

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



---

Fakulta  
tělesné kultury

## **HODNOCENÍ KVALITY A DÉLKY SPÁNKU V PŘIROZENÝCH PODMÍNKÁCH POMOCÍ AKCELEROMETRŮ**

Bakalářská práce

Autor: Patrik Slaný

Studijní program: Tělesná výchova pro vzdělávání – Matematika pro  
vzdělávání

Vedoucí práce: Mgr. Jan Dygrýn, Ph.D.

Olomouc 2023



## **Bibliografická identifikace**

**Jméno autora:** Patrik Slaný

**Název práce:** Hodnocení kvality a délky spánku v přirozených podmínkách pomocí akcelerometrů

**Vedoucí práce:** Mgr. Jan Dygrýn, Ph.D.

**Pracoviště:** Institut aktivního životního stylu

**Rok obhajoby:** 2023

### **Abstrakt:**

Bakalářská práce se zabývá hodnocením kvality a délky spánku v přirozených podmínkách pomocí akcelerometrů. Výzkumný soubor tvořil sám autor bakalářské práce. K měření spánku po dobu osmi dní bylo využito šest zařízení pro měření spánku. Byly využity dva akcelerometry ActiGraph wGT3X (jeden na dominantní a jeden na nedominantní ruce), dále dvě zařízení Axivity AX3 (také jeden na dominantní a jeden na nedominantní ruce), Oura Ring (na prsteníčku nedominantní ruky) a hodinky Garmin Forerunner 935 (na nedominantní ruce). Získaná data byla porovnávána ve čtyřech parametrech – čas zahájení spánku, čas ukončení spánku, kvalita spánku a celková délka spánku. Parametry u jednotlivých zařízení byly srovnány pomocí průměrné absolutní procentuální chyby. Přičemž za přijatelnou chybu se považuje chyba do 10 %. Jako zlatý standard bylo zvoleno zařízení ActiGraph umístěné na nedominantní pravé ruce. Jediná signifikantní chyba větší než 10 % se objevila v parametru celková délka spánku u hodinek Garmin průměr 127,11 %. Výsledný průměr se tak oproti zlatému standardu lišil o 27,11 %.

### **Klíčová slova:**

spánek, akcelerometr, actigraph, axivity, garmin, oura.

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

**Bibliographical identification**

**Author:** Patrik Slaný  
**Title:** Evaluation of sleep quality and duration in free-living conditions using accelerometers

**Supervisor:** Mgr. Jan Dygrýn, Ph.D.  
**Department:** Institute of Active Lifestyle  
**Year:** 2023

**Abstract:**

The bachelor thesis deals with the assessment of sleep quality and duration in natural conditions using accelerometers. The research population consisted of the author of the bachelor thesis himself. Six sleep measuring devices were used to measure sleep over a period of eight days. Two ActiGraph wGT3X accelerometers were used (one on the dominant and one on the non-dominant hand), as well as two Axivity AX3 devices (also one on the dominant and one on the non-dominant hand), an Oura Ring (on the ring finger of the non-dominant hand) and a Garmin Forerunner 935 watch (on the non-dominant hand). The data collected were compared on four parameters - sleep onset time, sleep end time, sleep quality and total sleep duration. The parameters for each device were compared using the mean absolute percentage error. An error of up to 10% is considered acceptable. The ActiGraph device placed on the non-dominant right arm was chosen as the gold standard. The only significant error greater than 10% occurred in the total sleep duration parameter for the Garmin watch with an average of 127.11%. The resulting average thus differed from the gold standard by 27.11%.

**Keywords:**

sleep, accelerometer, actigraph, axivity, garmin, oura.

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracoval samostatně pod vedením Mgr. Jana Dygrýna, Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 30. června 2023

.....

Na tomto místě bych rád poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce panu Mgr. Janu Dygrýnovi, Ph.D., za projevenou ochotu a vstřícnost, věnovaný čas, trpělivost, pomoc a cenné rady které mně usnadnily psaní této práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Radkovi Tučkovi za zapůjčení Oura Ring k výzkumu a rodině za podporu během studia.

## OBSAH

Obsah .....	7
1 Úvod .....	9
1.1 Abecední seznam zkratk .....	10
2 Přehled poznatků .....	11
2.1 Spánek .....	11
2.1.1 Význam a mechanismus spánku.....	11
2.1.2 Fáze spánku .....	12
2.1.3 REM fáze spánku .....	13
2.1.4 NREM fáze spánku.....	14
2.1.5 NREM 1.....	15
2.1.6 NREM 2.....	15
2.1.7 NREM 3 a 4 .....	15
2.1.8 Faktory ovlivňující kvalitu a délku spánku .....	16
2.1.9 Hygiena spánku .....	16
2.1.10Cirkadiánní rytmus .....	17
2.1.11Látky ovlivňující spánek .....	17
2.1.12Zdravotní problémy spojené se spánkem .....	19
2.2 Poruchy spánku .....	20
2.2.1 Insomnie.....	20
2.2.2 Narkolepsie.....	20
2.2.3 Poruchy cirkadiánní rytmicity.....	21
2.3 Objektivní hodnocení kvality a délky spánku .....	21
2.3.1. Polysomnografie.....	21
3 Cíle.....	22
3.1 Hlavní cíl.....	22
3.2 Dílčí cíle.....	22
3.3 Výzkumné otázky .....	22
4 Metodika .....	23
4.1 Výzkumný soubor .....	23

4.2	Metody sběru dat .....	23
4.2.1	Akcelerometr ActiGraph wGT3X.....	24
4.2.2	Akcelerometr Axivity AX3 .....	25
4.2.3	Garmin hodinky .....	26
4.2.4	Oura Ring .....	28
4.3	Statistické zpracování dat .....	30
5	Výsledky .....	31
5.1	Čas zahájení spánku .....	31
5.2	Čas ukončení spánku.....	33
5.3	Kvalita spánku .....	36
5.4	Celková délka spánku.....	38
5.5	Identifikace research „gap“ v oblasti hodnocení kvality a délky spánku.....	40
6	Diskuse.....	42
6.1	Silné a slabé stránky bakalářské práce.....	43
7	Závěry .....	44
8	Souhrn .....	45
9	Summary.....	46
10	Referenční seznam .....	47
11	Přílohy.....	51
11.1	Data z akcelerometru ActiGraph nošeného na levé ruce .....	51
11.2	Data z akcelerometru ActiGraph nošeného na pravé ruce.....	54
11.3	Data z akcelerometru Axivity nošeného na levé ruce .....	56
11.4	Data z akcelerometru Axivity nošeného na pravé ruce .....	59
11.5	Data z Oura Ring (noc 3.3., 4.3., 5.3., 6.3., 8.3.) .....	62
11.6	Data z Garmin hodinek .....	64



# 1 ÚVOD

Kvalitní spánek představuje jeden z klíčových faktorů dobrého zdraví a kvality života. Jeho dostatečná délka a kvalita ovlivňují nejen naše fyzické a duševní blaho, ale také kognitivní funkce. V dnešní době je stále větší zájem o hodnocení spánkových vzorců a monitorování spánku, které slouží k identifikaci potenciálních problémů a optimalizaci našich spánkových návyků. Tento vzrůstající zájem vychází z narůstajícího povědomí veřejnosti o rizicích spojených s poruchami spánku (Shrivastava et al., 2014; Khosla & Wickwire, 2020).

Zlepšení našeho porozumění fyziologii a patofyziologii spánku je důležitým cílem jak pro oblast medicíny, tak pro celkovou pohodu jednotlivce. Přestože zlatým standardem pro hodnocení spánku zůstává i dnes laboratorní polysomnografie, setkáváme se v odborných studiích se stále častějším zastoupením jak vědeckých, tak komerčních akcelerometrů. Jejich nezastupitelná role je pak zejména při sběru longitudinálních dat, která mají velký potenciál pro zlepšení fenotypizace onemocnění nebo pro individualizovaná rozhodnutí o léčbě (Kelly et al., 2012; Óskarsdóttir et al., 2022).

Akcelerometry využívané v rozsáhlých vědeckých studiích jako je UK Biobank (Velká Británie) (Doherty et al., 2017), NHANES (USA) (Belcher et al., 2021), a PELOTOS (Brazílie) (da Silva et al., 2014) využívají víceosé akcelerometry, které umožňují z vysokofrekvenčního záznamu tíhového zrychlení zjistit mimo jiné i kvalitu a délku spánku. Naproti komerční akcelerometry jako jsou například Oura Ring, Apple Watch, Fitbit, Garmin a Xiaomi používají k hodnocení kvality a délky spánku nejen tíhové zrychlení (většinou agregovaný záznam), ale i data o srdeční frekvenci nebo o hladině kyslíku v krvi. Získané parametry týkající se kvality a délky spánku se z těchto různých typů akcelerometrů mohou lišit.

Hlavním cílem bakalářské práce tedy bylo zhodnotit možnosti objektivního hodnocení kvality a délky spánku v přirozených podmínkách a porovnat výstupy z komerčních akcelerometrů Garmin a prstenu Oura Ring s výstupy z akcelerometrů používaných ve vědeckých studiích ActiGraph a Axivity.

## 1.1 Abecední seznam zkratk

ACT	ActiGraph
ActiGraph_L	Zařízení ActiGraph umístěné na levé ruce
ActiGraph_P	Zařízení ActiGraph umístěné na pravé ruce
Axivity_L	Zařízení Axivity umístěné na levé ruce
Axivity_P	Zařízení Axivity umístěné na pravé ruce
CNS	Centrální nervová soustava
g	Gram – jednotka hmotnosti
GB	Gigabyte – jednotka velikosti paměti
Hz	Hertz – jednotka frekvence
LED	Light Emitting Diode (elektroluminiscenční dioda)
MAPE	Průměrné absolutní procentuální chyby (Mean Absolute Percentage Error)
NREM	Non-rapid eye movement (bez rychlých očních pohybů)
PA	Pohybová aktivita
PSG	Polysomnografie
REM	Rapid eye movement (rychlé pohyby očí)
SD	Směrodatná odchylka (Standard deviation)

## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

### 2.1 Spánek

V této kapitole se budu věnovat spánku v širším slova smyslu. Vysvětlím jeho význam a mechanismy, definuji fáze spánku a také faktory ovlivňující jeho kvalitu a délku. V další podkapitole popíšu několik poruch spánku a způsoby, díky kterým můžeme spánek zlepšit.

Všechny živé organismy na planetě potřebují spánek. I když mezi organismy se spánek liší najdeme mezi spánky jednotlivých organismů i mnoho společných znaků. Díky němu probíhá regenerace v každé buňce těla. Ve spánku probíhá mnoho důležitých dějů, které mají blahodárný vliv na zdraví.

Spící organismy mají 5 typických znaků díky kterým dokážeme sami poznat, že spí. První z nich je že organismy zaujímají jistou známou pozici, většinou u suchozemských tvorů je tato pozice horizontální stejně jako u lidí. Druhým znakem je klidový svalový tonus. Svaly, které nás drží ve vzpřímené poloze (kosterní svalstvo) se ve spánku uvolní. Ve spánku nejevíme žádné reakce ani nekomunikujeme což je třetím znakem spánku. Čtvrtým znakem je to, že když spíme tak nevnímáme okolí a pátým to, že na nic nereagujeme.

Matthew Walker definoval spánek jako komplexní, metabolicky aktivní a záměrně uspořádanou řadu jedinečných fází. Také si uvádí, že spánek je více než jedním ze tří pilířů (strava, cvičení, spánek) zajišťujících zdraví, a je dokonce důležitější než strava nebo cvičení (Walker, 2021).

#### 2.1.1 Význam a mechanismus spánku

Již v šestnáctém století Wiliam Shakespeare ve svém díle Mackbeth zmínil že svatý spánek je nejdražší pokrm na kvasu života (Shakespeare, 2022).

Spánek nám pomáhá hojit citové rány, pomáhá nám s učením, posiluje naši paměť a podporuje řešení náročných problémů a díky dostatečnému spánku jsme odolnější vůči nemocem a infekcím. Mnoho mozkových funkcí je závislých na spánku. Je velmi důležitý pro naše učení, a to jednak před učením, kdy se mozek připravuje na učení, tak po samotném učení, kdy nové informace upevňuje, a díky tomu zabraňuje zapomínání tento jev nazýváme konsolidace paměti (Walker, 2021).

Dva němečtí vědci provedli studii, ve které nechali skupinu účastníků se naučit seznam faktů. První skupina se fakty naučila během dne a po naučení následovalo 8 hodin v bdělém stavu. Druhá skupina po naučení seznamu měla 8 hodin spánku. Skupina, která po naučení spala,

si fakta lépe zapamatovala a měla lepší výsledky. První skupina byla také vystavena většímu riziku zapomínání (Jenkins & Dallenbach, 1924).

Spánek je pro nás tak moc důležitý, že mezinárodní olympijský výbor zveřejnil prohlášení, ve kterém zdůrazňuje význam spánku a jeho klíčovost pro rozvoj sportovců ve všech sportovních disciplínách v mužských i ženských kategoriích (Bergeron et al., 2015).

Spánek má pozitivní vliv na sportovní výkon a při nedostatečném spánku je vyšší riziko úrazu. Spánek tedy představuje jednu z nejlepších investic proti úrazu.

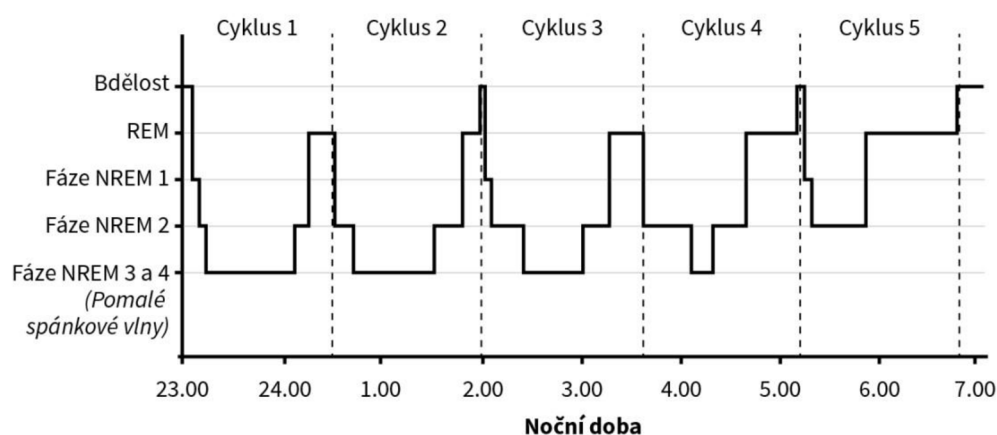
Jedna z dalších funkcí spánku je kreativita. Ve spánku mozek spojí velmi odlišné informace a vznikne tak zajímavé kreativní řešení problémů. Tento kreativní postup mozku během spánku měl vliv na významné činy v dějinách lidstva.

Díky dostatečnému spánku můžeme výrazně snížit riziko Alzheimerovy choroby zejména v pozdním věku (Walker, 2021).

### 2.1.2 Fáze spánku

V roce 1952 Eugene Aserinsky a Nathaniel Kleitman objevili a stanovili dvě základní fáze spánku, tyto fáze pojmenovali podle charakteristického pohybu očí. Pro první fázi používáme zkratku NREM z anglického non-rapid eye movement (bez rychlých očních pohybů) a pro druhou fázi používáme zkratku REM z anglického rapid eye movement (rychlé pohyby očí). Tyto dvě fáze se v průběhu noci poměrně pravidelně vzorci střídají (Aserinsky & Kleitman, 1953).

Fáze se střídají zhruba v devadesáti minutových intervalech. Tyto fáze můžeme znázornit na takzvaném hypnogramu což je graf spánku. Na obrázku 1 můžeme vidět jednotlivé fáze spánku a také cykly spánku.



Obrázek 1. Hypnogram (Walker, 2021). REM – Rapid eye movement (rychlé pohyby očí), NREM- Non-rapid eye movement (bez rychlých očních pohybů).

Jednou z dalších vlastností spánků je nesouměrnost jednotlivých fází spánků. Zatím co v polovině spánku převládá v jednotlivých 90minutových cyklech NREM spánek, v druhé polovině noci převládá REM spánek a NREM spánek někdy v této době úplně vymizí.

Každá fáze má jedinečnou charakteristiku, včetně změn ve vzorcích mozkových vln, pohybu očí a svalových tonusů. (R. Colten & M. Altevogt, 2006).

Každá z fází spánku má jiný prospěšný účinek na mozek. U žádné z fází nemůžeme říct, že by byla lepší, než jiná fáze. Když ztratíme některou z fází spánku, tak se to negativně odrazí na našem mozku (Walker, 2021).

Ve spánkové laboratoři se zjišťují fáze spánku na základě specifických mozkových vln a vzorů aktivity neuronů. Tyto vzorce se typicky projevují fyziologicky jako změny srdečního tepu, variability srdečního tepu a změny dýchání. Díky identifikaci takových fyziologických změn během spánku, získáváme cenná vodítka pro rozpoznávání fází spánku v reálných podmínkách mimo spánkovou laboratoř (Sledování spánku, 2023).

### **2.1.3 REM fáze spánku**

Funkcí REM spánku je integrace tedy propojování nových zkušeností a například schopností, do již zapamatovaných zkušeností a zážitků.

V této fázi spánku z našich svalů zmizí veškeré napětí a svaly přestanou poslouchat příkazy mozku. Tomuto jevu říkáme atonie, což je absence tonu v tomto případě ve svalech (Walker, 2021).

Během této fáze spánku se nám zdají sny, které chápeme jako halucinogenní představy, pohybových a emocionálních zážitků i zajímavých příběhů. Sny probíhají především v REM fázi, ale mohou se nám zdát i v jiných fázích spánku.

Můžeme říct, že fáze REM také pečuje o naše duševní zdraví. Zmírňuje totiž nepříjemné psychické stavy a bolest způsobenou nepříjemnými nebo traumatizujícími událostmi prožitými v průběhu dne. Ráno jsou pro nás takovéto zážitky méně traumatizující. Během REM fáze se přeruší produkce hormonu noradrenalinu což je jeden z nejdůležitějších stresových hormonů. S tímto hormonem je úzce spojena také posttraumatická stresová porucha, osoby s touto poruchou nemají kvalitní REM spánek (Walker, 2021).

Fáze REM zabírá přibližně 25 % celkové doby spánku. REM spánkové cykly se vyskytují každých 90 až 120 minut po celou noc, s postupně se zvyšujícími se časovými úseky. REM spánek je spojen s častějšími a déle trvajícími apnoemi. Některé látky potlačují REM spánek např. amfetamin nebo alkohol. Proto alkohol zhoršuje kvalitu spánku.

Některé poruchy spánku včetně spánkové apnoe nebo nočních můr se vyskytují také v této fázi. Vyšší množství REM spánku je patrné během zotavovacího spánku po selektivní deprivaci REM spánku (Shrivastava et al., 2014).

