

Univerzita Palackého v Olomouci  
Filozofická fakulta  
Katedra psychologie

VLIV FILTRACE MODRÉ SLOŽKY  
SVĚTLA NA MÍRU STRESU ŘIDIČŮ  
ZPŮSOBENÉHO OSLNĚNÍM  
MODERNÍMI LED SVĚTLOMETY

INFLUENCE OF BLUE LIGHT FILTRATION ON THE  
DRIVER'S STRESS LEVELS CAUSED BY GLARE EFFECTS  
OF MODERN LED HEADLAMPS



Bakalářská diplomová práce

Autor: **Tereza Altmanová**  
Vedoucí práce: **RNDr. et RNDr. Ing. Ladislav Stanke, Ph.D.**  
Konzultant: **Mgr. Lucie Viktorová, Ph.D.**

Olomouc

2022

## **Poděkování**

Ráda bych na tomto místě poděkovala svému vedoucímu diplomové práce, RNDr. et RNDr. Ing. Ladislavu Stankemu, Ph.D., za veškeré konzultace, rady a připomínky. Ve stejném duchu bych chtěla také poděkovat Mgr. Lucii Viktorové, Ph.D. za konzultace a podporu a PhDr. Danielu Dostálovi, Ph.D. za konzultace v oblasti statistiky.

Děkuji také Mgr. Tomáši Dominikovi, Ph.D. za to, že mě přivedl k psychofyziologii a v mých začátcích mi byl velkou oporou a inspirací. Dále děkuji Mgr. Lucii Jánské a Mgr. Lence Kristlové za podporu, ochotu a pomocnou ruku vždy, když to bylo potřeba.

Velké poděkování patří mým rodičům, kteří vždy stáli při mně. Poslední, ale speciální „*děkuji*“ směřuji k Janu Šťavovi, který mi je životní oporou.

## **Prohlášení**

Místopřísežně prohlašuji, že jsem bakalářskou diplomovou práci na téma: „Vliv filtrace modré složky světla na míru stresu řidičů způsobeného oslněním moderními LED světlomety“ vypracovala samostatně pod odborným dohledem vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Olomouci dne .....

Podpis .....

# OBSAH

Číslo	Kapitola	Strana
	<b>OBSAH</b> .....	<b>3</b>
	<b>ÚVOD</b> .....	<b>5</b>
	<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>6</b>
<b>1</b>	<b>VLIV SVĚTLA NA ČLOVĚKA</b> .....	<b>7</b>
	1.1 Oslnění.....	8
	1.2 Role modré složky světla u oslnění .....	10
	1.3 Světelné zdroje v automobilových světlometech .....	11
	1.4 Další výzkumy v oblasti oslnění v dopravě.....	12
<b>2</b>	<b>STRES</b> .....	<b>14</b>
	2.1 Stres u řidičů.....	15
<b>3</b>	<b>PSYCHOFYZIOLOGIE</b> .....	<b>17</b>
	3.1 Elektrodermální aktivita (EDA) .....	17
	3.1.1 Typy EDA .....	18
	3.1.2 Možné faktory ovlivňující EDA.....	19
	3.2 Elektrokardiografie (EKG).....	19
	3.2.1 Frekvence srdečního rytmu .....	20
	3.2.2 Snímání EKG .....	21
	3.3 Elektrookulografie (EOG).....	22
	3.3.1 Oční pohyby .....	23
	3.3.2 Mrkání .....	24
	3.3.3 Snímání EOG .....	24
	3.4 Vizuální evokované potenciály (VEP) .....	25
	3.4.1 Vlna P100 .....	27
	3.4.2 Měření a stimulace VEP.....	28
	<b>VÝZKUMNÁ ČÁST</b> .....	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>VÝZKUMNÝ PROBLÉM A CÍLE</b> .....	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIE VÝZKUMU</b> .....	<b>33</b>
	5.1 Design výzkumu a použité metody .....	33
	5.2 Proměnné.....	33
	5.3 Hypotézy.....	34
	5.4 Laboratoř a vybavení .....	34
	5.4.1 Rozložení laboratoře.....	34
	5.4.2 Popis technických aspektů a vybavení .....	35
	5.5 Pilotní studie.....	37
	5.6 Průběh experimentu.....	37

