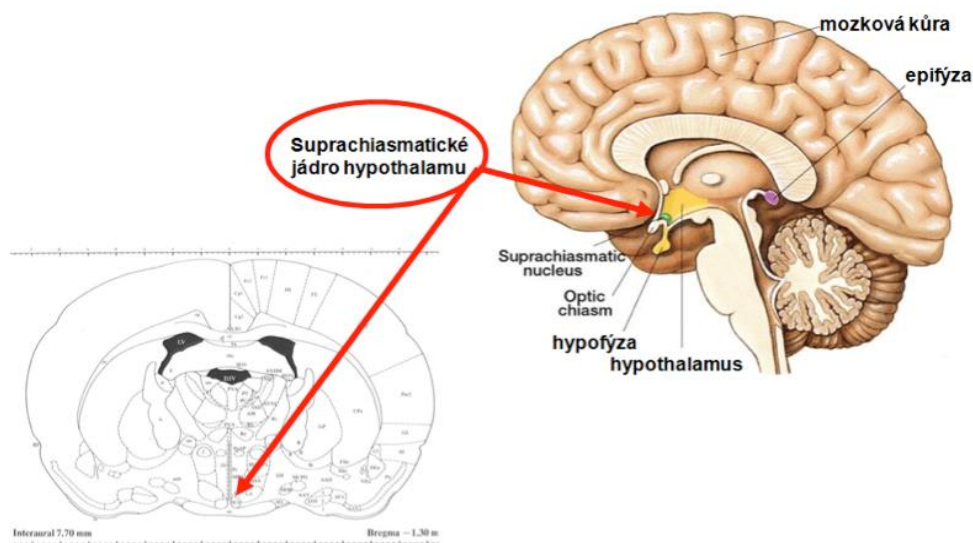
Čas periferních biologických hodin vnitřních orgánů:

23.–1. hodina	– začíná pracovat žlučník
1.–3. hodina	– aktivují se játra
3.–5. hodina	– vrcholí činnost plic, ledviny jsou v klidu, prakticky přestávají vylučovat; dochází k maximální spotřebě kyslíku, látkové výměně, sycení mozku
5.–7. hodina	– v nejvyšší činnosti je tlusté střevo
7.–9. hodina	– dostává se do činnosti žaludek
9.–11. hodina	– v činnosti je slinivka břišní a slezina, kolem 11. hodiny nastává dopolední výkonnostní vrchol
11.–13. hodina	– doba aktivní činnosti srdce; kolem 13. hodiny dochází k náhlému pocitu únavy a poklesu výkonnosti
13.–15. hodina	– v nejvyšší činnosti je tenké střevo, začíná se zvyšovat fyzická aktivita
15.–17. hodina	– nejvíce pracuje močový měchýř
17.–19. hodina	– v činnosti jsou ledviny

- 19.–21. hodina – nastává druhá perioda činnosti našich orgánů; do činnosti se dostává obal srdce a krev
- 21.–23. hodina – doba činnosti ohřívачů těla, tělo se připravuje na spánek [13]

### 3.3 Umístění biologických hodin

Za rytmickými změnami našich fyziologických funkcí a našeho chování jsou zodpovědná dvě uskupení mozkových buněk s latinským názvem suprachiasmitická jádra. Tato uskupení jsou umístěna v prostoru křížení optických nervů, které vedou informaci o světle ze sítnice k zrakovým lalokům mozku k jejich zpracování a jsou sídlem biologických hodin u savců. Světlo jako hlavní přírodní signál je detekován sítnicí a přítomnost světla je signalizována přes jednu přímou a více nepřímými nervovými cestami ze suprachiasmatických jader. Obě jádra jsou složena z tisíců buněk. Každá jednotlivá buňka je schopna sama vysílat rytmický signál v podobě elektrické aktivity. Aby byl signál synchronní a vykazoval cirkadiánní rytmus dochází mezi všemi buňkami k určité koordinaci. Výsledkem této koordinace je skutečnost, že ve stálém prostředí (např. tma, světlo) řídí biologické hodiny všechny rytmické děje těla v periodě. Další tělesným orgánem, v němž vznikají cirkadiánní rytmy mimo suprachiasmatické jádro je oční sítnice, která dává popud k tvorbě melatoninu. Z umístění orgánů řídících cirkadiánní rytmy lze usuzovat, že hlavním působícím činitelem na cirkadiánní rytmy je světlo [9].



Obr. 3-1 Umístění suprachiasmatických jader v mozku (převzato z [20])

### 3.4 Stavba oka a sítnice

Oko je smyslovým orgánem. Nezbytnými součástmi oka pro jeho správnou funkci jsou víčka, slzný aparát a okohybné svaly. Úkolem těchto orgánů je ochrana a pohyblivost oka. Samotné oko se skládá ze tří struktur. Uvnitř oka se nachází nervová vrstva, uprostřed cévnatá vrstva a na povrchu vazivová vrstva.

Lidské oko má poloměr 11-12 mm. Vlivem gravitace je oční bulva lehce zploštěná.

- První vrstva je vnější neboli vazivová – tunica fibrosa. Tuto vrstvu tvoří z 80% bílá sclerae – bělima a průhledná cornea – rohovka.



- Druhá vrstva je cévnatá neboli – tunica vasculosa. Tuto vrstvu tvoří choroidea – cévnatka, corpus ciliare – řasnaté těleso a iris – duhovka.
- Třetí vrstva je vnitřní neboli nervová – tunica interna. Tuto vrstvu tvoří retina – sítnice.

Bělima – tvoří přibližně 80% povrchu oční koule. Skládá se z hustého kolagenního vaziva. Vzhledem připomíná šlachy a je mléčně bílá. Od zadního pólu je bělima perforovaná a je to místo kudy vystupuje zrakový nerv. Na přední straně bělimy je připojena spojivka.

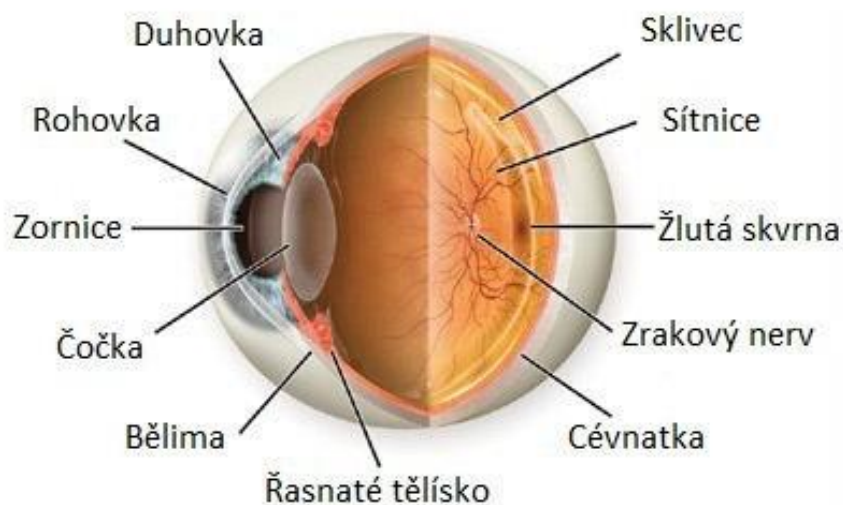
Rohovka – tvoří přední část oka. Je to průhledná a více zakřivená část, která zaujímá asi 20% povrchu oční koule. Je zcela bezcévnatá, bezbarvá a průhledná. Rohovka je zasazena do žlábků v bělimě nebo je povrch rohovky šikmo k periferii ztenčen a okraj bělimy zakrývá.

Cévnatka – je rozsahem největší částí střední vrstvy, je tenká a cévami bohatě propletena. Vpředu přechází v řasnaté tělísko. Cévnatky mají funkci vyživující a mechanickou, která tahá za řasnaté tělísko a napíná závěsný aparát čočky.

Řasnaté tělísko – je pigmentované prostředí. Při pohledu zepředu nebo zezadu má řasnaté tělísko tvar mezikruží. Hlavním úkolem je působení na čočku silou, která umožňuje zploštění či rozšíření čočky, čímž čočka zaostřuje na různě vzdálené objekty.

Duhovka – má tvar mezikruží se středovým otvorem zvaným zornice. Duhovka dělí prostor oka na přední a zadní komoru. Okraj zornice se nazývá margo pupillars, na němž jsou jemné řasy. Na tento okraj se přetáčí pigmentový sítnicový epitel ze zadní plochy duhovky a dodává tak okraji zornice tmavé zbarvení. Funkcí zornice je působení jako clona, která reguluje množství protékajícího světla do oka.

Čočka – je uložena za zornicí. Její mohutnost je 10-17 dioptrií. Základní vlastností čočky je možnost měnit vyklenutí a tím i svoji optickou mohutnost. Pouzdro čočky je průhledná sklovitá blanka, jež je na přední straně silnější než v zadní části a chrání čočku před komorovou tekutinou, která by jinak způsobila zkalení. V čočce se nachází jádro, hluboká a tuhá část čočky. Na povrchu čočky jsou patrné dva švy. Funkcí čočky je zaostření oka na různé vzdálenosti [15].

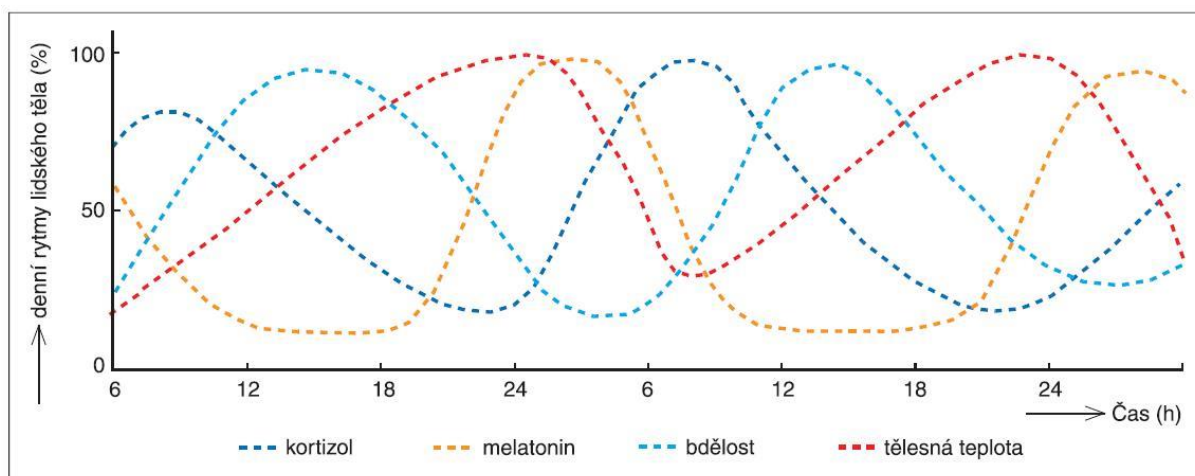


Obr. 3-2 Anatomie oka (převzato z [15])

Sítnice - z hlediska zrakové funkce je sítnice, neboli retina, nejdůležitější částí oka. Jde o jemnou a důmyslnou strukturu, díky níž jsou umožněny všechny komplikované zrakové funkce. U člověka i všech obratlovců je vrstva smyslových buněk uložena v nejhlubších částech sítnice. Nejhlubší vrstva sítnice přiléhá k cévnatce a spolu s pigmentovou vrstvou cévnatky působí jako světelná izolační vrstva, která pohlcuje dopadající světelné paprsky a zabraňuje jejich odrazu uvnitř oka. Do pigmentové vrstvy jsou vnořené světlocitlivé výběžky smyslových buněk sítnice. Vnitřní vrstva obsahuje vlastní primární smyslové buňky (fotoreceptory) a neurony, které sbírají informace z fotoreceptorů a odvádějí je prostřednictvím zrakového nervu z oka do mozku. Smyslové buňky se v sítnici vyskytují ve trojí podobě: tyčinky, čípky a gangliové buňky. Tyčinky registrují množství dopadajícího světla a představují většinu smyslových buněk sítnice, jejich celkový počet je asi 130 milionů. Čípky slouží k vnímání barev, je jich mnohem méně, asi 7 milionů a jsou uloženy v oblasti žluté skvrny, kde představují typ smyslových buněk. Gangliové buňky byly potvrzeny teprve nedávno a slouží k ovládní cirkadiálních rytmů pomocí světla. Vodivé výběžky z fotoreceptorů navazují na vrstvu drobných bipolárních neuronů. Na vodivé výběžky bipolárních neuronů navazuje vrstva velkých multipolárních neuronů. Jejich neurity tvoří nejhlubší vrstvu sítnice [9, 16].

### 3.5 Řízení cirkadiálních rytmů a jejich synchronizace

Jak již bylo zmíněno v lidském oku je uložena vrstva gangliových buněk, která obsahuje fotopigment melanopsin. Tyto buňky jsou odpovědné za naše „cirkadiální vidění“. Světlo dopadající na tyto buňky vyvolá informaci o osvětlení a aktivují se dráhy v optickém nervu vedoucím do suprachiasmatických jader, tedy do biologických hodin v mozku. Zde se zpracuje informace o světle a je vedena do epifyzy, která produkuje melatonin v závislosti na světle. Suprachiasmatická jádra za pomoci světla synchronizují vnitřní čas těla s časem okolního světa.  $\tau$  cirkadiálních rytmů organismu je nastavován podle periody T v přírodě. V našem případě je to 24 hodin. Tedy opakované střídání dne a noci způsobené otáčením Země okolo své osy je nejdůležitějším synchronizátorem. Zvláště potom slunná část dne. Z části synchronizující účinek může být fyzická aktivita nebo podávání melatoninu [10].



Obr. 3-3 Denní rytmy lidského těla (převzato z [19])

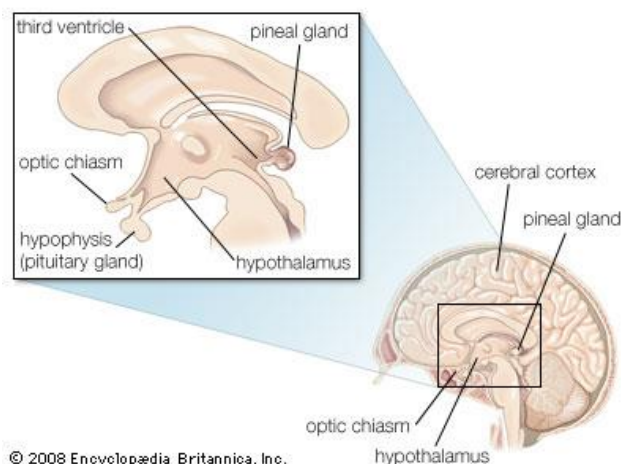
Vystavením světelným podmínkám z večera a v první polovině subjektivní noci vede k opoždění fáze cirkadiálních rytmů. To znamená neschopnost osoby usnout z důvodu nedostatku melatoninu způsobeném vystavení světlu. Vystavení se světlu z rána a v druhé polovině subjektivní noci vede k předběhnutí fáze. Pro člověka, který v převážné většině má vnitřní periodu rytmů  $\tau$  delší než 24 hodin, je nejdůležitější světlo ranní, protože svým působením na předběhnutí fáze vede k synchronizaci tělesných cirkadiálních rytmů s 24 hodinovým dnem. Zpoždění a předbíhání rytmů nemusí probíhat stejně. „Např. u potkana po osvětlení v první polovině noci dojde okamžitě k velikému zpoždění ve večerním nárůstu tvorby melatoninu, ne však v ranním poklesu. Do jednoho dne jsou však rovnoměrně zpožděny i nárůst i pokles a celý rytmus je tak opožděn. Po osvětlení ve druhé polovině dojde okamžitě k velkému předběhnutí v ranním poklesu tvorby melatoninu, nikoliv však ve večerním nárůstu. Ještě po třech dnech nedochází k výraznému předběhnutí večerního nárůstu, ačkoliv ranní pokles zůstává předběhnut. Organismus se zřejmě snáze vyrovnává s nutností se zpozdít, než s nutností se předběhnout.“ Vzhledem k tomu, že osvětlení z večera zpožďuje vzestup v tvorbě melatoninu. Ranní osvětlení způsobuje předběhnutí ranního poklesu v tvorbě melatoninu. Skutečností je že v dlouhých letních dnech je produkce melatoninu krátká a v krátkých zimních dnech je produkce melatoninu dlouhá. Tato zákonitost je platná pro všechny savce a tedy i člověka. Platí však pouze pro případy, kdy je jedinec v létě vystaven skutečně intenzivnímu vnějšímu osvětlení od východu do západu slunce. V případě, že je jedinec vystaven umělému osvětlení po celý rok, je produkce melatoninu stejná v každém období [10, 9].

#### Typy rytmů v organismu

- Ultradiánní – hodinový rytmus. Kratší než 20 hodin (srdeční tep),
- Cirkadiánní – denní rytmus s délkou periody 20-28 hodin (řízení tvorby melatoninu, bdělost, spánek, řízení tělesné teploty),
- Infradiánní – rytmy s delší periodou než u cirkadiálních rytmů. Cca. 30 dní,
- Circannualní – roční rytmus.

### 3.6 Epifýza a funkce melatoninu

Epifýza známá jako mozková šišinka je orgán, který slouží k sekreci hormonu melatoninu a je umístěn pod třetí mozkovou komorou ve střední mozkové čáře mezi oběma hemisférami. Pomocí melatoninu epifýza synchronizuje cirkadiánní rytmy, jenž vznikají z hormonu serotoninu během tmy. Za světla naopak produkuje serotonin. Experimenty prokazují, že funkce epifýzy je řízena především světlem. Světlo způsobuje syntézu melatoninu, ale i dalších látek a syntézu serotoninu naopak utlumuje. Změny množství vylučovaných hormonů ovlivňuje nálady, imunitní systém, spánek a další děje v lidském těle [9, 12].



Obr. 3-4 Umístění Epifyzy v mozku (převzato z [12])

Melatonin je hormon vylučovaný epifyzou v mozku. Jeho hlavní funkcí je řízení cirkadiánního řádů organismu. Míra hladiny melatoninu v tělních tekutinách v noci přenáší kromě signálu o denní době i informaci o délce dne v návaznosti na roční sezóně. Melatonin se totiž tvoří po krátkou dobu během letních dnů, ale během dlouhých zimních se tvoří po dlouhou dobu. Melatoninový signál je tudíž součástí řízení denního i ročního programu organismu. S rostoucím věkem produkce melatoninu klesá, u lidí s vyšším věkem lze předpokládat nespavost. U slepců desynchronizaci cirkadiánního rytmu. Tyto problémy lze řešit podáváním externího melatoninu. Melatonin rovněž reguluje další hormony v organismu [11, 14].

### 3.7 Vliv modrého světla na organismus

V oku, jak již bylo zmíněno jsou tři typy světlocitlivých buněk. Tyčinky, jež určují kontrast, ale neumožňují rozlišování barev. Jejich nejvyšší citlivost je při vlnové délce 507nm, což odpovídá tmavě zelené barvě. Čípky jsou naopak uzpůsobeny k rozlišení barevného spektra, které je člověk schopen vnímat. Spektrum je v rozmezí 380nm až 760nm, přibližně tedy takový rozsah, jaký nám umožňuje koeficient absorpce světla pro kapalnou vodu. Čípky mají nejvyšší citlivost na vlnovou délku 555nm což odpovídá světle zelené barvě. Gangliové buňky mají nejvyšší citlivost na světlo o vlnové délce 464nm odpovídajících modré barvě. Gangliové buňky se od tyčinek a čípků liší, v tom jaké barvivo obsahují. Zatímco tyčinky a čípky obsahují barvivo rhodopsin, gangliové buňky obsahují barvivo melanopsin. Dalším rozdílem je zakončení nervových drah, pomocí nichž jsou spojené s mozkiem. Oko je inervováno pomocí nervus opticus, který vede vjemy do týlního laloku mozku. Gangliové buňky jsou inervovány stejně, ale část nervových vláken končí již v mezimozku v suprachiasmitických jádrech, které ovlivňují časové řízení organismu. Ze zadání práce budeme proto považovat gangliové buňky za stěžejní [9].

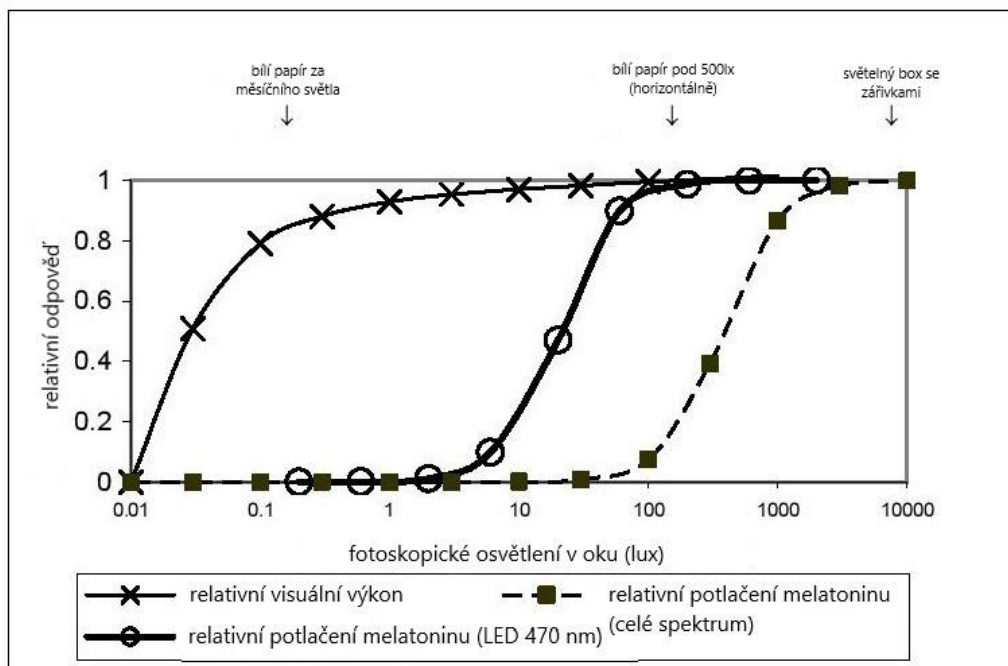
Světlo je přírodní vliv, který se výrazně podílí na fyzickém a psychickém stavu člověka, na regeneraci organismu a jeho pracovním výkonu. Dlouhodobější nedostatek kvalitního světla může způsobit organismu zdravotní potíže a v extrémních případech i trvalé poškození organismu. Mezi zdravotní obtíže, které mohou nastat jsou obezita způsobená neschopností těla vnímat rozdíly mezi délkou dne a noci, což tělu dříve umožňovalo se v letních měsících předzásobit a připravit se na zimu. Hypertenze (zvýšený krevní tlak). Poruchy spánku a zvýšený výskyt rakoviny je způsoben nedostatkem nebo špatnou tvorbou melatoninu, který mimo jiné funguje jako antioxidant a tak brání poškozování DNA. Z hlediska vývoje zrakového analyzátoru je pro člověka nejvýhodnější

světlo denní, neboť mechanismy přenosu informací z okolního prostředí se přizpůsobovaly fyzikálním vlastnostem světelného záření. Práce v nevhodných světelných podmínkách, např. v nízkých intenzitách, přítomnosti blikání, nevhodné podání barev, vysoké jasy a kontrasty, vede k rychlejší zrakové únavě, bolestem hlavy a očí i k přechodným poruchám vidění [9].

### 3.8 Vliv intenzity modrého světla

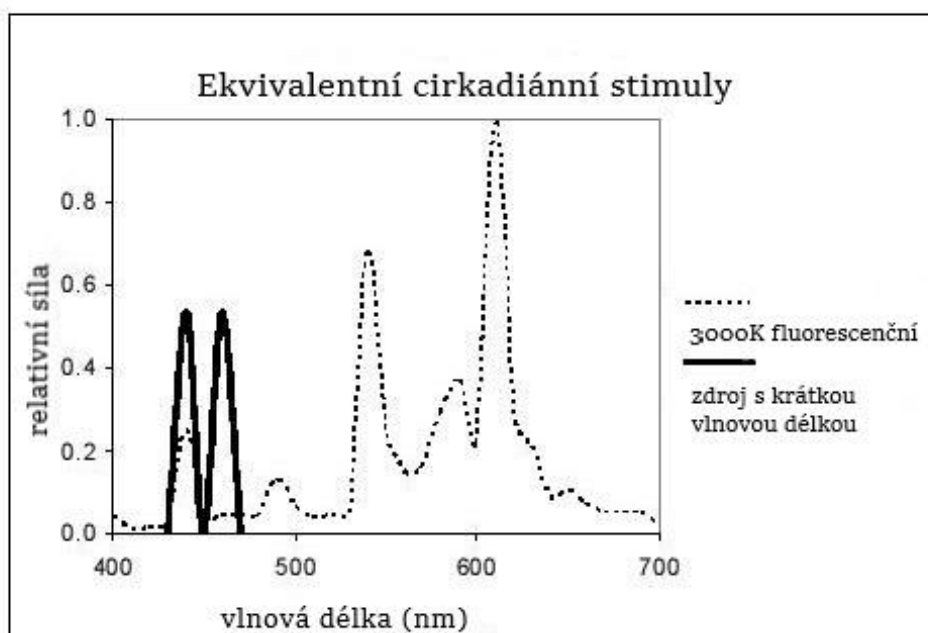
Výzkum na Rensselaer Polytechnic Institute prokázal, že i mírné osvětlení (~18 lx na rohovce) modrého světla (~ 470 nm) je účinné při potlačení melatoninu u průměrného člověka.

Z tohoto výzkumu lze usuzovat, že významný vliv na cirkadiánní systém bude mít i intenzita světla. Např. typická úroveň osvětlení v kancelářském prostředí (500lx) je dostačující pro zpracování alfanumerických informací, což je více než dost k potlačení produkce melatoninu. V obrázku 4-1 jsou tři křivky. První popisuje vztah relativního vizuálního výkonu na osvětlenosti sítnice. Druhá a třetí křivka popisují potlačení melatoninu při zvýšeném osvětlení různými zdroji. Z grafu vyplývá, že organismus reaguje snižováním melatoninu až při vyšších úrovních osvětlení zatímco je oko schopné vidět i při nižších úrovních osvětlení. Může to být způsobeno evolučním přizpůsobením na svit měsíce, hvězd a případně jiných zdrojů slabého světla při, kterých by docházelo k nechtěnému probuzení organismu. Citlivost cirkadiánního systému je tedy nižší než u vizuálního vidění [17, 18].