#### **2.1.4 NREM fáze spánku**

NREM spánek dělíme na 4 fáze. Značí se jako NREM 1-4. Celkově fáze NREM tvoří asi 75 až 80 % celkového času stráveného ve spánku. Každé stádium NREM spánku má odlišnou mozkovou aktivitu a fyziologii. Fáze se rozlišují podle hloubky, fáze 3 a 4 jsou tedy nejhlubšími fázemi NREM spánku. Hloubka se definuje podle toho, jak těžké je v dané fázi jedince probudit. Je tedy snazší někoho probudit z fáze NREM 1, než z fáze NREM 4. Během noci vždy ve spánku přecházíme postupně z NREM fáze 1 do NREM fáze 2, poté NREM fáze 3 a dále do NREM fáze 4 a naopak. Nikdy se ale nestane že bychom například z NREM fáze 2 přeskočili do NREM fáze 4.

Hlavní funkcí NREM spánku je odstraňování neuronových spojení. Mozek si tím vyklídí místo pro nové informace. Další funkcí je jakási reflexe, tedy ukládání nových vzpomínek z krátkodobého úložiště (kde bychom věci brzy zapomněli) do trvalého úložiště. I během krátkého dvacetiminutového zdřímnutí přes den, dokáže náš mozek využít tuto funkci ukládání informací, pokud zdřímnutí obsahuje NREM spánek.

Jedním ze znaků této fáze je změna svalového tonusu, neboli svalového napětí, když je člověk bdělý tak jeho svaly jsou neustále mírně napjaté. Během fáze NREM ale svalové napětí vymizí ale pořád ho dost zůstane.

Ve studii z roku 2011 byl zaznamenáván vztah mezi spánkem a upevňováním paměti ve všech stádiích lidského života. Studia byla prováděna na lidech ale také na šimpanzích, bonbonech a orangutanech. Na těchto živočišných druzích se potvrdilo, že si po spánku dokážou lépe vzpomenout na jaká místa jejich obydlí schovali kusy potravy. (Martin-Ordas & Call, 2011).

Prospěšný účinek NREM spánku ale můžeme najít krom primátů také u dalších živočichů jako například u koček, potkanů nebo dokonce hmyzu. (Walker, 2021).

Během jednoho experimentu vedeným Matthewem Walkrem provedeným v roce 2009 se potvrdila domněnka kterou vznesl již v roce 1983 Francis Crick. Ten se domníval že funkcí NREM spánku je odstraňování nechtěných informací v mozku. Výsledky experimentu dokázali že mozek dokáže inteligentně vyselektovat důležité informace a rozhoduje o tom které informace upevní a které ne. Tyto výsledky potvrdila řada dalších studií (Walker, 2021).

Kvalita spánku a zejména jeho hluboká část, se s přibývajícím věkem zhoršuje. S tím také souvisí úpadek paměti (Walker, 2021).

V mozku se vyplavují nebezpečné amyloidy – nebezpečné proteiny které mohou způsobit Alzheimerovu chorobu. Ve spánku v NREM fázi se mozek zbavuje těchto nebezpečných proteinů a díky tomu dokážou naše mozky zůstat zdravé (Walker, 2021).

NREM spánek také zabraňuje zvyšování krevního tlaku, mrtvici, srdečnímu infarktu a také selhání srdce (Walker, 2021).

### **2.1.5 NREM 1**

Spánek v NREM fázi 1 hraje přechodnou roli v cyklování fáze spánku. Spánek každého průměrného jedince začíná v tomto stádiu, výjimku tvoří pouze novorozenci a pacienti s narkolepsií a jinými specifickými neurologickými poruchami (Walker, 2021).

Stádium obvykle trvá pouze 1 minutu až 7 minut v počátečním cyklu a tvoří pouze 2 až 5 % z celkového spánku. Z této fáze se snadno probudíme například při trochu hlasitém podnětu (R. Colten & M. Altevogt, 2006).

Během této fáze sebou někdy můžeme trhnout sebou zničehonic trhnout což nás někdy může i probudit (Leader, 2020).

Vysoké procento spánku v této fázi je obecně výsledkem častých rušení během spánku způsobených poruchami spánku jako je spánková apnoe, periodické pohyby ve spánku nebo chrápání (Shrivastava et al., 2014).

### **2.1.6 NREM 2**

S touto fází je spojené osvěžení paměti (Walker, 2021).

Tato fáze zabírá 45 až 50 % z celkové doby spánku a charakterizují ji vlny s nízkou amplitudou, záchvěvy rychlejší aktivity nazývané spánková vřeténka (Leader, 2020).

Zvýšené množství spánku v této fázi může souviset s věkem nebo to může být účinek léků (Shrivastava et al., 2014).

### **2.1.7 NREM 3 a 4**

Tento spánek se souhrnně označuje jako spánek pomalých vln (slow-wave sleep). Během této fáze spánku se totiž frekvence mozkové aktivity dramaticky zpomalí na rychlost přibližně desetkrát pomalejší, než je frekvence mozkové aktivity při bdělosti.

V poslední době se tyto dvě fáze sdružují do jedné. Fáze 4 byla definována jako velmi krátké stadium nejhlubšího spánku, téměř bez vřetének (Walker, 2005).

Tyto fáze také nazýváme také jako hluboký spánek. Obvykle spánek v této fázi v první třetině noci často cykluje a ke druhé polovině noci, se začíná jeho množství snižovat. Vysoké

množství tohoto spánku máme během tzv. rebound spánku. Rebound spánek je takzvaný zotavovací spánek po spánkové deprivaci. Méně spánku ve fázi NREM 3, je zaznamenáno také jako vedlejší účinek některých léků. Během NREM 3-4 se také objevují epizody nočního děsu – náměsíčná chůze, mluvení ve spánku. Je také známo, že v této fázi potlačuje výskyt poruch dýchání ve spánku (Shrivastava et al., 2014).

### **2.1.8 Faktory ovlivňující kvalitu a délku spánku**

Zdravý dospělý člověk spí denně v průměru 6-8 hodin. Jsou však i lidé, kterým stačí 5-6 hodin. Pouze 2 % populace stačí méně než 5 hodin spánku a 2 % populace potřebují spát méně než 9 hodin. Napoleon údajně potřeboval spát pouze 4 hodiny denně (Praško et al., 2004).

### **2.1.9 Hygiena spánku**

Můžeme dělat mnoho věcí které můžeme dělat pro každodenní lepší spánek a také hodně věcí které bychom pro lepší spánek dělat neměli.

Měli bychom si stanovit čas, ve který každý den vypneme televizi, upozornění na telefonu a podobně. Mozek se před spánkem potřebuje zklidnit a odpočívat což nezvládá, když si přečteme nepříjemnou zprávu z práce. Také bychom měli chodit spát pravidelně každý den ve stejnou dobu (včetně víkendů). Díky tomu si tělo může zvyknout na probuzení každý den ve stejnou dobu a nemusíme používat budíky, které pro naše tělo nejsou zdravé.

Dále bychom měli omezit denní dobu před obrazovkami telefonů, televize, počítačů atd. Neškodí nám před spaním však pouze modré světlo, ale také všechny elektronické upozornění. Je doporučováno abychom hodinu před spaním přepnuli telefon do režimu letadlo.

K usnutí nám mohou také pomoci návyky, které jsou k tomuto vhodné například koupel s esenciálním olejem, zvýšení a následné snížení teploty pro to, aby se dostavila únava. Důležité je také snížení světla což má za následek tvorbu melatoninu (melatoninu se budu v této práci věnovat později), k tomuto účelu můžeme použít relaxační svíčky. Do postele je vhodné jít brzy pro to abychom necítili tlak, že musíme okamžitě usnout. Vhodná aktivita místo sledování televize, je čtení.

V ložnici a zejména v posteli, bychom měli dělat jen to pro co je určena a neměli bychom v ní dělat žádnou práci. Také není vhodné v ložnici jíst nebo sledovat televizi.

Měli bychom se také vyhýbat rozrušujícím situacím nebo situacím, které v nás vyvolají úzkost. Takovou situací může být hádka s partnerem, nebo hraní násilných počítačových her. (Mann, 2021).



Jednou z největších překážek bránících spánku může být to, co děláme poslední hodinu před ulehnutím krom výše zmíněných věcí může uškodit i jiné věci které mají přímý fyzický dopad jako například vypití velkého množství tekutin nebo konzumace jídel vyvolávající pálení žáhy (Rath, 2017).

Ložnice by měla mít neprůsvitné závěsy, díky kterým v ní bude ideálně absolutní tma. V místnosti by mělo být také nejlépe absolutní ticho. Postel a lůžkoviny by měli být pohodlné. Důležité je mít nízkou teplotu v místnosti a čerstvý vzduch (Mann, 2021).

Chodit do postele bychom měli každý den ve stejnou dobu, díky tomu se synchronizuje naše cirkadiánní rytmy a naše tělo se začne zklidňovat a připravovat na spánek v čase který si určíme (Mann, 2021).

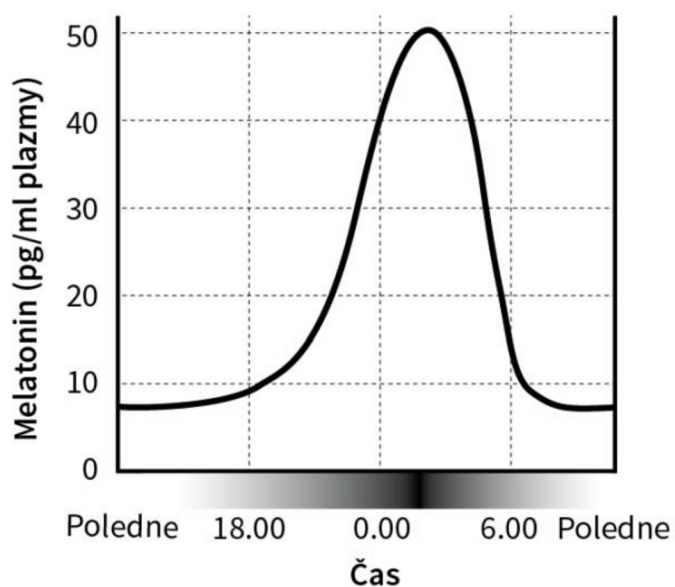
Cvičení je také přínosné pro spánek neměli bychom ale cvičit 3 hodiny před spánkem (Walker, 2021).

### **2.1.10 Cirkadiánní rytmus**

Cirkadiánní rytmus je čtyřadvacetihodinový přirozený rytmus, který má každý. Můžeme si tento rytmus představit jako vnitřní hodiny v našem mozku, které vysílají svůj každodenní cirkadiánní signál do všech ostatních oblastí mozku a všech orgánů v těle. Pomáhá určovat kdy chceme být vzhůru a kdy chceme jít spát. Ovládá také rytmické vzory, které ovlivňují preferovanou dobu jídla a pití, nálady a emocí, bazální tělesnou teplotu, rychlost metabolismu, vylučování mnoha různých hormonů nebo například množství vyprodukované moči (Walker, 2021).

### **2.1.11 Látky ovlivňující spánek**

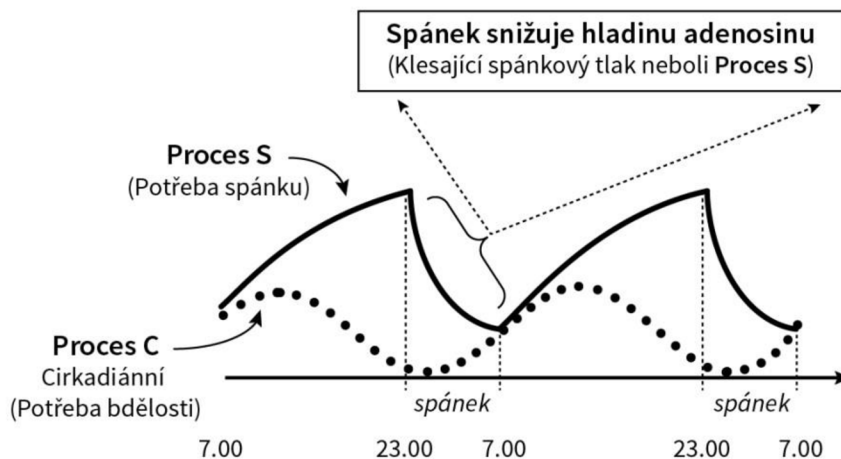
Melatonin je hormon tvořený v mezimozku, konkrétně v epifýze, která navozuje spánek v rámci cyklu spánku a probuzení. Množství melatoninu se zvýší na pokyn suprachiasmatického jádra brzy po soumraku. Melatonin tedy reguluje načasování spánku v důsledku příchodu tmy do celého organismu. Při spánku se koncentrace melatoninu v průběhu noci pomalu snižuje a klesá až do ranních hodin (obrázek 2). Při úsvitu sluneční světlo vstoupí do mozku skrze i přes zavřená víčka, a epifýza přestane vylučovat melatonin.



Obrázek 2. Melatoninový cyklus (Walker, 2021).

Světlo z obrazovek nám může snížit hladinu melatoninu až o 20 % což narušuje spánek a způsobuje mnoho dalších problémů (Rath, 2017).

Adenosin je chemická látka, která se hromadí v našem mozku (obrázek 3). Jedním z následků navýšení adenosinu je vyšší potřeba spánku. Vyšší potřeba spánku je také zvaná jako spánkový tlak (sleep pressure). Tento tlak můžeme uměle umlčet pomocí látky zaručující větší bdělost a pozornost – kofeinu.



Obrázek 3. Dvojice proměnných ovlivňujících spánek a bdělost (Walker, 2021).

Kofein působí tak že uměle potírá adenosin v receptorech mozku a usazuje se na místech určených pro adenosin. Kofein nás tak ošálí a cítíme se probuzení i přes vysokou hladinu adenosinu která by nás jinak vedla ke spánku (Walker, 2021).

Nedostatek hořčíku může způsobit neklidný spánek a také časté buzení během noci. Hořčík také podporuje hluboký, regenerativní spánek tím, že udržuje zdravou hladinu kyseliny gama-aminomáselné-neurotransmitteru, který napomáhá spánku. Pomáhá i s regulací produkce melatoninu (Mann, 2021).

### 2.1.12 Zdravotní problémy spojené se spánkem

Nedostatečný spánek může mimo jiné způsobit obezitu. Při nedostatku spánku se totiž dostanou do nerovnováhy dva hormony leptin a gherlin. Leptin je zodpovědný za pocit sytosti a gherlin je spouštěč velkého hladu. Nerovnováha způsobuje že budeme častěji jíst a tím přibereme.

Spánek hraje ovlivňují hubnutí. Studie ukázaly že při nedostatečném spánku ztrácíme kilogramy zejména ve svalech, při dostatečném spánku ale ztrácíme váhu v daleko větší míře v tucích a svaly zůstávají zachované. Nedostatečný spánek je tedy pro hubnutí kontraproduktivní (Walker, 2021).

Nedostatek spánku má mnoho negativních účinků na člověka, může u člověka vyvolat zvýšené násilí nebo například psychiatrické problémy. Narušený spánek je také spjat s vyšším rizikem užívání návykových látek (Walker, 2021).

## **2.2 Poruchy spánku**

### **2.2.1 Insomnie**

Primární insomnii (nespavost) můžeme rozdělit na psychofyziologickou insomnii a idiopatickou insomnii.

Psychofyziologická insomnie se může projevit samostatně jako problém s usínáním, přerušovaným spánkem nebo brzkým probuzením, nebo mohou být tyto symptomy kombinovány různými způsoby. Vznik souvisí se dvěma hlavními faktory a těmi jsou buď naučené spojení obávaných představ, myšlenek s usínáním nebo probouzením během noci, nebo tělesným napětím. Člověk s touto poruchou se intenzivně snaží usnout, což spánku brání (Praško et al., 2004).

### **2.2.2 Narkolepsie**

Narkolepsie je považována za neurologickou poruchu. Její původ je v centrální nervové soustavě (CNS) přesněji v mozku. Obvykle se objeví mezi desátým a dvacátým rokem života. Má určitý genetický základ, ale dědičná není. Narkolepsii definují tři základní symptomy nadměrná spavost během dne, spánková paralýza a kataplexie.

Nadměrná spavost je pro každodenní život pacientů trpících narkolepsií často nejproblematičtější a nejrušivější. Jejím následkem je totiž zcela nezadržitelné a náhlé usínání v době, kdy chtějí pacienti být vzhůru například při práci.

Druhým symptomem je spánková paralýza, tedy ztráta schopnosti mluvy nebo pohybu po probuzení. Tuto paralýzu můžeme přirovnat k uvěznění ve vlastním těle. Tato paralýza se většinou odehrává během REM spánku. Paralýza paralyzuje tělo, aby se zabránilo provádění pohybů, o nichž se nám zdá. Když se obvykle probudíme ze snu, tělo paralýzu uvolní ve chvíli, kdy nabudeme vědomí. Ve vzácných případech se však stane, že paralýza přetrvá i přes to, že mozek spánek ukončil. Následkem toho se pacienti probouzí a nejsou schopni otevřít víčka, obrátit se nebo zavolat o pomoc, nebo pohnout jakýmkoliv svalem. Postupně se ochrnutí uvolní a znovu získají kontrolu nad celým tělem.

Třetím symptomem je kataplexie. Slovo pochází z řečtiny a můžeme jej přeložit jako záchvat padání. Kataplektické záchvaty však ve skutečnosti záchvaty nejsou. Jedná se o náhlou ztrátu kontroly nad vlastními svaly. Může se jednat o lehké slabosti, při nichž polevuje obličejové svalstvo a poklesá hlava, až po podlomení kolen a náhlou ztrátu veškerého svalového tonusu. Tyto záchvaty nejsou náhodné, ale spouští je silnější emoce pozitivní i negativní. Tyto emoce může spustit vtip, překvapení, nebo například příjemná teplá sprcha (Walker, 2021).

### **2.2.3 Poruchy cirkadiánní rytmicity**

Poruchy cirkadiánní rytmicity jsou definovány jako patologické odchylky v načasování a délce spánku, které vznikají při změnách regulace endogenních mechanismů řídících cirkadiánní rytmy a jejich vztah k exogenním vlivům. K tomu dochází v případech, kdy naše vnitřní biologická rytmicita není v souladu s cyklem spánku, jež je požadován nebo vynucen jinými, často vnějšími či sociálními okolnostmi (Nevšímalová & Šonka, 2007).

Některé z těchto poruch mají jen přechodný charakter, jiné mohou při dlouhodobém trvání vyvolat vznik dalších poruch spánku jako například insomnií nebo naopak hypersomnií (nadměrnou spavost), případně obojí (Janečková, 2014).

## **2.3 Objektivní hodnocení kvality a délky spánku**

Objektivní hodnocení kvality a délky spánku je důležitým nástrojem pro posouzení a monitorování spánkových vzorců a jejich vlivu na lidské zdraví. Existuje několik metod, které umožňují objektivně měřit různé parametry spánku a poskytují tak užitečné informace o tom, jak efektivně a hluboce spíme. Tyto informace můžeme zjišťovat mimo jiné pomocí vědeckých akcelerometrů nebo komerčních zařízení.