5.7	Výzkumný soubor a sběr dat .....	42
5.8	Etické hledisko a ochrana soukromí .....	43
<b>6</b>	<b>ANALÝZA DAT.....</b>	<b>44</b>
6.1	Analýza záznamu elektrodermální aktivity .....	44
6.2	Analýza záznamu srdeční činnosti .....	45
6.3	Analýza záznamu pohybu očí.....	45
6.4	Analýza záznamu vizuálních evokovaných potenciálů.....	46
6.5	Záznamy určené k vyřazení.....	47
6.6	Statistické zpracování dat .....	47
<b>7</b>	<b>VÝSLEDKY.....</b>	<b>49</b>
<b>8</b>	<b>DISKUZE.....</b>	<b>54</b>
8.1	Výsledky bakalářské diplomové práce .....	54
8.2	Limity bakalářské diplomové práce .....	56
8.3	Přínos bakalářské diplomové práce .....	57
<b>9</b>	<b>ZÁVĚRY .....</b>	<b>59</b>
<b>10</b>	<b>SOUHRN.....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>65</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....</b>	<b>74</b>
	<b>PŘÍLOHY.....</b>	<b>75</b>

# ÚVOD

Světlo, pro někoho viditelná část elektromagnetického záření, pro někoho naděje a pro řidiče v noci nepříjemné oslnění. Byť třeba naděje je v dnešní době potřeba, předložená práce se zabývá posledním zmíněným. Nejspíš se vám to už stalo. Jeli jste v noci po silnici a projíždějící auto vás tak oslnilo, že vás z toho rozbolely oči, chvílku jste špatně viděli či to bylo minimálně nepříjemné. Tomuto jevu se říká oslnění, a tato práce se jím společně s filtrací modré složky světla, zabývá. Vzhledem k tomu, že oslnění je nepříjemné, na trhu se objevují různé brýlové čočky, které by jej měly zmírňovat. Jednoduše řečeno, poptávka vytváří nabídku. Avšak má filtrace modré složky světla smysl, lze takto zmírnit stresovou reakci či dokonce ovlivnit mozkovou činnost člověka? Přesně na to se snaží tento výzkum odpovědět.

Teoretická část předložené práce přibližuje vliv světla na člověka, a to se zaměřením především na světlo umělé, vytvořené člověkem. A byť se jedná o problematiku poměrně komplexní, jsou čtenáři předloženy alespoň ty nejvýznamnější (ne)výhody a dopady působení světla na člověka. Více podrobně je rozebráno oslnění a s ním spojená role modré složky světla a význam speciálních brýlových čoček, které zmírňují oslnění. Celá problematika působení světla se v textu uvádí do kontextu dopravní psychologie. Na jedné straně jsou zmíněny druhy světelných zdrojů, s kterými se řidič na silnici setkává, na druhé straně například bezpečnostní riziko s tím se pojící. Je zde také popsána problematika stresu u řidičů, a také průběh stresové reakce, který čtenáře přesouvá do druhé poloviny teoretické části, jenž je věnována aspektům psychofyziologického měření. Tato část poskytuje informace zaměřené hlavně na měření kožní vodivosti, činnosti srdce, pohybů očí a mozkové činnosti se zaměřením na vizuální evokované potenciály.

Výzkumným problémem této práce je zjistit, jestli vybrané brýlové čočky, které filtrují modrou část spektra při oslnění, ovlivňují stres u řidiče a jeho mozkovou činnost. Tomuto výzkumnému problému je věnována výzkumná část této práce, která čtenáři přináší podrobné informace ohledně metodologie výzkumu, analýzy dat a výsledků. Předložená práce se zaměřuje na výsledky v oblasti psychofyziologie, zároveň se ale autorka této práce snaží o jejich srozumitelnou formulaci, aby tato práce mohla mít význam nejen pro odbornou společnost, ale byla pochopitelná i pro budoucí studenty chtějící se zabývat psychofyziologií či pro laickou společnost, které se týká praktický dopad této práce.