Obr. 3-5 Závislost citlivosti cirkadiánního systému na fotoskopické osvětlenosti. (převzato z [18])

Dalším viditelným rozdílem je vliv dvou rozdílných zdrojů světla na snižování melatoninu. Modrá dioda začíná působit již při malé úrovni osvětlení což je způsobeno tím že modrá dioda vyzařuje veškeré světlo o vlnové délce, která odpovídá nejvyšší citlivosti gangliových buněk, zatímco u plnospektrální zářivky je vyzářená energie i v ostatních oblastech barevného spektra [18].



Obr. 3-6 Relativní spektrální výkonové rozložení 3000K zářivky a zdroj vln krátkých délek. Další rozdíl mezi visuálním a cirkadiánním viděním je v době působení světla a prostorovém rozložení. (převzato z [18])

Doba osvětlení, která je potřebná k změnám v cirkadiánním systému je delší než u visuálního vidění. Zatímco u visuálního vidění je doba změny velmi rychlá řádově v sekundách u cirkadiánních rytmů je potřeba k potlačení melatoninu v krvi potřeba alespoň 10 minut. Visuální systém také reaguje na světelný podnět kdykoliv během dne a noci stejně. U cirkadiánního systému záleží na čase působení osvětlení. V noci může způsobit předběhnutí nebo opoždění fáze cirkadiánního rytmu [18].

Prostorové rozdělení – pro visuální systém je rozložení světla rozhodující pro visuální výkon. Např. přesné ztvárnění vzorů světla a tmy na této stránce jsou nezbytné k identifikaci slova na této stránce. Cirkadiánní systém nereaguje na vzory, ale pouze na celkové množství světla dopadajícího na sítnici [18].



## 4 REALIZACE ZAŘÍZENÍ

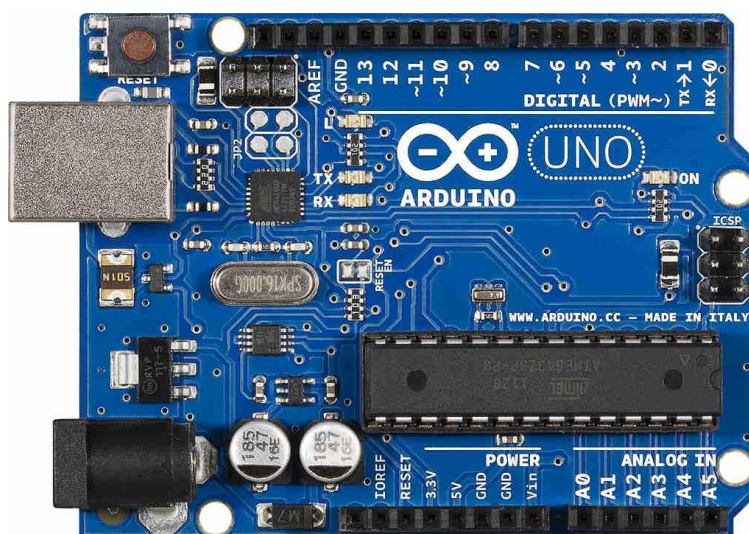
Simulátor je navržen jako budík, který probouzí pomocí simulace východu slunce, dle teoretického rozboru. Požadovaný zdroj světla proto musí postupně zvyšovat svůj světelný výkon. Pro tento účel byly jako nejlepší možnost zvoleny LED diody, řízené pomocí pulzně šířkové modulace. Dále je nezbytné mít neustálý přístup k reálnému času, možnost nastavení doby buzení a možnost zobrazit potřebné hodnoty na displeji. Měření spánku je provedeno pomocí zařízení BEDDIT 2 od firmy Apple. V této kapitole jsou popsány vybrané části zařízení. Bude popsáno jejich využití a funkce.

### 4.1.1 Arduino Uno

Jednodeskový počítač založený na mikrokontrolerech ATmega od firmy ATMEL je programovatelný mikropočítač, který s příslušným programem dokáže obstarávat jednoduché úlohy. Programy píšeme v jazyce Wiring, který navazuje na jazyk C. Užíváme k tomu vývojové prostředí Arduino IDE, pomocí kterého poté napsaný program nahrajeme do Arduina pře USB port.

Specifikace:

Mikroprocesor:	ATmega328P
Provozní napětí (logická úroveň):	5 V
Vstupní napětí (doporučeno):	7-12 V
Vstupní napětí (maximální meze):	6-20 V
Počet digitálních pinů I/O pinů:	14 pinů, z toho 6 s PWM
Počet analogových vstupů:	6 pinů
Proudové zatížení na 1 pin:	20 mA
Flash paměť:	32 kB
SRAM:	2 kB
EEPROM:	1 kB
Rychlost hodin:	16 MHz



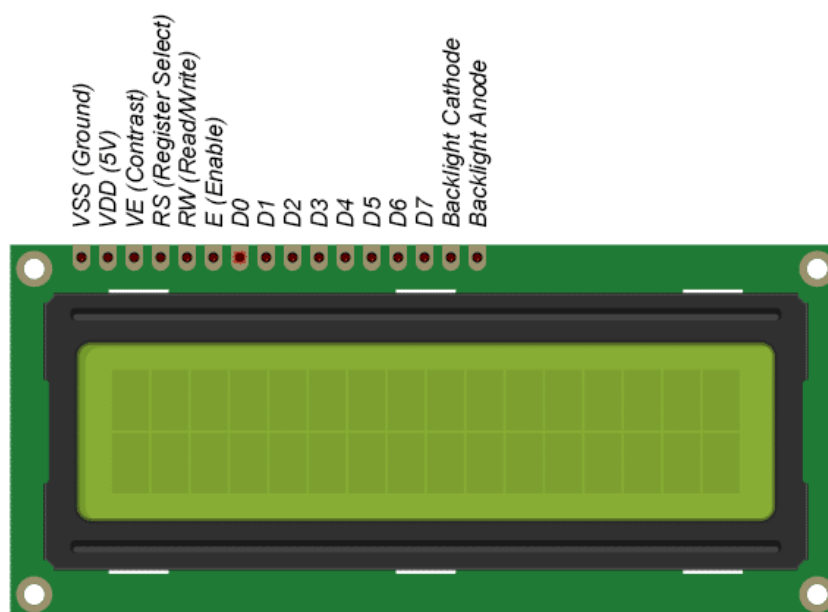
Obr. 4-1 Arduino UNO (převzato z [25])

### 4.1.2 LCD displej

K zobrazení potřebných informací byl zvolen LCD displej se světle zeleným podsvícením a černými znaky. Modul je ovládán pomocí řadiče H44780. Hlavními výhodami je dobrá čitelnost a jednoduchost použití. Odpor o velikosti 1000  $\Omega$  mezi pinem V<sub>0</sub> a GND je nastaven jas znaků. Displej lze vypnout kolébkovým vypínačem na čelní straně zařízení.

Specifikace:

Lze zobrazit:	2-řádky x 16-znaků
Napájení:	5 V DC
Rozměry modulu:	80 mm x 35 mm x 11 mm
Velikost zobrazovací plochy:	64,5 mm x 16 mm



Obr. 4-2 Arduino displej žlutý (převzato z [23])

### 4.1.3 Membránová klávesnice

Pomocí membránové klávesnice je vytvořeno jednoduché uživatelské rozhraní, kterým se nastavuje čas. Hlavními výhodami je jednoduché připojení k Arduino a možnost připevnit klávesnici na jakýkoliv povrch pomocí lepidla.

Funkce tlačítek

- 1 – posun hodnoty vzhůru
- 2 – posun hodnoty dolů
- 3 – nastavení času
- 4 – nastavení budíku, posun na další bod nastavení, vypnutí buzení

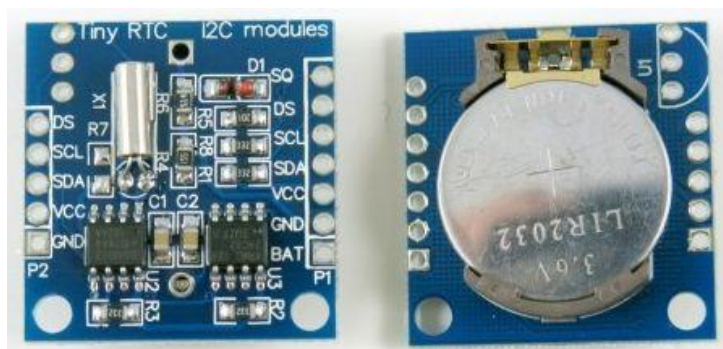




Obr. 4-3 Membránová klávesnice 1x4 (převzato z [24])

#### 4.1.4 Hodiny reálného času

Pro potřebu aktuálního času je použit modul DS1307. Modul je k Arduino UNO připojen přes sběrnici I2C. Pokud je modul připojen k napájení, počítá impulzy z externího oscilátoru a ukládá aktuální hodnoty data a času. K ukládání dat mu slouží 63 bajtů volatilní paměti. Napájení obvodu je dvojitý, buď 5 V ze zařízení nebo 3 V ze záložní baterie. Obvod si sám přepíná tyto dva zdroje podle potřeby. Pokud je napětí ze zařízení odpojeno nebo pokud je menší než napětí na baterii, potom baterie napájí obvod a modul hodin reálného času je v režimu se sníženou spotřebou a nelze s ním komunikovat [29].



Obr. 4-4 Hodiny reálného času DS1307 (převzato z [21])

#### 4.1.5 Spínaný zdroj

Pro napájení zařízení je použit spínaný síťový zdroj MEAN WELL RS 50, který je napájen ze sítě 230 V / 50 Hz. Dostupná série LRS průmyslových spínaných zdrojů je vhodná pro napájení automatických a řídicích systémů s nižším trvalým příkonem. Největší předností zdrojů série LRS jsou malé rozměry, které jsou vhodné k zabudování do zařízení [30].

Specifikace:	
Typ chlazení:	pasivní
Výstupní napětí:	12 V
Regulace výstupního napětí:	10,2-13,8 V
Výstupní proud:	4,2 A
Skutečný výkon:	50,4 W
Vstupní napětí AC:	85 – 264 V
Účinnost:	86 %
Integrované ochrany:	přetížení, přepětí, přehřátí
Pracovní teplota:	-30 °C až 70 °C

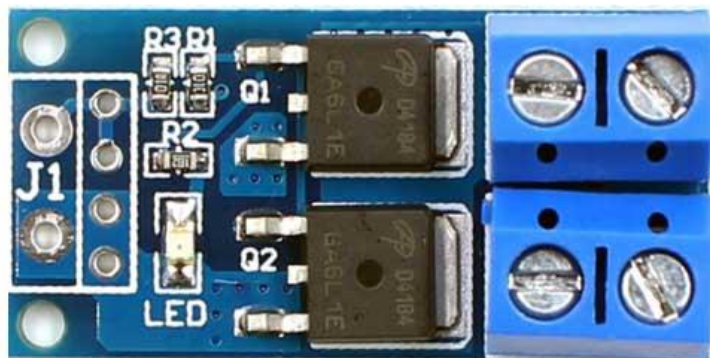


Obr. 4-5 Spínaný zdroj MEAN WELL LRS-50-12 (převzato z [22])

#### 4.1.6 MOSFET

Řízení výkonu na diodách je provedeno unipolárními tranzistory. Tranzistory jsou řízeny z Arduina Program v Arduinu otevírá tranzistor tak aby se střída s postupem času zvyšovala. Výkon na diodách je tedy zvyšován postupně aby simuloval východ slunce

Specifikace:	
Provozní napětí:	DC 5V - 36V
Spouštění: digitální high-low:	DC3.3V - 20V
frekvence signálu:	0—20kHz
DC napájení,	DC 5V - 36V,
Výstupní výkon:	trvalý proud 15A, výkon 400W
Provozní teplota:	-40 ~ +85 °C



Obr. 4-6 PWM MOSFET (převzato z [26])

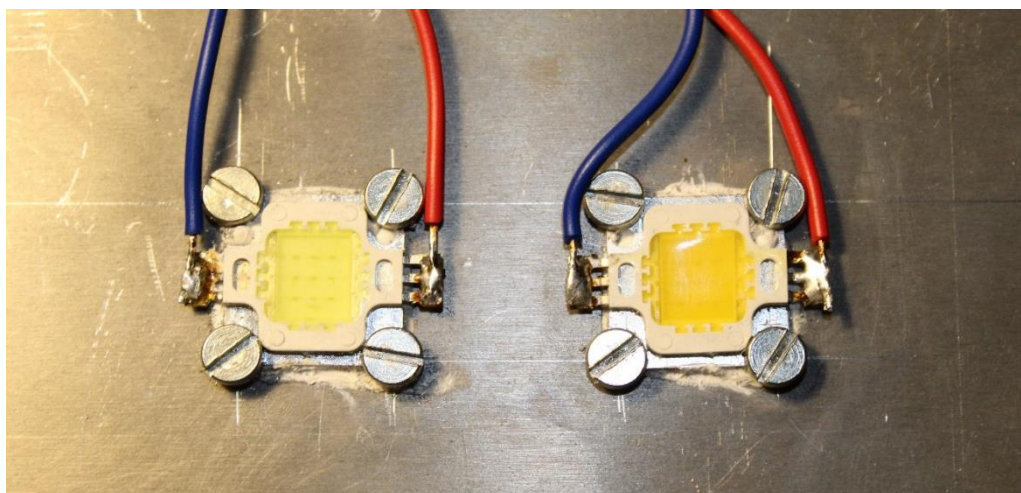
#### 4.1.7 Výkonové LED diody

Omezení proudu je provedeno předřadným výkonovým drátkovým odporem. Odpor rezistoru je  $1 \Omega$ . Diody jsou z důvodu chlazení umístěny na hliníkové desce pomocí šroubů. Pro lepší odvod tepla je mezi hliníkovou deskou a diodou teplo-vodivá pasta.

Specifikace diody:

Proud diodou: 900 mA

Přibližné napětí na diodě: 11.21 V



Obr. 4-7 Výkonové LED diody

#### 4.1.8 Rezistory

Rezistory slouží k omezení proudu protékajícího diodou. Velikost odporu na rezistorech byl zvolen  $1 \Omega$ . Nižší odpor  $1 \Omega$  byl zvolen protože na kontaktech a propojovacích kabelech již ke vzniku malého odporu dochází. Dovolенý ztrátový výkon na zvoleném odporu je 5 W.

Výpočet napětí na rezistoru:

$$U_R = U_Z - U_D = 12.21 - 11.21 = 1 \text{ V}$$

Výpočet odporu rezistoru:

$$R = \frac{U_R}{I_D} = \frac{1}{0,9} = 1,11 \Omega$$

Výpočet výkonové ztráty na rezistoru:

$$P = \frac{U_R^2}{R} = \frac{1^2}{1,11} = 0,9 W$$

### 4.1.9 Kondenzátory

Protože je řízení výkonu diod prováděno pomocí pulzně šířkové modulace, docházelo u diod kvůli rychlému spínání k opakované změně světelného toku v čase. Kondenzátory v obvodu proto slouží v obvodu k vyhlazování napětí. Jde o elektrolytický kondenzátor s kapacitou 2200  $\mu\text{F}$ .

### 4.1.10 Svítidlo

Svítidlo je na zařízení umístěno z důvodu potřeby dvou zdrojů světla a potřeby promíchání jejich barev. Zároveň svítidlo slouží jako ochrana LED diod před vnějšími nepříznivými vlivy a jako ochrana osob před živými částmi vedení. Svítidlo je vyrobeno z třívrstvého, ručně vyráběného skla TRIPLEX OPÁL s matovaným povrchem. Název produktu je Lina 1 od českého výrobce Osmond.

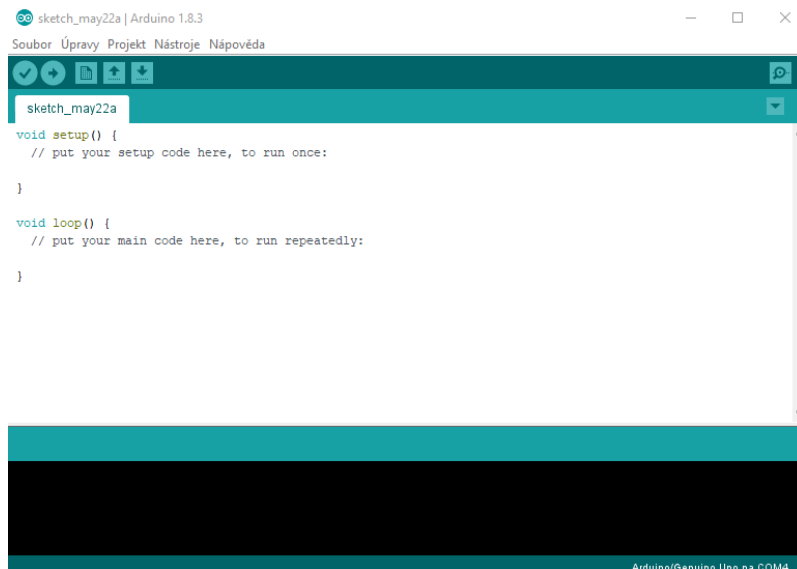


Obr. 4-8 Svítidlo OSMOND LINA 1 (převzato z [27])

## 4.2 Program

Program je napsán ve vývojovém prostředí Arduino IDE. Jedná se o vývojové prostředí vytvořené pro Arduino, které podporuje jazyk Wiring. Jazyk Wiring má dvě hlavní funkce.

- Funkce Setup() je zavolaná pokaždé, když proběhne spuštění nebo restart zařízení pomocí tlačítka. Funkce umožňuje nastavení proměnných, knihoven nebo pinů. Načte se pouze jednou.
- Funkce Loop() je smyčka, která se opakuje neustále dokola a umožňuje reagovat na různé podněty.



Obr. 4-9 Vývojové prostředí Arduino IDE

Program se skládá ze tří částí. V první části jsou připojeny knihovny, inicializují se piny zařízení na periférii a nastavují počáteční hodnoty.

V druhé části je vše, co se nachází ve funkci Setup(). Nastavení ve funkci Setup() proběhne pouze jednou, a to po spuštění. Touto částí programu je nastavena komunikace přes sériovou linku, proběhne kontrola, zda jsou hodiny reálného času připojeny, nastaví se počet znaků a řádků na LCD displeji a určí se umístění symbolů. Dále se nastaví piny ovládající unipolární tranzistory jako výstup a proběhne inicializace pole tlačítek klávesnice, které jsou nastaveny jako vstup.

V třetí části program přechází do funkce Loop(), která se neustále opakuje. Na začátku smyčky proběhne načtení aktuálního času a dat do proměnné, které se nahrají na určená místa na displeji. Správný čas na displeji je dosažen právě opakující se smyčkou, kdy je neustále aktualizován podle modulu hodin reálného času. Signálem pro spuštění pulzně šířkové modulace je podmínka, že se aktuální čas musí rovnat času buzení.

*if (hodina==budikSvetloH and minuta==budikSvetloM)*



Nejdůležitější částí programu jsou cykly zajišťující postupné rozsvěcení simulátoru. Jde o dva cykly vnořené do sebe.

```
int z=20;
    int i=0;
        while (i<kroky){i++;
Serial.println(i);
if (i==20){z=z-2;}
if (i==30){z=z-2;}
if (i==40){z=z-2;}
if (i==50){z=z-2;}
if (i==60){z=z-2;}
pocatek = lookup[i]*5;
for (j=0; j<rychlostvychodu; j++){
```

Tato část programu umožňuje vypnutí LED diod zmáčknutím tlačítka (4).

```
for(int y=0; y<4; y++){
stisky = digitalRead(tlacitka[y]);
if (stisky == LOW) {
if (y==3) {j=rychlostvychodu; i=kroky;

digitalWrite(pulsepin, HIGH);
if (i>z){
int pocatek1 = lookup[i-z]*5;
int pocatek2 = pocatek-pocatek1;
digitalWrite(pulsepinRed, HIGH);
delayMicroseconds(pocatek1);
digitalWrite(pulsepinRed, LOW);
delayMicroseconds(pocatek2);
}else{
delayMicroseconds(pocatek);}
digitalWrite(pulsepin, LOW);
if (i>10){
digitalWrite(pulsepinRed, LOW);}
delayMicroseconds(5000-pocatek);
if (i==63) {i=62;
```

Nastavení času buzení pomocí klávesnice. Nejprve je vybráno pomocí funkce čtení stavů jednotlivých tlačítek ve smyčce potřebné tlačítko (4), a to je načteno do proměnné. Pokud je tlačítko stisknuto, zobrazí se na displeji nastavení budíku s možností nastavit hodiny pomocí tlačítek (1) a (2). (1) přičítá hodinu a (2) hodinu odečítá. Po nastavení hodin opětovným stisknutím tlačítka (4) nastavíme hodnotu proměnné x na x=5 čímž je splněna podmínka while(x!=5) a nastavení budíku

se přesune do dalšího bloku na minuty a proměnné x se změni hodnota na x=6. Nyní je možné nastavit minuty pomocí tlačítek (1) a (2). Po nastavení požadovaných minut je dalším stisknutím tlačítka (4) hodnota proměnné x zpět nastavena na x=5 čímž splní podmínku while(x!=5). Nastavení budíku se přesune do bloku s výběrem délky intervalu a hodnota proměnné x se znovu nastaví na hodnotu x=6. Tlačítka (1) a (2) se vybere délka buzení a zmáčknutím tlačítka (4) se čas buzení uloží.

```

if (x==3){
    while (x!=4){
        while (x!=5){
            for(int y=0; y<4; y++){
                stisky = digitalRead(tlacitka[y]);
                if (stisky == LOW) {
                    if (y==3) {x=5;}
                    if (y==0) {budikH++;}
                    if (y==1) {budikH--;}
                    if (budikH==24) {budikH=0;}
                    if (budikH==-1) {budikH=23;}}
            x=6;
            while (x!=5){
                for(int y=0; y<4; y++){
                    stisky = digitalRead(tlacitka[y]);
                    if (stisky == LOW) {
                        if (y==3) {x=5;}
                        if (y==0) {budikM++;}
                        if (y==1) {budikM--;}
                        if (budikM==60) {budikM=0;}
                        if (budikM==-1) {budikM=59;}}
                    x=6;
                    while (x!=5){
                        for(int y=0; y<4; y++){
                            stisky = digitalRead(tlacitka[y]);
                            if (stisky == LOW) {
                                if (y==3) {x=5;}
                                if (y==0) {delkaBuzeni=delkaBuzeni+10;}
                                if (y==1) {delkaBuzeni=delkaBuzeni-10;}
                                if (delkaBuzeni==40) {delkaBuzeni=10;}
                                if (delkaBuzeni==0) {delkaBuzeni=30;}}

```

Přiřazení hodnoty rychlostvychodu podle zvoleného intervalu délky buzení a předběhnutí spuštění LED diod.

```

if (delkaBuzeni==30) {rychlostvychodu=1800;}
if (delkaBuzeni==20) {rychlostvychodu=1200;}
if (delkaBuzeni==10) {rychlostvychodu=60;}
    budikSvetloM=budikM-delkaBuzeni;
    budikSvetloH=budikH;
if (budikSvetloM<0) {
    budikSvetloM=budikSvetloM+60;
    budikSvetloH=budikSvetloH-1;
if (budikSvetloH<0){ budikSvetloH+24;}

```

Nastavení hodin pomocí klávesnice. Nejprve je vybráno pomocí funkce čtení stavů jednotlivých tlačítek ve smyčce stisknuto potřebné tlačítko (3), a to je načteno do proměnné. Pokud je tlačítko stisknuto, zobrazí se na displeji nastavení času s možností nastavit hodiny pomocí tlačítek (1) a (2). Po nastavení hodin opětovným stisknutím tlačítka (4) nastavíme hodnotu proměnné  $x$  na  $x=5$  čímž je splněna podmínka **while**( $x!=5$ ) a nastavení budíku se přesune do dalšího bloku na minuty a proměnné  $x$  se změní hodnota na  $x=6$ . . Nyní je možné nastavit minuty pomocí tlačítek (1) a (2). Po nastavení požadovaných minut se dalším stisknutím tlačítka (4) čas uloží.