Během posledního desetiletí se aktigrafie (monitorování založené na aktivitě) stala základním nástrojem ve výzkumu spánku a spánkové medicíně. Byla řešena platnost, spolehlivost a omezení aktigrafie pro dokumentaci vzorců spánku a bdění. Aktigrafie se ukázala jako účinná při dokumentování účinků různých behaviorálních a lékařských intervencí na vzorce spánku a bdění (Sadeh & Acebo, 2002).

### **2.3.1 Polysomnografie**

Polysomnografie (PSG) je vyšetřovací metoda, která spočívá v zaznamenávání několika různých funkcí organismu během spánku člověka, kterého vyšetřujeme. K tomuto účelu je monitorována aktivita mozku, svalová aktivita, srdeční rytmus, pohyby očí apod. PSG se používá například při diagnostice poruch spánku, při podezření na epilepsii apod ("polysomnografie", 2023).

Polysomnografie (PSG) je považována za zlatý standard pro hodnocení spánku. PSG je však nepraktická, drahá a pracná, a proto není proveditelná pro rozsáhlé studie (Zinkhan et al., 2014).

## **3 CÍLE**

### **3.1 Hlavní cíl**

Hlavním cílem bakalářské práce bylo zhodnotit možnosti objektivního hodnocení kvality a délky spánku v přirozených podmínkách.

### **3.2 Dílčí cíle**

- 1) Porovnat výstupy z komerčních hodinek Garmin a Oura Ring s výstupy z akcelerometrů ActiGraph a Axivity.
- 2) Identifikovat research „gap“ v oblasti hodnocení kvality a délky spánku.
- 3) Popsat rozdíly mezi zařízeními u začátku spánku
- 4) Popsat rozdíly mezi zařízeními u ukončení spánku
- 5) Popsat rozdíly mezi zařízeními u kvality spánku
- 6) Popsat rozdíly mezi zařízeními u celkové délky spánku

### **3.3 Výzkumné otázky**

- 1) Liší se naměřené spánkové parametry (doba zahájení a ukončení spánku, kvalita spánku a doba spánku) mezi zlatým standardem (ActiGraph wGT3X) a komerčními přístroji (Garmin a Oura Ring) o více než 10 %?

## 4 METODIKA

### 4.1 Výzkumný soubor

Veškerý výzkum byl proveden pouze na mé osobě. Jedná se tedy o specifickou formu introspektivní studie, kde jsem byl nejen výzkumníkem, ale také jediným zkoumaným subjektem. Po dobu osmi dní a nocí jsem nosil na zápěstích celkem 5 přístrojů (2x ActiGraph, 2x Axivity, 1x Garmin) a na prsteníčku jeden Oura Ring. Má dominantní ruka je levá, proto byla zařízení umístěna převážně na nedominantní pravé ruce.

### 4.2 Metody sběru dat

Jako „zlatý standard“ výzkumu byl zvolen akcelerometr ActiGraph GT3X, který je dlouhodobě považován za reliabilní a validní nástroj pro hodnocení spánku v terénních podmínkách (Cole et al., 1992). Tyto akcelerometry ActiGraph wGT3X jsem nosil dva (jeden na pravé a jeden na levé ruce). Dále jsem nosil další dva „vědecké“ akcelerometry Axivity AX3 (také jeden na pravé a jeden na levé ruce), které se používají v největších epidemiologických studiích jako např. UK BioBank ("UK Biobank", 2023)). Akcelerometry byly zapůjčeny Institutem aktivního životního stylu Univerzity Palackého v Olomouci. Poté jsem nosil Garmin hodinky Forerunner 935 na pravé ruce. Pro zařazení tohoto zařízení jsem se rozhodl, protože to je na světě jedno z nejkupovanějších zařízení (Global Smartwatch Shipments Grow 9% YoY, 2022; Price Polarization Seen in Demand, 2023). Posledním zařízením byl Oura Ring druhé generace, který jsem nosil na pravém prsteníčku. Oura Ring je první zařízení ve formě prstenu pro měření spánku. Podle Techradar je to nejlepší zařízení pro sledování spánku za rok 2023 (The best sleep tracker 2023: From smart rings and watches to earbuds, 2023). Všechna tato zařízení jsem nosil současně, a to od 1. března do 8. března 2023 (8 nocí).

Ve výzkumech o spánku se standardně využívá nedominantní ruky (HJORTH 2012), proto jsem jako zlatý standard ve své práci zvolil ActiGraph GT3X nošený na nedominantní (pravé) ruce.

Během měření dvě zařízení nezměřily údaje spojené s nocí. Jednou to byly hodinky Garmin Forerunner 935 první noc (z 1. na 2. března). A dvakrát Oura Ring v nocích z 2. na 3. března a ze 7. na 8. března.

K realizaci výzkumu objektivního hodnocení spánku bylo použito 6 zařízení pro sledování spánku (obrázek 4).



Obrázek 4. Zařízení pro měření spánku použité ve výzkumu. Nahoře na pravé ruce Oura Ring, nejvýše na levém a pravém zápěstí ActiGraph wGT3X, dále na levém zápěstí Axivity AX3 a na pravém zápěstí uprostřed Axivity AX3, a hodinky Garmin na pravé ruce.

#### **4.2.1 Akcelerometr ActiGraph wGT3X**

V testování byl použit ActiGraph wGT3X. Jedná se o zařízení společnosti ActiGraph. Dlouhodobě se jedná o nejčastěji celosvětově používaný akcelerometr k zachycení záznamu nepřetržité pohybové aktivity a informací o spánku nebo bdění (Lyden et al., 2011)), (Neishabouri et al., 2022). Zařízení zachycuje pohybovou aktivitu pomocí tříosého akcelerometru. Dokáže zachytit informace o zrychlení, intenzitě PA, pozici těla, počtu aktivit a o spotřebě energie.

Také má integrovaný světelný senzor, který poskytuje hodnoty v luxech. Tento senzor spolu s údaji o pohybu poskytuje pohled na vztah mezi prostředím účastníka a jeho aktivitou a také chováním při spánku. Zařízení je možné nosit na zápěstí, pase, kotníku nebo stehně. V mém měření byl využit na pravém i levém zápěstí. Zařízení má životnost baterie 25 dní a dokáže ukládat data po dobu 180 dní do 4 GB paměti.



Dokáže zaznamenat celkovou dobu spánku, účinnost spánku, probuzení po nástupu spánku, latenci nástupu spánku a také index fragmentace spánku (*ActiGraph wGT3X-BT*, 2023).

Tento akcelerometr (obrázek 5) je v současné době možné pořídit za 9 500 Kč včetně daně a cla.



Obrázek 5. Akcelerometr ActiGraph wGT3X (*ActiGraph wGT3X-BT*, 2023).

Akcelerometr ActiGraph wGT3X představuje nejčastěji používaný model akcelerometru pro hodnocení pohybové aktivity a spánku (Migueles et al., 2017). V porovnání s polysomnografií prokázal ActiGraph umístěný na zápěstí vysokou validitu i reliabilitu při hodnocení jak celkové doby spánku, období probuzení po nástupu spánku, tak efektivity spánku (Full et al., 2018).

#### **4.2.2 Akcelerometr Axivity AX3**

Akcelerometr Axivity AX3 je vybaven nejmodernějším trojosým akcelerometrem MEMS a vestavěnou pamětí. Zařízení také obsahuje teplotní senzor. Je možné jej umístit do náramku a připevnit na zápěstí pro sledování pohybu horní končetiny a spánku.

Životnost baterie je 30 dní při nastavení záznamu na 12,5 Hz. Přístroj má hmotnost 11 g (bez řemínku) a je voděodolný ("AX3", 2023).

Tento akcelerometr (Obrázek 6) je možné pořídit za zhruba poloviční cenu oproti ActiGraphu wGT3X, včetně daně a cla stojí 4 500 Kč.



Obrázek 6. Akcelerometr Axivity AX3 (AX3, 2023).

### 4.2.3 *Garmin hodinky*

Pokročilý monitoring spánku, který je k dispozici ve vybraných produktech značky Garmin využívá několika faktorů, které pomáhají porozumět spánku. Garmin zařízení nám poskytují informace o časech usnutí a čase probuzení, můžeme také sledovat dobu bdělosti a kolik času jsme strávili v klíčových fázích spánku (lehký, hluboký a REM). Také můžeme zjistit, kdy během noci jednotlivé fáze probíhaly.

Doby a fáze spánku jsou rozpoznány na základě kombinace údajů o srdečním tepu, variabilitě srdečního tepu a tělesných pohybech. Cenná data pro analýzu a zlepšování spolehlivosti měření poskytují údaje o věku, výšce a hmotnosti které můžeme zadat v profilu uživatele (Sledování spánku, 2023).

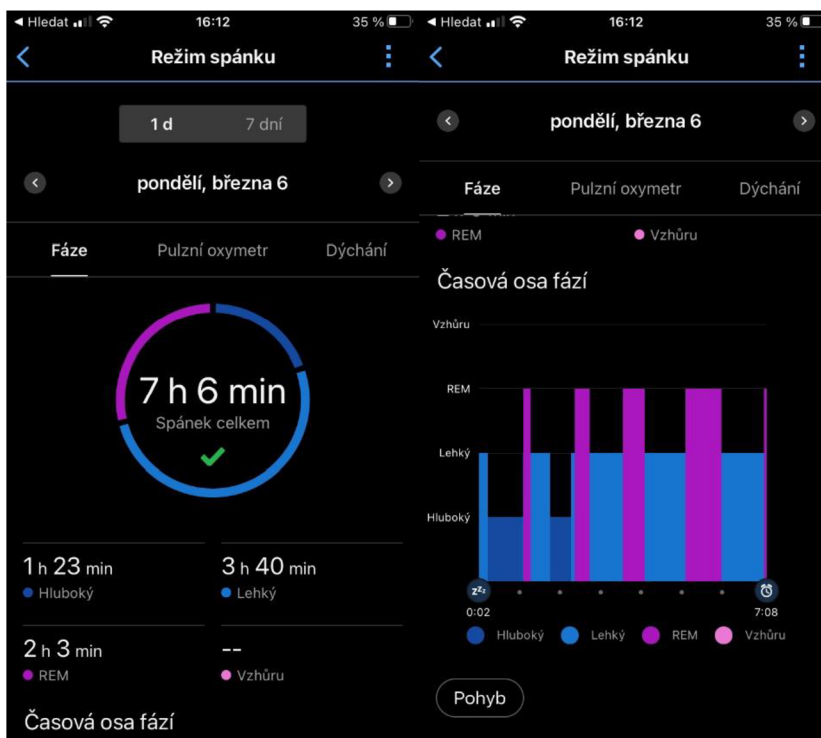
Ve výzkumu byly použity hodinky Garmin Forerunner 935 (obrázek 7). Jedná se o hodinky určené zejména na běh. Garmin rozděluje hodinky na běh na tři třídy – pro základní, pokročilé a elitní běžce. Tento model je střední třída – pro pokročilé běžce. Některé levnější modely hodinek od Garminu mají omezenější možnosti měření spánku, například co se jednotlivých spánkových fází týče.

Tyto hodinky je dnes možné pořídit zhruba za 10 000 Kč ("Garmin - Forerunner - Garmin Forerunner 935 Optic - 010-01746-04", 2023). Garmin má již novější modely hodinek této řady, a tak tento model již na oficiálních stránkách není možné koupit.



Obrázek 7. Hodinky Garmin Forerunner 935 (Garmin - Forerunner - Garmin Forerunner 935 Optic - 010-01746-04 2023).

Údaje o spánku je možné zobrazit jak v hodinkách, tak telefonu i na webu (obrázek 8).



Obrázek 8. Ukázka zobrazení údajů o spánku v mobilní aplikaci Garmin.

#### 4.2.4 *Oura Ring*

Společnost Oura byla založena ve Finsku s cílem zlepšit způsob jakým žijeme naše životy. Chtějí pomoci lidem se zorientovat ve zranitelnosti zdraví. Podle Oura začíná zdraví pochopením nás samotných a dobré zdraví začíná dobrým spánkem. Snaží se inspirovat lidi, aby si více uvědomovali svou mysl a tělo (About Us, 2023).

Oura Ring (obrázek 9,10) je chytrý prsten ke sledování spánku a pohybové aktivity.



Obrázek 9. Technická ilustrace Oura Ring (Altini & Kinnunen, 2021).

Oura Ring druhé generace má titanový kryt, baterii, napájecí obvod, dvoujádrový procesor, paměť, dvě LED diody, fotosenzor, teplotní senzory, 3D akcelerometr a bluetooth připojení k aplikaci pro chytré telefony.



Obrázek 10. Oura Ring druhé generace ("Oura (Generation 2) review", 2021).

Oura Ring je zařízení pro sledování zdraví, které měří tělesné signály, jako je srdeční frekvence, variabilitu srdeční frekvence, dýchání, tělesná teplota a pohyb, pomocí infračervené foto pletysmografie, záporného teplotního koeficientu a 3D akcelerometru. Všechny senzory jsou umístěny na vnitřní straně prstenu a přiléhají k prstu. Zařízení je napájeno pomocí USB nabíjecí základny. Oura Ring je voděodolný do 100 m. Uživatel se tak může koupat, plavat, mýt nádobí, a provádět většinu činností, při kterých dochází ke kontaktu s vodou.

Díky správnému výběru velikosti prstenu a typickému omezenému pohybu během noci spolu se skutečností, že prsty mají tendenci během spánku otékat, se prsten během noci obvykle nepohybuje ani neotáčí, což zajišťuje vysokou kvalitu dat (Altini & Kinnunen, 2021).

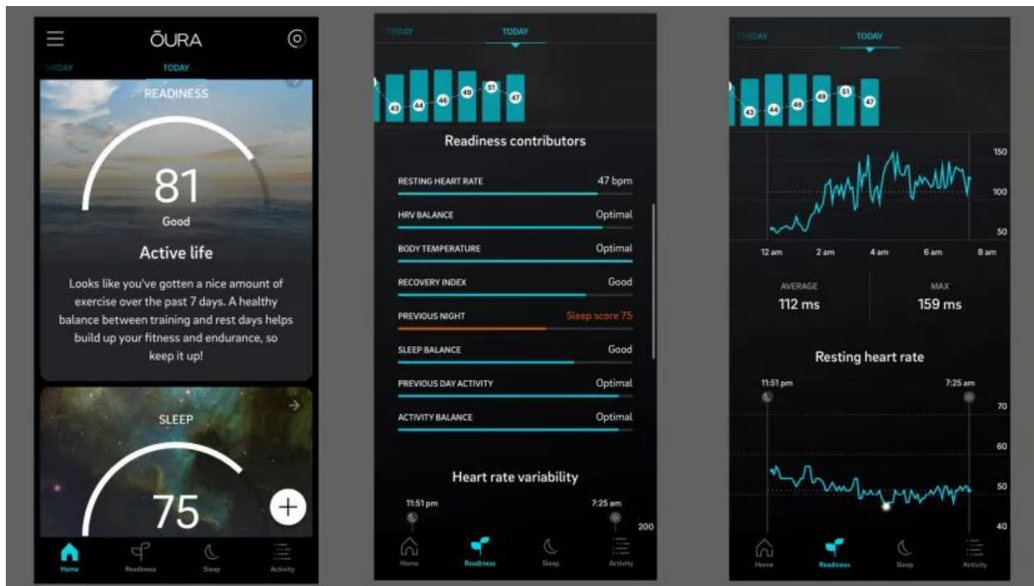
Ve vzorové populaci zdravých dospělých mají spánkové parametry Oura Ring i hodinek Samsung přijatelné střední rozdíly a naznačují významné korelace s lékařsky schváleným aktigrafickým zařízením, ale Oura Ring předčí hodinky Samsung, pokud se jedná o parametry spánku bez jednotlivých fází spánku (Asgari Mehrabadi et al., 2020).

V současné době je možné jej pořídit za zhruba 6 000 Kč. U tohoto zařízení je složité říct současnou cenu, neboť společnost Oura prodává už jen prsteny třetí generace a prsteny druhé generace je dnes možné zakoupit jen z druhé ruky. Zákazníkům Oura Ring jsou při zakoupení produktu nejdříve zaslány makety několika prstenů v různých velikostech pro vyzkoušení správné velikosti a až poté co si zákazník vybere velikost jim je poslán originální produkt. Pro výzkum jsem měl prsten půjčen od kamaráda, který prsten zakoupil z druhé ruky. Prsten mi byl trochu malý při zakoupení vlastního prstenu bych pravděpodobně zvolil o velikost větší prsten.

Jedna ze skutečností popsána výše – staří prstenu nebo to že mi byl těsný mohl ovlivnit negativně ovlivnit měření a mohlo to způsobit to, že dvě noci nebyly prstenem změřeny. U

samotné těsnosti prstenu to však považuji za velmi málo pravděpodobné. Prsten jsem musel kvůli jeho staří každý večer nabíjet. Dvě nezměřené noci mohly být způsobeny vybitím prstenu.

Všechna naměřená data je možné zobrazit ve vizuálně velmi dobře zpracované aplikaci v telefonu nebo také na webu (obrázek 11).



Obrázek 11. Mobilní aplikace Oura ("What It's Like to Track Your Recovery With the Oura Ring", 2021)

### 4.3 Statistické zpracování dat

Pro zpracování statistických dat byl použit program IBM SPSS Statistics version 23. Pro tvorbu tabulek a grafů byl využit Microsoft Office Excel 2022.

Srovnání spánkových parametrů z komerčních (Garmin hodinky a Oura Ring) a výzkumných (ActiGraph a Axivity) akcelerometrů byly provedeno prostřednictvím metody tzv. průměrné absolutní procentuální chyby (MAPE, z anglického Mean Absolute Percentage Error). Dle výzkumu (Tudor-Locke et al., 2006) se při použití přístrojů v přirozených podmínkách považuje za přijatelné MAPE do 10 %.

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Čas zahájení spánku

Jedním ze základních údajů, které zařízení pro sledování spánků měří je čas usnutí. Tuto hodnotu měří všechna použitá zařízení. Jen dvě zařízení kvůli chybě některé noci nezměřily (tabulka 1).

Aby bylo možné s těmito hodnotami lépe počítat musely být přepočítána na desetinná čísla například 22:45 je převedeno na 22,75 (tabulka 2).

**Tabulka 1**

*Čas zahájení spánku*

Datum	Garmin	Oura	ActiGraph_L	ActiGraph_P	Axivity_L	Axivity_P
01.03.2023		23:02:29	22:45:00	22:45:00	22:45:00	22:45:00
02.03.2023	0:13		23:44:45	23:44:55	23:44:35	23:44:50
03.03.2023	22:52	23:17:50	0:15:00	23:12:50	0:15:00	23:12:45
04.03.2023	23:21	23:02:09	1:03:45	0:46:00	1:03:30	0:45:25
05.03.2023	0:54	0:44:05	22:00:00	22:00:00	22:00:00	18:16:45
06.03.2023	0:02	23:54:02	23:34:05	23:32:25	23:36:50	23:32:10
07.03.2023	23:24		23:59:35	23:56:05	23:41:20	23:55:45
08.03.2023	23:59	23:46:29	23:42:10	23:40:35	23:41:35	23:40:15

Ve formátu HH:MM. ActiGraph\_L = ActiGraph na levé ruce. ActiGraph\_P = ActiGraph na pravé ruce. Axivity\_L = Axivity na levé ruce. Axivity P = Axivity na pravé ruce.