# TEORETICKÁ ČÁST

# 1 VLIV SVĚTLA NA ČLOVĚKA

Světlo hraje v dějinách lidstva i většiny organismů nezaměnitelnou roli. I v průběhu historie světlo neslo velký význam, setkáváme se s ním například již v Bibli v knize Genesis. Dříve bylo pro lidi hlavním zdrojem světla hlavně Slunce, hvězdy, měsíc, to už je ale v dnešní době spíše pozůstatek u primitivních národů. Astronomické objekty sice stále rozzařují naši oblohu, ale přidaly se k nim zdroje světla vyrobené člověkem. Od ohňů a pochodní, přes olejové lampy, svíčky a plynové lampy, po všudy-přítomné žárovky a pouliční lampy dnešní doby (Lystrup, 2017). Noční obloha, kterou jsme mohli prakticky všude spatřit dříve, v době před používáním umělých světél, se velmi liší od oblohy, kterou spatřujeme dnes. Tento fenomén nese název světelné znečištění (light pollution). Světelné znečištění lze definovat jako světlo, které není efektivně nebo kompletně využito a zpravidla směřuje ven či nahoru. Setkáváme se s tím například u osvětlování parkovišť, pozemků, cest apod. Například světlo z Las Vegas je vidět až ze vzdálenosti 250 mil (Department of Physics Florida Atlantic University, b.r.). Mezi základní typy světelného znečištění patří „zář oblohy“ (sky-glow), „neoprávněné vnikání světla“ (light trespass) a „oslnění“ (glare) (Lystrup, 2017).

Působení světla má možný dopad na lidské zdraví, ať už fyzické, tak psychické. Často jsou v této souvislosti zmiňovány problémy v souvislosti s cirkadiánními rytmy, respektive jejich narušením vlivem světla. Narušení těchto vnitřních biologických hodin a cyklu bdění a spánku, který je s nimi propojen, narušuje psychické i fyzické funkce člověka. Roli zde hraje hormon melatonin, který ovlivňuje cyklus bdění a spánku a jeho vylučování se přímo pojí se světlem (Lystrup, 2017). Na sítnici lidského oka se nacházejí vnitřně fotosenzitivní gangliové buňky (ipRGCs), které se souhrnně označují jako cirkadiánní čidla. A právě tyto speciální buňky podmiňují seřízení centrálních hodin a mimo jiné se podílejí na řízení pupilárního reflexu. Maximální citlivost těchto čidel se pohybuje ve vlnových délkách 450 až 482 nm, jsou tedy velmi citlivé na modrou část světelného spektra (Fuksa, 2010). Klinické studie upozorňují, že narušení cirkadiánních rytmů u novorozenců vlivem světla, může například ovlivňovat jejich přirozený přírůstek váhy (Mann et al., 1986).

S užíváním umělého světla v noci se pojí také diskuse v souvislosti se vznikem rakoviny, především rakoviny prsu a prostaty. Studie z Jižní Koreji zjistila, že vysoké hladiny umělého světla v noci se signifikantně pojí s rakovinou prostaty v mužské populaci (K. Y. Kim et al., 2017), zároveň u ženské části populace se objevuje vysoká prevalence rakoviny prsu spojená se světelným znečištěním (Y. J. Kim et al., 2015). Další studie (Kloog et al., 2010) zjistila signifikantní pozitivní vztah mezi mírou umělého osvětlení v noci a výskytem rakoviny prsu, avšak pro ostatní typy rakoviny toto nebylo prokázáno. Objevují se ale i studie, které tento vztah nepotvrzují. Například poměrně nová studie z Kanady nenachází žádnou celkovou souvislost mezi působením umělého světla v noci a rakovinou prsu. Tento vztah nebyl nalezen ani při zahrnutí menopauzy a práce na noční směně jako modifikátorů účinku vztahu (Ritonja et al., 2020).