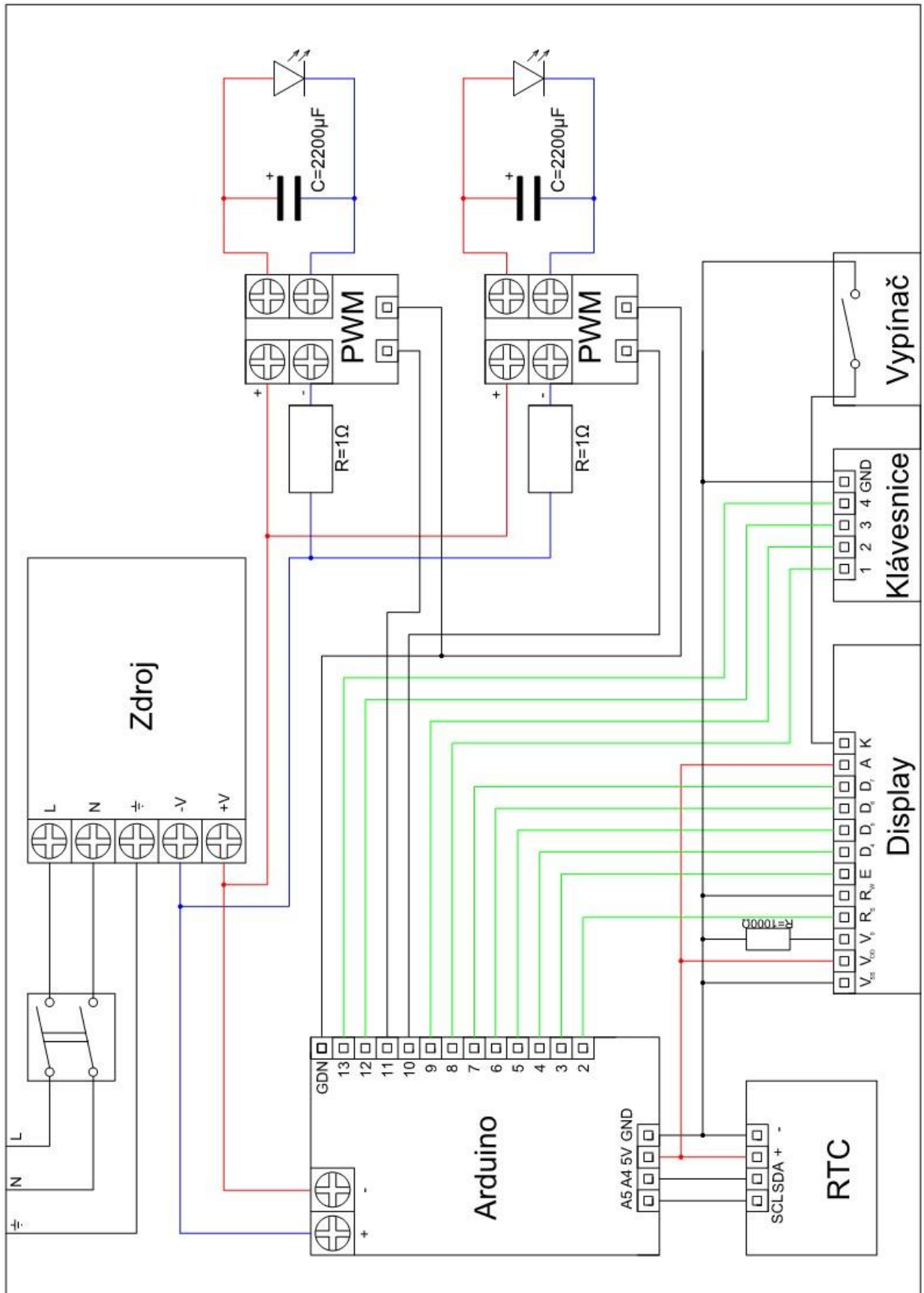
```

if (x==2){
    while (x!=4){
    while (x!=5){
        for(int y=0; y<4; y++) {
            stisky = digitalRead(tlacitka[y]);
            if (stisky == LOW) {
if (y==3) {x=5;}
                if (y==0) {hodiny++;}
                if (y==1) {hodiny--;}
                if (hodiny==24) {hodiny=0;}
                if (hodiny==-1) {hodiny=23;}
            x=6;
            while (x!=5){
                for(int y=0; y<4; y++){
                    stisky = digitalRead(tlacitka[y]);
                    if (stisky == LOW) {
if (y==3) {x=5;}
                        if (y==0) {minuty++;}
                        if (y==1) {minuty--;}
                        if (minuty==60) {minuty=0;}
                        if (minuty==-1) {minuty=59;}

```

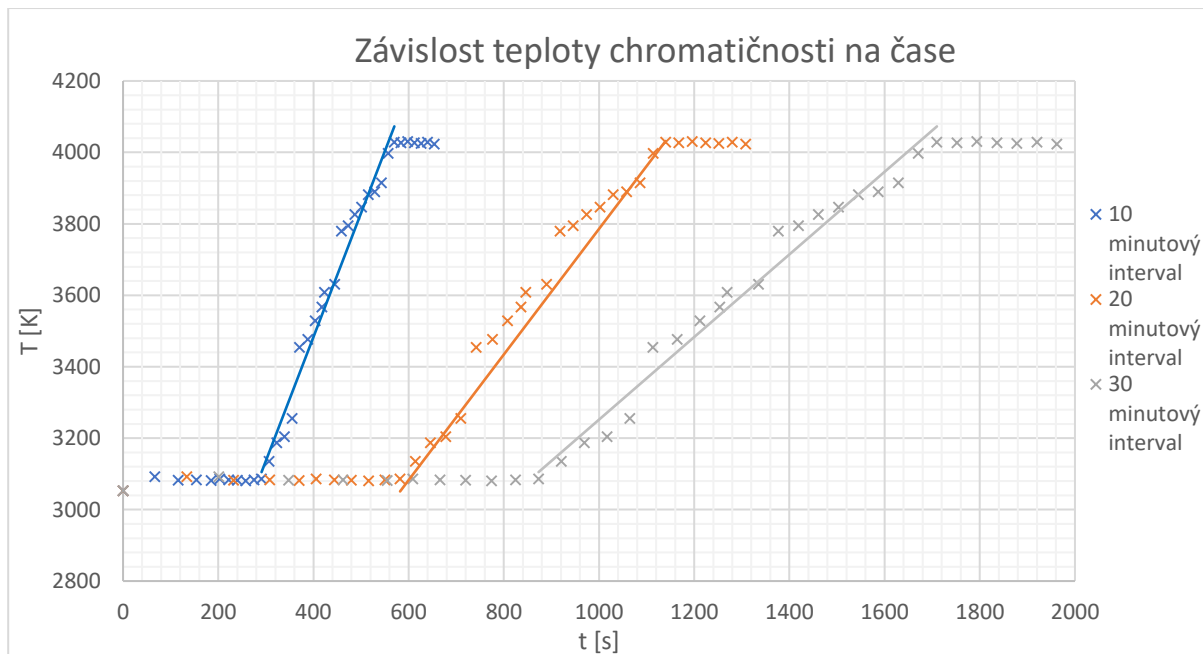


## 4.3 Schéma simulátoru ranního slunce



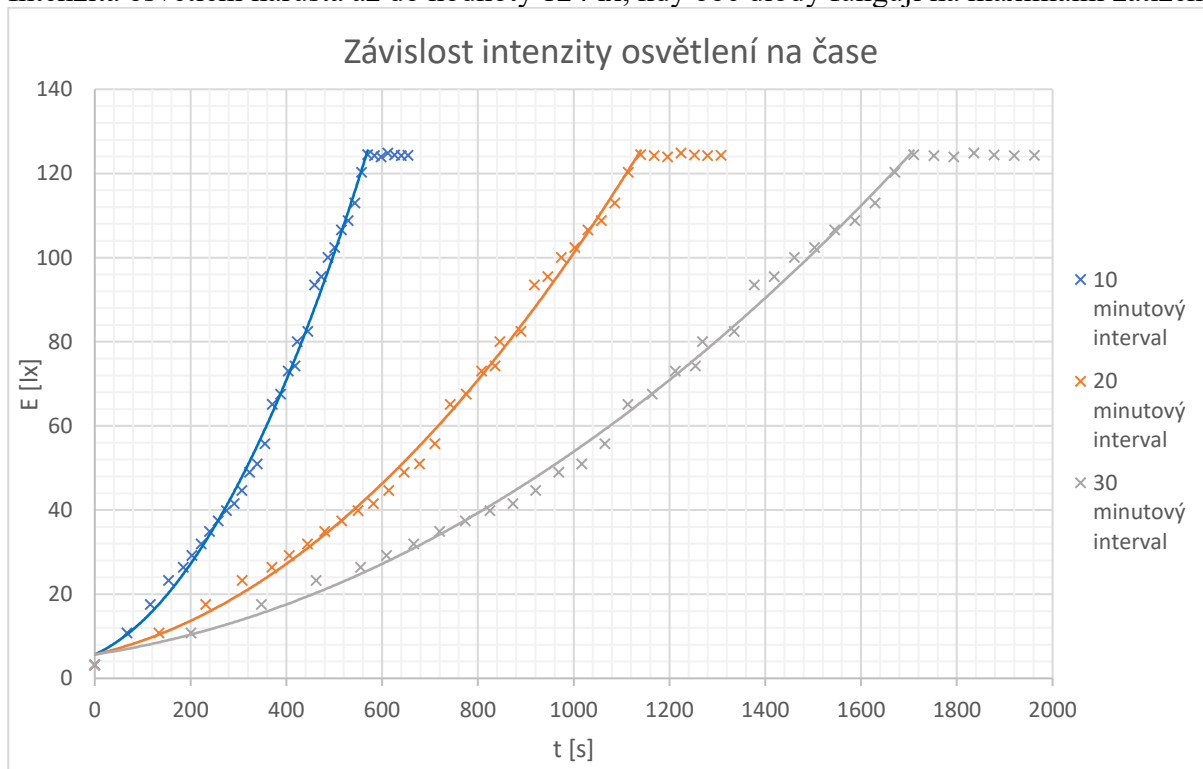
## 4.4 Naměřené vlastnosti LED diod

Teplota chromatičnosti je v první polovině rozsvícení stále stejná. Ve chvíli, kdy se začíná rozsvěcovat dioda druhá, dochází k nárůstu teploty chromatičnosti až do chvíle, kdy obě diody fungují na maximální zatížení. Poté se teplota chromatičnosti ustálí hodnotě okolo 4025 K.



Obr. 4-10 Graf nárůstu teploty chromatičnosti při spuštění druhé diody

Při spuštění simulátoru začíná docházet k nárůstu intenzity osvětlení z první diody. V polovině času intervalu se nárůst intenzity osvětlení začíná zvyšovat v důsledku rozsvěcování druhé diody. Intenzita osvětlení narůstá až do hodnoty 124 lx, kdy obě diody fungují na maximální zatížení.



Obr. 4-11 Graf nárůstu intenzity osvětlení

## 5 PRAKTICKÝ VÝZKUM

Technologie monitoru spánku Beddit byla vyvinuta ve spolupráci se specializovanými, vysoce odbornými pracovišti v oblasti výzkumu spánku a spánkových poruch Helsinkí Sleep Clinic a VitalMed Research Center. Ve spolupráci s profesorem Merkku Partinenem, světově uznávaným expertem v oblasti spánkového zdraví a výzkumu spánku, byla aplikace Beddit vybavena funkcionalitou nejen pro záznam klíčových hodnot charakterizujících průběh a kvalitu spánku. Navíc je doplněna o individualizovaná doporučení, která na základě znalosti spánkových zvyklostí konkrétního uživatele monitoru Beddit pomáhají upravovat jeho životní návyky směrem ke zvyšování uživateli dlouhodobé kvality spánku [31].



Obr. 5-1 Monitor spánku beddit 2

Přístroj měří spánek pomocí plochého senzoru, který je ukrytý v bílém pásku. Měření probíhá na principu ballistocardiografie, tedy sledování pohybu hrudníku způsobeného srdeční činností a dýcháním. Měření je mnohem citlivější než monitoring pomocí rozšířených fitness náramků s pohybovým čidlem. Tyto informace následně pomocí bluetooth předává do mobilního telefonu s iOS nebo Androidem, kde jsou vyhodnoceny ve speciální aplikaci.

### 5.1.1 Ballistocardiogram

Ballistocardiogram (BCG) je záznam mechanických sil způsobených čerpáním krve srdcem. Pohyb objemu krve skrze srdeční komory a vypouštění krve do tepen způsobuje zpětné síly v těle, které mohou být detekovány příslušnými senzory. Pro měření BCG lze použít několik typů senzorů. Mezi těmito senzory jsou reprezentovány akcelerometry, které mohou měřit BCG poměrně snadno, aniž by byly snímače připojeny přímo k povrchu těla. Tyto senzory se také mohou

snadno kombinovat do našich každodenních zařízení, jako jsou židle, váhy a postele. Obvykle jsou tepová frekvence a variabilita srdeční frekvence získány z BCG pro další aplikaci [32].

## 5.2 Průběh měření

Nastavení senzoru probíhá tak, že pás senzoru se připevní pod povlečení a senzor se zapojí do napájecího adaptéru. Senzor se umístí přímo pod hrudník. Měření bylo prováděno na pěti osobách po dobu 10 týdnů. Každé z měřených osob byl měřen spánek v prvním týdnu s buzením pomocí klasického budíku. V druhém týdnu s buzením pomocí simulátoru ranního slunce. Dále bylo součástí měření i popis osob a to věk, barva očí, oční nemoc, v kolik hodin běžně v životě vstává a v kolik hodin měla osoba vstávat. Popis spánku před testem a popis spánku při testu.

## 5.3 Naměřené výsledky

Měření se ukládalo ze zařízení BEDDIT 2 na telefon iPhone SE. Z aplikace se vyextrahovali obrázky průběhu spánku, které ukazují míru hloubky spánku (označeno modrými sloupečky), probuzení (bílé sloupečky) a chrápání (červené sloupečky). Prokazatelně chybná měření byla vyloučena z další analýzy. Proto není u každého dobrovolníka sedm vykonaných měření.

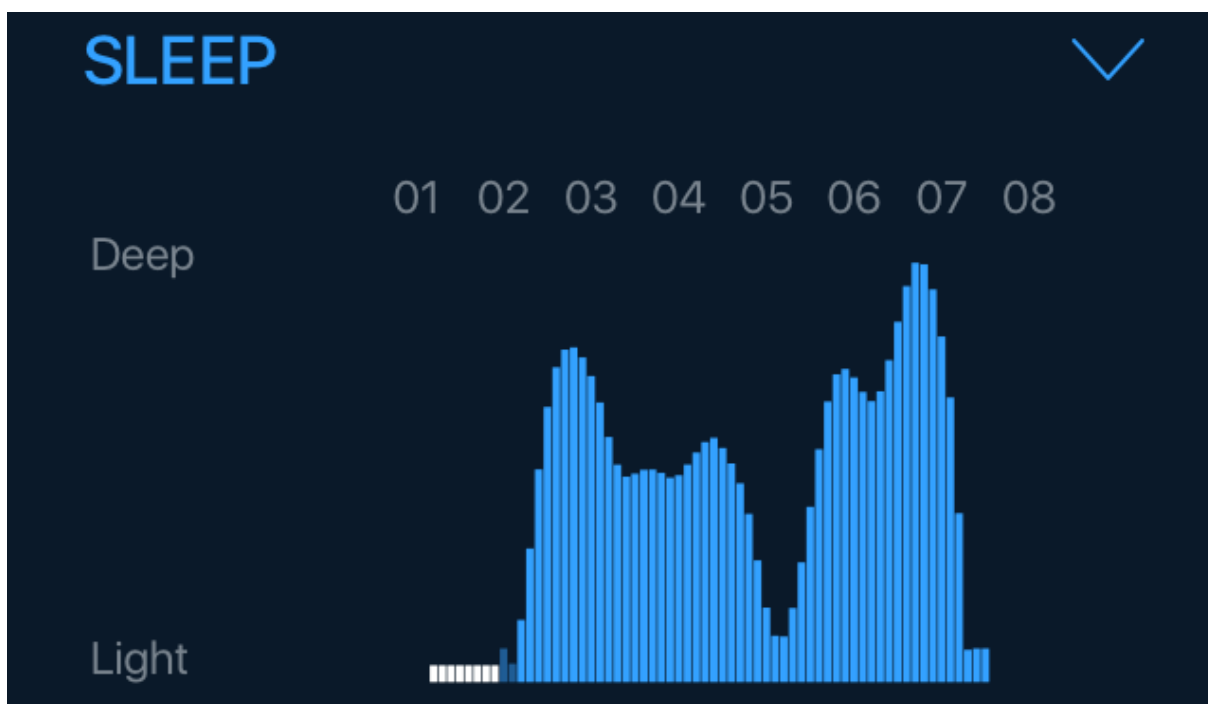
### 5.3.1 Dobrovolník 1

Popis dobrovolníka - 23 let, barva očí modrá, dobrovolník nemá žádnou oční nemoc, běžná doba vstávání u dobrovolníka je různá nejčastěji mezi 7:00 a 9:00.

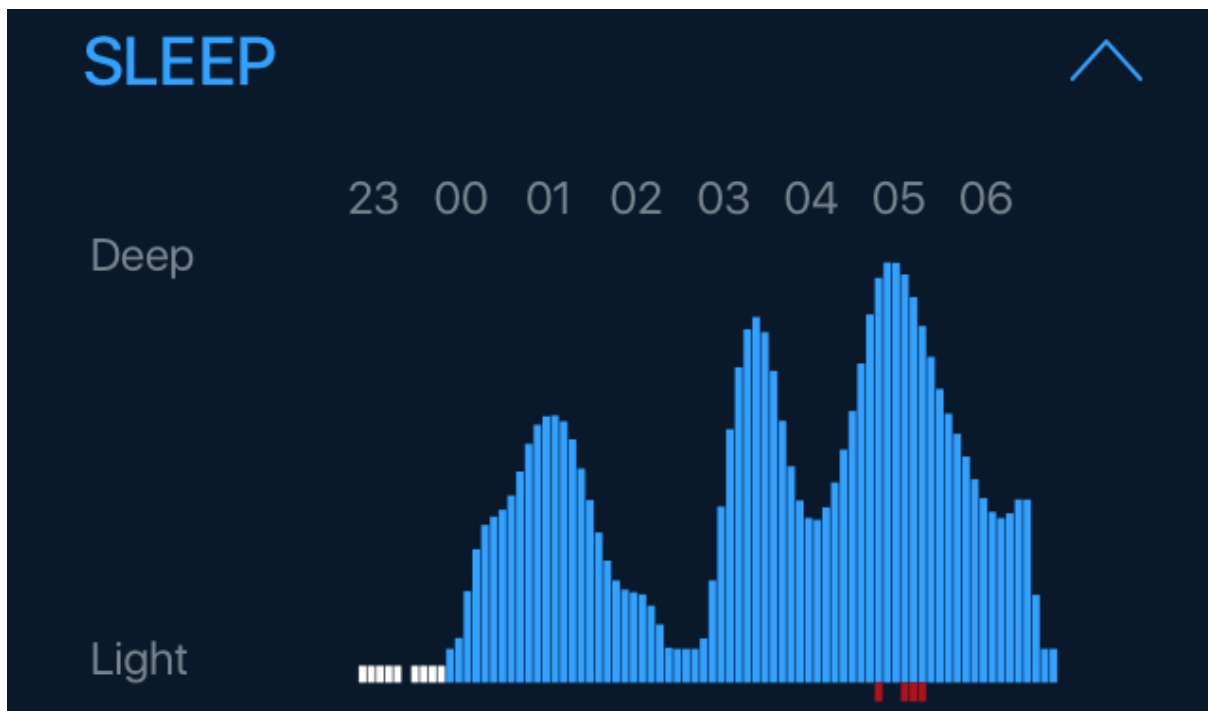
Dobrovolník měl při měření vstávat v 7:30.

Buzení pomocí klasického budíku. Měření proběhlo od 3. února do 10. února. Z naměřených hodnot lze odhadovat, že prudké poklesy na konci spánku jsou způsobeny vnějším vlivem. V tomto případě klasickým budíkem. Spánek byl podle dobrovolníka bez problémů.

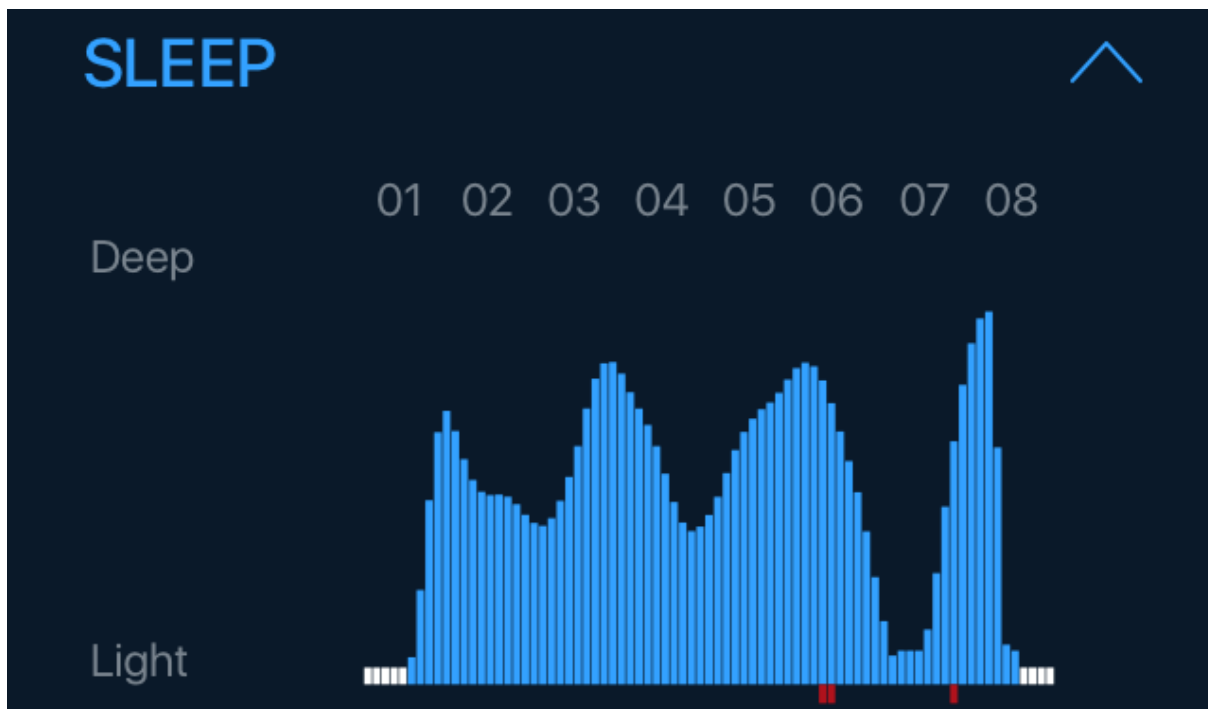
Noc 1



Noc 2



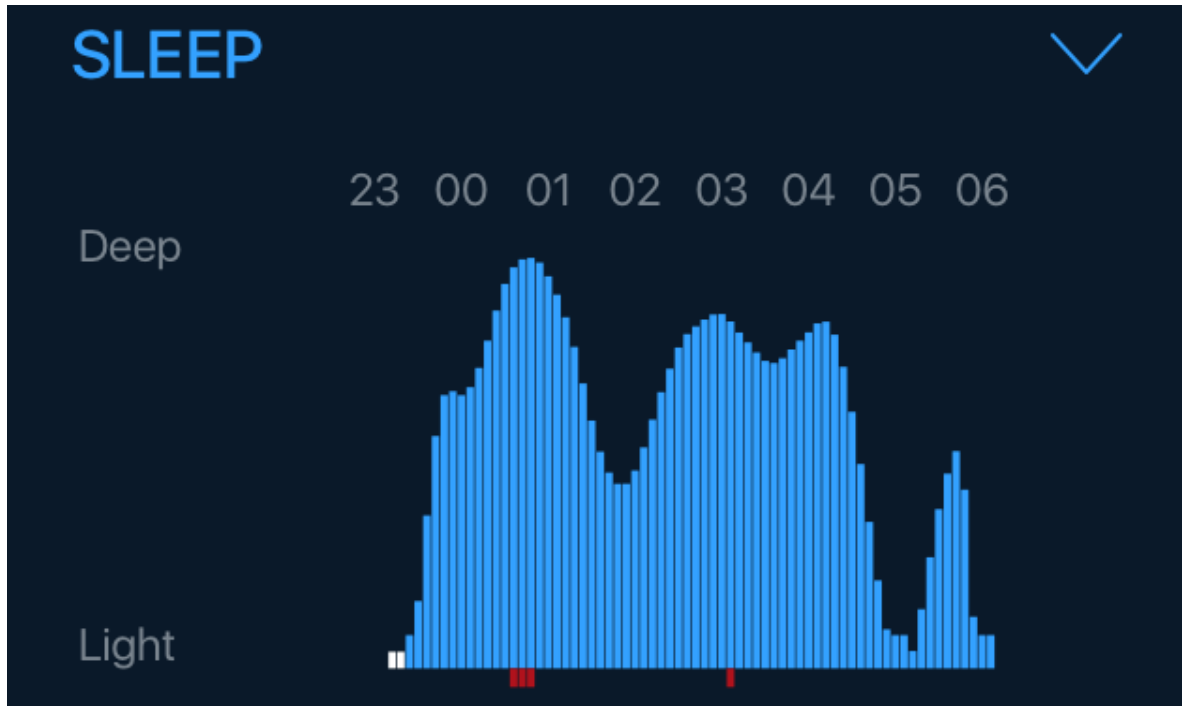
Noc 3



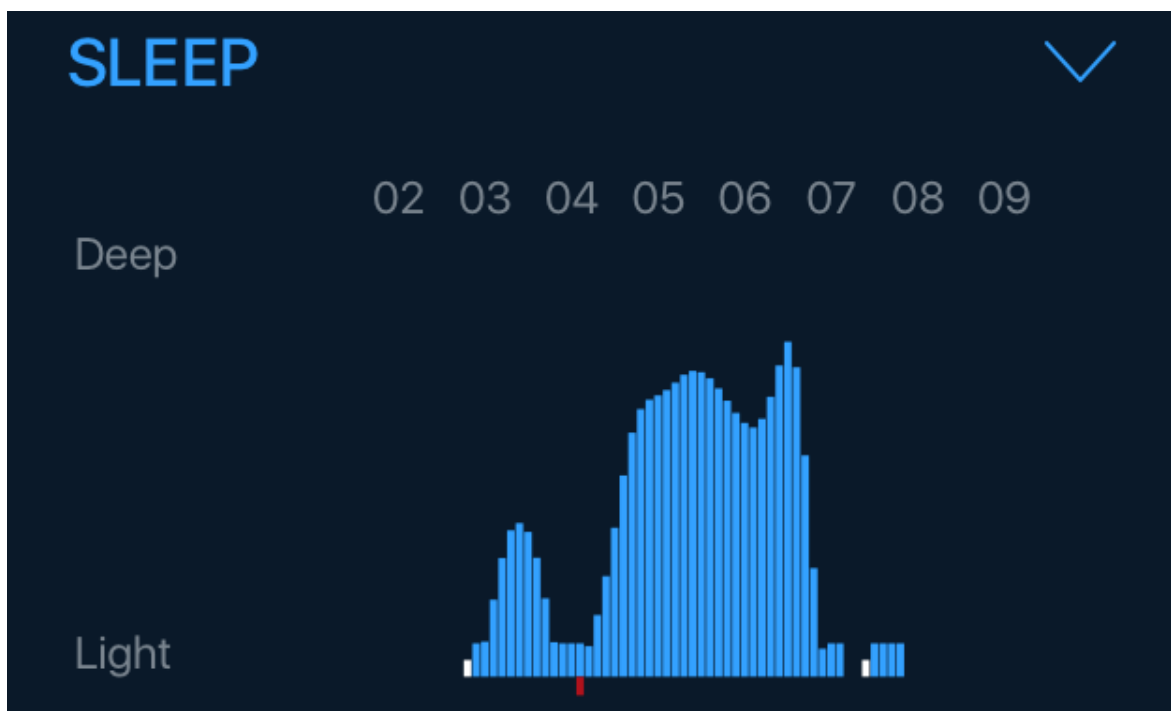
Dobrovolník měl při měření vstávat v 7:00 a v 4 den v 4:45.