**Tabulka 2**

Čas zahájení spánku – desetinný formát.

Datum	Garmin	Oura	ActiGraph_L	ActiGraph_P	Axivity_L	Axivity_P
01.03.2023		23,04	22,75	22,75	22,75	22,75
02.03.2023	24,22		23,75	23,75	23,74	23,75
03.03.2023	22,87	23,30	24,25	23,21	24,25	23,21
04.03.2023	23,35	23,04	25,06	24,77	25,06	24,76
05.03.2023	24,90	24,73	22,00	22,00	22,00	18,28
06.03.2023	24,03	23,90	23,57	23,54	23,61	23,54
07.03.2023	23,40		23,99	23,93	23,69	23,93
08.03.2023	23,98	23,77	23,70	23,68	23,69	23,67

V desetinném formátu. HH,MM. ActiGraph\_L = Actigraph na levé ruce. ActiGraph\_P = ActiGraph na pravé ruce. Axivity\_L = Axivity na levé ruce. Axivity P = Axivity na pravé ruce.

Dále jsem hodnoty podle zlatého standardu označil sloupec ActiGraph\_P jako 100 % a zbytek jsem dopočítal podle standardu (tabulka 3).

**Tabulka 3**

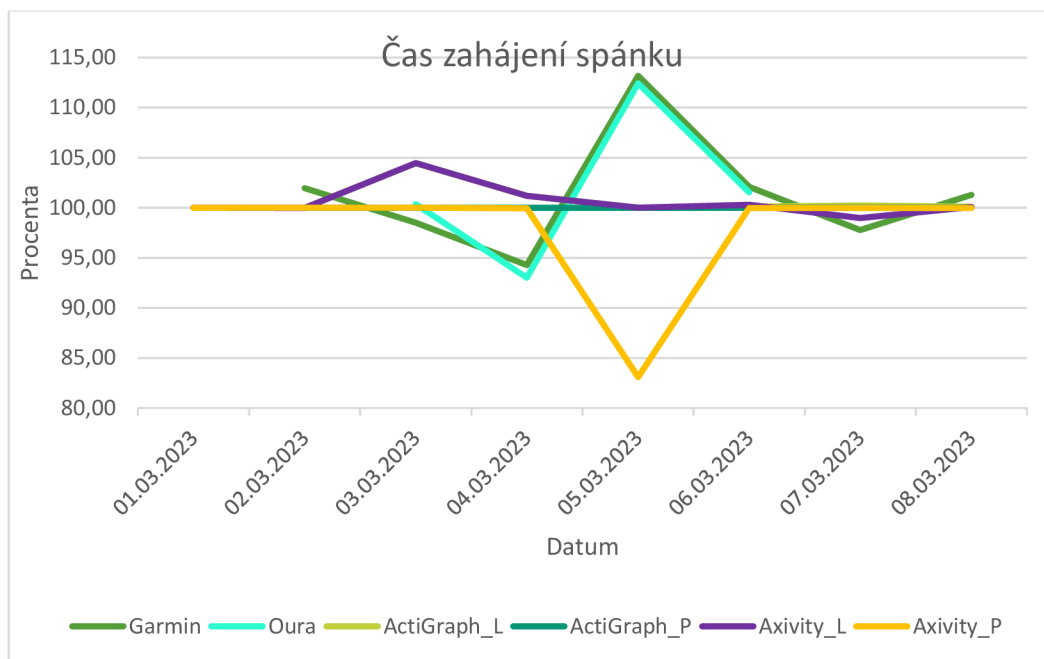
Čas zahájení spánku – procenta

Datum	Garmin	Oura	ActiGraph_L	ActiGraph_P	Axivity_L	Axivity_P
01.03.2023		101,28	100,00	100,00	100,00	100,00
02.03.2023	101,97		99,99	100,00	99,98	99,99
03.03.2023	98,50	100,36	104,46	100,00	104,46	99,99
04.03.2023	94,28	93,01	101,19	100,00	101,18	99,96
05.03.2023	113,18	112,43	100,00	100,00	100,00	83,09
06.03.2023	102,09	101,53	100,12	100,00	100,31	99,98
07.03.2023	97,77		100,24	100,00	98,97	99,98
08.03.2023	101,30	100,42	100,11	100,00	100,07	99,98
<b>Průměr</b>	101,30	101,55	100,87	100,00	100,71	97,57
<b>Max</b>	113,18	Min	83,09	SD	3,92	

Využito zařízení ActiGraph\_P jako zlatého standardu. ActiGraph\_L = ActiGraph na levé ruce. ActiGraph\_P = ActiGraph na pravé ruce. Axivity\_L = Axivity na levé ruce. Axivity P = Axivity na pravé ruce. Průměr = průměr u jednoho zařízení za všechny noci. Max = Maximální hodnota. Min = Minimální hodnota. SD = Směrodatná odchylka.

Na konec jsem podle tabulky 3 vytvořil spojnicový graf (obrázek 12). Kde můžeme vidět odchylky od zlatého standardu v procentech.





Obrázek 12. Graf k tabulce 3. Čas zahájení spánku – odchylky zařízení od zlatého standardu.

ActiGraph\_L = ActiGraph na levé ruce. ActiGraph\_P = ActiGraph na pravé ruce. Axivity\_L = Axivity na levé ruce. Axivity P = Axivity na pravé ruce.

## 5.2 Čas ukončení spánku

Ukazatel ukončení spánku je v několika ohledech podobný jako ukazatel času ukončení spánku. I zde chybí dva údaje od zařízení Oura Ring a jeden údaj od zařízení Garmin hodinek. I zde jsem krom standardního formátu HH:MM:SS (tabulka 4) využil převodu na desetinná čísla (tabulka 5), aby bylo možné s údaji pracovat. A poté hodnoty porovnal podle zvoleného zlatého standardu (tabulka 6).

#### Tabulka 4

Čas ukončení spánku

Datum	Garmin	Oura	ActiGraph_L	ActiGraph_P	Axivity_L	Axivity_P
01.03.2023		7:43:29	8:16:25	8:40:05	8:57:25	8:40:05
02.03.2023	8:44		8:59:30	8:51:15	8:51:20	8:59:20
03.03.2023	9:05	8:09:50	7:57:40	8:20:05	7:57:30	8:20:00
04.03.2023	8:21	7:59:09	8:29:15	8:29:10	8:28:55	8:29:00
05.03.2023	8:33	8:33:05	6:45:00	6:44:50	6:44:40	6:44:35
06.03.2023	7:08	7:06:02	8:10:05	8:10:00	8:09:40	8:09:45
07.03.2023	8:23		7:09:30	7:09:25	7:09:00	7:09:05
08.03.2023	7:27	7:23:29	7:15:20	7:15:50	7:14:45	7:15:25

Ve formátu HH:MM:SS. ActiGraph\_L = ActiGraph na levé ruce. ActiGraph\_P = ActiGraph na pravé ruce.

Axivity\_L = Axivity na levé ruce. Axivity P = Axivity na pravé ruce.

#### Tabulka 5

Čas ukončení spánku – čísla převedena na desetinný tvar

Datum	Garmin	Oura	ActiGraph_L	ActiGraph_P	Axivity_L	Axivity_P
01.03.2023		7,72	8,27	8,67	8,96	8,67
02.03.2023	8,73		8,99	8,85	8,86	8,99
03.03.2023	9,08	8,16	7,96	8,33	7,96	8,33
04.03.2023	8,35	7,99	8,49	8,49	8,48	8,48
05.03.2023	8,55	8,55	6,75	6,75	6,74	6,74
06.03.2023	7,13	7,10	8,17	8,17	8,16	8,16
07.03.2023	8,38		7,16	7,16	7,15	7,15
08.03.2023	7,45	7,39	7,26	7,26	7,25	7,26

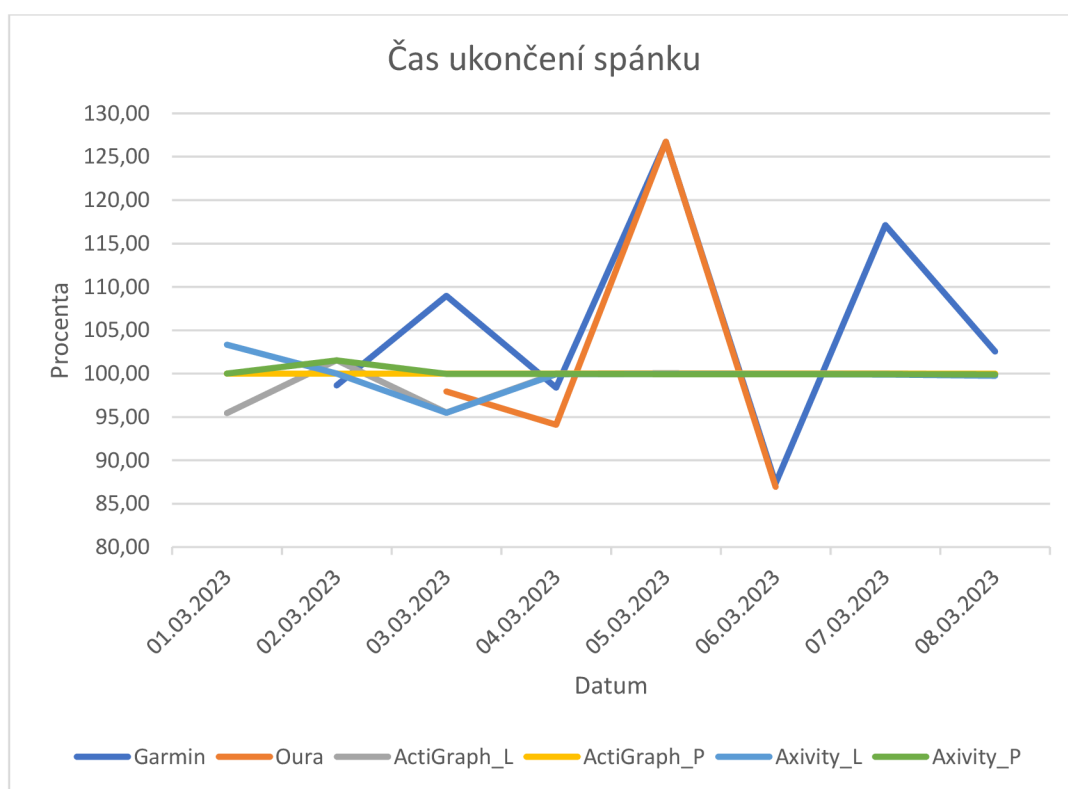
ActiGraph\_L = ActiGraph na levé ruce. ActiGraph\_P = ActiGraph na pravé ruce. Axivity\_L = Axivity na levé ruce. Axivity P = Axivity na pravé ruce.

**Tabulka 6**

Čas ukončení spánku – procenta

Datum	Garmin	Oura	ActiGraph_L	ActiGraph_P	Axivity_L	Axivity_P
01.03.2023		89,12	95,45	100,00	103,33	100,00
02.03.2023	98,64		101,55	100,00	100,02	101,52
03.03.2023	108,98	97,95	95,52	100,00	95,48	99,98
04.03.2023	98,40	94,10	100,02	100,00	99,95	99,97
05.03.2023	126,72	126,74	100,04	100,00	99,96	99,94
06.03.2023	87,35	86,95	100,02	100,00	99,93	99,95
07.03.2023	117,14		100,02	100,00	99,90	99,92
08.03.2023	102,56	101,76	99,89	100,00	99,75	99,90
<b>Průměr</b>	105,68	101,50	99,58	100,00	99,29	100,17
<b>Max</b>	126,74	Min	86,95	SD	7,33	

Využito zařízení ActiGraph\_P jako zlatého standardu. ActiGraph\_L = ActiGraph na levé ruce. ActiGraph\_P = ActiGraph na pravé ruce. Axivity\_L = Axivity na levé ruce. Axivity P = Axivity na pravé ruce. Průměr = průměr u jednoho zařízení za všechny noci. Max = Maximální hodnota. Min = Minimální hodnota. SD = Směrodatná odchylka. Dále jsem pro tabulku 3 zpracoval graf (obrázek 3).



Obrázek 13. Graf k tabulce 6- odchylky zařízení od zlatého standardu.

ActiGraph\_L = ActiGraph na levé ruce. ActiGraph\_P = ActiGraph na pravé ruce. Axivity\_L = Axivity na levé ruce. Axivity P = Axivity na pravé ruce.

### 5.3 Kvalita spánku

Pět zařízení kromě Garmin hodinek dokážou vyhodnotit kvalitu nebo také efektivnost spánku. Tato doba je obvykle nižší než čas strávený v posteli. Tento údaj měříme v procentech.

Můžeme jej spočítat z hrubého spánku a čistého spánku. Hrubý spánek je doba mezi usnutím a probuzením. Vzorec pro výpočet kvality je tedy: „(čistý spánek/hrubý spánek) \*100.

#### Tabulka 7

Kvalita spánku – hodnoty v procentech

Datum	ActiGraph_L	ActiGraph_P	Axivity_L	Axivity_P	Oura
01.03.2023	85,70	85,63	82,86	85,99	87
02.03.2023	78,79	82,25	79,27	80,65	
03.03.2023	82,03	81,68	84,25	81,71	84
04.03.2023	82,25	78,21	82,07	79,76	78
05.03.2023	73,43	76,03	73,03	75,19	86
06.03.2023	79,70	85,75	82,32	83,05	77
07.03.2023	86,42	81,69	87,21	85,05	
08.03.2023	84,15	77,15	77,27	77,64	86

ActiGraph\_L = Actigraph na levé ruce. ActiGraph\_P = ActiGraph na pravé ruce. Axivity\_L = Axivity na levé ruce. Axivity P = Axivity na pravé ruce.

Poté jsem procenta převedl na procenta odchylek u jednotlivých zařízení opět podle zvolaného zlatého standardu (tabulka 8).

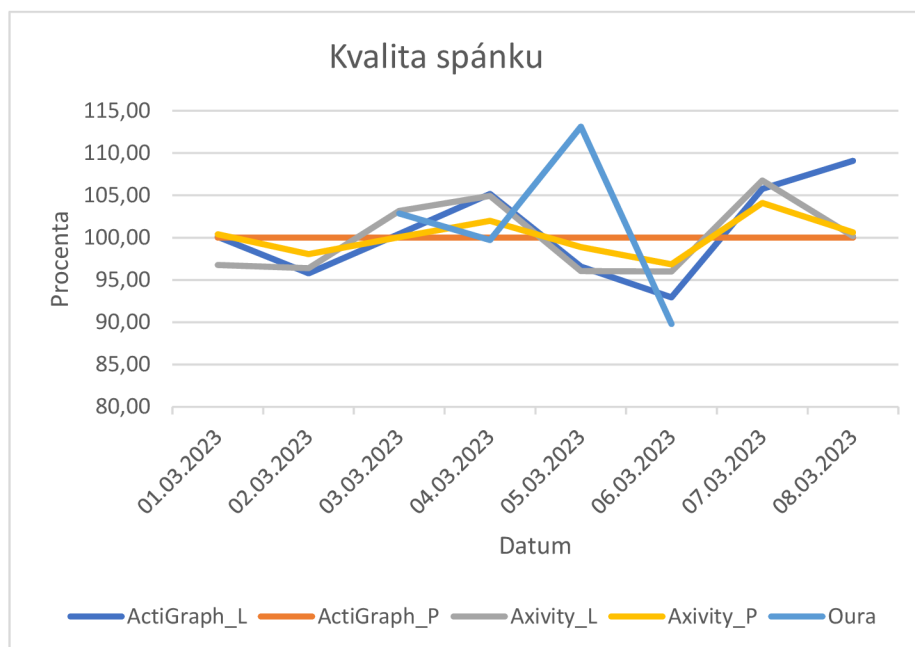
**Tabulka 8**

Kvalita spánku – procenta vzhledem ke zlatému standardu

Datum	ActiGraph_L	ActiGraph_P	Axivity_L	Axivity_P	Oura
01.03.2023	100,08	100,00	96,77	100,41	101,60
02.03.2023	95,79	100,00	96,37	98,05	
03.03.2023	100,42	100,00	103,15	100,04	102,84
04.03.2023	105,17	100,00	104,94	101,98	99,73
05.03.2023	96,58	100,00	96,06	98,90	113,12
06.03.2023	92,94	100,00	96,00	96,85	89,79
07.03.2023	105,78	100,00	106,76	104,10	
08.03.2023	109,08	100,00	100,15	100,64	111,47
Průměr	100,73	100,00	100,02	100,12	103,09
Max	113,12	Min	89,79	SD	4,63

Využito zařízení ActiGraph\_P jako zlatého standardu. ActiGraph\_L = ActiGraph na levé ruce. ActiGraph\_P = ActiGraph na pravé ruce. Axivity\_L = Axivity na levé ruce. Axivity P = Axivity na pravé ruce. Průměr = průměr u jednoho zařízení za všechny noci. Max = Maximální hodnota. Min = Minimální hodnota. SD = Směrodatná odchylka.

Poté jsem opět zpracoval graf k tabulce 8 (obrázek 14).



Obrázek 14. Graf k tabulce 8- odchylky zařízení od zlatého standardu.

ActiGraph\_L = ActiGraph na levé ruce. ActiGraph\_P = ActiGraph na pravé ruce. Axivity\_L = Axivity na levé ruce. Axivity P = Axivity na pravé ruce.

## 5.4 Celková délka spánku

Celková doba je doba mezi usnutím a probuzením. Tento údaj jsem uvedl v minutách. Jak jsem již zmínil chybí údaj od Garmin a dva údaje od Oura Ring.

**Tabulka 9**

*Celková délka spánku – hodnoty v minutách*

Datum	Garmin	Oura	ActiGraph_L	ActiGraph_P	Axivity_L	Axivity_P
01.03.2023		455,5	489,72	509,58	507,48	511,68
02.03.2023	510		437,1	449,4	433,44	447,24
03.03.2023	612	444,5	379,5	447	389,64	447,18
04.03.2023	539	416,5	366,42	362,22	365,58	369,72
05.03.2023	458	404,5	385,5	399	383,16	562,32
06.03.2023	426	334,5	411,24	443,82	422,16	429,84
07.03.2023	539		371,52	354	390,42	368,52
08.03.2023	448	393,5	381,36	351,24	350,16	353,4

Celková délka spánku – hodnoty v minutách.

ActiGraph\_L = ActiGraph na levé ruce. ActiGraph\_P = ActiGraph na pravé ruce. Axivity\_L = Axivity na levé ruce. Axivity P = Axivity na pravé ruce.