Umělé světlo však může pro člověka nést své výhody. Například studie na středoškolských studentech ukazuje, že užívání světla obohaceného o modrou složku ve školních třídách pozitivně ovlivňuje kognitivní výkon žáků (koncentraci, pozornost) (Keis et al., 2014). I používání světla v noci má samozřejmě své výhody a s tím spojené důvody jeho používání. Mezi tyto výhody je řazena vnímaná zvýšená bezpečnost při pohybu člověka v noci a také vnímaná zvýšená bezpečnost ochrany majetku a pozemků. Důvody mohou být i ekonomické, ve smyslu, že světlo po celých 24 hodin umožňuje nepřetržitý chod služeb a dalších výdělečných činností (Boyce, 2019). To, zda tyto výhody jsou výhodami dostatečnými, nechává autorka této práce na čtenáři. Tato práce se v souvislosti se světlem nejvíce pojí s oslněním, kterému je věnována následující podkapitola.

## 1.1 Oslnění

Oslnění (glare) lze definovat jako vizuální vjem, který vzniká při vystavení člověka jasnému, zářivému světelnému zdroji (Caruso et al., 2015). Tento jev bývá často pociťován řidiči během nočního řízení a je považován za významné riziko během řízení. Většina problémů souvisejících s oslněním se pojí s optickým jevem rozptylu světla, který způsobuje rozptyl světla dopadajícího na sítnici (van den Berg et al., 2009). Tato práce se primárně zabývá vlivem světla na člověka v kontextu jízdy automobilem během noci, kdy je oslnění výraznější než během jízdy ve dne. Řízení auta je primárně vizuální úloha a zrak se podílí až na 90 % informací potřebných k řízení. Během noci se tato úloha stává složitější vzhledem k omezené viditelnosti (Mace et al., 2001).



Oslnění lze dělit na oslnění psychologické a fyziologické. Oslnění psychologické nevyvolává změny zrakových funkcí, oslňující zdroj v zorném poli ale upoutá pozornost pozorovatele a vzniká zde subjektivní pocit nepohody a narůstá únava, byť si pozorovatel nespojuje únavu s oslněním. Psychologické oslnění zahrnuje tzv. rušivé oslnění a jeho nižší stupeň tzv. pozorovatelné oslnění. Fyziologické oslnění již zhoršuje činnost zraku, snižuje zrakové schopnosti, prokazatelně snižuje zrakovou ostrost. Fyziologické oslnění lze dělit na oslepující a omezující (Habel et al., 2013). V následujících odstavcích bude blíže přiblíženo rušivé oslnění (discomfort glare) a oslnění omezující (disability glare).

Omezující oslnění (disability glare) se projevuje zrakovým deficitem způsobeným změnou sítnicového kontrastu vlivem rozptylu světla (Aslam et al., 2007). Člověk takové oslnění vnímá jako světelný závoj ovlivňující vidění (Vos, 2003). Zraková ostrost závisí na kontrastu mezi pozadím a objektem pozorování. Přítomnost omezujícího oslnění, závoje světla způsobuje snížení rozdílu mezi kontrastem pozorovaného objektu a pozadí vůči prahovému kontrastu. To způsobuje, že cíl pozorování (objekt) je ve světelném závoji méně vidět nebo se zcela ztrácí (Mace et al., 2001). Omezující oslnění je předmětem mnoha studií. Jednou z výzkumných oblastí je například problematika oslnění během noční jízdy, kdy je řidič oslňován světly ostatních vozidel. Tyto jízdní podmínky ovlivňující zrak řidiče a mohou ovlivnit jeho jízdní schopnosti (Theeuwes et al., 2002).