Buzení pomocí simulátoru ranního slunce. Měření proběhlo od 11.dubna do 17. dubna. Hodnoty z tohoto týdne jsou méně průkazné. Závěr funkčnosti simulátoru ranního slunce lze podpořit tvrzením osoby. Ta tvrdí, že se vzbudila i kvůli přítomnosti světelného záření. Na funkci simulátoru ranního slunce má podle osoby vliv i délka spánku. V případě krátkého spánku se účinnost zařízení snižuje.

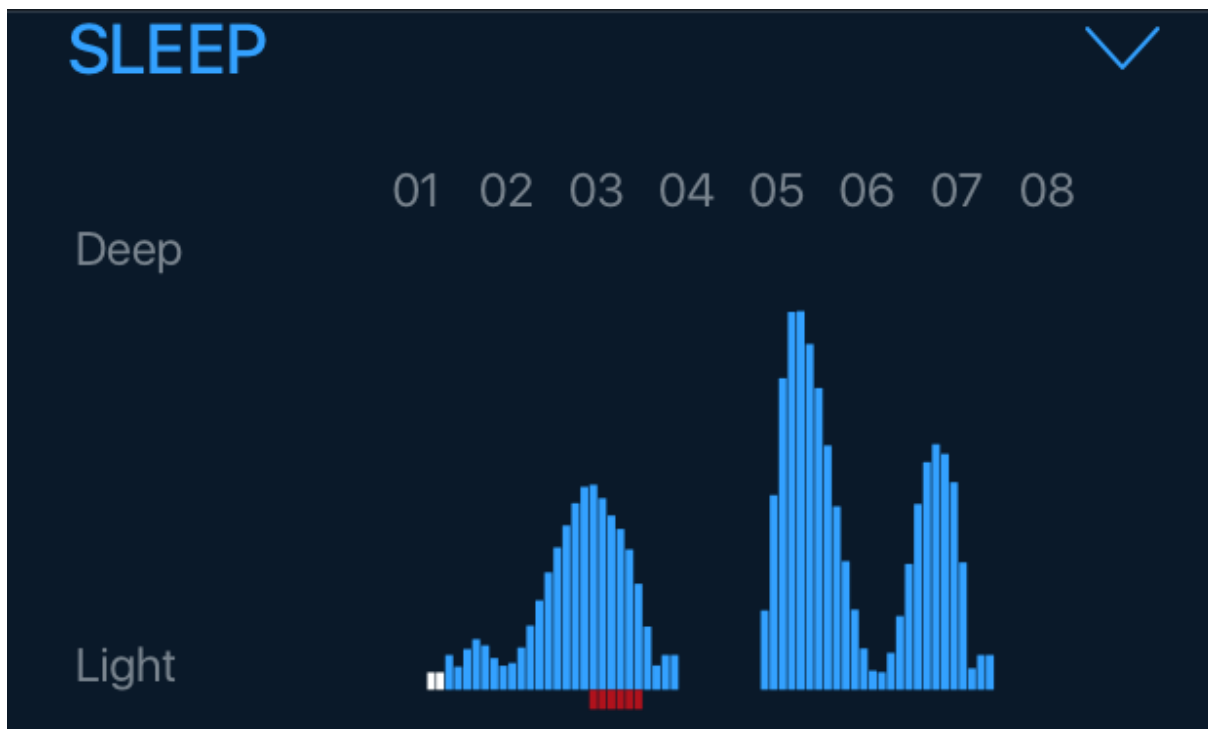
Noc 1



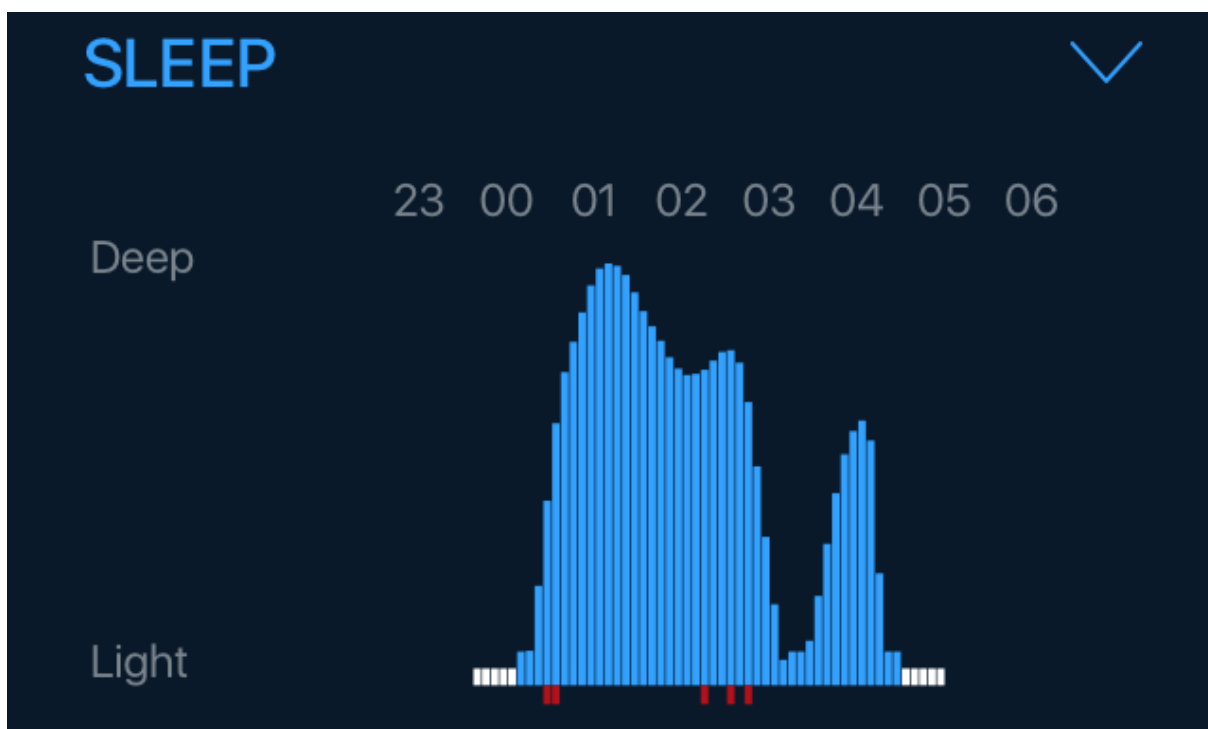
Noc 2



Noc 3



Noc 4



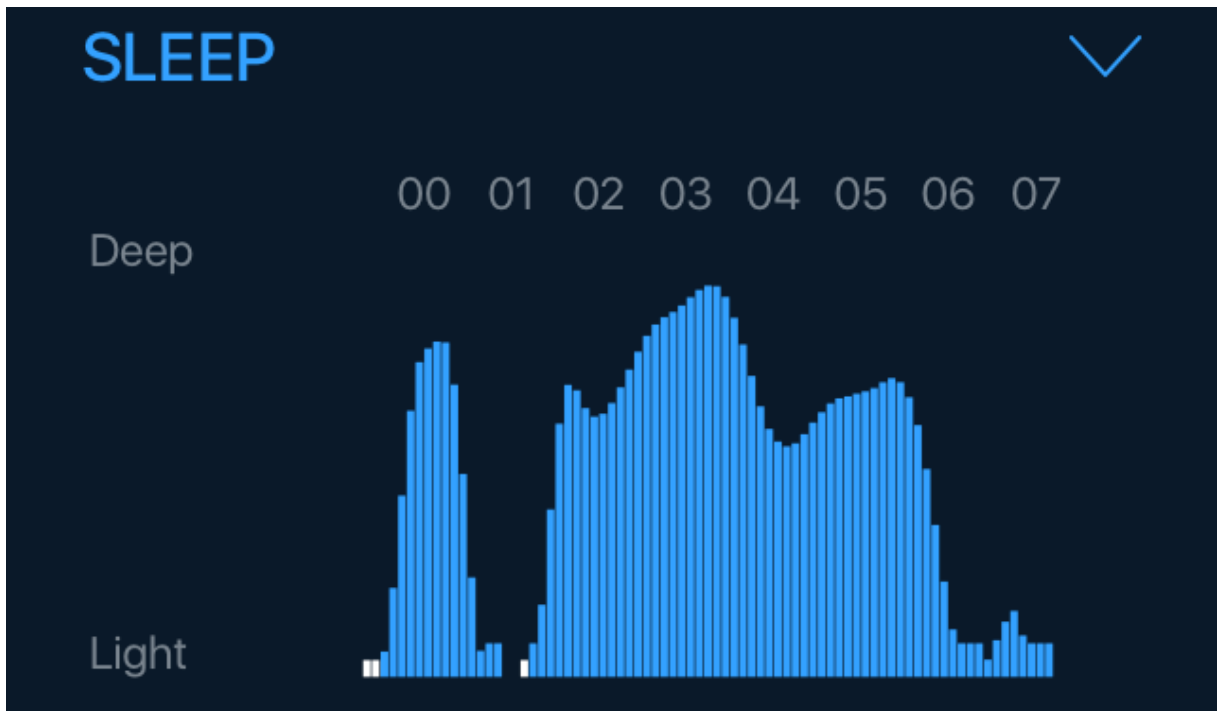
### 5.3.2 Dobrovolník 2

Popis dobrovolníka – 50 let, barva očí hnědo-zelená, oční nemoc – krátkozrakost, dobrovolník běžně vstává v 6:30.

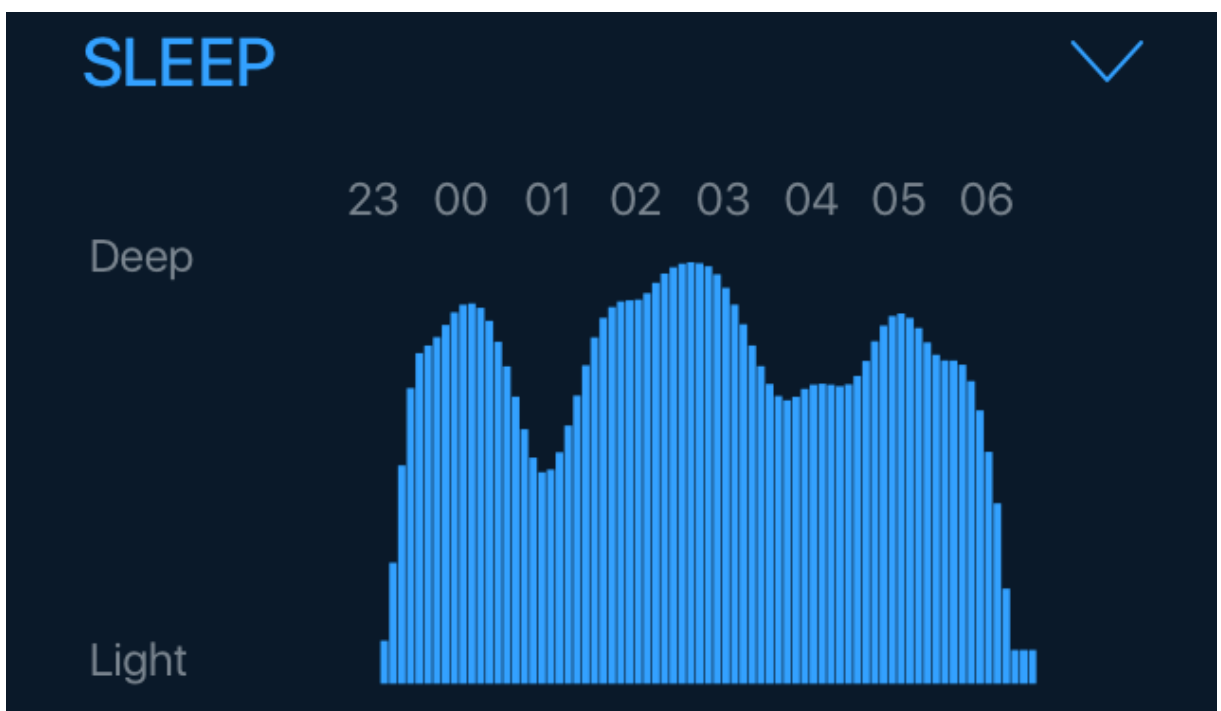
Dobrovolník měl při měření vstávat v 6:20.

Buzení pomocí klasického budíku. Měření proběhlo od 10.února do 16.února. U naměřených hodnot lze vyzorovat spád vedoucí k probuzení. Měřený dobrovolník měl spánek v pořádku bez vedlejších problémů.

Noc 1

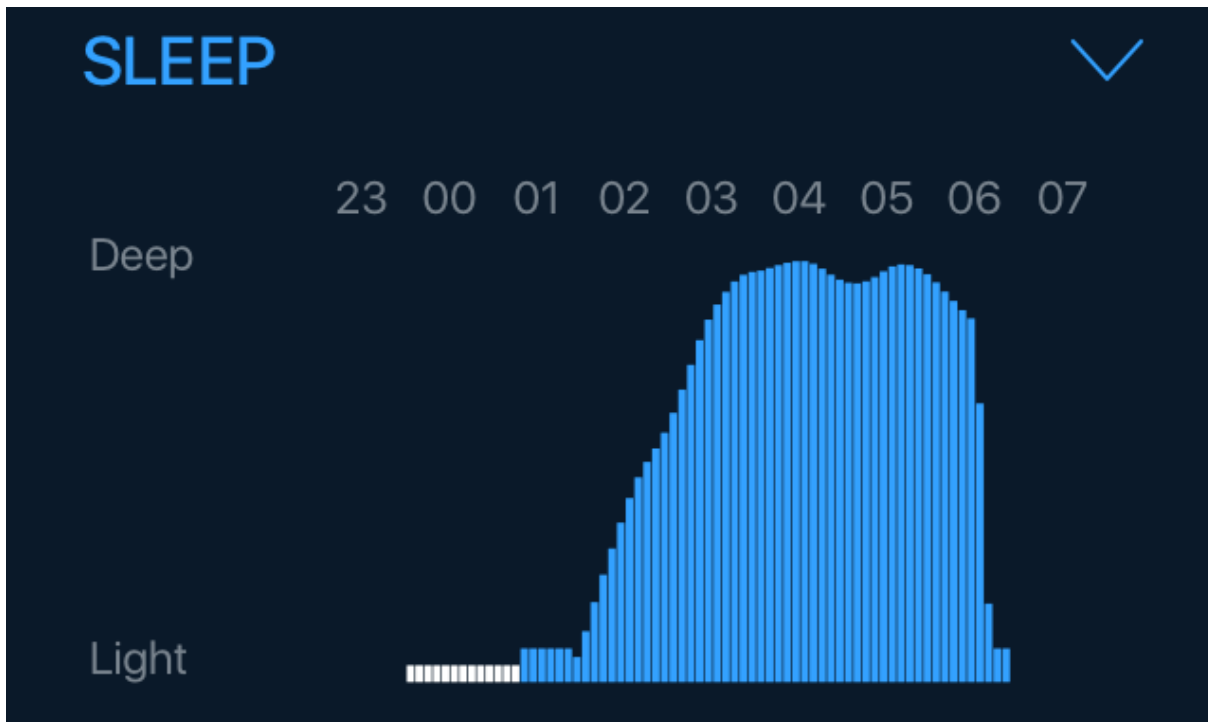


Noc 2

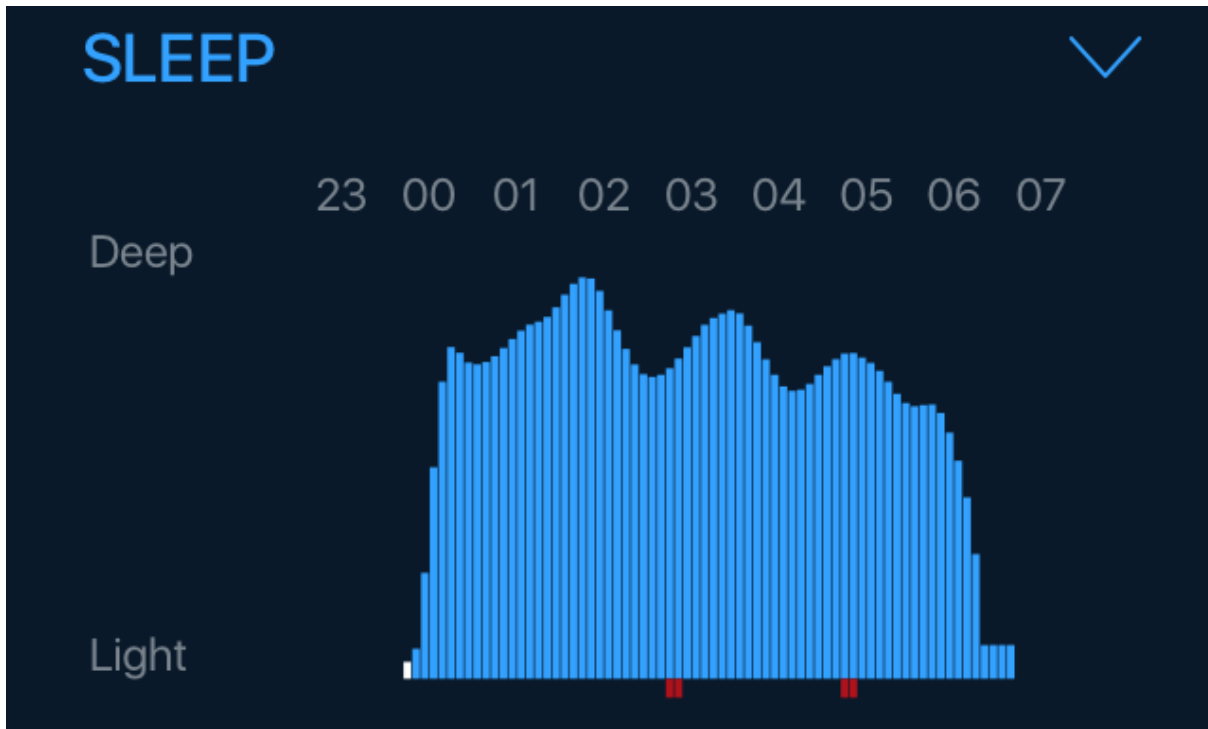




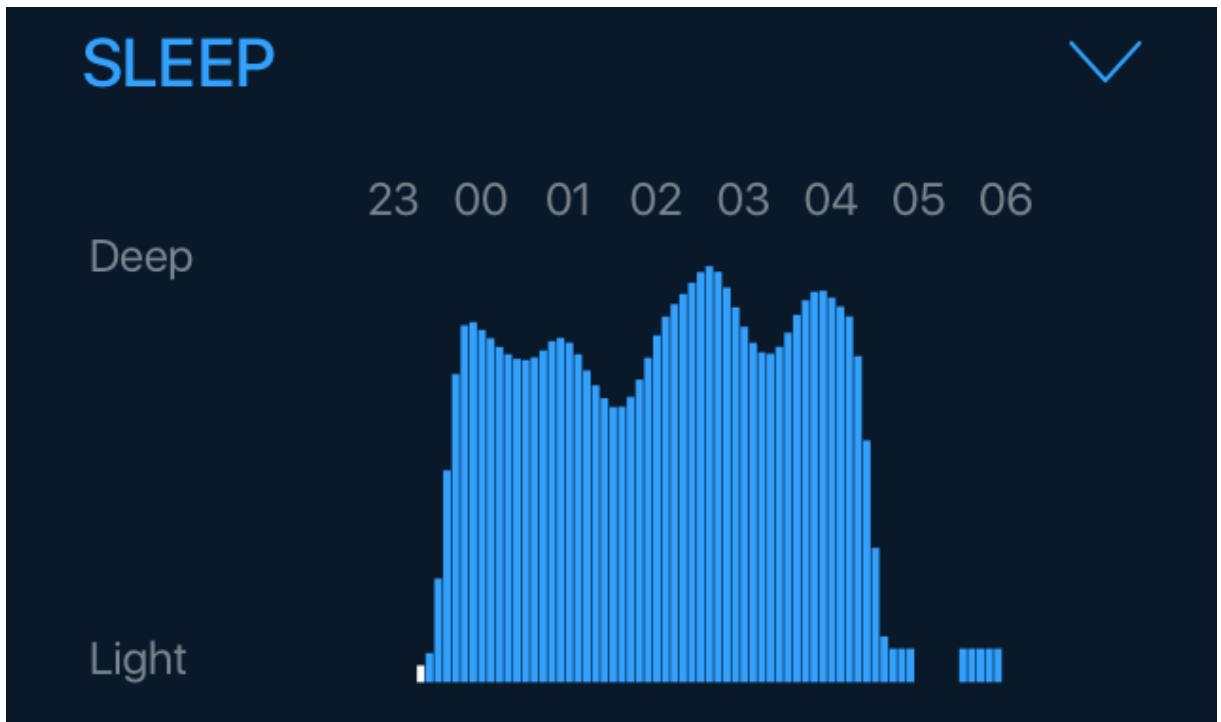
Noc 3



Noc 4



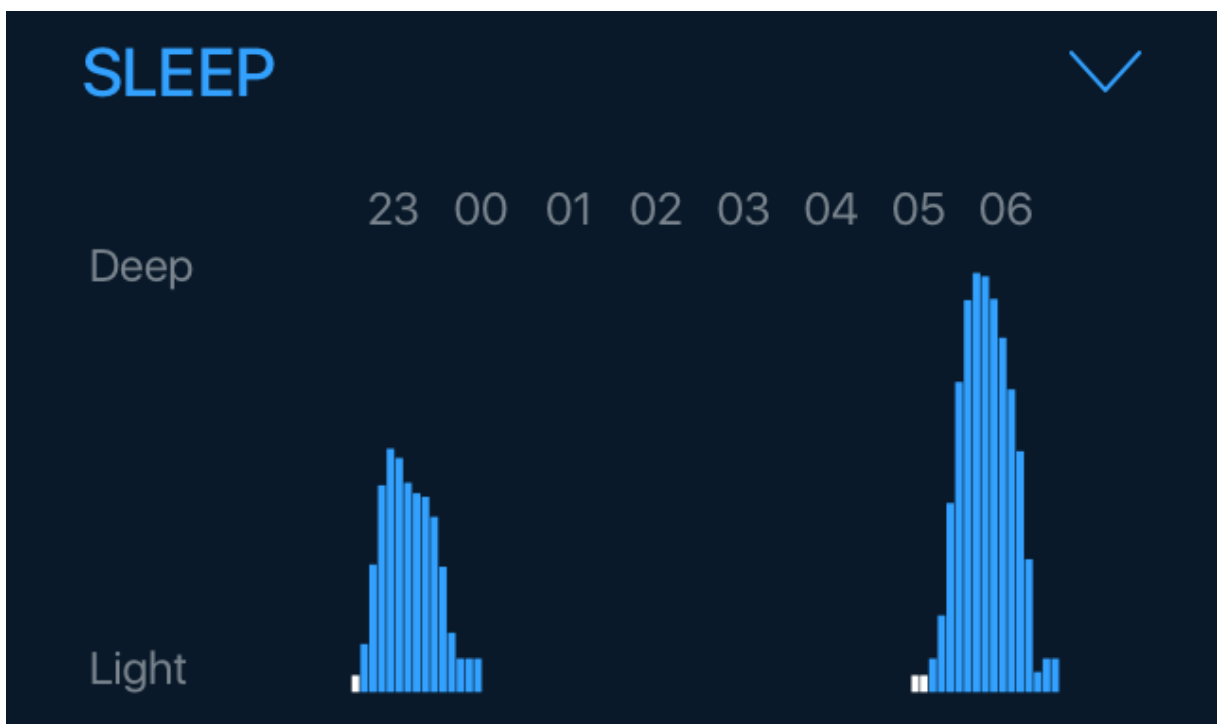
Noc 5



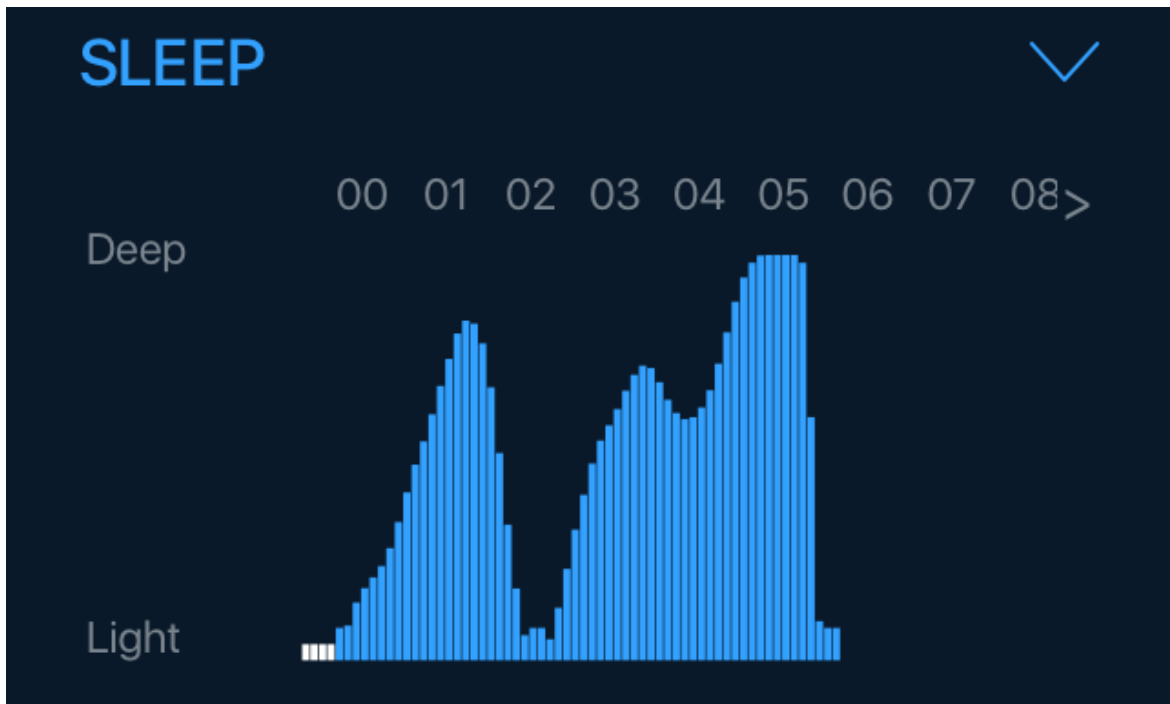
Dobrovolník měl při měření vstávat v 6:20.