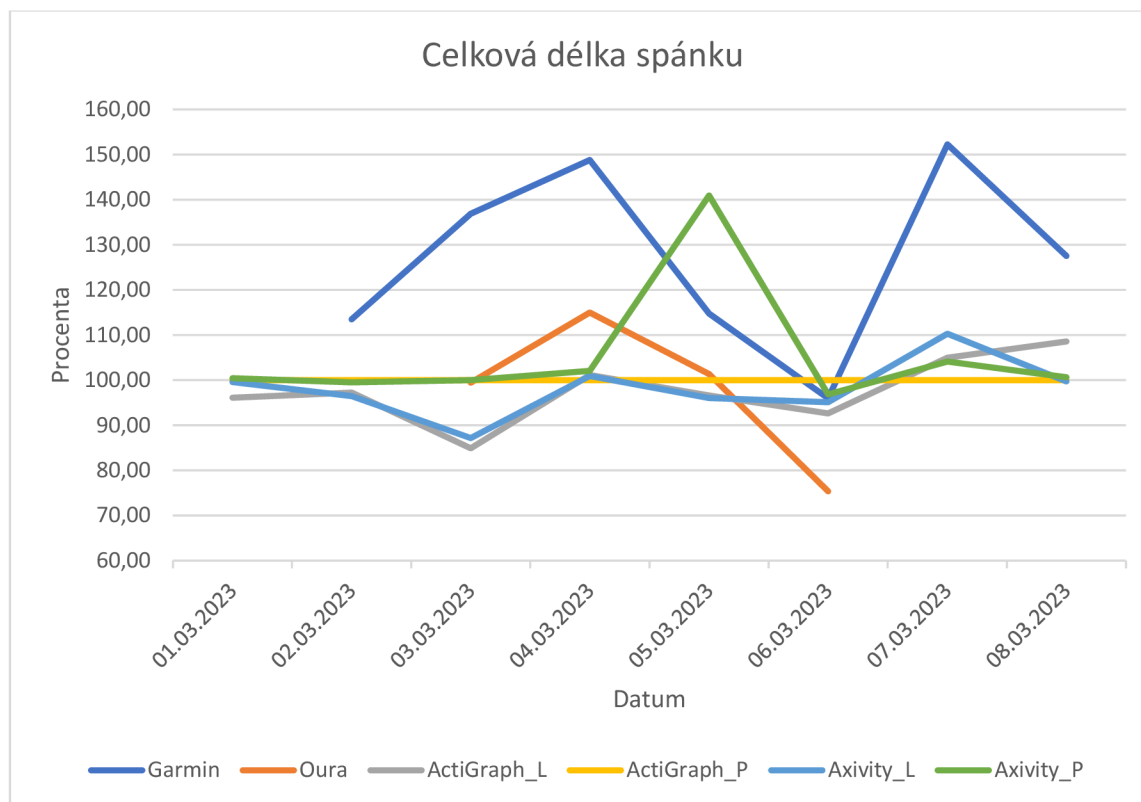
Dále jsem údaje převedl na procenta vzhledem ke zvolenému zlatému standardu (tabulka 10).

**Tabulka 10**

Celková délka spánku – hodnoty v procentech vzhledem ke zlatému standardu

Datum	Garmin	Oura	ActiGraph_L	ActiGraph_P	Axivity_L	Axivity_P
01.03.2023		89,39	96,10	100,00	99,59	100,41
02.03.2023	113,48		97,26	100,00	96,45	99,52
03.03.2023	136,91	99,44	84,90	100,00	87,17	100,04
04.03.2023	148,80	114,99	101,16	100,00	100,93	102,07
05.03.2023	114,79	101,38	96,62	100,00	96,03	140,93
06.03.2023	95,98	75,37	92,66	100,00	95,12	96,85
07.03.2023	152,26		104,95	100,00	110,29	104,10
08.03.2023	127,55	112,03	108,58	100,00	99,69	100,61
<b>Průměr</b>	127,11	98,77	97,78	100,00	98,16	105,57
<b>max</b>	152,26	min	75,37	SD	15,34	

Využito zařízení ActiGraph\_P jako zlatého standardu. ActiGraph\_L = Actigraph na levé ruce. ActiGraph\_P = ActiGraph na pravé ruce. Axivity\_L = Axivity na levé ruce. Axivity P = Axivity na pravé ruce. Průměr = průměr u jednoho zařízení za všechny noci. Max = Maximální hodnota. Min = Minimální hodnota. SD = Směrodatná odchylka. Poté jsem opět k tabulce 10 zpracoval graf (obrázek 15).



Obrázek 15. Graf celkové délky spánku vzhledem ke zlatému standardu.

ActiGraph\_L = ActiGraph na levé ruce. ActiGraph\_P = ActiGraph na pravé ruce. Axivity\_L = Axivity na levé ruce. Axivity P = Axivity na pravé ruce.

## 5.5 Identifikace research „gap“ v oblasti hodnocení kvality a délky spánku

Na začátku bych chtěl zařízení pro sledování spánku porovnat co se týče pohodlnosti nošení. Nejlepší na nošení pro mě nejen co se noci a spánku týče je Oura Ring. Výhodou může být i že během dne můžeme měnit prsty na kterých zařízení nosíme. Ostatní tři zařízení jsou na tom podobně ale jsou méně pohodlná než prsten. Garmin nabízí mnoho různých řemínků čímž se snaží uspokojit i náročné uživatele a díky těmto řemínkům si lze udělat nošení příjemnější. ActiGraph je možné nosit i na těle v oblasti pasu což může být pro někoho také příjemnější. Jediné zařízení Axivity není variabilní, co se týče nošení.

Další parametr, který budu hodnotit je čitelnost dat zařízení ActiGraph wGT3X nemá displej ani aplikaci pro mobilní telefon tudíž je možné data sledovat pouze po připojení zařízení do počítače. Pro vědecké studie k čemuž je primárně určen to je dostačující, ale pro běžné uživatele je to postup příliš zdlouhavý. To samé bych mohl říct o získání dat od zařízení Axivity AX3. Rozdíl mezi těmito společnostmi je výrazný v tom že novější modely od ActiGraph už mají



dispej (například ActiGraph GT9X) ale Axivity má pouze jeden novější model Axivity AX6 který displej také nemá. Oura má velmi dobře zpracovanou aplikaci se spoustou tipu obecně k biohackingu. Někdy však jsem měl problém se k zařízení připojit, což si myslím že novější model (třetí generace) vylepšilo i tuto chybu. Garmin v tomto ohledu je nejlepší. Je jeho velkou výhodou mít možnost zobrazit data jak na hodinkách, tak na telefonu či na webu.

Dalším parametrem jsem zvolil využitelnost pro podobné výzkumy. Pomocí softwaru je možné data ze zařízení Actigraph i Axivity velmi dobře přenést do Excelu. Z každého zařízení se do Excelu přenesou celkem 33 údajů (z každého dne) včetně datumů a údajů o fyzické aktivitě apod. Velmi dobře pro tyto účely jsou také zpracovány Oura Ring. Z webu je možné stáhnout soubor, který poskytne 54 údajů (z každého dne). Prsteny Oura poskytují více údajů mimo jiné díky tomu, že měří tepovou frekvenci a teplotu. U Garmin zařízení, se mi nepodařilo údaje jednoduše vložit do excelu a data jsem musel ručně přepsat z webu. Při velkém výzkumném souboru by bylo náročné data přepsat do souboru ale je možné že i Garmin umožňuje jednodušší vložení dat do excelu. V tomto parametru hodnotím tedy Garmin nejhůře a Oura Ring nejlépe.

Vědecké akcelerometry ActiGraph a Axivity na rozdíl od komerčních zařízení neměří spánkové fáze. Nemůžeme říct, že komerční zařízení měří spánkové fáze absolutně přesně ale i tak považuji za výhodu mít údaje o spánkových fázích.

## 6 DISKUSE

Bakalářská práce se zabývá hodnocením kvality a délky spánku v přirozených podmínkách pomocí akcelerometrů a také rozdíly mezi zařízeními v jednotlivých naměřených hodnotách. Z výsledků vyplývá, že výsledky se mohou i v rámci stejného zařízení umístěného na jiné ruce výrazně lišit.

Zaznamenané časy začátku spánku se ukázaly jako výrazně přesněji naměřené proti hodnotám ukončení spánku. Nejnižší procentová jednotlivá hodnota vzhledem ke stanovenému zlatému standardu, byla naměřena 83,09 % (zařízení Axivity\_P) a nejvyšší 113,18 % (zařízení Garmin) rozdíl tedy 30,09 % mezi nejvyšší a nejnižší procentuální hodnotou. Při převodu na průměr jednotlivých nocí u jednoho zařízení, byla nejnižší procentuální hodnota u zařízení Axivity\_P 97,57 %. A nejvyšší u stejného parametru u zařízení Garmin 101,55 %, rozdíl tedy pouze 3,98 %. Vědecké akcelerometry ActiGraph a Axivity však dosahovaly, podobně jako u všech ukazatelů podobnější výsledky, než komerční zařízení hodinky Garmin a Oura Ring. Signifikantní rozdíly (>10 %) u jednotlivých nocí zde tedy najdeme, ale po převodu na aritmetický průměr jednotlivých nocí ne.

Zaznamenané časy ukončení spánku bylo výrazně méně přesné, než zaznamenané časy začátku spánku. Mohlo to být způsobeno například tím, že jsem ihned po probuzení nevstal a tím bych zařízením pomohl ukončit zaznamenávání spánku. Nejnižší procentová jednotlivá hodnota byla u zařízení Oura 86,95 % a nejvyšší 126,72 % u Garmin zařízení. Rozdíl tedy 39,77 %. Při převodu na aritmetický průměr jednotlivých zařízení za všechny noci získáme nejnižší průměr u Axivity\_L 99,29 % a nejvyšší u Garmin 105,68 %. Rozdíl tedy 6,39 %. I zde platí že zde najdeme signifikantní rozdíly u jednotlivých nocí ale po převodu na průměr nocí nikoliv.

Kvalita spánku u jednotlivých nocí vzhledem ke zlatému standardu se ukázala jako nejnižší u zařízení Oura 89,79 % a nejvyšší u rovněž u tohoto zařízení 113,12 % což svědčí o tom, že komerční zařízení jsou v celé této práci méně přesné. Kvalita spánku u vědeckých akcelerometrů u žádné noci nedosáhla signifikantního rozdílu, pouze u Oura Ring (Garmin tento údaj nedokáže měřit). Při převodu na průměr nejnižší hodnotu za všechny noci, měl zlatý standard zařízení ActiGraph\_P 100 % a nejvyšší Oura Ring 103,09 %. Rozdíl mezi průměrnými procenty je tedy 3,09 %.

Nejkratší celkovou dobu spánku v jednotlivé noci naměřil Oura Ring, vůči zlatému standardu, 75,37 %. A nejvyšší ve stejném parametru Garmin 152,26 %. Rozdíl tedy 76,89. A pouze u dvou nocí z třinácti komerční zařízení nenaměřily signifikantní rozdíl. Oproti tomu vědecké akcelerometry pouze ve 2 nocích z 32 naměřily signifikantní rozdíl. Problém měřit tuto hodnotu měly především hodinky Garmin které měli průměr ze všech nocí 127,11 % a jednalo

se o nejvyšší průměr, nejnižší průměr naměřil ActiGraph\_L 97,78 %. Rozdíl tedy 29,33 %. I zde prokázaly větší přesnost vědecké akcelerometry.

Ze čtyř zkoumaných ukazatelů – začátek spánku, konec spánku, kvalita spánku a celková doba spánku změřily zařízení nejpřesněji kvalitu spánku tento ukazatel však neměřily hodinky Garmin, a tak bych spíše měl uvést jako nejpřesněji měřený údaj zaznamenaný začátek spánku 3,98 % rozdíl mezi průměrem nocí u jednotlivých zařízení.

Největší rozdíl mezi zařízeními se ukázal u celkové zaznamenané době spánku. U tohoto parametru výrazně ke špatným výsledkům přispěli hodinky Garmin, které měřily výrazně jiné hodnoty oproti jiným zařízením. Rozdíl mezi průměrem všech nocí u jednotlivých zařízení byl již zmiňovaných 29,33 %.

## **6.1 Silné a slabé stránky bakalářské práce**

Mezi silné stránky této bakalářské práce patří to, že spánek zachycovalo hodně zařízení včetně zařízení stejných značek (ActiGraph a Axivity). Také si myslím že neproběhlo žádný podobný výzkum zkoumající tolik zařízení. Dále si myslím že celkově málo výzkumů dosud využívalo Oura Ring, který je na trhu relativně krátkou dobu.

Slabé stránky vidím v tom, že k měření velmi malého souboru. Při možném dalším výzkumu mohou mít probandi problém s tím, že nosit více zařízení pro měření spánku je značně nepohodlné. A také po relativně krátkou dobu. Dále si myslím že by bylo zajímavé a výsledky by mohly být shodnější, kdyby bylo využito nejnovějších zařízení od jednotlivých značek (CentrePoint® Insight Watch od Actigraph, Oura Ring třetí generace apod.). Také práci negativně ovlivnily chybějící výsledky u Garmin hodinek a Oura Ring.

## 7 ZÁVĚRY

Z výsledků jsem došel k závěrům, že za přijatelnou průměrnou absolutní procentuální chybu považujeme téměř všechny výsledky, u všech jednotlivých zařízení a také u všech čtyř parametrů. Výjimkou, kde se objevuje signifikantní chyba větší než 10 %, je v parametru celková délka spánku výsledek od Garmin hodinek. Průměrný absolutní procentuální výsledek zde byl totiž 127,11 %.

Parametr čas zahájení spánku se ukázal jako druhý nejpřesnější parametr a nejpřesnější parametr který měří všechna zařízení. U tohoto parametru je zajímavé, že výsledek nejrozdílnější od zlatého standardu nezměřilo komerční zařízení ale vědecký akcelerometr konkrétně zařízení Axivity nošené na nedominantní ruce. U něj byla výsledná odchylka 2,43 %.

Parametr čas ukončení spánku, byl proti očekávání výrazně méně přesný, než parametr čas zahájení spánku. Vědecké akcelerometry se ale u tohoto parametru vešli do rozdílu 1 % oproti zlatému standardu, což značí vysokou přesnost. Ale Garmin hodinky měly odchylku 5,68 %.

Parametr kvalita spánku byla měřena pěti zařízeními, protože tento parametr neměří hodinky Garmin. Když pomineme fakt, že tento parametr neměřilo Garmin zařízení tak se jedná o nejpřesněji měřený parametr. Nejnížší přesnost mělo opět komerční zařízení Oura Ring s odchylkou 3,09 % oproti zlatému standardu.

Poslední parametr celková délka spánku se ukázal jako nejméně přesný. V tomto parametru byl Oura Ring přesnější než všechny vědecké akcelerometry s odchylkou 1,23 %. Při pohledu na jednotlivé noci Oura Ring měl několikrát v jednotlivých nocích signifikantní chybu. Nejméně přesné v tomto parametru byly Garmin hodinky s již zmiňovanou chybou 27,11 % oproti zlatému standardu.

Můžeme tedy říct, že komerční zařízení oproti vědeckým akcelerometrům dokáže hodnotit spánek s ne významně menší přesností. Také se ukázalo že přesnost měření závisí na měřeném parametru. Naměřená data se také podle značky zařízení a podle toho, jestli jsou umístěná na dominantní nebo nedominantní ruce, zde se ale nejedná o signifikantní rozdíly.

## 8 SOUHRN

Cílem mé bakalářské práce bylo zhodnotit možnosti objektivního hodnocení kvality a délky spánku v přirozených podmínkách. Veškerý výzkum byl proveden pouze na mé osobě, jednalo se tedy o specifickou formu introspektivní studie, kdy jsem byl výzkumníkem a také jediným zkoumaným subjektem. Po dobu osmi nocí jsem šest zařízení pro měření spánku. Jednalo se o dvě zařízení ActiGraph wGT3x, dvě zařízení Axivity AX3, hodinky Garmin Forerunner 935 a Oura Ring. Zařízení tedy představovaly dvě skupiny. Jedna skupinu tvořily vědecké akcelerometry ActiGraph a Axivity a druhou skupinu tvořily komerční zařízení Garmin hodinky a Oura Ring.

Data ze zařízení byly srovnány ve čtyřech parametrech (čas zahájení spánku, čas ukončení spánku, kvalita spánku a celková délka spánku) prostřednictvím metody průměrné absolutní procentuální chyby (MAPE). Přičemž za přijatelnou MAPE v přirozených podmínkách považujeme do 10 %.

Z výzkumu vyplývá že jediná MAPE větší než 10 % byla u zařízení Garmin Forerunner 935 u parametru, celková délka noci, kde odchylka byla 27,11 % oproti zlatému standardu.

V jednotlivých nocích u jednotlivých zařízení, bylo však více signifikantních rozdílů větších než 10 % oproti zlatému standardu. Tyto rozdíly se objevovaly také u vědeckých akcelerometrů.

## 9 SUMMARY

The aim of my bachelor thesis was to evaluate the possibilities of objective assessment of sleep quality and duration in natural conditions. All the research was conducted on my person only, so it was a specific form of introspective study, where I was the researcher and also the only research subject. For eight nights I used six sleep measuring devices. These were two ActiGraph wGT3x devices, two Axivity AX3 devices, a Garmin Forerunner 935 watch, and an Oura Ring. Thus, the devices represented two groups. One group consisted of the scientific ActiGraph and Axivity accelerometers and the other group consisted of the commercial Garmin watch and Oura Ring devices.

Data from the devices were compared across four parameters (sleep onset time, sleep end time, sleep quality, and total sleep duration) using the mean absolute percentage error (MAPE) method. We consider an acceptable MAPE under natural conditions to be within 10%.

The research shows that the only MAPE greater than 10% was for the Garmin Forerunner 935 for the parameter total length of night where the deviation was 27.11% from the gold standard.