Rušivé oslnění (discomfort glare) je spojené spíše se subjektivním pocitem nepohodlí, nepříjemnosti. Jedná se o jev, kdy je jas zorného pole náhle vyšší, než je úroveň, na kterou je oko již adaptováno, a to buď prostřednictvím přímého zdroje světla, anebo jeho odrazem. Toto oslnění může způsobovat subjektivní nepříjemné pocity a rozmrzelost (Mace et al., 2001). Mezi nejrozšířenější metody měření rušivého oslnění patří škála De Boera, která má 9 stupňů (1-9) a hodnotí vizuální reakce od nesnesitelné (unbearable) odpovídající stupni 1 po nezaznamatelnou (unnoticeable) odpovídající stupni 9 (Gellatly & Weintraub, 1990). Rušivé oslnění je ovlivněno mnoha aspekty, jak na straně člověka, který je oslňován, tak na straně parametrů zdroje světla. Studie řadí mezi základní faktory v souvislosti s komfortností během oslnění jas světelného zdroje, velikost světelného zdroje, úroveň předadaptačního jasu oka a pozici světelného zdroje vzhledem k normální linii vidění (Guth, 1961). Novější výzkumy se zaměřují více i na další faktory. Mezi činiteli na straně člověka je zkoumán význam demografických údajů, hlavně věku a pohlaví. U pohlaví se neprojevuje vliv komfortnost během oslnění, naopak věk a kultura

do určité míry roli hrají. I přesto, že efekt, který v souvislosti s rušivým oslněním kultura má, není zatím zcela jasně popsán a uchopen, zdá se, že lidé asijského původu mají lepší toleranci proti rušivému oslnění než lidé pocházející z evropského či amerického kontinentu (Pierson et al., 2017). Ukazuje se, že na oslnění rozdílně reagují i lidé v souvislosti se svým věkem. U starší populace se objevuje více a výrazněji dopady rušivého oslnění než u populace mladší (Theeuwes et al., 2002). Vysvětlením tohoto fenoménu mohou být jak psychologické faktory, tak zkušenost z oslněním (Mace et al., 2001).

To, jak bude na člověka působit oslnění ovlivňují faktory, jak na straně pozorovatele, tak na straně zdroje světla. Výše jsou popsány některé faktory na obou stranách, jeden faktor je však vynechán. Jedná se o vliv spektra světla vyzařovaného světelným zdrojem, který je blíže rozveden v další podkapitole.

## **1.2 Role modré složky světla u oslnění**

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, oslnění může být ovlivněno více faktory. Významným faktorem je také spektrum světla, kterým je člověk oslňován. Souvislost, kterou má spektrum světla s mírou nepříjemnosti oslnění, byla popsána již v třicátých letech minulého století. Bylo publikováno, že rušivé oslnění bylo více způsobováno modrým světlem než světlem žlutým (Bouma, 1936).

Vliv modré složky světla na řidiče během nočního řízení, konkrétněji rozdíl mezi žlutými a modrými světelnými zdroji, je předmětem diskusí. Rozptyl světla závisí na jeho vlnové délce. Světlo s dlouhou vlnovou délkou (žluté) je rozptýleno méně než světlo s krátkou vlnovou délkou (modré), avšak toto má vliv hlavně například při letecké dopravě než během řízení (Schreuder, 1976). Avšak v čase vzniku této studie se na silnicích nevyskytovaly běžně automobily vybavené LED zdroji světla, jak je tomu nyní. Je tedy možné, že tato studie je do určité míry ovlivněna dobou svého vzniku. Novější výzkum zaměřený na noční řízení (Rodríguez-Morilla et al., 2017) ukazuje, že řidiči se při působení modrého světla dopouští více chyb než při působení světla žlutého, zároveň u nich docházelo k většímu fyziologickému vzrušení. Toto fyziologické vzrušení pravděpodobně překračuje optimální hranici, a tak zvyšuje chybovost v řešení úkolu.

Na trhu jsou poptávány technologie, které by mohly negativní aspekty modrého světla zmírnit. V oblasti dopravy se v této souvislosti setkáváme s čočkami, které jsou vyrobeny ze speciálních materiálů, které ovlivňují absorpci (pohlcování) světla. Čočky

mohou mít také různou povrchovou úpravu způsobující interferenci světla. Technologie, které filtrují modrou složku světla během oslnění ukazují, že tato filtrace zlepšuje schopnost řídit, a to hlavně u starších lidí (Gray et al., 2011). Avšak je nutné zmínit, že výběr speciálních čoček je důležitý a měl by být cílený. Například žluté čočky, které sice zmírňují vliv oslnění na člověka, také zároveň snižují jeho viditelnost, což se pojí s dalšími možnými riziky (Hwang et al., 2019). Ve stejném výzkumu bylo také zjištěno, že žluté čočky při oslnění neovlivňují, zda bude řidič dostatečně citlivě detekovat chodce (Hwang et al., 2019).