Buzení pomocí simulátoru ranního slunce. Měření proběhlo od 4.dubna do 10.dubna. Z důvodu velké chybovosti měření nelze učinit průkazný závěr. Možným odůvodněním může být prodělaný chirurgický zákrok a požívání různých medikamentů, zkoumaná osoba v předchozím měření totiž spala dobře. Dle tvrzení osoby, ale simulátor ranního slunce fungoval, protože se cítila při probouzení příjemněji a přirozeněji.

Noc 1 – většina měření měla podobný průběh spánku



Noc 2

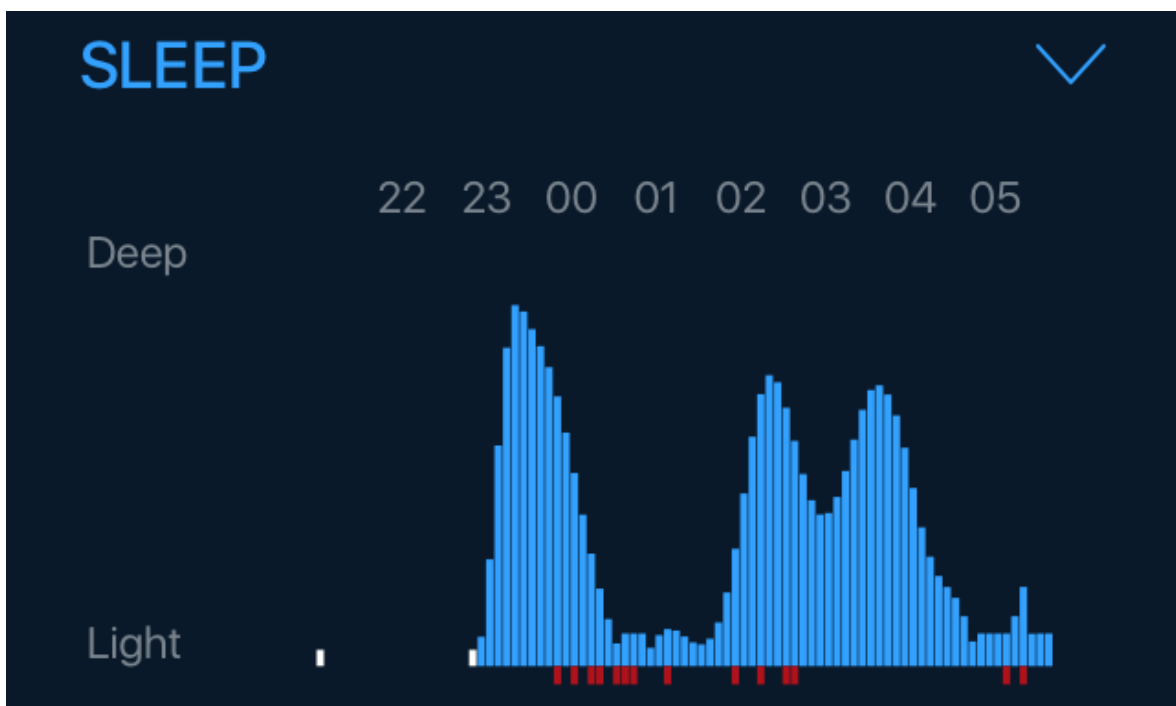


### 5.3.3 Dobrovolník 3

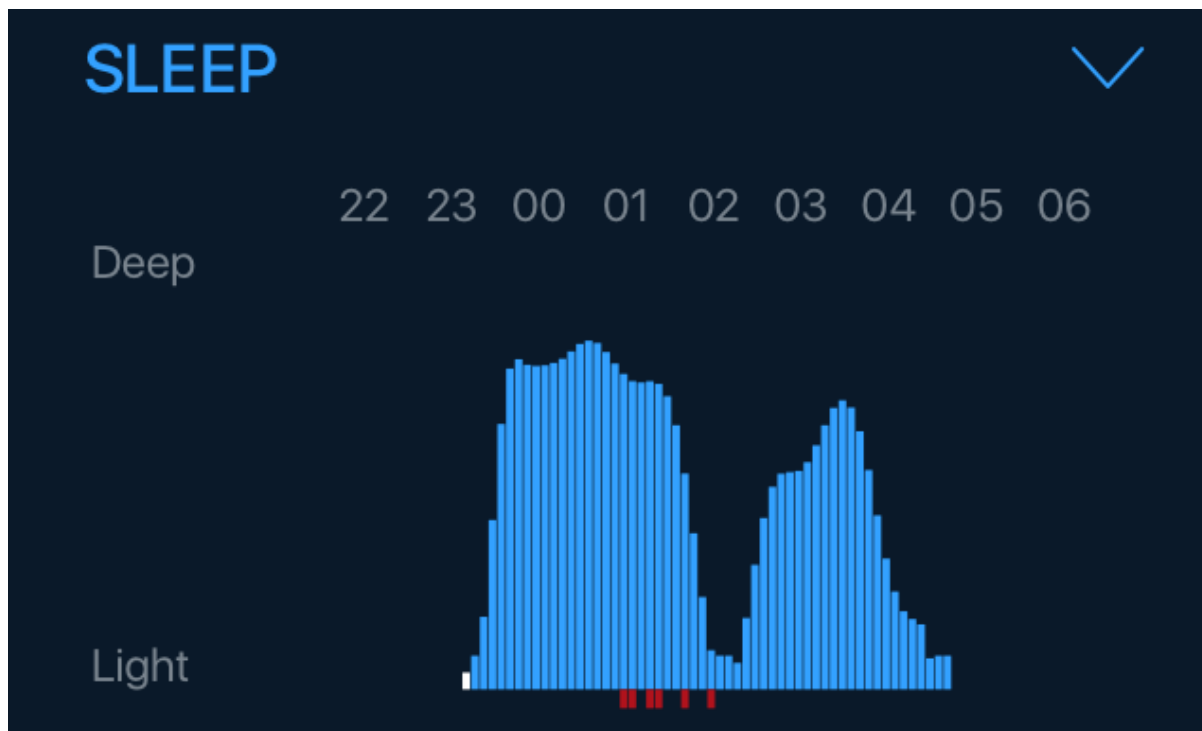
Popis dobrovolníka – 35 let, barva očí modrá, dobrovolník nemá žádnou oční nemoc, osoba běžně vstává v 4:45 na ranní směnu.

Dobrovolník měl při měření vstávat v 4:45 a o víkendu v 6:15.

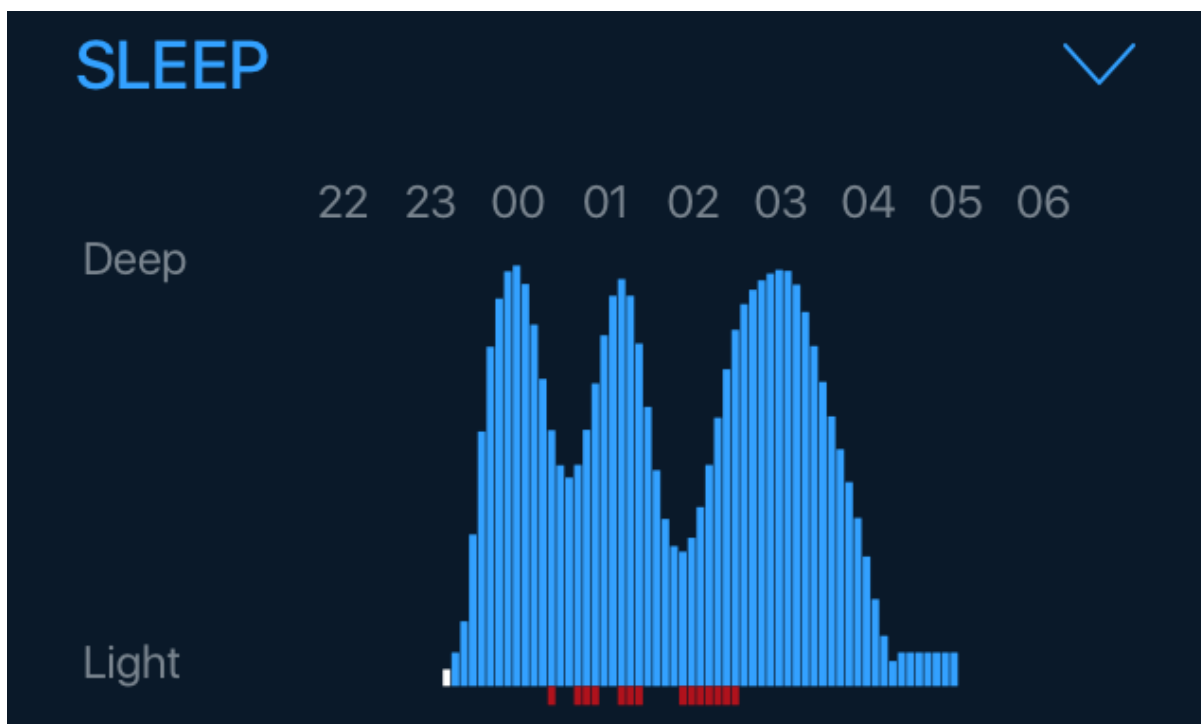
Buzení pomocí klasického budíku. Měření proběhlo od 17.února do 23.února. Jelikož jde o velmi sportovně činného jedince s pravidelným denním rytmem, mají naměřené hodnoty klesající tendenci již před buzením. Konečný skok k probuzení je tedy malý. Spánek měla osoba dle tvrzení bez problémů.



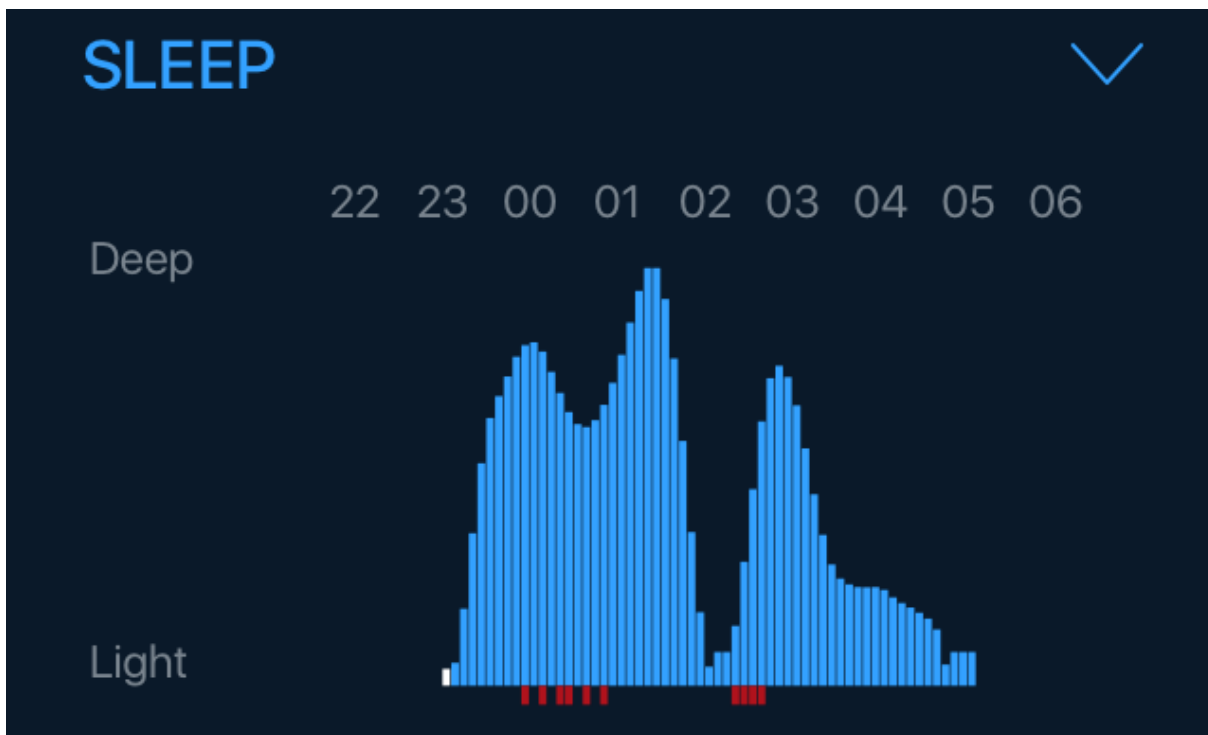
Noc 2



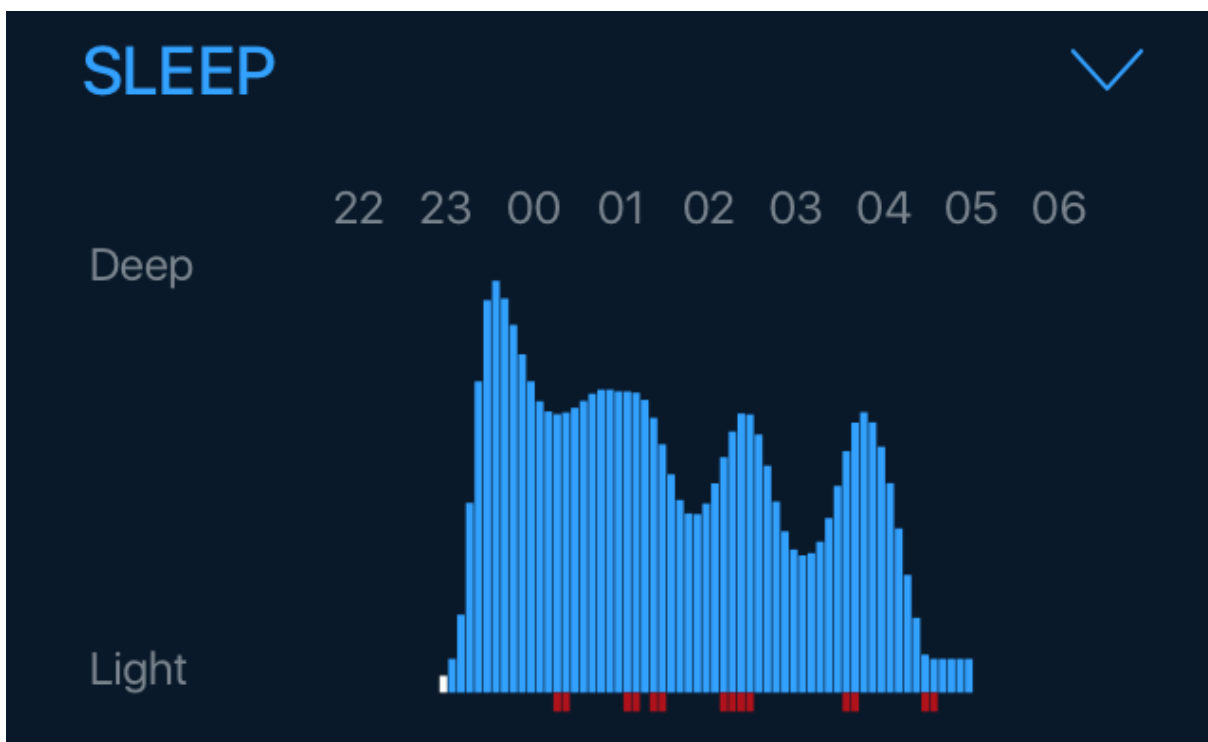
Noc 3



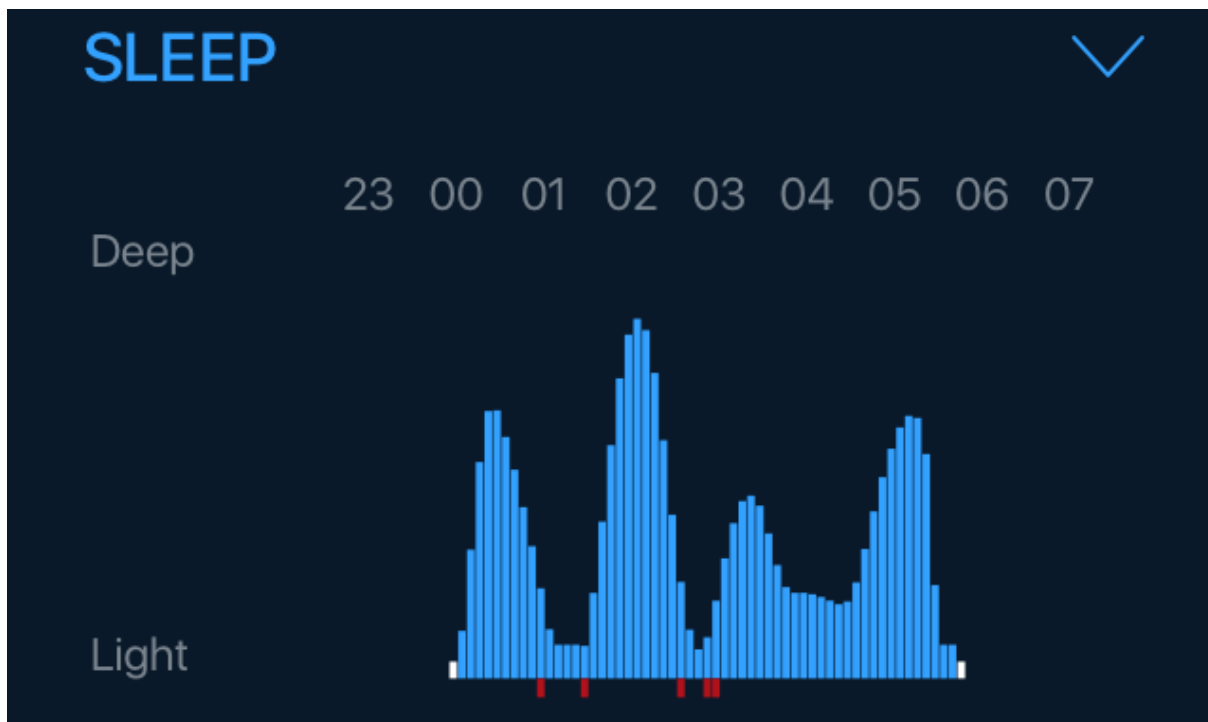
Noc 4



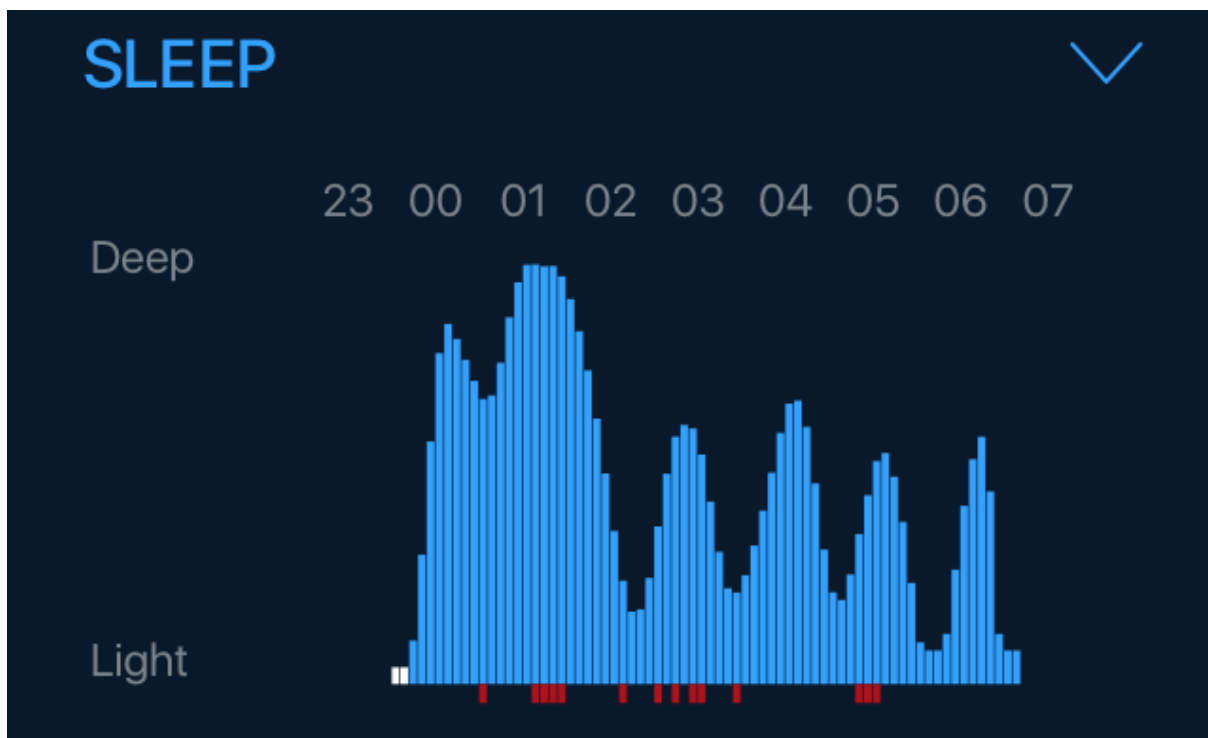
Noc 5



Noc 6



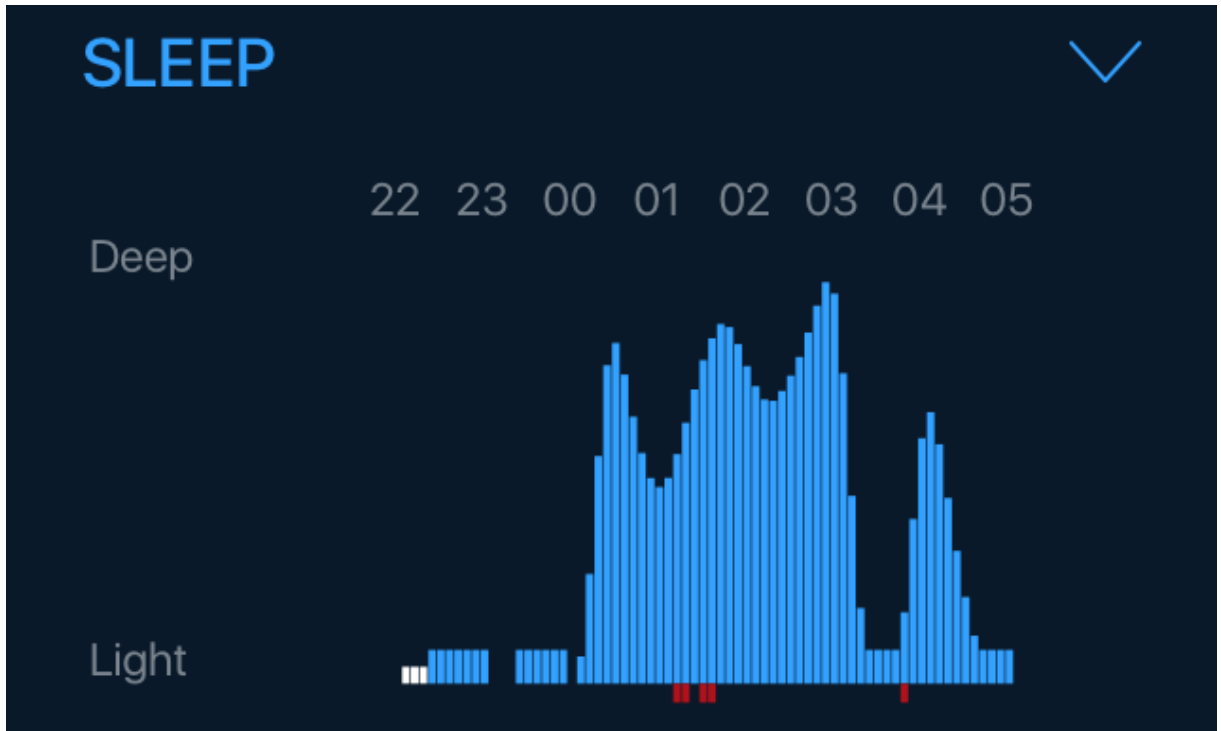
Noc 7



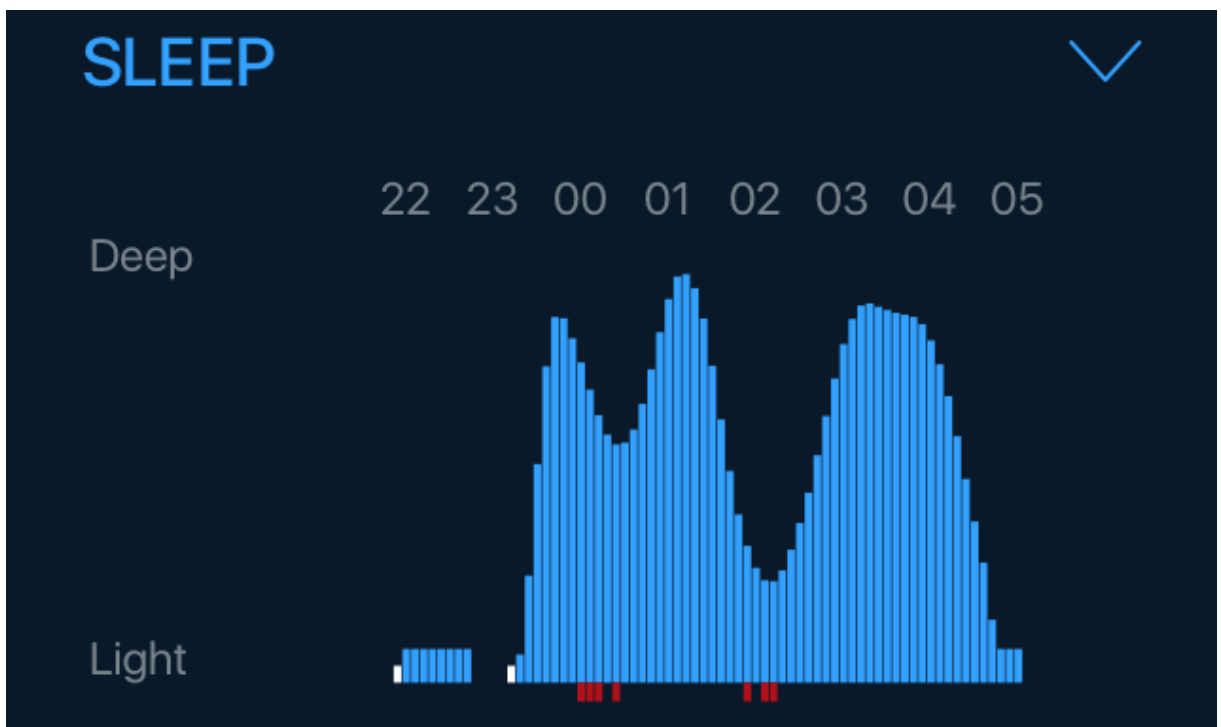
Dobrovolník měl při měření vstávat v 4:45 a o víkendu v 6:15

Buzení pomocí simulátoru ranního slunce. Měření proběhlo od 28.března do 3.dubna. Postupné klesání hloubky spánku podporuje tvrzení o funkčnosti simulátoru ranního slunce. Rovněž ho potvrzuje i tvrzení osoby, že probouzení bylo přirozenější dle jeho slov „jako v létě“. Spánek měl dobrovolník v pořádku.