However, there were more significant differences greater than 10% from the gold standard on individual nights for individual devices. These differences were also present for the scientific accelerometers.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- About Us.* (2023). Oura. Retrieved 2023-06-17, from <https://ouraring.com/about-us>
- ActiGraph wGT3X-BT.* (2023). ActiGraph. Retrieved 2023-06-20, from <https://theactigraph.com/actigraph-wgt3x-bt>
- Altini, M., & Kinnunen, H. (2021). The Promise of Sleep: A Multi-Sensor Approach for Accurate Sleep Stage Detection Using the Oura Ring. *Sensors*, 21(13). <https://doi.org/10.3390/s21134302>
- Aserinsky, E., & Kleitman, N. (1953). Regularly Occurring Periods of Eye Motility, and Concomitant Phenomena, During Sleep. *Science*, 118(3062), 273-274. <https://doi.org/10.1126/science.118.3062.273>
- Asgari Mehrabadi, M., Azimi, I., Sarhaddi, F., Axelin, A., Niela-Vilén, H., Myllyntausta, S., Stenholm, S., Dutt, N., Liljeberg, P., & Rahmani, A. (2020). Sleep Tracking of a Commercially Available Smart Ring and Smartwatch Against Medical-Grade Actigraphy in Everyday Settings: Instrument Validation Study. *JMIR mHealth and uHealth*, 8(10). <https://doi.org/10.2196/20465>
- AX3. (2023). In *Axivity*. Axivity. <https://axivity.com/product/ax3>
- BELCHER, B., WOLFF-HUGHES, D., Dooley, E., STAUDENMAYER, J., BERRIGAN, D., EBERHARDT, M., & TROIANO, R. (2021). US Population-referenced Percentiles for Wrist-Worn Accelerometer-derived Activity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 53(11), 2455-2464. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002726>
- Bergeron, M., Mountjoy, M., Armstrong, N., Chia, M., Côté, J., Emery, C., Faigenbaum, A., Hall, G., Kriemler, S., Léglise, M., Malina, R., Pensgaard, A., Sanchez, A., Soligard, T., Sundgot-Borgen, J., van Mechelen, W., Weissensteiner, J., & Engebretsen, L. (2015). International Olympic Committee consensus statement on youth athletic development. *British Journal of Sports Medicine*, 49(13), 843-851. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094962>
- Cole, R., Kripke, D., Gruen, W., Mullaney, D., & Gillin, J. (1992). Automatic Sleep/Wake Identification From Wrist Activity. *Sleep*, 15(5), 461-469. <https://doi.org/10.1093/sleep/15.5.461>
- da Silva, I., van Hees, V., Ramires, V., Knuth, A., Bielemann, R., Ekelund, U., Brage, S., & Hallal, P. (2014). Physical activity levels in three Brazilian birth cohorts as assessed with raw triaxial wrist accelerometry. *International Journal of Epidemiology*, 43(6), 1959-1968. <https://doi.org/10.1093/ije/dyu203>
- Doherty, A., Jackson, D., Hammerla, N., Plötz, T., Olivier, P., Granat, M., White, T., van Hees, V., Trenell, M., Owen, C., Preece, S., Gillions, R., Sheard, S., Peakman, T., Brage, S., Wareham, N., & Buchowski, M. (2017). Large Scale Population Assessment of Physical Activity

Using Wrist Worn Accelerometers: The UK Biobank Study. *PLOS ONE*, 12(2).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169649>

Full, K., Kerr, J., Grandner, M., Malhotra, A., Moran, K., Godoble, S., Natarajan, L., & Soler, X. (2018). Validation of a physical activity accelerometer device worn on the hip and wrist against polysomnography. *Sleep Health*, 4(2), 209-216. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2017.12.007>

Garmin - Forerunner - Garmin Forerunner 935 Optic - 010-01746-04. (2023). In *Tovys*. Tovys. [https://www.tovys.cz/panske-chytre-hodinky-garmin-forerunner-935-optic-010-01746-04-p-204872/?gad=1&gclid=Cj0KCQjwtO-kBhDIARIsAL6Lore096-uGpMQf4DsudG634cWRVkhwhPQp\\_OgctroilCJ\\_u\\_g0InPtYcaAqoFEALw\\_wcB](https://www.tovys.cz/panske-chytre-hodinky-garmin-forerunner-935-optic-010-01746-04-p-204872/?gad=1&gclid=Cj0KCQjwtO-kBhDIARIsAL6Lore096-uGpMQf4DsudG634cWRVkhwhPQp_OgctroilCJ_u_g0InPtYcaAqoFEALw_wcB)

Global Smartwatch Shipments Grow 9% YoY in 2022; Price Polarization Seen in Demand. (2023). In *Counterpoint*. Counterpoint. <https://www.counterpointresearch.com/global-smartwatch-shipments-grow-yoy-2022/>

HJORTH, M., CHAPUT, J., DAMSGAARD, C., DALSKOV, S., MICHAELSEN, K., TETENS, I., & SJÖDIN, A. (2012). Measure of sleep and physical activity by a single accelerometer: Can a waist-worn Actigraph adequately measure sleep in children?. *Sleep and Biological Rhythms*, 10(4), 328-335. <https://doi.org/10.1111/j.1479-8425.2012.00578.x>

Janečková, D. (2014). *Cirkadiánní preference: rozdílný život ranních ptáčat a nočních sov* (1. vyd). Univerzita Palackého v Olomouci, Filozofická fakulta.

Jenkins, J., & Dallenbach, K. (1924). Obliviscence during Sleep and Waking. *The American Journal of Psychology*, 35(4), 605-612. <https://doi.org/10.2307/1414040>

Kelly, J., Strecker, R., & Bianchi, M. (2012). Recent Developments in Home Sleep-Monitoring Devices. *ISRN Neurology*, 2012, 1-10. <https://doi.org/10.5402/2012/768794>

Khosla, S., & Wickwire, E. (2020). Consumer sleep technology: accuracy and impact on behavior among healthy individuals. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 16(5), 665-666. <https://doi.org/10.5664/jcsm.8450>

Leader, D. (2020). *Proč nemůžeme spát?* (Vydání první, přeložil David PETRŮ). Paseka.

Lyden, K., Kozey, S., Staudenmeyer, J., & Freedson, P. (2011). A comprehensive evaluation of commonly used accelerometer energy expenditure and MET prediction equations. *European Journal of Applied Physiology*, 111(2), 187-201. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1639-8>

Mann, S. (2021). *Spánek pro každého* (Vydání první, přeložil František KRÁLÍK). Extra Publishing.

Martin-Ordas, G., & Call, J. (2011). Memory processing in great apes: the effect of time and sleep. *Biology Letters*, 7(6), 829-832. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2011.0437>

Miguelles, J., Cadenas-Sanchez, C., Ekelund, U., Delisle Nyström, C., Mora-Gonzalez, J., Löf, M., Labayen, I., Ruiz, J., & Ortega, F. (2017). Accelerometer Data Collection and Processing



Criteria to Assess Physical Activity and Other Outcomes: A Systematic Review and Practical Considerations. *Sports Medicine*, 47(9), 1821-1845. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0716-0>

Neishabouri, A., Nguyen, J., Samuelsson, J., Guthrie, T., Biggs, M., Wyatt, J., Cross, D., Karas, M., Migueles, J., Khan, S., & Guo, C. (2022). Quantification of acceleration as activity counts in ActiGraph wearable. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16003-x>

Nevšimalová, S., & Šonka, K. (2007). *Poruchy spánku a bdění* (2., dopl. a přeprac. vyd). Galén.

Óskarsdóttir, M., Islind, A., August, E., Arnardóttir, E., Patou, F., & Maier, A. (2022). Importance of Getting Enough Sleep and Daily Activity Data to Assess Variability: Longitudinal Observational Study. *JMIR Formative Research*, 6(2). <https://doi.org/10.2196/31807>

Oura (Generation 2) review: A tiny smart ring that gives personalized, practical advice for a more balanced lifestyle. (2021). In *Techradar*. Techradar. <https://www.techradar.com/reviews/oura>

polysomnografie. (2023). In *Národní zdravotnický informační portál*. Ministerstvo zdravotnictví ČR a Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR. <https://www.nzip.cz/rejstrikovy-pojem/2113>

Praško, J., Espa-Červená, K., & Závěšická, L. (2004). *Nespavost: zvládání nespavosti* (1. vyd). Portál.

R. Colten, H., & M. Altevogt, B. (2006). *Sleep Disorders and Sleep Deprivation: An Unmet Public Health Problem* (první). National Academy of Sciences. <https://doi.org/10.17226/11617>

Rath, T. (2017). *Jezte, hýbejte se, spěte: jak malá rozhodnutí vedou k velkým změnám* (přeložil Martina BRUNNEROVÁ). ANAG.

Sadeh, A., & Acebo, C. (2002). The role of actigraphy in sleep medicine. *Sleep Medicine Reviews*, 6(2), 113-124. <https://doi.org/10.1053/smr.2001.0182>

Shakespeare, W. (2022). *Macbeth: Macbeth* (Druhé, revidované vydání, přeložil Jiří JOSEK). Romeo.

Shrivastava, D., Jung, S., Saadat, M., Sirohi, R., & Crewson, K. (2014). How to interpret the results of a sleep study. *Journal of Community Hospital Internal Medicine Perspectives*, 4(5). <https://doi.org/10.3402/jchimp.v4.24983>

*Sledování spánku*. (2023). Garmin. Retrieved 2023-06-18, from <https://www.garmin.com/cs-CZ/garmin-technology/health-science/sleep-tracking/>

The best sleep tracker 2023: From smart rings and watches to earbuds. (2023). In *Techradar*. Future US. <https://www.techradar.com/best/best-sleep-tracker>

Tudor-Locke, C., Sisson, S., Lee, S., Craig, C., Plotnikoff, R., & Bauman, A. (2006). Évaluation de la qualité des podomètres commerciaux. *Canadian Journal of Public Health, 97*(1), S10-S16. <https://doi.org/10.1007/BF03405359>

UK Biobank: Large Scale Data Collection. (2023). In *Axivity*. Axivity. <https://axivity.com/case-studies/biobank>

Walker, M. (2005). A refined model of sleep and the time course of memory formation. *Behavioral and Brain Sciences, 28*(1), 51-64. <https://doi.org/10.1017/S0140525X05000026>

Walker, M. (2021). *Proč spíme: odhalte sílu spánku a snění* (Druhé, aktualizované vydání, přeložil Filip DRLÍK). Jan Melvil Publishing.

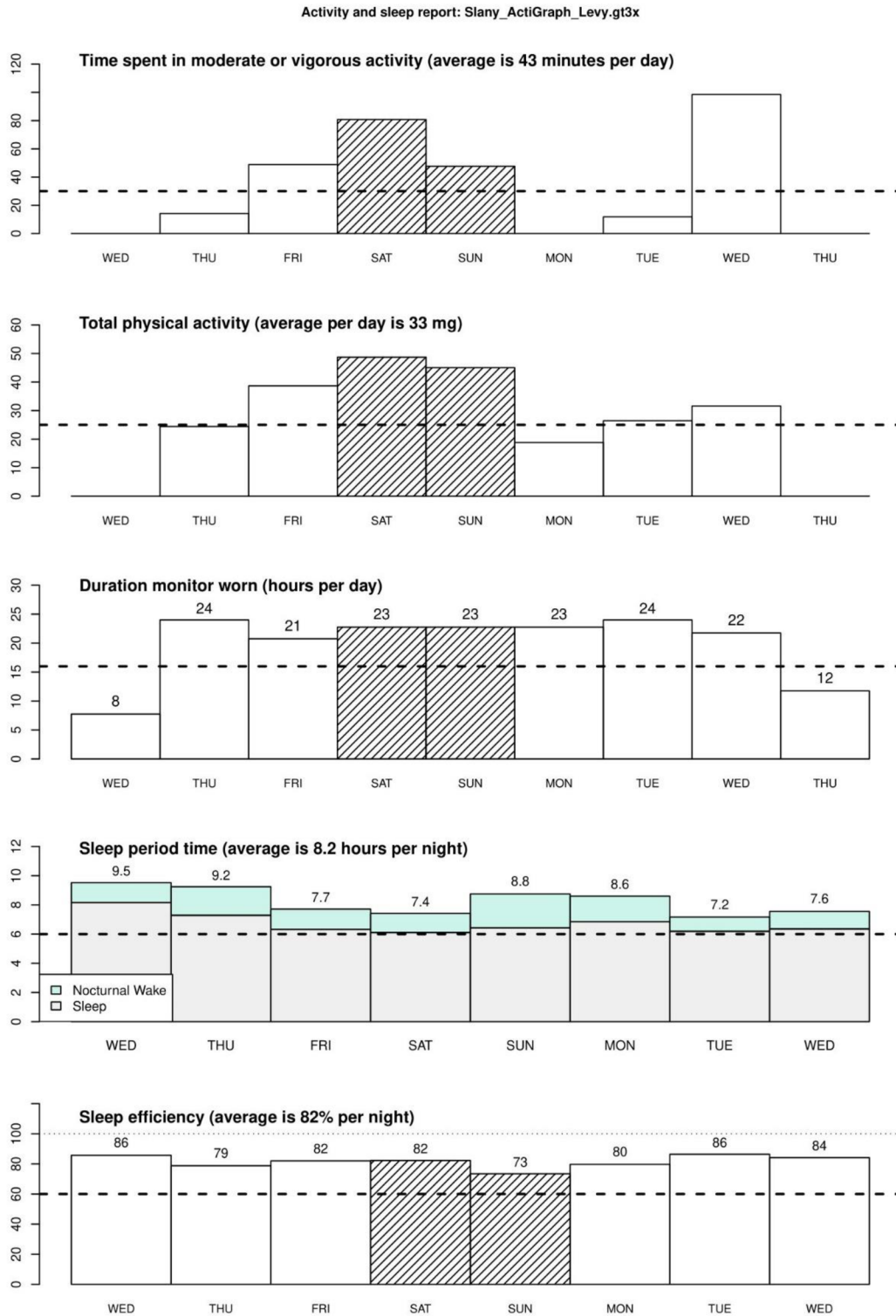
What It's Like to Track Your Recovery With the Oura Ring. (2021). In *lifehacker*. lifehacker. <https://www.lifehacker.com.au/2021/02/what-its-like-to-track-your-recovery-with-the-oura-ring/>

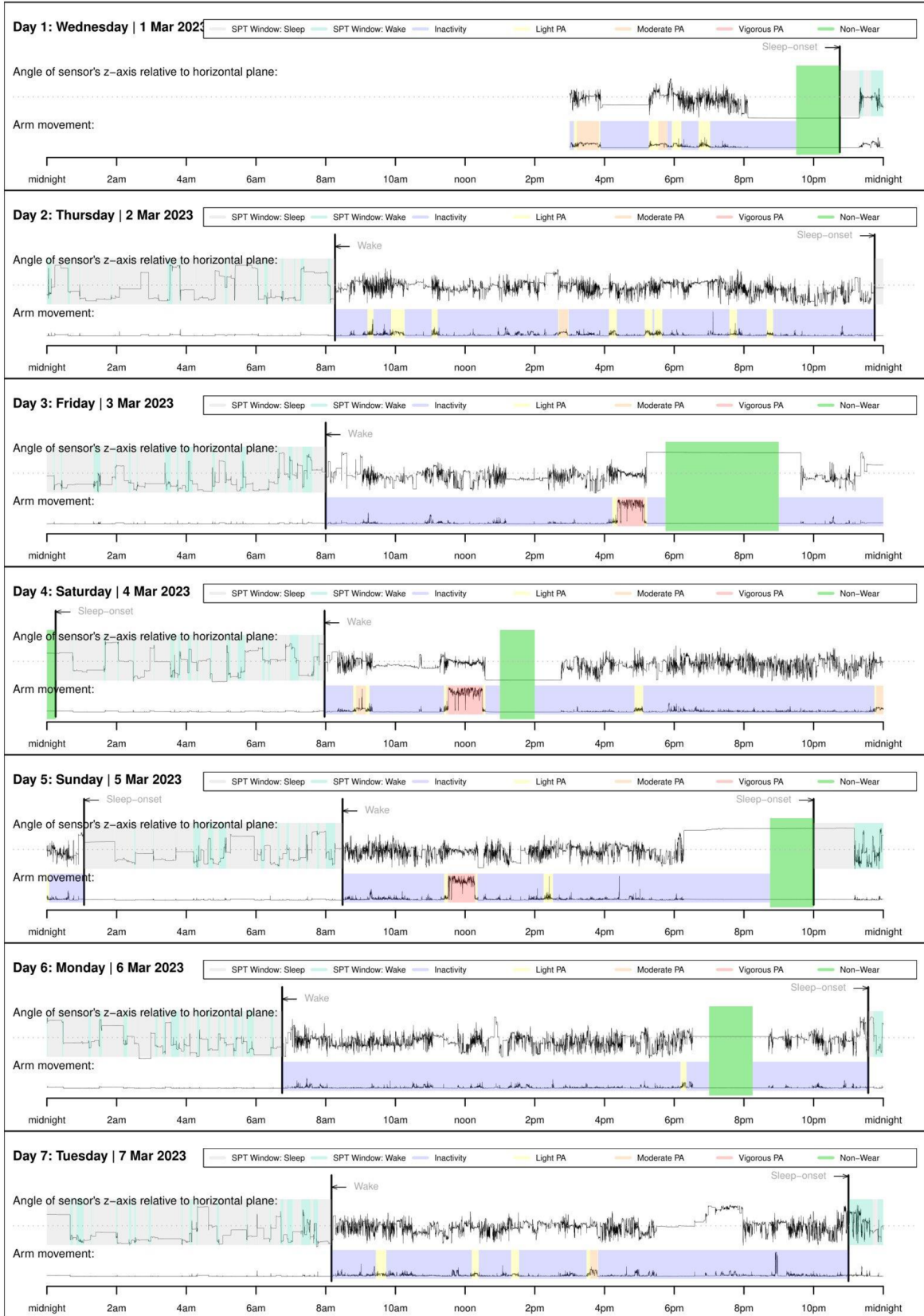
Yavuz-Kodat, E., Reynaud, E., Geoffray, M., Limousin, N., Franco, P., Bourgin, P., & Schroder, C. (2019). Validity of Actigraphy Compared to Polysomnography for Sleep Assessment in Children With Autism Spectrum Disorder. *Frontiers in Psychiatry, 10*. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2019.00551>

Zinkhan, M., Berger, K., Hense, S., Nagel, M., Obst, A., Koch, B., Penzel, T., Fietze, I., Ahrens, W., Young, P., Happe, S., Kantelhardt, J., Kluttig, A., Schmidt-Pokrzywniak, A., Pillmann, F., & Stang, A. (2014). Agreement of different methods for assessing sleep characteristics: a comparison of two actigraphs, wrist and hip placement, and self-report with polysomnography. *Sleep Medicine, 15*(9), 1107-1114. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2014.04.015>