### **1.3 Světelné zdroje v automobilových světlometech**

V rámci dopravy se řidič setkává a je ovlivňován mnohými zdroji světla. Tato kapitola je konkrétně zaměřena na zdroje světla automobilových světlometů. Mezi základní typy světel používaných v automobilech patří světlomety s halogenovými světelnými zdroji, výbojkami (high intensity discharge lamps, HID) a ledkami (Portniagin et al., 2019).

Halogenové žárovky se poprvé objevily v roce 1962 a mají žlutavou barvu. Halogenové žárovky jsou naplněny halogenovou párou, kterou z chemického hlediska tvoří brom nebo jód. Uvnitř se skládají z jedné nebo dvou vnitřních spirál, které mohou vytvářet teplotu až 3000 stupňů Celsia. Výkon halogenových žárovek je v průměru 35-60 W a maximální hodnota je 130 W. Světelný výkon se liší u tlumených a dálkových světel. Světelný výkon u tlumených světel dosahuje 1000 lumenů, u dálkových světel je možné zaznamenat světelný výkon o velikosti 1650-2100 lumenů. V automobilové optice jsou nejvíce užívané halogenové světelné zdroje H1, H3, H4, H7 a další (Portniagin et al., 2019).

Xenonové výbojky jsou v anglické literatuře označovány jako high intensity discharge lamps (HID lamps). Xenonové výbojky produkují jasné bílé světlo a využívají místo spirály dvě elektrody, mezi nimiž dochází k obloukovému výboji. Xenonové výbojky fungují při konstantním napětí 42 V nebo 85 V a jimi vytvářený světelný tok dosahuje až 3200 lumenů (Portniagin et al., 2019).

Moderní LED světlomety jsou založeny na sadě velmi výkonných a jasných elektroluminiscenčních diod (light-emitting diode, LED), které vyzařují ostře bílé světlo. Mají vyšší účinnost v porovnání s konvenčním světelnými světlomety a jsou zářivější (Portniagin et al., 2019). Vzhledem ke svým malým rozměrům, a zároveň vysokému jasu jsou LED zdroje světla vhodná pro mnoho druhů svítidel a optických rozvodů. Problém

ale nastává v souvislosti s nepříjemným oslněním, a to hlavně při nízké svítivosti pozadí, kdy vzniká velký kontrast mezi osvětlenými a neosvětlenými povrch (Tyukhova & Waters, 2018).

## 1.4 Další výzkumy v oblasti oslnění v dopravě

Oslnění v dopravě je často diskutováno v souvislosti s bezpečností řidičů, a to hlavně těch starších. Avšak nebylo zatím prokázáno, že by zvýšené oslnění bylo nezávisle spojeno s účastí na nehodě, tento vztah není signifikantní. Problém s dokázáním vztahu mezi bezpečností v dopravě a oslněním je zakotven ve více faktorech. Mezi tyto faktory je řazeno problémové definování pojmu oslnění či problémy s měřením psychofyziologických efektů oslnění (Owsley, 2001). Avšak oslnění protijedoucích světlometů v souvislosti nehodovostí během nočního řízení se odhaduje na 0,5-4,0 % (Hwang et al., 2018).

Další studií je studie nočního řízení v souvislosti s oslněním a detekcí chodců (Wood et al., 2012). V této studii byly chodci umístěni 2,5 metru od zdroje oslnění či bez zdroje oslnění a bylo měřeno, zda budou pozorovateli zaznamenáni. V rámci této studie bylo zjištěno, že míra detekce chodců při oslnění světlomety je přibližně poloviční než při pozorování chodců bez oslnění. Mimo jiné byly v této studii zkoumány různé oční vady a jejich vliv na detekci chodců během oslnění. Výkon se vlivem oslnění snížil nejvíce u participantů se šedým zákalem.