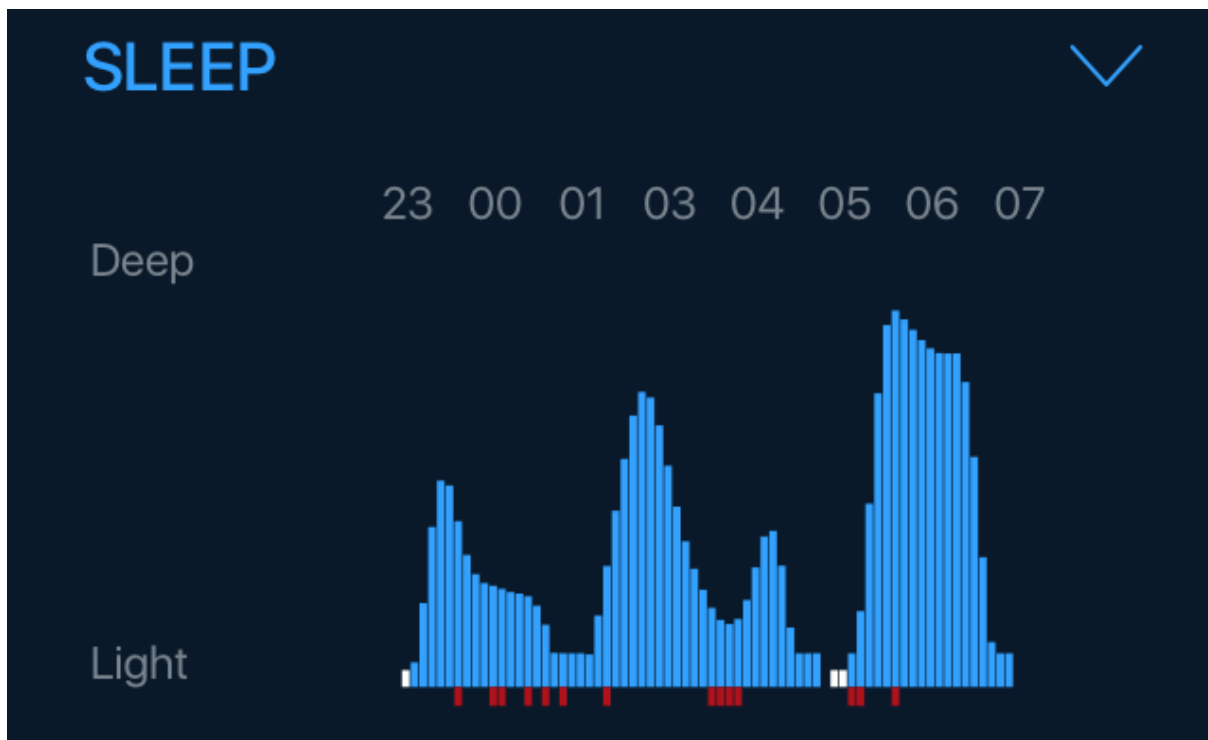
Noc 1



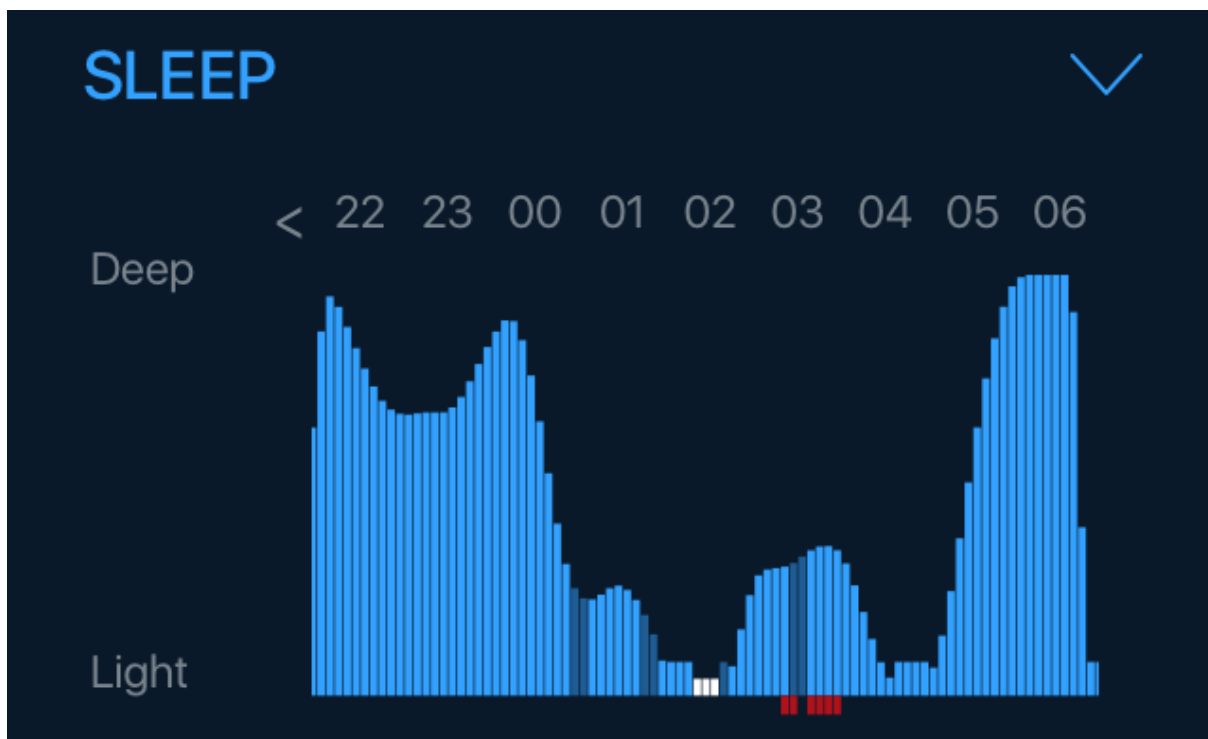
Noc 2



Noc 3



Noc 4





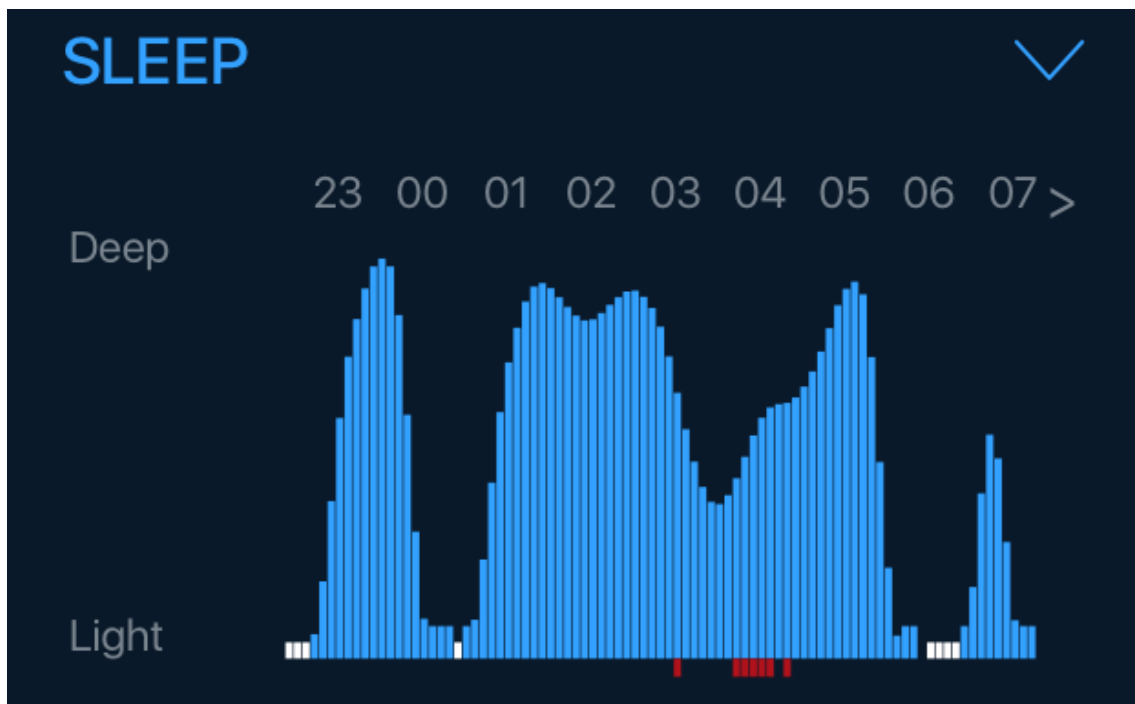
### 5.3.4 Dobrovolník 4

Popis dobrovolníka – 59 let, barva očí hnědá, oční nemoc – krátkozrakost, běžně osoba vstává v 6:30.

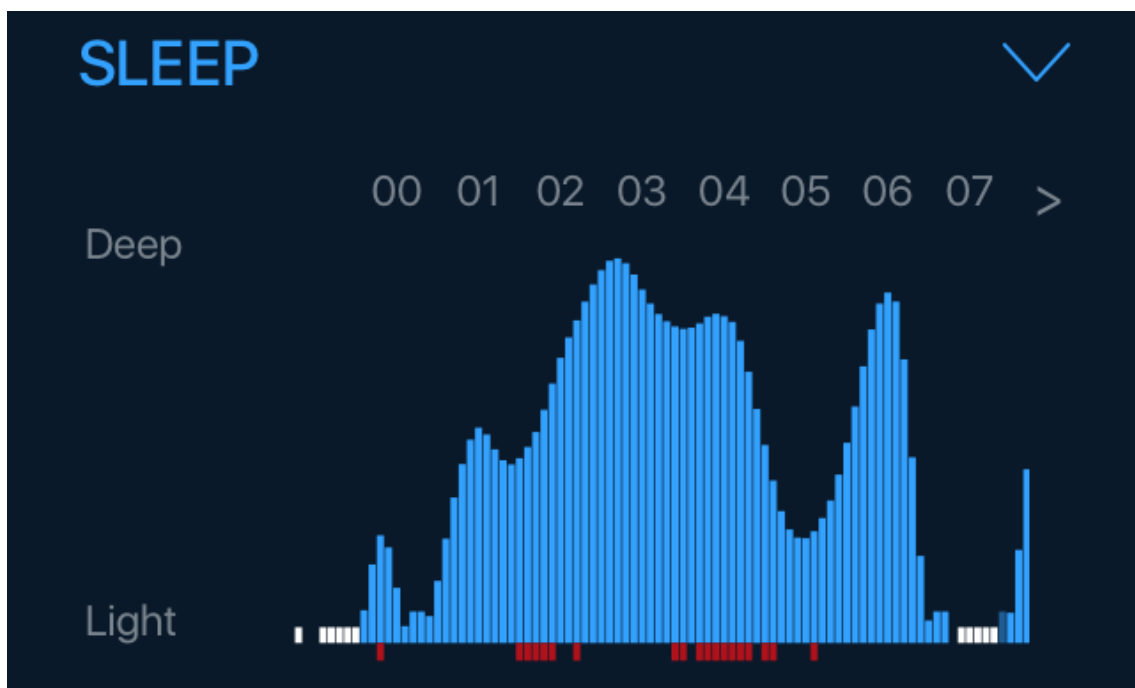
Dobrovolník měl při měření vstávat v 6:10 hodin.

Buzení pomocí klasického budíku. Měření proběhlo od 24. února do 2. března. Z měření lze vypožorovat, že dobrovolník má velmi kolísavou hloubku spánku. Opětovné usnutí po šesté hodině, které vidíme u několika grafů, není způsobeno chybou měření nebo špatným spánkem, ale tím, že dobrovolník znovu usnul. Dle tvrzení dobrovolníka se mu spalo dobře.

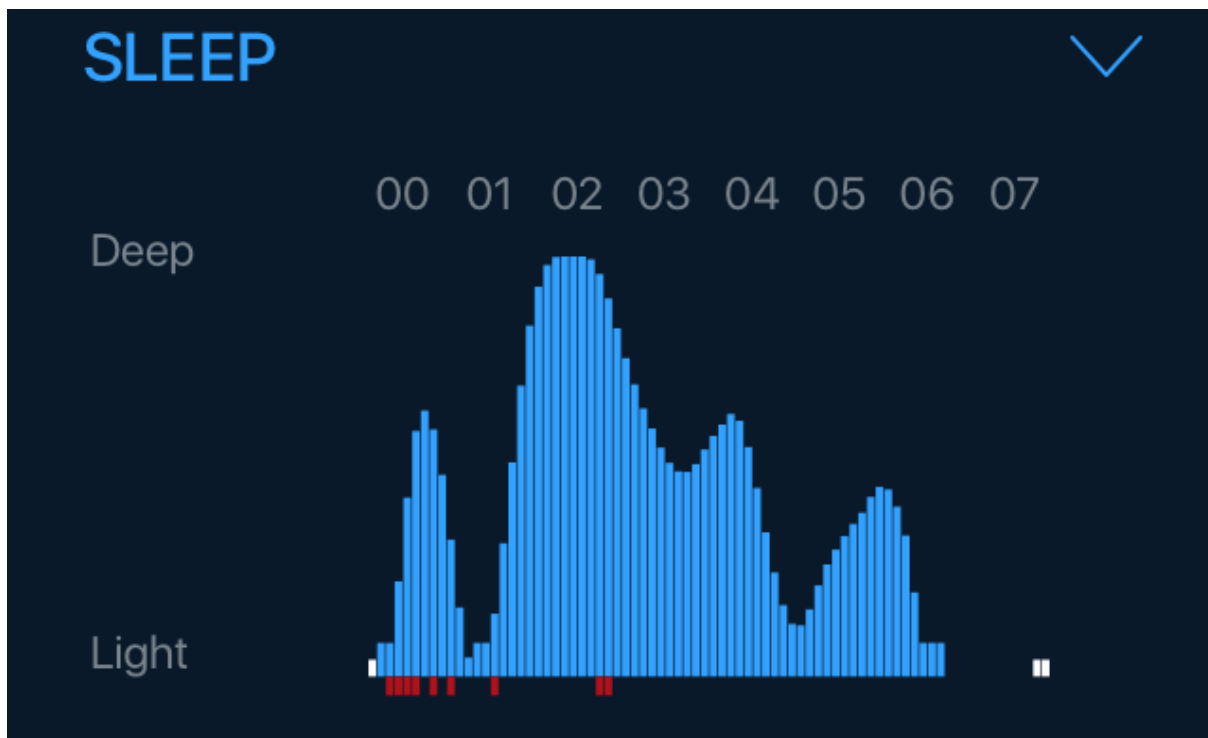
Noc 1



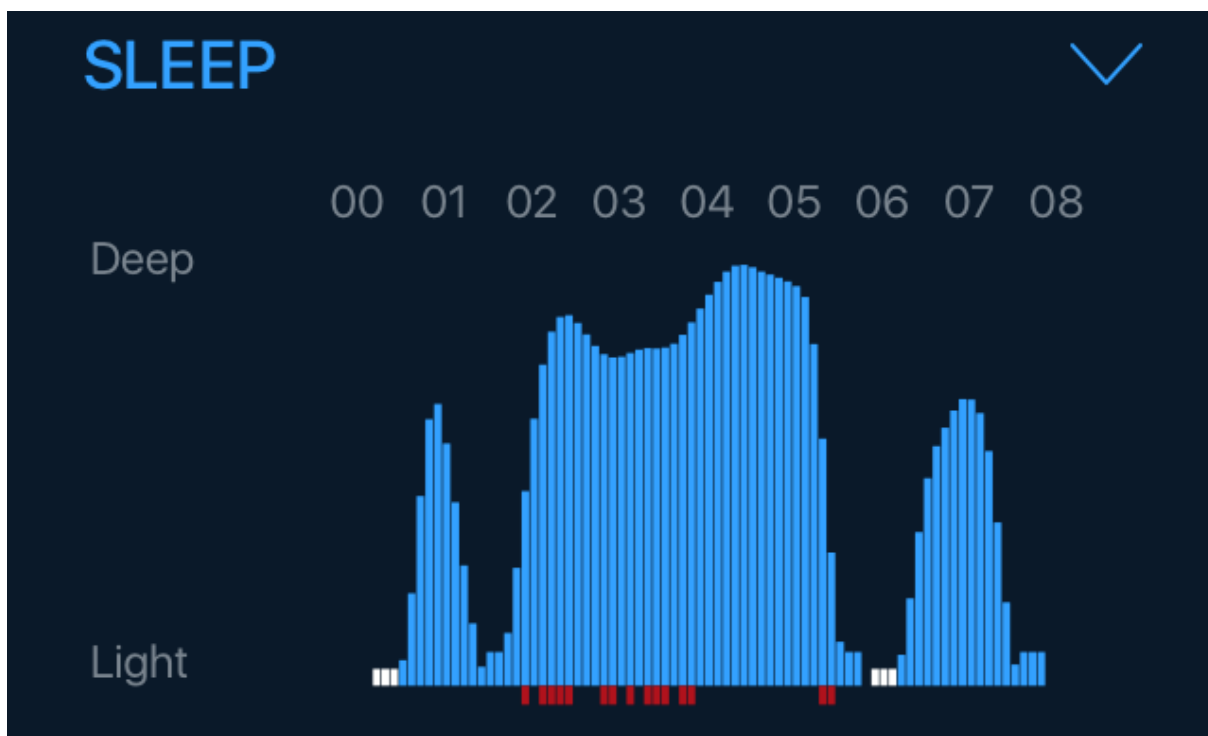
Noc 2



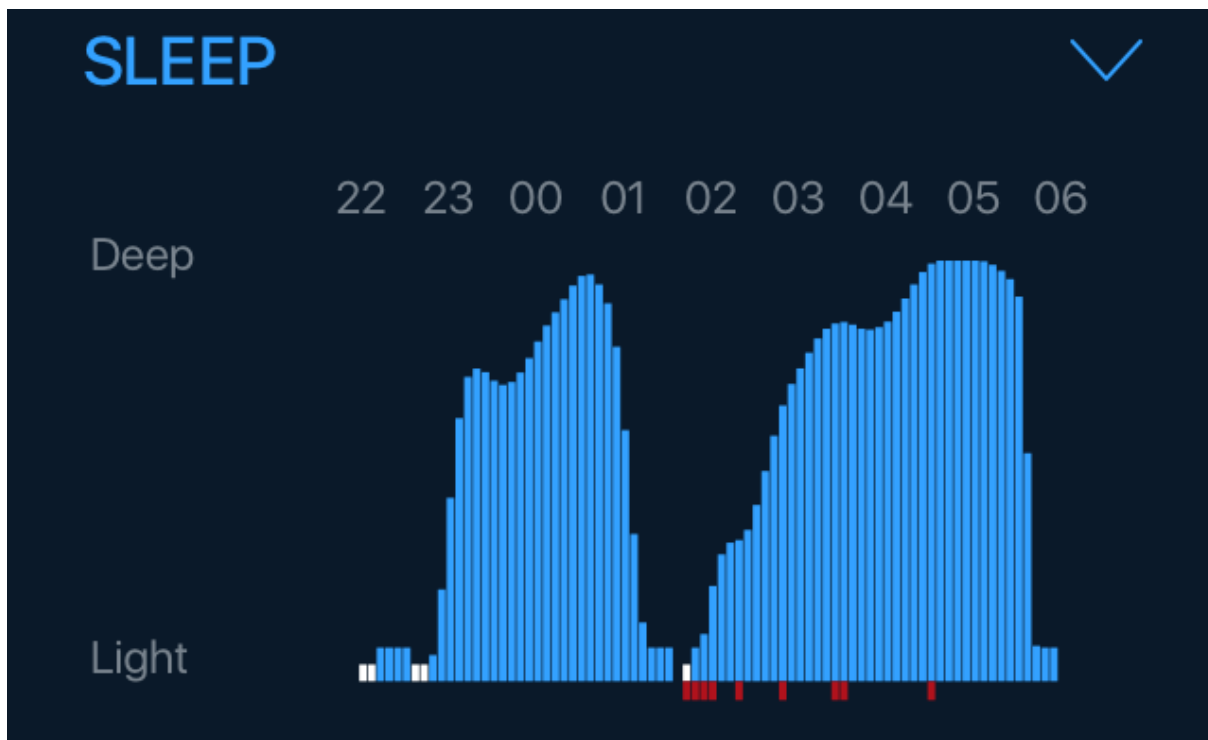
Noc 3



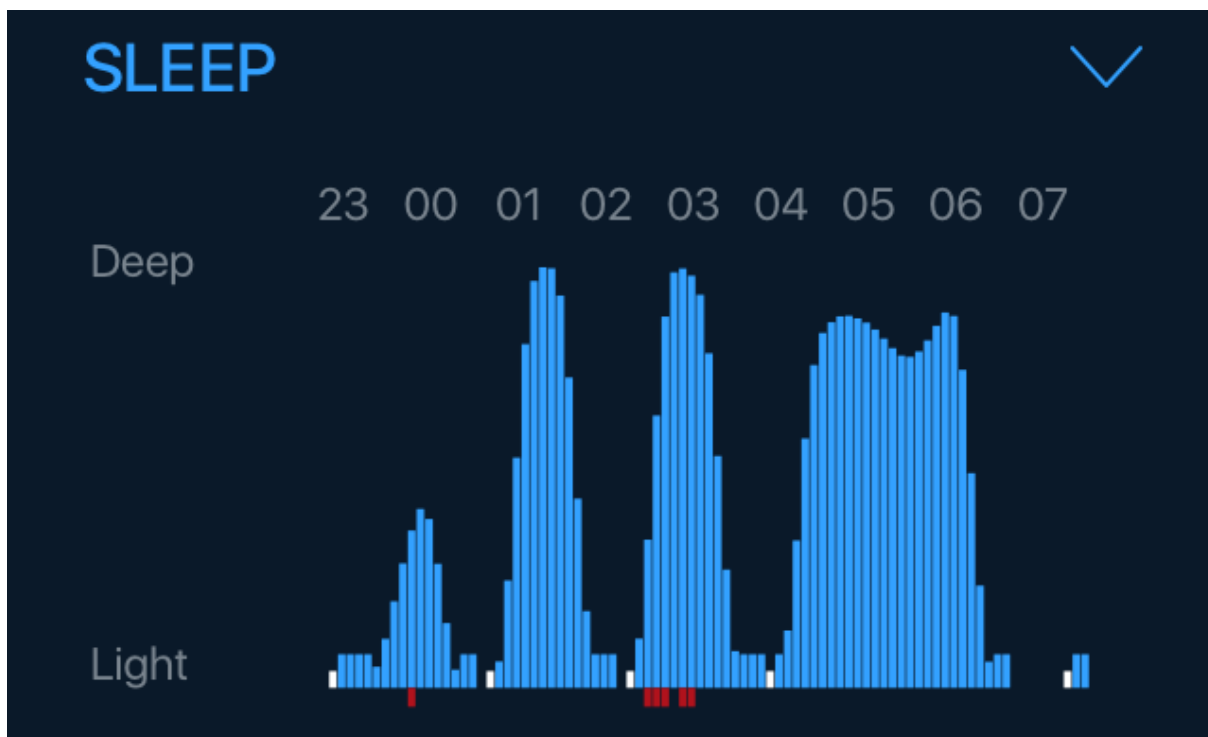
Noc 4



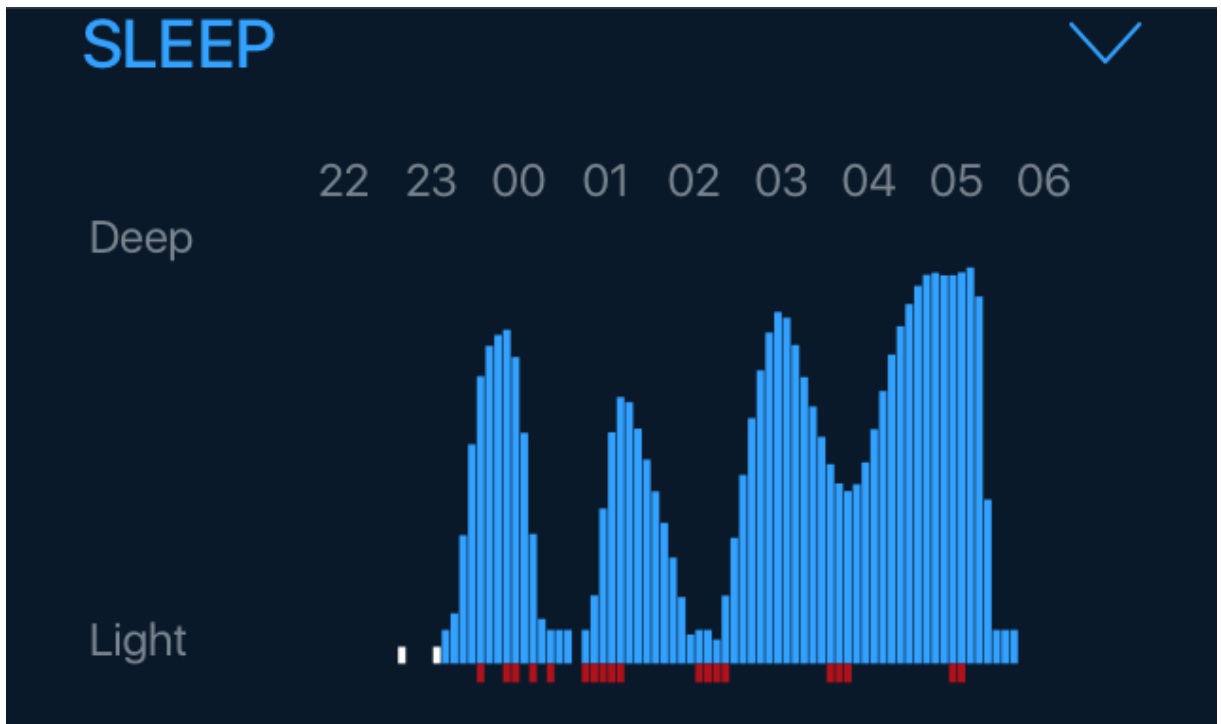
Noc 5



Noc 6



Noc 7

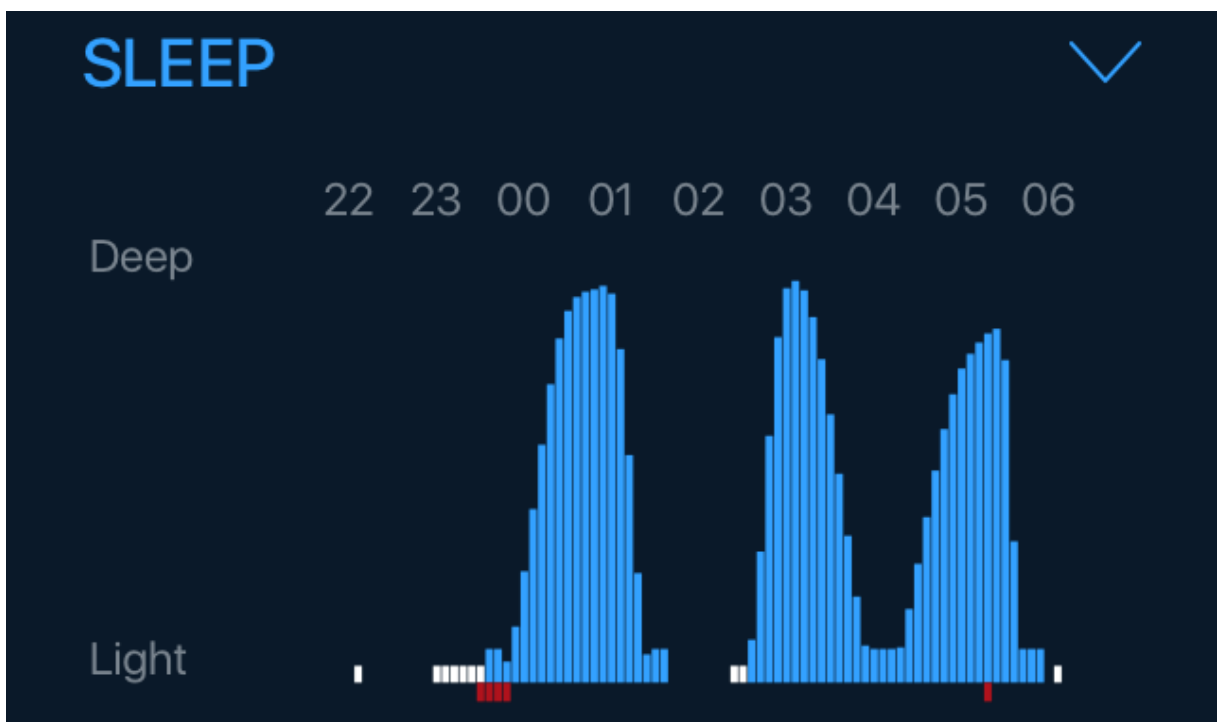


Dobrovolník měl při měření vstávat v 6:10.