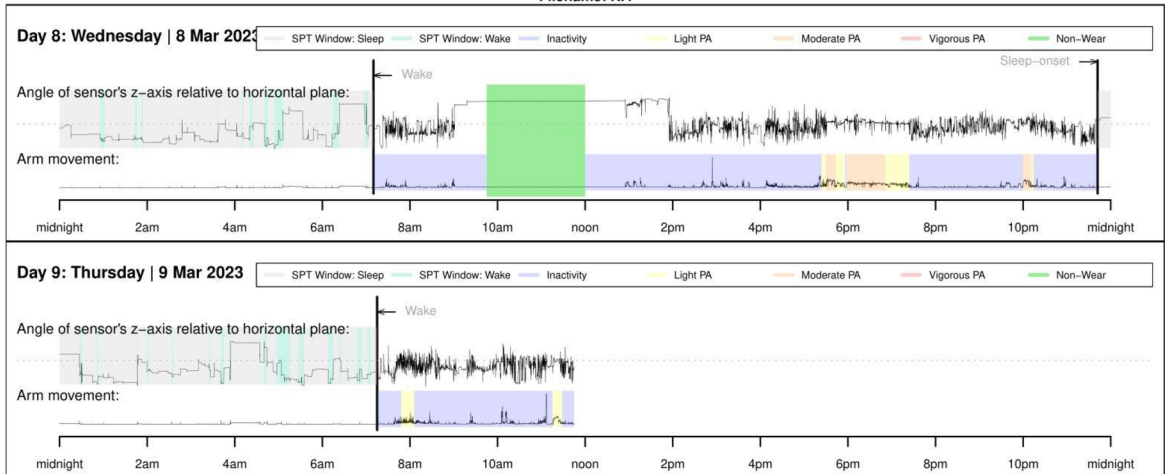
# 11 PŘÍLOHY

## 11.1 Data z akcelerometru ActiGraph nošeného na levé ruce



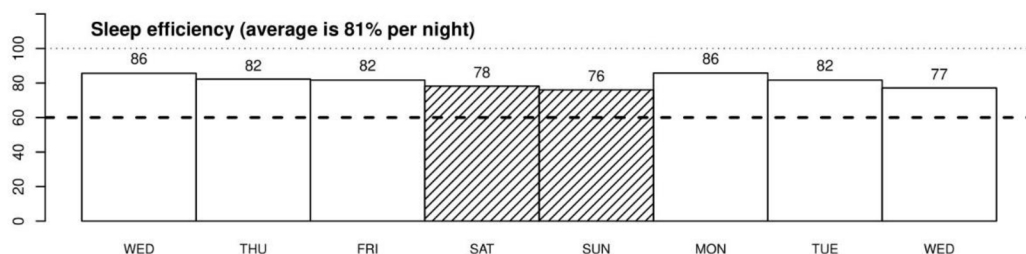
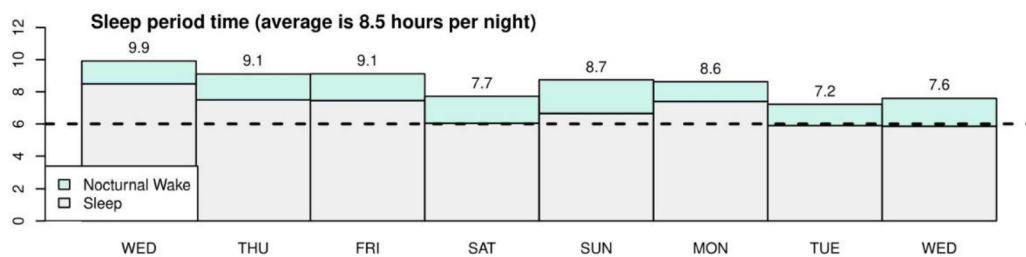
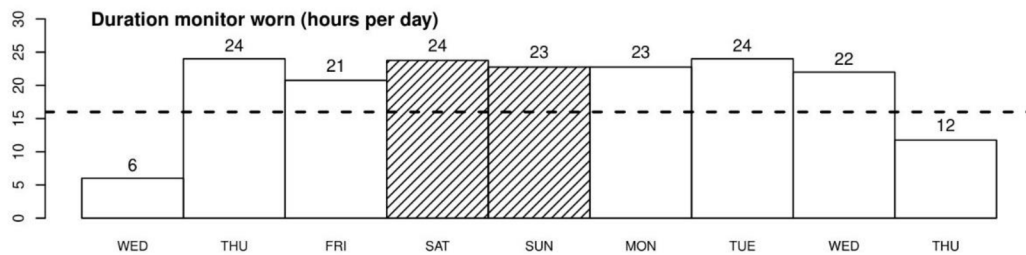
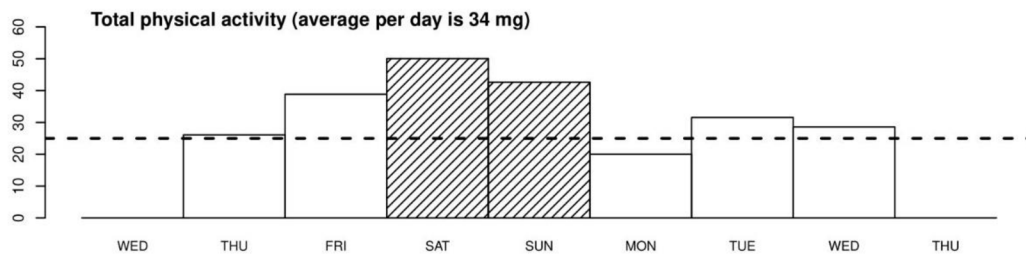
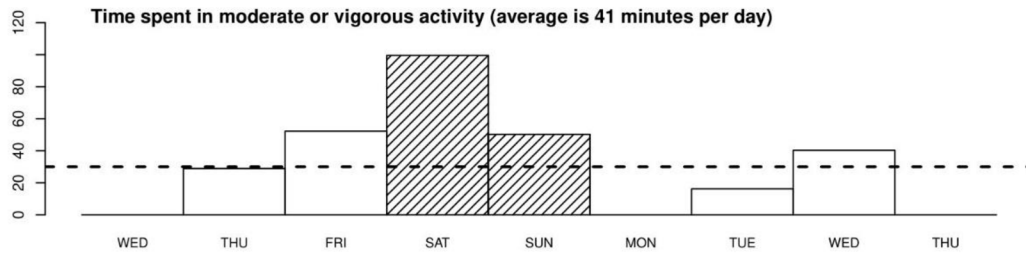


Filename: NA



## 11.2 Data z akcelerometru ActiGraph nošeného na pravé ruce

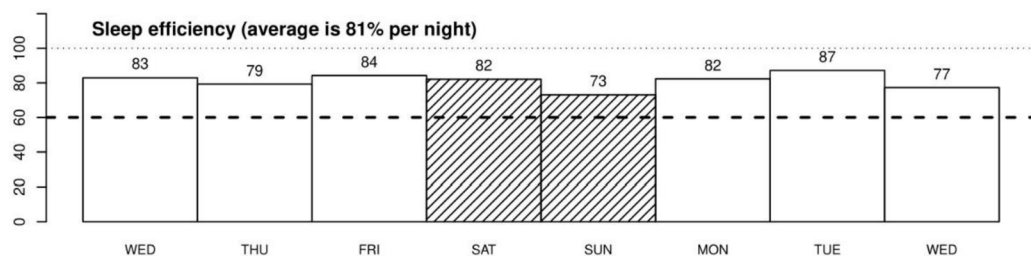
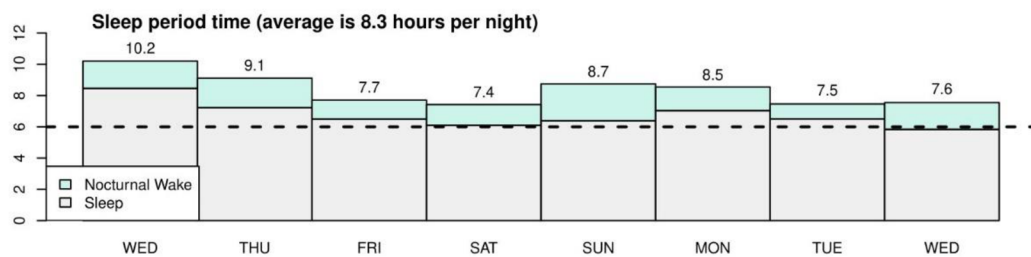
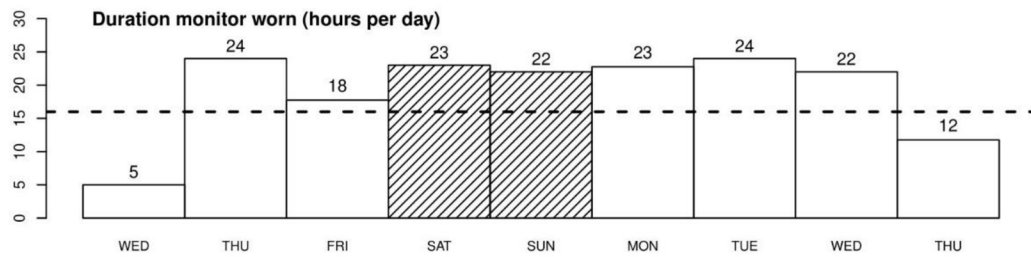
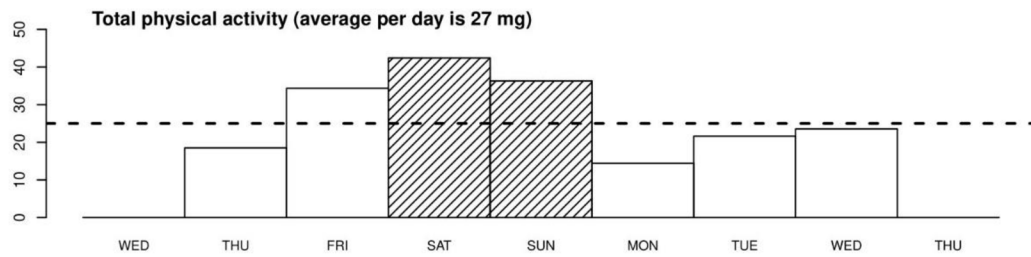
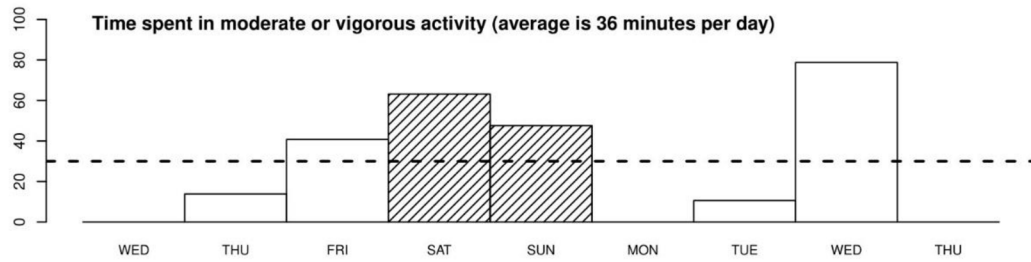
Activity and sleep report: Slany\_ActiGraph\_Pravy.gt3x



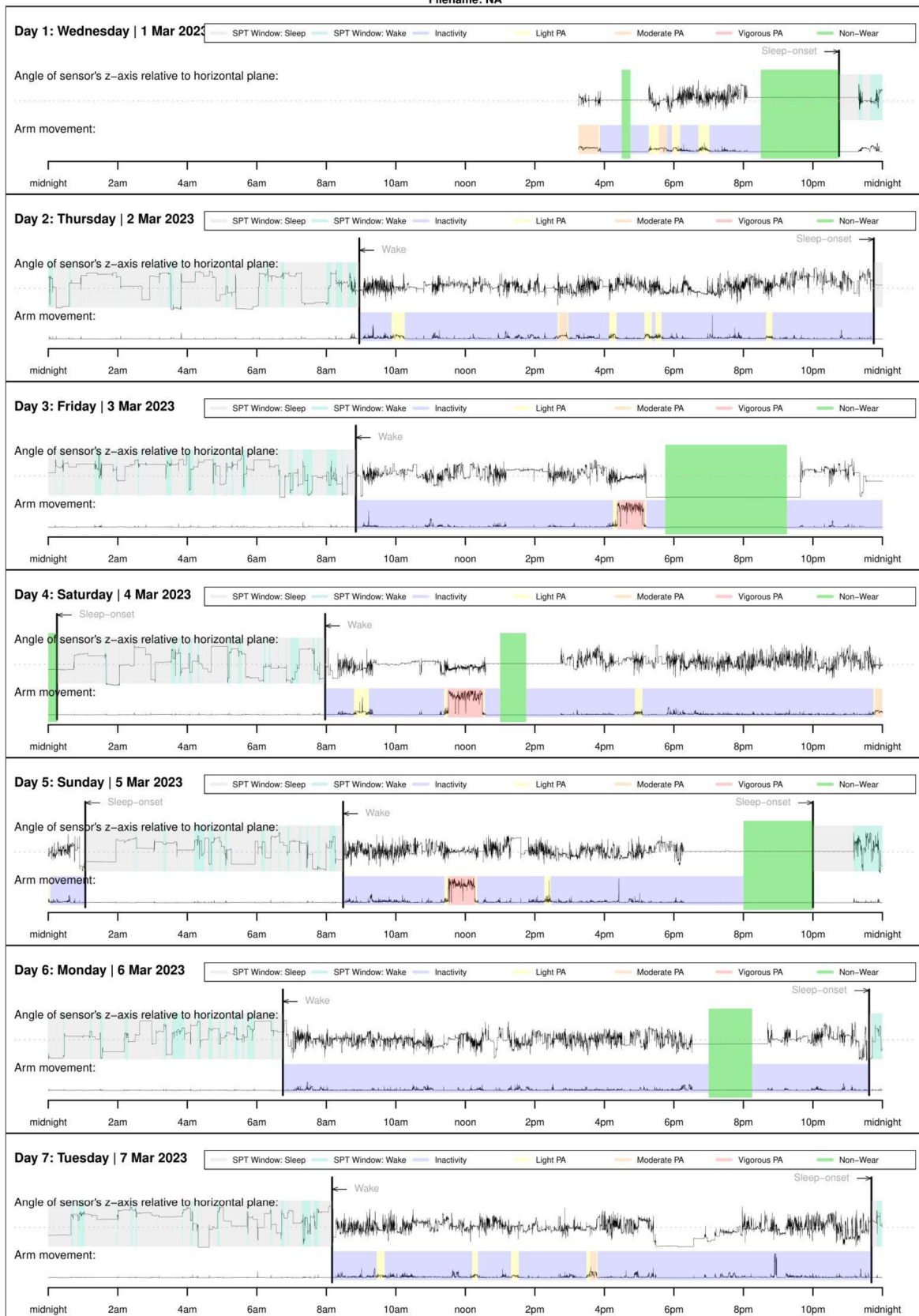


### 11.3 Data z akcelerometru Axivity nošeného na levé ruce

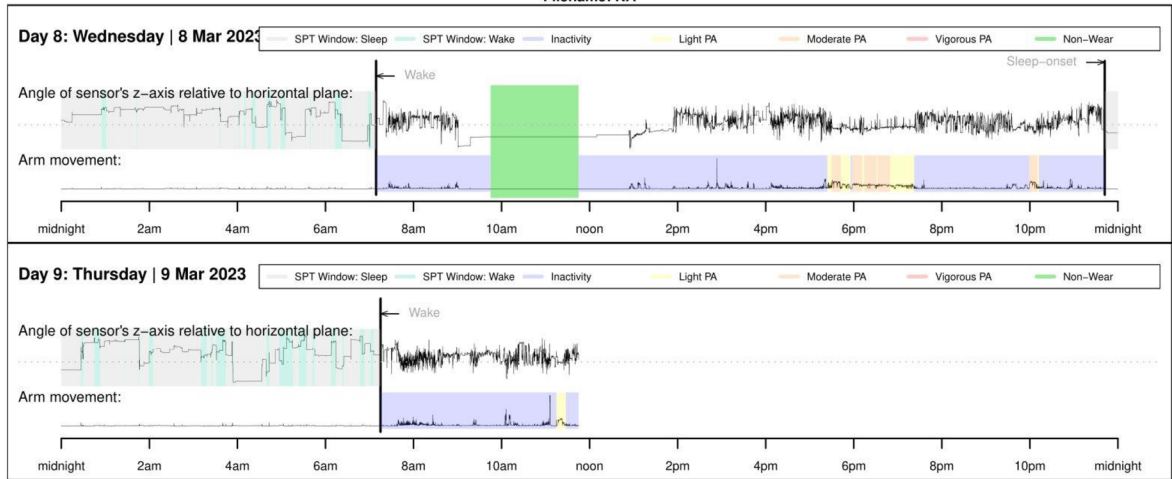
Activity and sleep report: Slany\_Axivity\_Levy.cwa





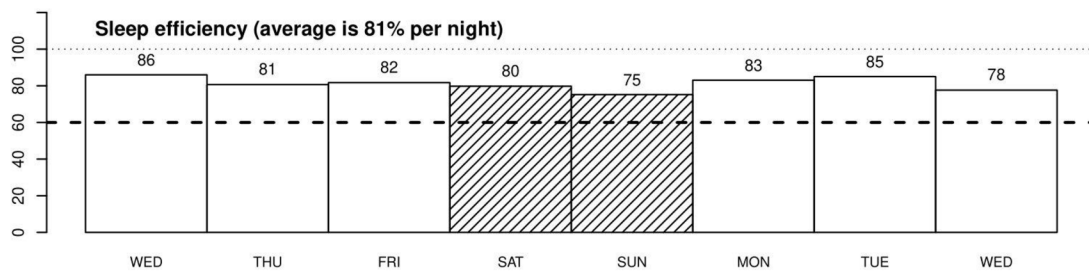
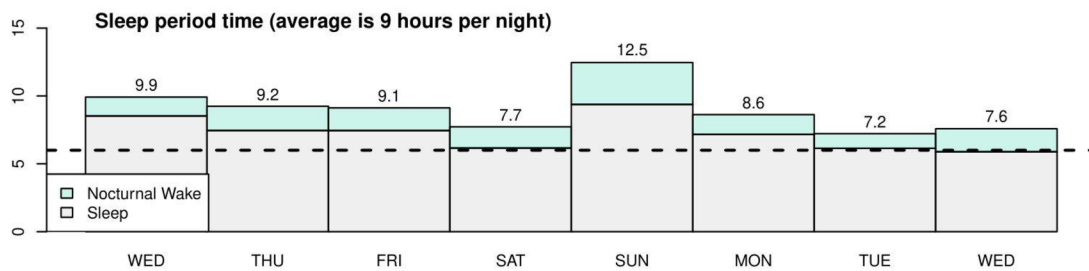
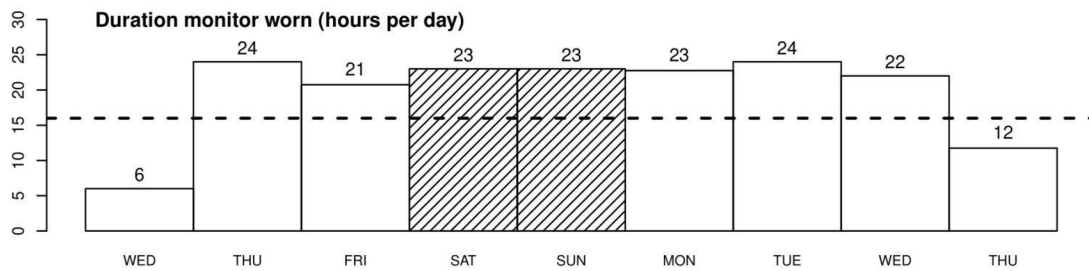
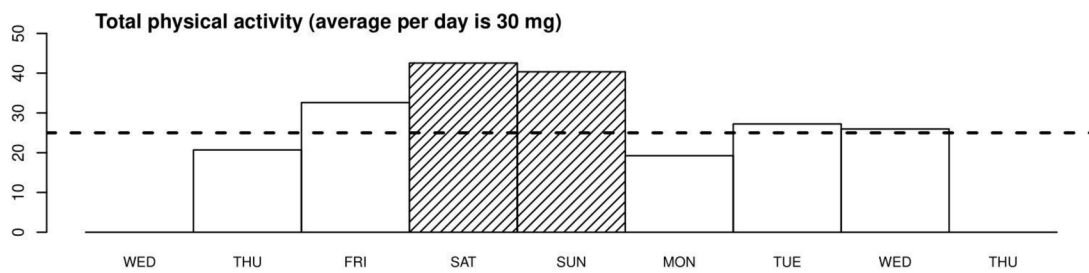
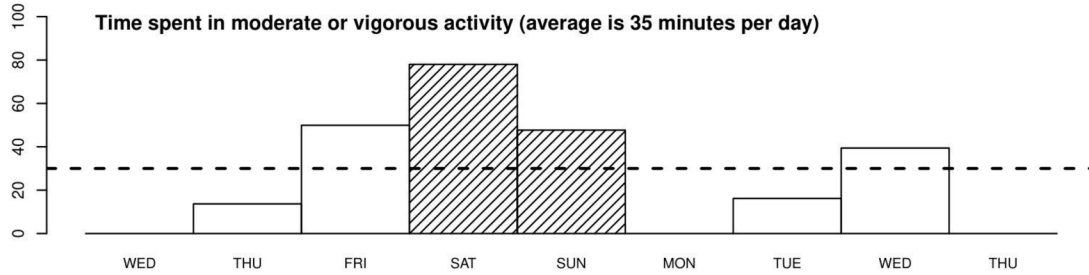