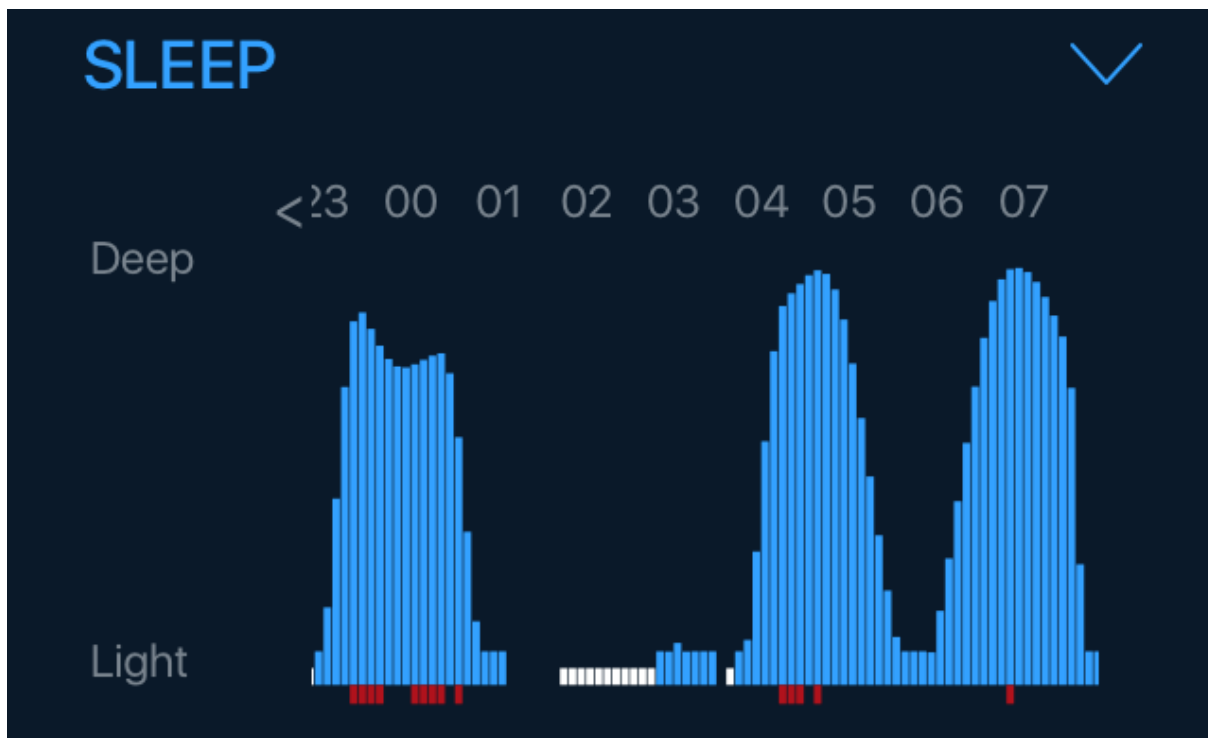
Buzení pomocí simulátoru ranního slunce. Měření proběhlo od 20.března do 26.března.

Stejně jako v předchozím měření u tohoto dobrovolníka je i zde hloubka spánku velmi kolísavá. Z naměřených hodnot lze usuzovat, že by simulátor mohl fungovat. Podporuje to i tvrzení osoby. Tmavá místa, kde nebylo naměřeno nic, jsou způsobena hygienickou potřebou.

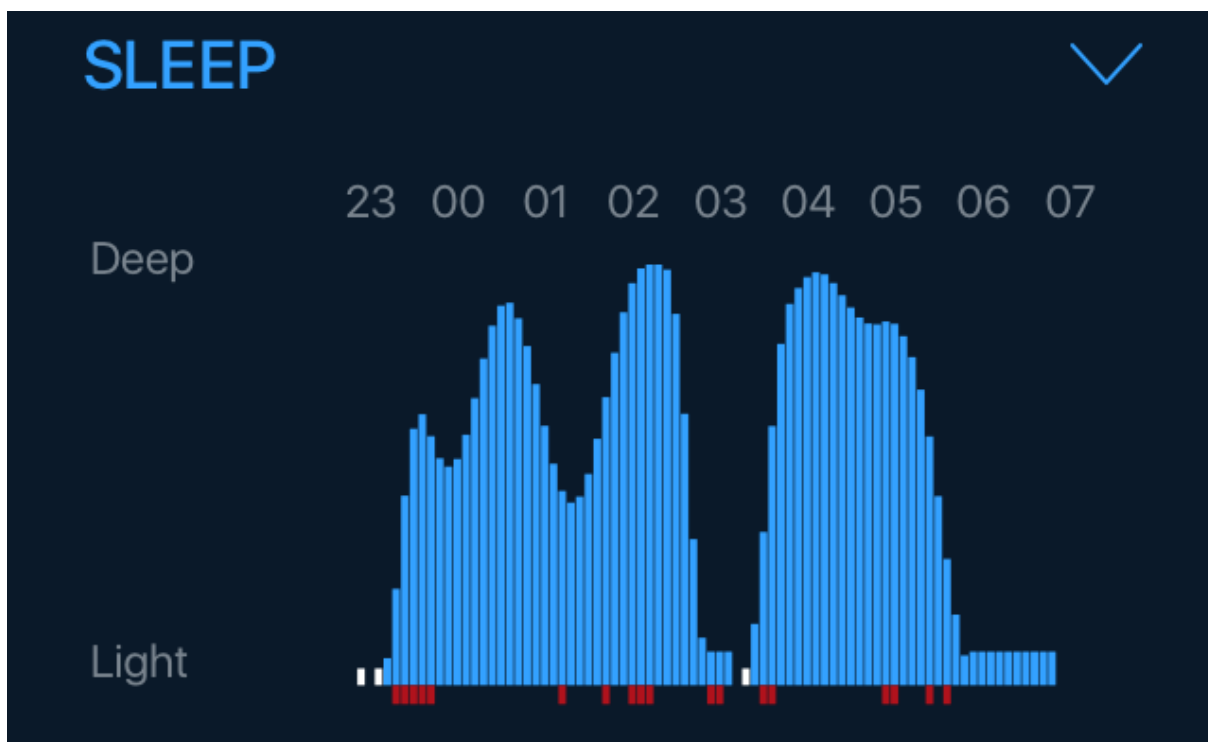
Noc 1



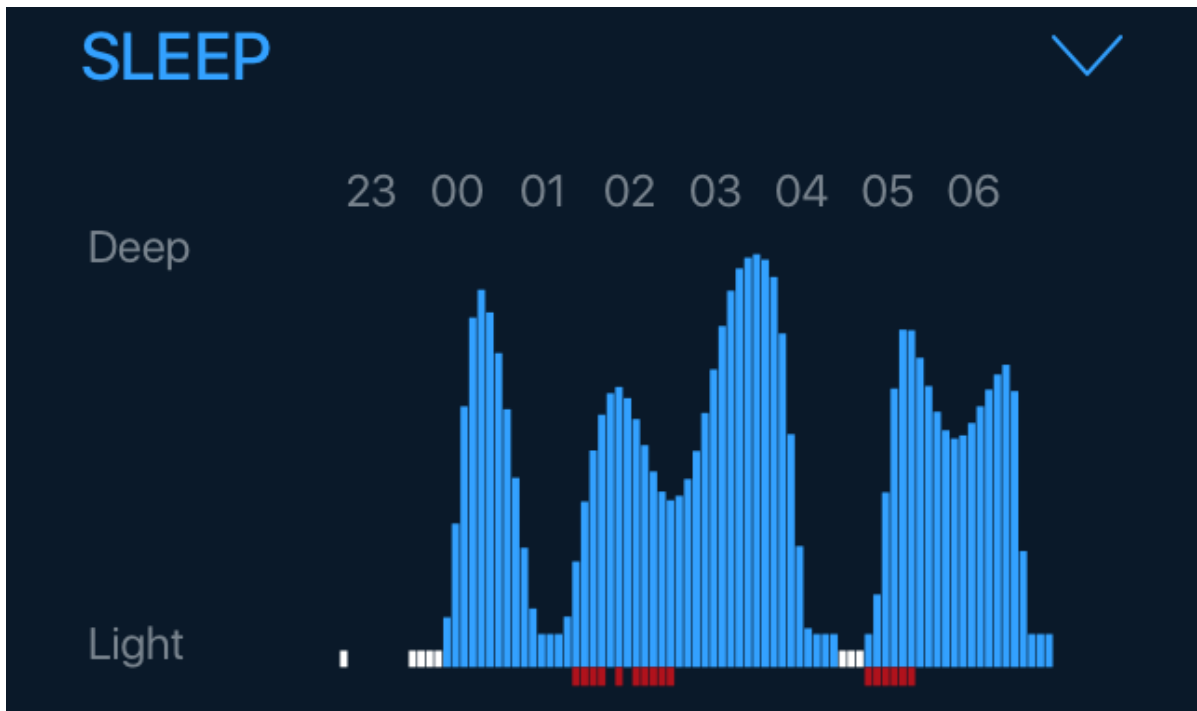
Noc 2



Noc 3



Noc 4



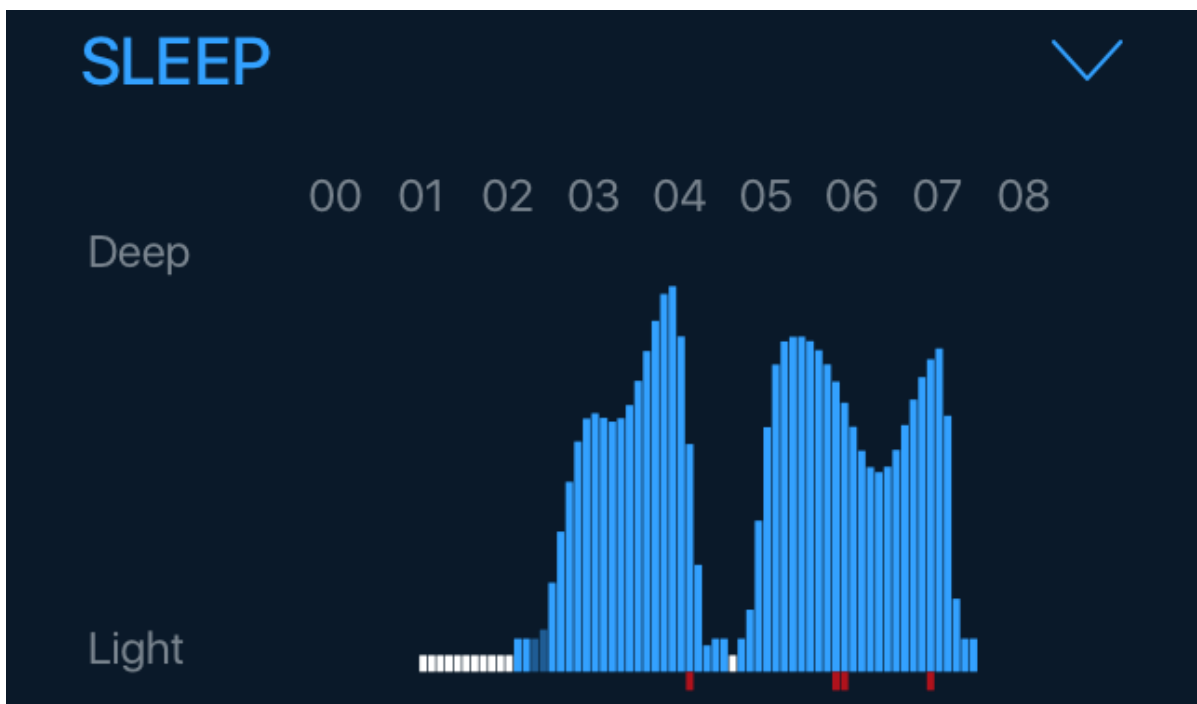
### 5.3.5 Dobrovolník 5

Popis dobrovolníka – 36 let, barva očí hnědá, dobrovolník nemá žádnou oční nemoc, dobrovolník běžně vstává v rozmezí 7:00 a 8:00.

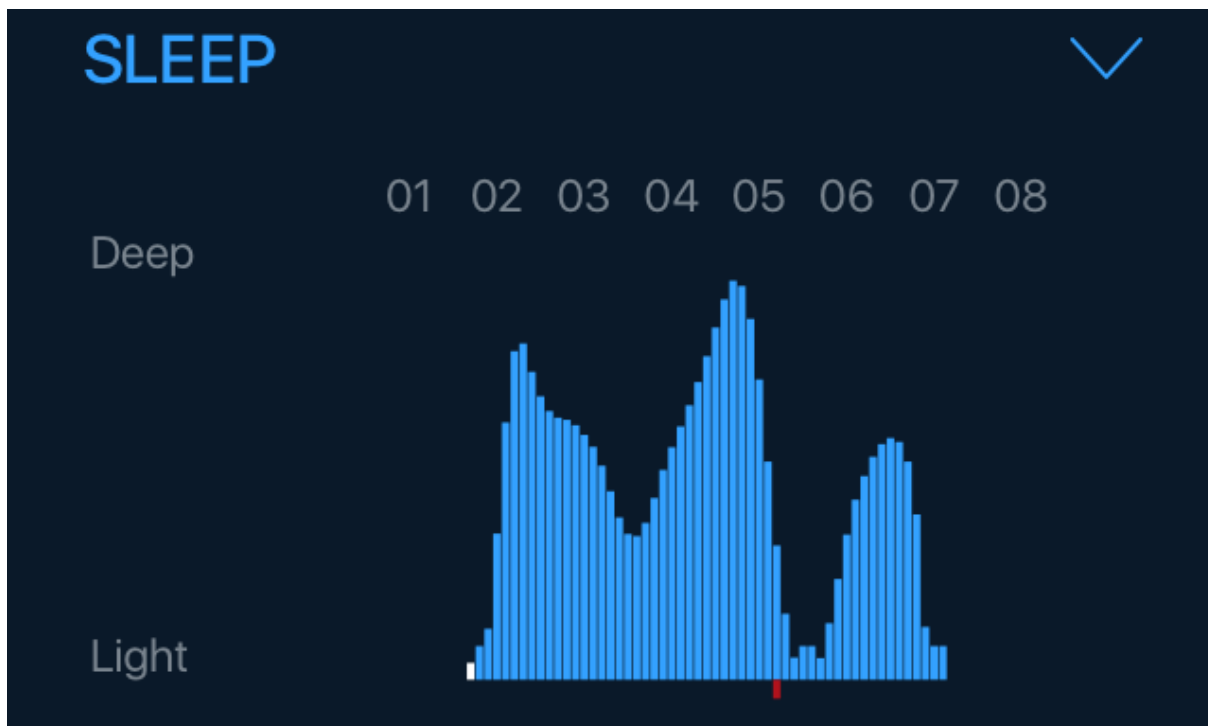
Dobrovolník měl při měření vstávat v 7:30.

Buzení pomocí klasického budíku. Měření proběhlo od 4.března do 10.března. Prudký spád v měření u vstávání potvrzuje vzbuzení budíkem. Měřený dobrovolník spal dle tvrzení bez problémů.

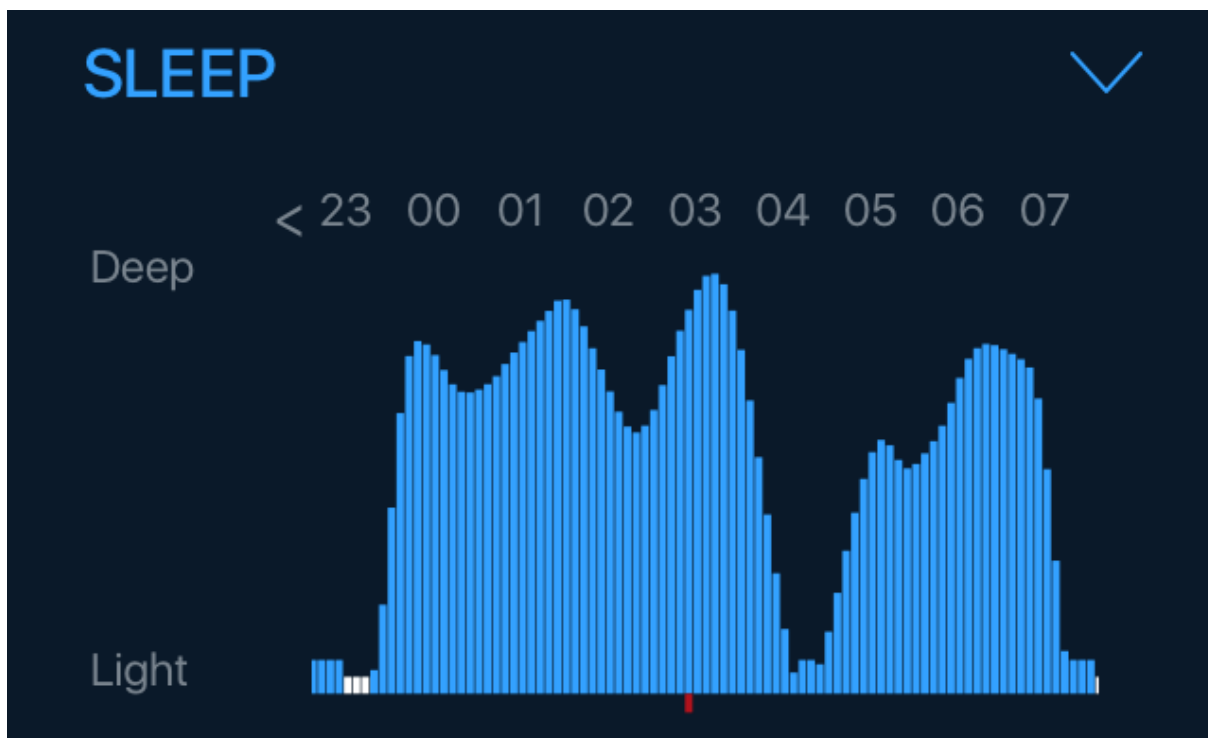
Noc 1



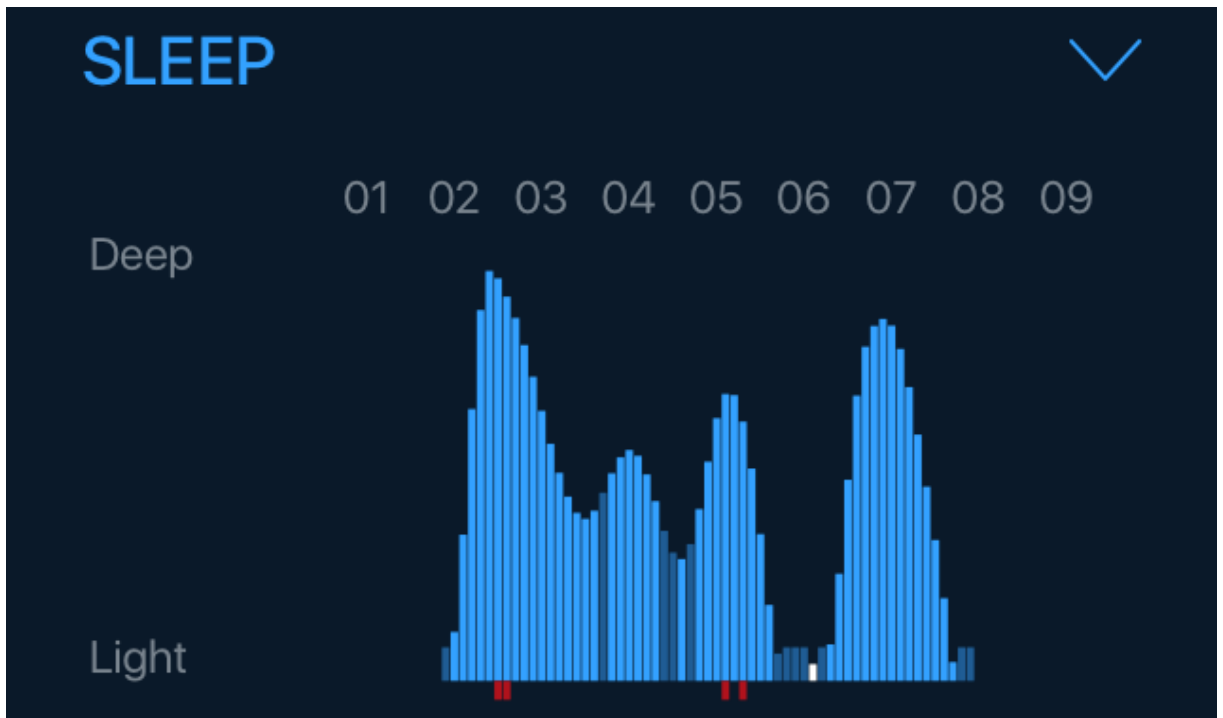
Noc 2



Noc 3



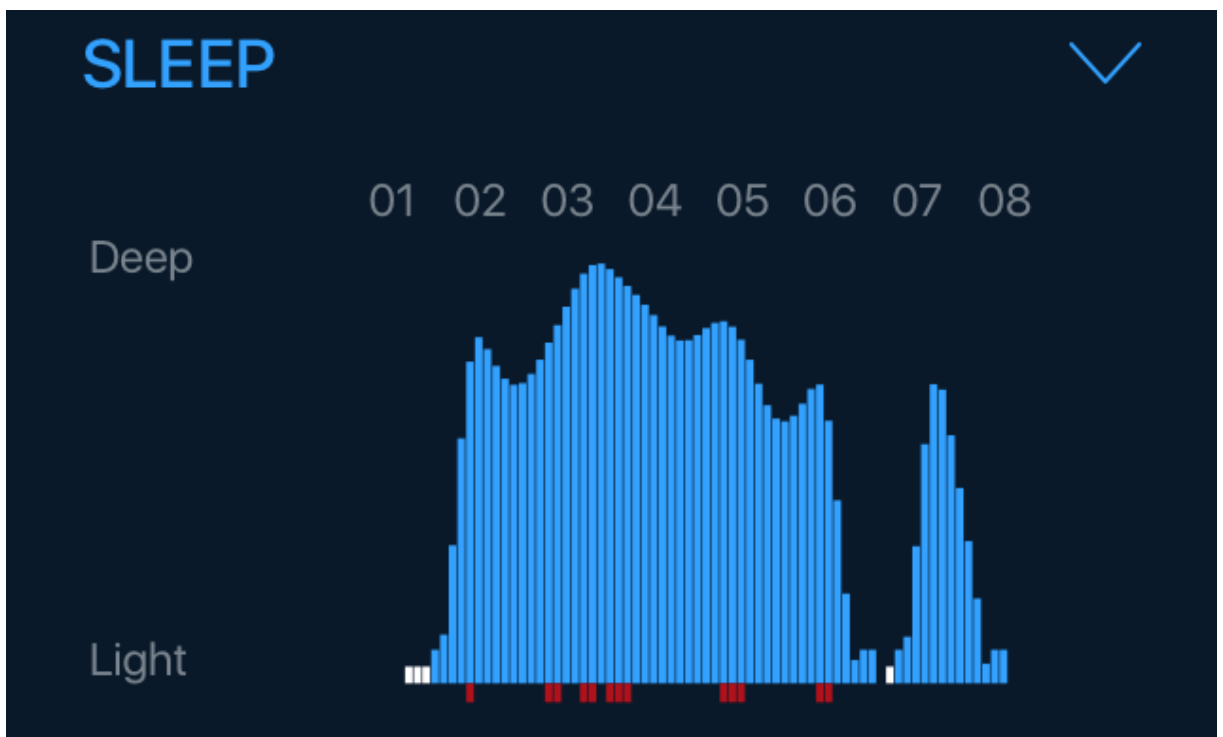
Noc 4



Dobrovolník měl při měření vstávat v 7:30.