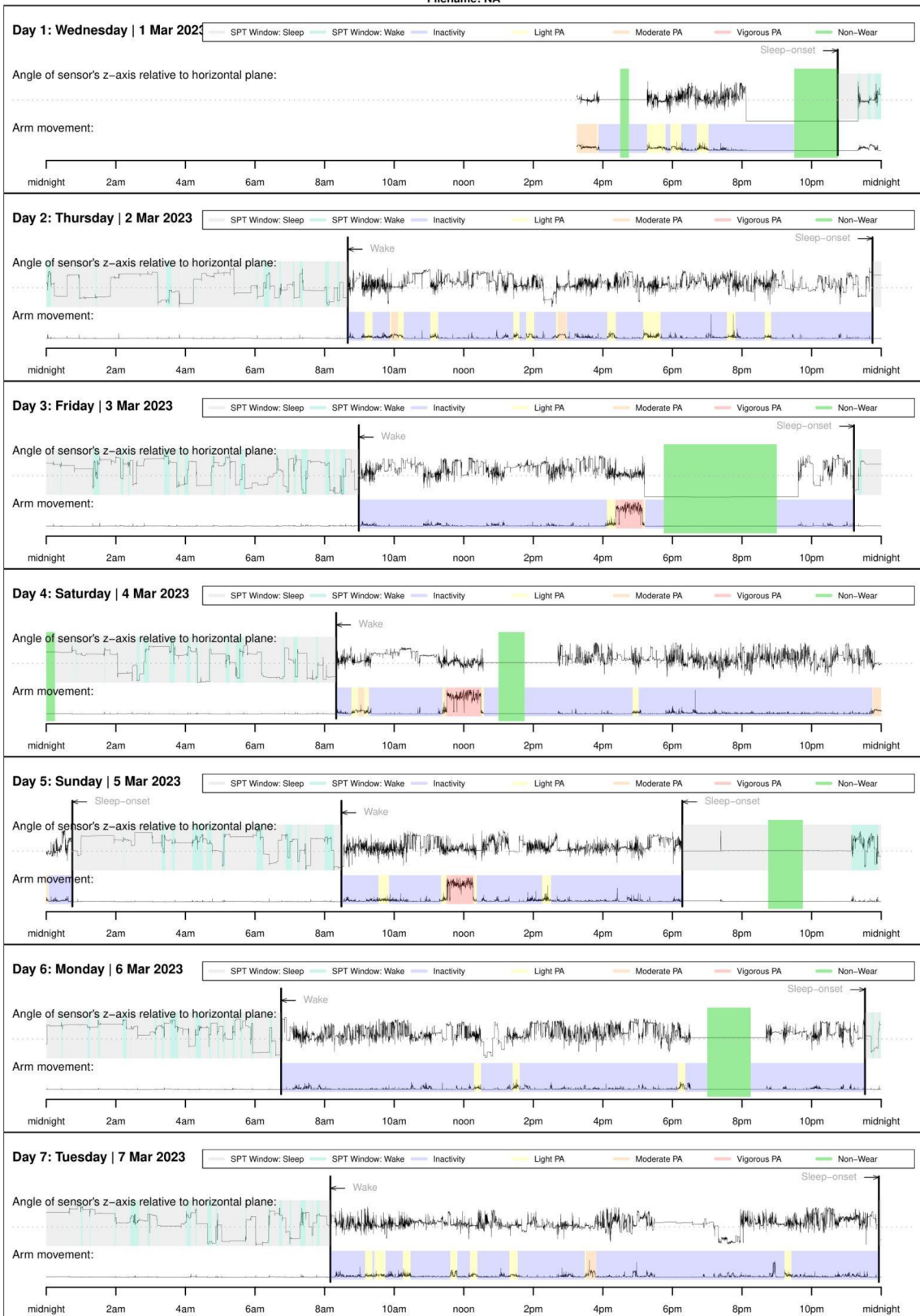
Filename: NA



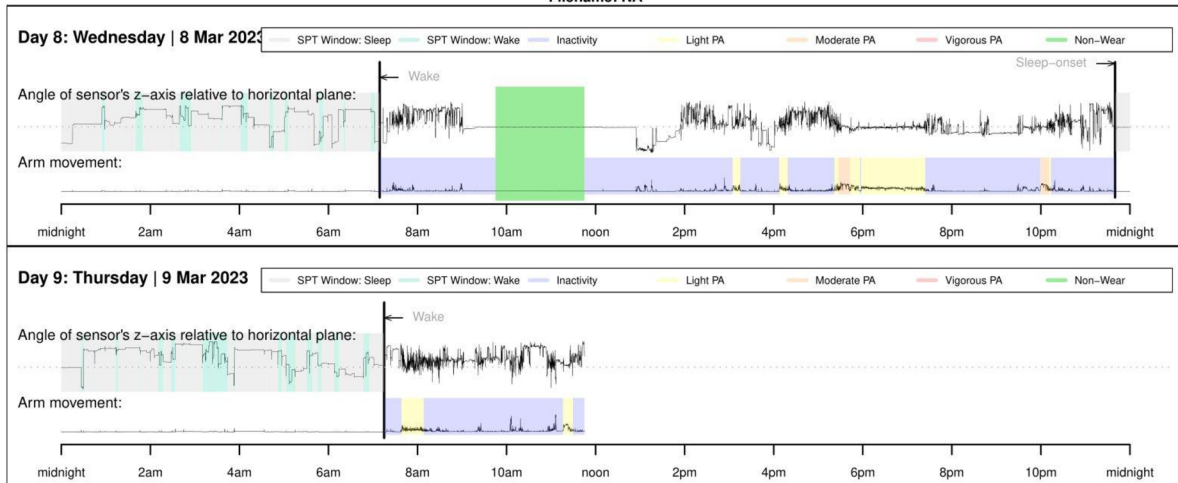
## 11.4 Data z akcelerometru Axivity nošeného na pravé ruce

Activity and sleep report: Slany\_Axivity\_Pravy.cwa

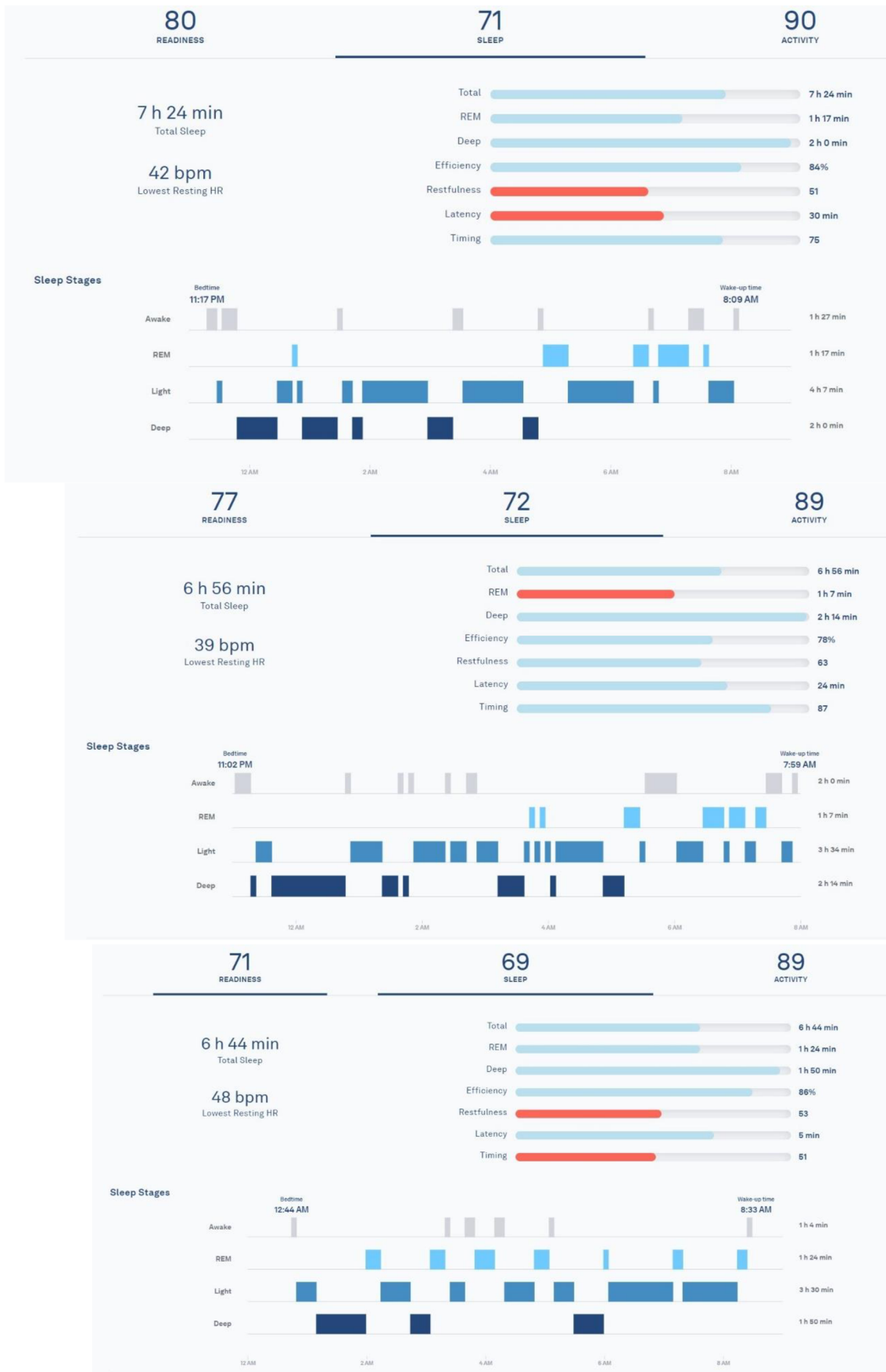




Filename: NA



## 11.5 Data z Oura Ring (noc 3.3., 4.3., 5.3., 6.3., 8.3.)





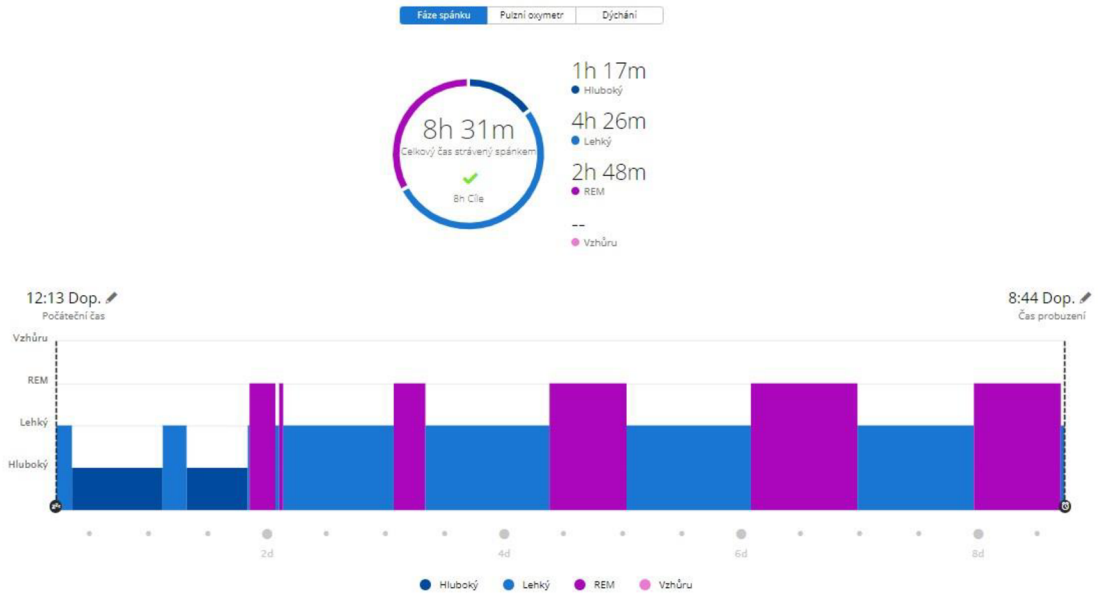
## 11.6 Data z Garmin hodinek

REŽIM SPÁNKU ⓘ

Čtvrtek, Březen 2, 2023

Dnes < >

Synchronizováno 06/23/2023 @ 10:55 Dop.



REŽIM SPÁNKU ⓘ

Pátek, Březen 3, 2023

Dnes < >

Synchronizováno 06/23/2023 @ 10:55 Dop.

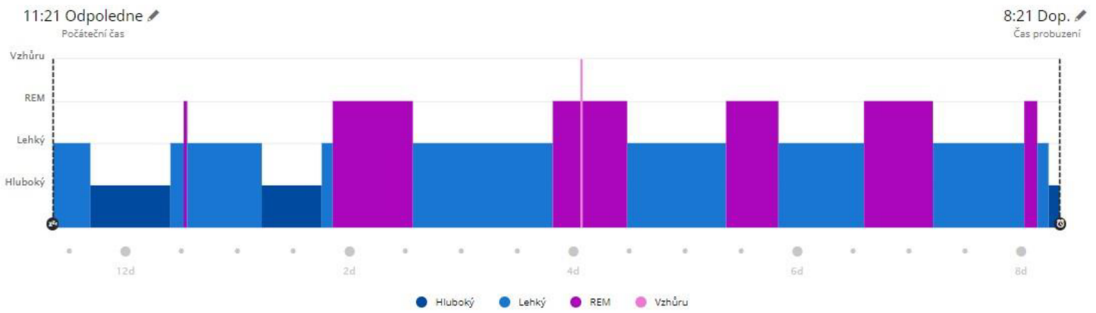




Fáze spánku Pušení oxymetr Dýchání



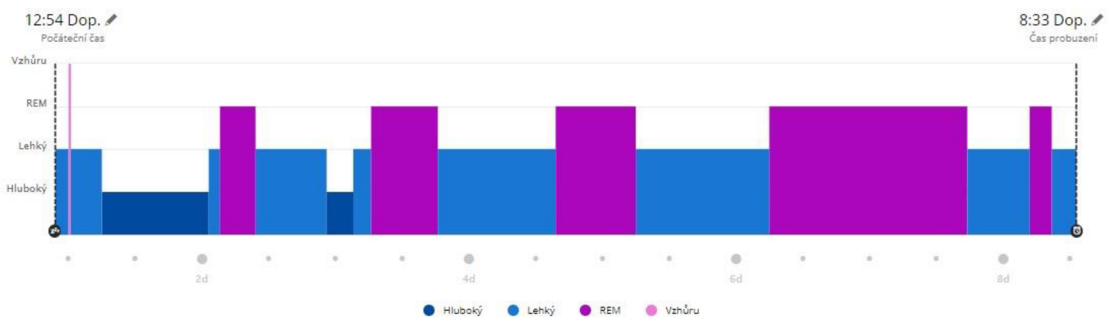
- 1h 21m Hluboký
- 5h 2m Lehký
- 2h 36m REM
- 1m Vzhůru



Fáze spánku Pušení oxymetr Dýchání



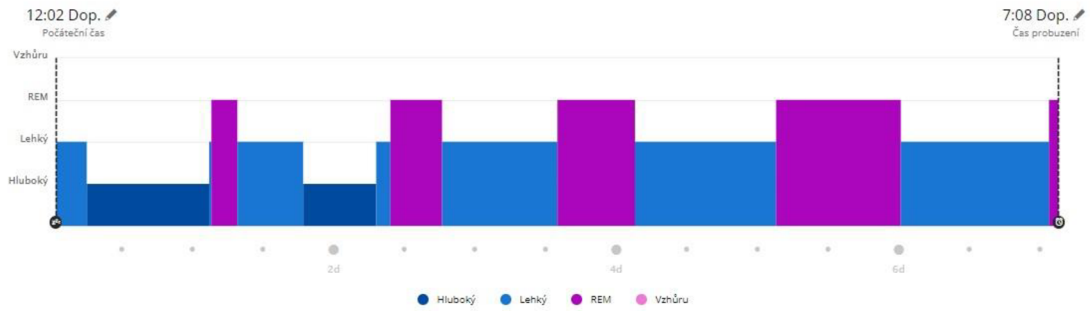
- 1h 0m Hluboký
- 3h 37m Lehký
- 3h 1m REM
- 1m Vzhůru



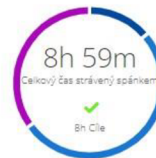
Fáze spánku Pulzní oxymetr Dýchání



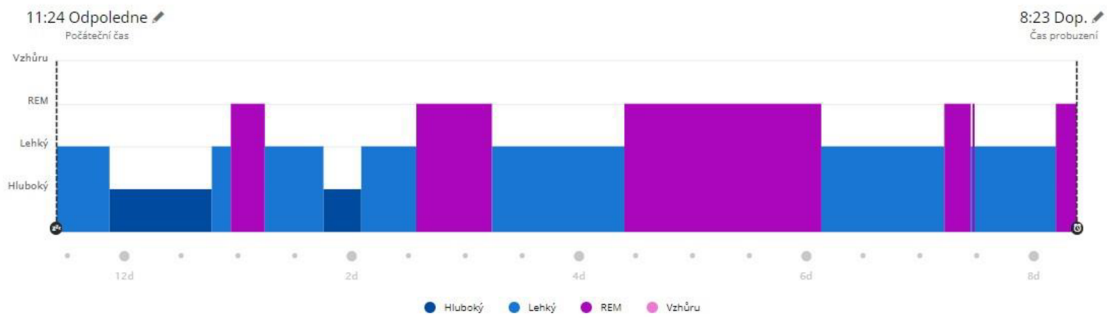
1h 23m  
● Hluboký  
3h 40m  
● Lehký  
2h 3m  
● REM  
--  
● Vzhůru



Fáze spánku Pulzní oxymetr Dýchání



1h 14m  
● Hluboký  
4h 37m  
● Lehký  
3h 8m  
● REM  
--  
● Vzhůru



Fáze spánku Pulzní oxymetr Dýchání



- 59m Hluboký
- 4h 4m Lehký
- 2h 25m REM
- Vzhůru