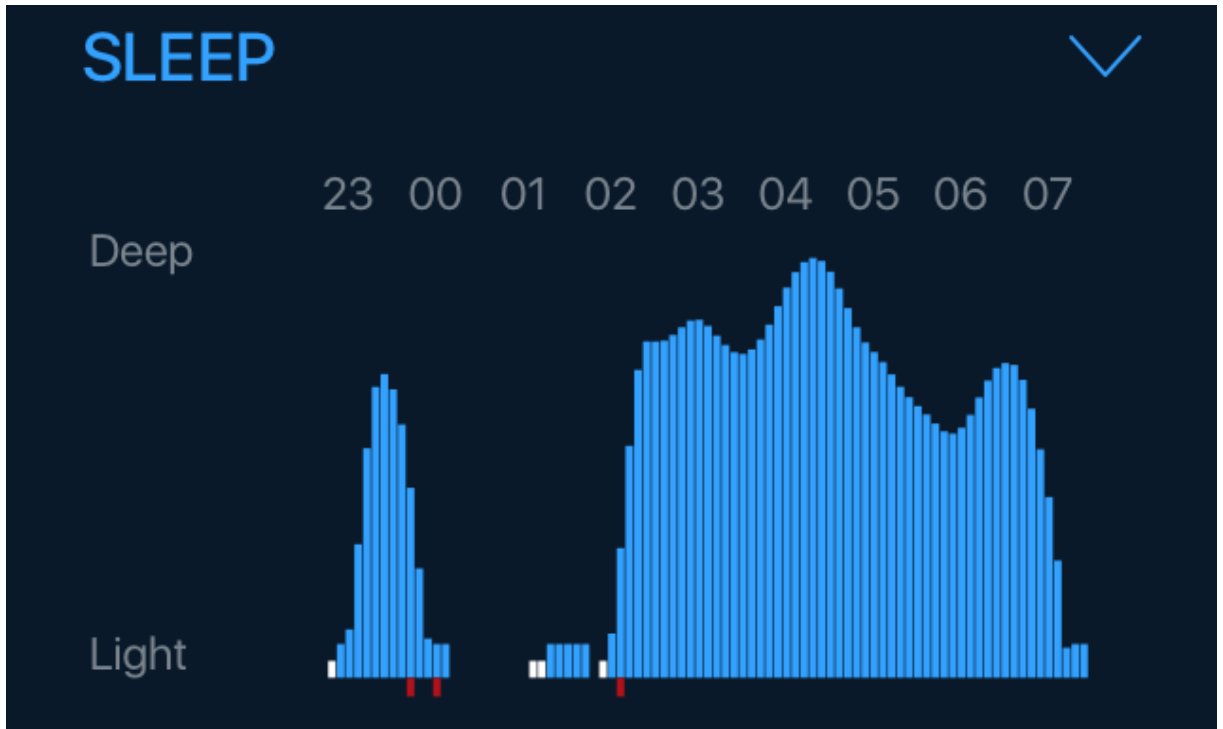
Buzení pomocí simulátoru ranního slunce. Měření proběhlo od 12. března do 18. března. Pozvolný pokles hloubky spánku podporuje tvrzení o funkčnosti simulátoru ranního slunce. Rovněž měřená osoba potvrzuje že ji přístroj vzbudil.

Noc 1

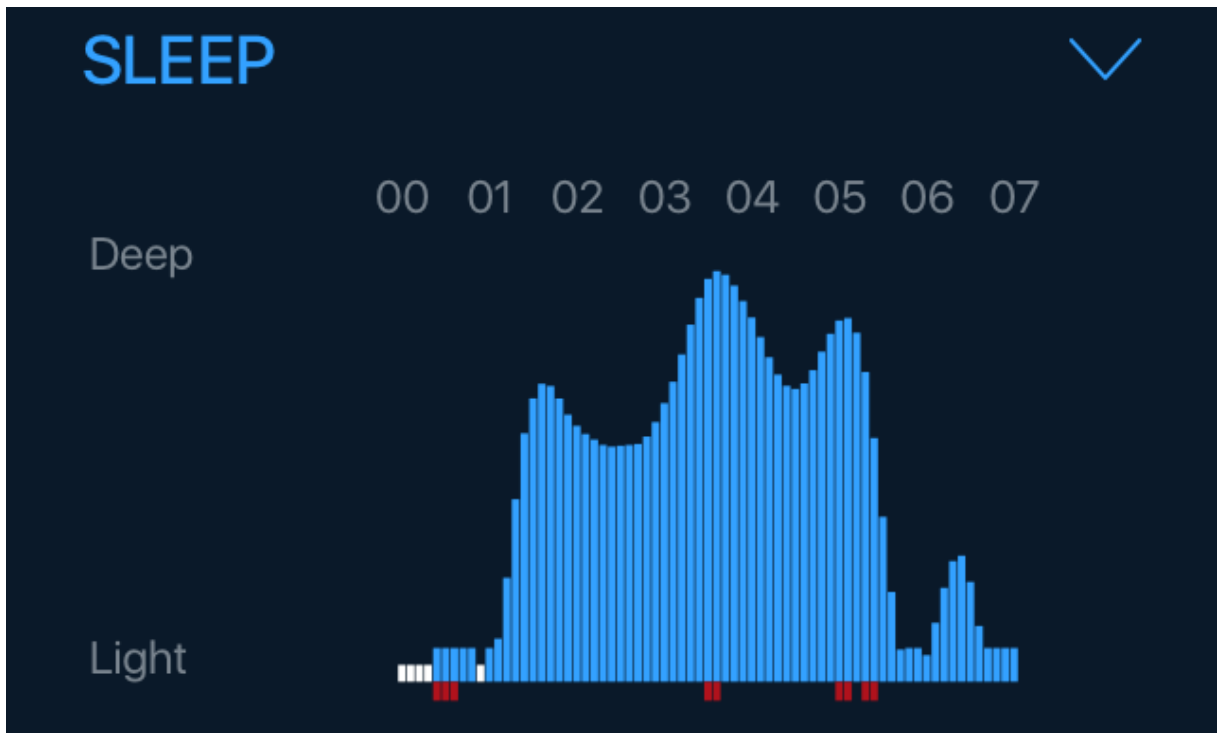




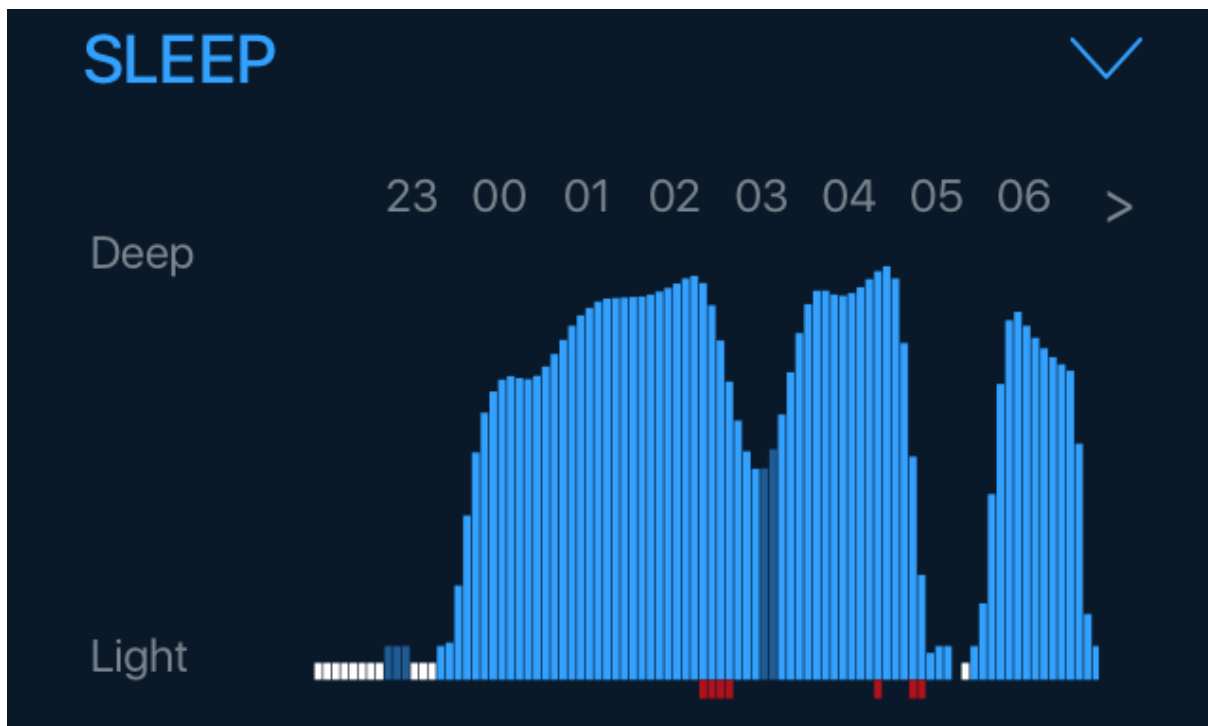
Noc 2



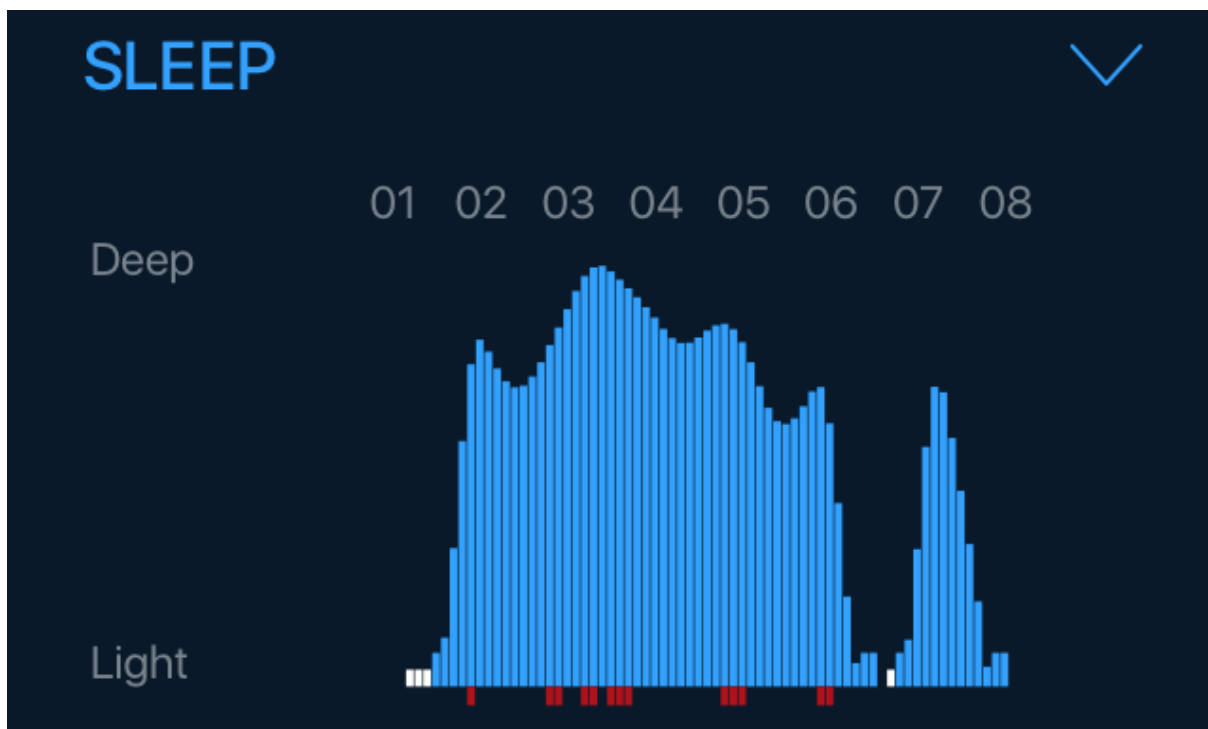
Noc 3



Noc 4



Noc 5



## 6 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vypracování literárních rešerší týkajících se cirkadiánních rytmů, návrh a sestavení simulátoru svítání slunce s využitím platformy Arduino a LED zdrojů a dále provedení praktického výzkumu simulátoru na několika osobách.

Práce je tematicky rozdělena do tří částí. První část se věnuje teoretickému rozboru fungování pochodů organismu člověka a vlivu světla na lidský organismus. Ve druhé části je obsažen princip a popis funkcí vybraných součástí simulátoru ranního slunce. Dále je popsán zdrojový kód ovládající simulátor ranního slunce. Poslední část se zabývá měřením spánku u pěti vybraných a zkoumaných osob.

Z měřených hodnot průběhu spánku lze zhruba vyvodit, že během buzení pomocí simulátoru ranního slunce má osoba pozvolnější přechod z hlubokého spánku k probuzení. K tomuto závěru bylo přistoupeno jak z naměřených hodnot, tak ze subjektivního popisu pěti měřených osob. Měření totiž není ve výsledku dostatečně průkazné, protože záleží na mnoha aspektech, jako je například délka spánku, zdravotní stav osoby, rozdílnost fyzické konstituce těla, kvalita postele, pravidelnost spánku, hygienická potřeba nebo umístění svítidla simulátoru. Umístění zařízení je zvláště důležité z důvodu osvětlení gangliových buněk reagujících na modré světlo. Pokud zařízení není nastaveno na obličej měřené osoby, simulátoru ranního slunce se značně snižuje účinnost. Také zařízení na měření spánku Beddit 2 není dostatečně přesné. Jednotlivé sloupce v naměřených grafech představují přibližně pěti minutový interval, což je na přesné vyhodnocování velmi velký časový interval.

V průběhu práce se vyskytlo několik menších vedlejších problémů. Prvním bylo nahrazení tlačítkových spínačů membránovou klávesnicí z důvodu lehčí instalace a přehlednějšího zapojení. Za druhé byl vyměněn LCD displej s modrým podsvícením za LCD displej se žlutým podsvícením. Důvodem byl předpoklad, že modré světlo vydávané displejem může, dle teorie, narušit měření, protože může vyzařovat světlo o podobné vlnové délce, která působí na gangliové buňky. Z podobného důvodu byl instalován kolébkový spínač na přední straně zařízení, který vypíná displej.

Z mého pohledu by další možnost výzkumu mohla směřovat ke zlepšení konstrukce a možnosti nastavení svítidla na měřenou osobu. Dále by mohl proběhnout další praktický výzkum na více osobách, použití modernějších a přesnějších zařízení k měření průběhu spánku a delší období během kterého by probíhalo měření z důvodu vyloučení chybných měření. Nejlépe by měření mělo probíhat v kontrolovaném prostředí, kde by bylo možné kontrolovat kvalitu spánku na vlastní oči.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ŽÁK, P. Biodynamické systémy osvětlení. In: Časopis Světlo [online]. Praha, 2005 [cit. 2015-12-16]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/biodynamicke-systemy-osvetleni--16384>
- [2] PAGÁČ, M. Co znamená čtvrtá průmyslová revoluce? [online]. 2015 [cit. 2015-12-16]. Dostupné z: <https://www.konstrukter.cz/2015/10/29/co-znamenava-ctvrta-prumyslova-revoluce/>
- [3] What Is Infrared?. *Live Science: The Most Interesting Articles, Mysteries & Discoveries* [online]. Copyright © [cit. 29.11.2017]. Dostupné z: <https://www.livescience.com/50260-infrared-radiation.html>
- [4] Far infrared radiation (FIR): its biological effects and medical applications. *National Center for Biotechnology Information*[online] [29.11.2017]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3699878/>
- [5] electromagnetic radiation - Microwaves | physics | Britannica.com. *Encyclopedia Britannica / Britannica.com* [online]. Copyright ©2017 Encyclop [cit. 30.11.2017]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/electromagnetic-radiation/Microwaves#toc59183>
- [6] ŠVEC, Jiří. *Radioaktivita a ionizující záření*. Ostrava, 2005. Doplnující učební text pro předměty Bakalářská fyzika, Aplikovaná fyzika, Ochrana před zářením. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- [7] HEJNÝ, Petr, ed. *Guinnessova Encyklopedie*. Slov. vyd. Bratislava: Guinness Publishing, 1990. ISBN 80-06-00518-4.
- [8] VNITŘNÍ ČASOVÝ SYSTÉM. *INTERNÍ MEDICÍNA PRO PRAXI* [online]. 2008. Praha, 2008, s. 350-352 [cit. 2017-11-30]. Dostupné z: <https://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2008/07/09.pdf>
- [9] ŠPÉROVÁ, Lenka. *CIRKADIÁNNÍ RYTMY U ČLOVĚKA*. Brno, 2008. Bakalářská práce. MASARYKOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Vedoucí práce RNDr. Miroslav KRÁLÍK, Ph.D.
- [10] Illnerová, H. (2005): *11. výroční přednáška k počtě J.L. Fischera – Náš vnitřní čas*. Univerzita Palackého, Olomouc.
- [11] Illnerová, H.: (2008) *Melatonin, jeho tvorba a působení*, Bulletin, 27 (3), [online]. Dostupné na: <http://www.chemicke-listy.cz/Bulletin/bulletin273/melaton.html> (staženo dne 30.12.2017)
- [12] pineal gland | anatomy | Britannica.com. *Encyclopedia Britannica / Britannica.com* [online]. Copyright ©2017 Encyclop [cit. 01.12.2017]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/pineal-gland>

- [13] Biologické hodiny | umístění vnitřních orgánů v těle. *Česká Ordinace cz - domácí encyklopedie* [online]. Copyright © svevi [cit. 01.12.2017]. Dostupné z: <https://www.ceskaordinace.cz/biologicke-hodiny-ckr-955-7754-0q-umisteni+vnitřních+orgánů+v+těle.html>
- [14] Melatonin | University of Maryland Medical Center. *Home / University of Maryland Medical Center* [online]. Copyright © 1997 [cit. 01.12.2017]. Dostupné z: <http://www.umm.edu/health/medical/altmed/supplement/melatonin>
- [15] LOSKOV, Jitka. *SROVNÁNÍ VYBRANÝCH OČNÍCH ONEMOCNĚNÍ MALÝCH ZVÍŘAT A ČLOVĚKA*. Olomouc, 2012. Bakalářská práce. UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUC. Vedoucí práce Mgr. Eliška Hladíková.
- [16] Sítnice - Vidění.cz. *Vše o očích a korekci zraku - Vidění.cz* [online]. Copyright © 2009 [cit. 03.12.2017]. Dostupné z: <http://www.videni.cz/oko/62-sitnice>
- [17] DVOŘÁK, Petr. *Vliv modrého světla na lidský organismus*. Brno, 2016. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Štěpánek.
- [18] FIGUEIRO, M. G.; BULLOUGH J. D.; REA M. S. Spectral Sensitivity of the Circadian System. [online]. In: Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY 12180. [cit. 2015-11-20]. Dostupné z: <http://www.lrc.rpi.edu/programs/lightHealth/pdf/spectralSensitivity>.
- [19] TechPark.sk Světlo a biologické hodiny. *TechPark.sk* [online]. Copyright © 2008 [cit. 18.12.2017]. Dostupné z: <http://www.techpark.sk/technika-342014/svetlo-a-biologicke-hodiny.html>
- [20] PsychoLogOn - Seříd'te si svůj vnitřní čas. *PsychoLogOn - Když se dělá z vědy věda, nedělá se věda* [online]. Dostupné z: <http://www.psychologon.cz/component/content/article/265-seridte-si-svuj-vnitřni-cas>
- [21] Arduino a hodiny DS1307. *Blog jednočipový* [online]. Dostupné z: <http://www.1cip.radekc.eu/clanek/arduino-a-hodiny-ds1307>
- [22] Spínaný zdroj MEAN WELL LRS-50-12 | arduino-shop.cz. *Arduino-shop.cz: VELKOBOCHOD, MALOBOCHOD S ARDUINEM* [online]. Copyright © Copyright ECLIPSE s.r.o. [cit. 18.05.2019]. Dostupné z: <https://arduino-shop.cz/arduino/1769-spiny-zdroj-mean-well-lrs-50-12.html>
- [23] Avrgeeks.com. *Avrgeeks.com* [online]. Dostupné z: <https://avrgeeks.com/16x2-lcd-interfacing-atmega16/>
- [24] Membránová klávesnice 1x4 | GM electronic, spol. s.r.o.. *GM electronic | elektronické součástky, komponenty . | GM electronic, spol. s.r.o.* [online]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/membranova-klavesnice-1x4>
- [25] [online]. Dostupné z: <http://roboteshop.com/shop/arduino/arduino-board/arduino-uno-r3-china/?v=>
- [26] Driver MOSFET PWM 15A 400W - montato. *Store By Futura Group srl* [online]. Copyright © 2019 [cit. 18.05.2019]. Dostupné

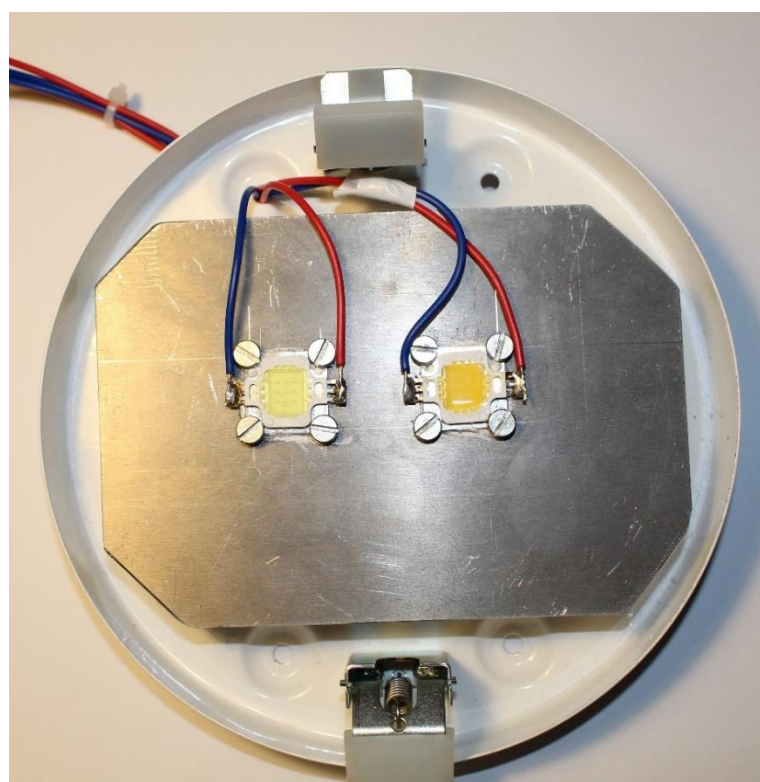
- z: <https://www.futurashop.it/Driver%20MOSFET%20PWM%2015A%20400W%20-%20montato-3085-MOSDRIVER>
- [27] Stropní přisazené svítidlo LINA 1 IN-12K2/033 60W E27 IP43 Osmont | Dům svítidel Plzeň. *Dům svítidel Plzeň | Prodejna a e-shop s osvětlením* [online]. Dostupné z: <https://www.dum-svitidel.cz/interierove/lina-1-in-12k2033-60w-e27-ip43-osmont.htm>
- [28] Elektromagnetické spektrum – Wikipedie. [online]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetické\\_spektrum](https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetické_spektrum)
- [29] Obvod reálného času DS1307 – uArt.cz. *uArt.cz – Electronics, programming and stuff...* [online]. Dostupné z: <https://uart.cz/78/obvod-realneho-casu-ds1307/>
- [30] Průmyslový zdroj Mean Well LRS-50-12 - Dexhal. *Dexhal.cz – Internetový obchod - Dexhal* [online]. Dostupné z: [https://dexhal.cz/prumyslove-zdroje/1051-prumyslovy-zdroj-mean-well-lrs-50-12\\_ps-ac-dc-ips-mwlrs-50-12.html?gclid=EAIaIQobChMIhpbox\\_6n4gIVz-F3Ch2cigezEAQYAiABEgKSc\\_D\\_BwE](https://dexhal.cz/prumyslove-zdroje/1051-prumyslovy-zdroj-mean-well-lrs-50-12_ps-ac-dc-ips-mwlrs-50-12.html?gclid=EAIaIQobChMIhpbox_6n4gIVz-F3Ch2cigezEAQYAiABEgKSc_D_BwE)
- [31] Object moved. *Object moved* [online]. Dostupné z: <https://www.iwant.cz/Beddit-B3-podrobny-monitor-spanku-bily-p11313>
- [32] Ballistocardiography | SpringerLink. *Home - Springer* [online]. Copyright © 2018 Springer Nature Switzerland AG. Part of [cit. 20.05.2019]. Dostupné z: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-69362-0\\_5](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-69362-0_5)
- [33] Historie. Dokument byl přesunut [online]. Dostupné z: <http://www.ped.muni.cz/wphy/publikace/jancovic1.html>

## 7 PŘÍLOHY

### Příloha A – obrázky zařízení



*Obr. 7-1 Vnitřní uložení součástí*



*Obr. 7-2 Umístění LED diod*





Obr. 7-3 Pohled na přední stranu zařízení



Obr. 7-4 Pohled na zadní stranu zařízení





*Obr. 7-5 Pohled na přední stranu zařízení*

**Příloha B - program v simulátoru ranního slunce na CD**