Další studie se zabývá filtrováním světla produkovaného automobilovými světlomety, a to pomocí speciálních brýlových čoček během nočního řízení. V experimentu byly použity dva druhy světelných zdrojů. Jednalo se halogenová světla (světelný výkon 1100 lumenů) a xenonové výbojky (světelný výkon 3200 lumenů). Brýlové čočky byly dvojího typu. První čočky blokovaly téměř všechno světlo (propustnost světla 0,05 %), druhé čočky propouštěly světlo ze světlometů (propustnost 43 %). Tato studie proběhla na 71 participantech ve věkovém rozmezí 18-80 let, kteří byli rozděleni do tří věkových skupin. Bylo zjištěno, že světlomety s xenonovými výbojkami zlepšují viditelnost, ale zároveň člověka více oslňují než světlomety halogenové. Brýlové čočky snižující oslnění signifikantně zlepšily výkon participantů ve vizuální detekci ve srovnání s kontrolními podmínkami. Všechny věkové skupiny měly horší výkon při zaznamenávání vizuálních podnětů bez čoček snižující oslnění než s nimi, zároveň ale starší řidiči přehlédli bez čoček snižujících oslnění více vizuálních podnětů než řidiči mladší. Napříč věkovými skupinami i situacemi s/bez speciálních čoček, po oslnění xenonovými výbojkami participant

chybovali ve vizuální detekci více než při oslnění halogenovými světly. Nejhorší výsledky se objevily v kombinaci starý řidič bez čoček snižující oslnění, oslněn xenonovými výbojkami. Naproti tomu, když tito řidiči měli na sobě čočky snižující oslnění a byli oslněni xenonovými výbojkami, jejich výkon se zlepšil na téměř stejnou úroveň jako u mladších řidičů. Ztratil se také rozdíl mezi dvěma typy světlometů (Friedland et al., 2017).

## 2 STRES

Stres je pojem, se kterým se běžný člověk setkává dennodenně, pojí se s mnohými situacemi lidského bytí a člověka velmi ovlivňuje. Tato kapitola je mu věnována z důvodu ujasnění principu jeho vzniku a významu jak v otázkách psychofyziologie, tak dopadu stresu na řidiče. Objasnění principu vzniku stresové reakce a následné tělesné mechanismy s tím související, považuje autorka této práce za důležité pro další pochopení významu užití psychofyziologického měření v praktické části této práce.

Stres lze definovat jako nescifickou fyziologickou odpověď lidského organismu na jakýkoliv požadavek na něj kladený. Nároky kladené na tělo jsou specifické. Například při chladu se začne tělo třást, aby se zahřálo, když je tělu dodáno příliš cukru, vyloučí inzulin, aby se hladina cukru v krvi stabilizovala apod. Nescifickou reakci představuje biochemická odezva organismu, která je bez ohledu na podnět stejná (Selye, 1973). Podněty, ať už z vnějšího či vnitřního prostředí, které stres vyvolávají se nazývají stresory (Orel, 2019). Existuje mnoho druhů stresorů, které lze rozdělit do následujících kategorií (Bartůňková, 2010):

- **Psychosociální faktory** se pojí například s interpersonálními vztahy, ztrátou blízké osoby, strachem, pocity úzkosti apod.
- **Biologické faktory** se pojí s hladověním, žízní, fyzickou bolestí apod.
- **Chemické faktory** mohou být způsobeny infekcí, jedy a toxiny, alkoholem apod.
- **Fyzikální faktory** zahrnují vliv světla a tmy, tepla a chladu, hluku apod.

Fyziologická reakce na stres se skládá z aktivace dvou systémů. Prvním z nich je sympatická osa autonomního nervového systému, která zajišťuje rychlou, okamžitou reakci. Po ní následuje endokrinní osa hypothalamus-hypofýza-nadledviny (HPA), tato část je pomalejší jedná se o druhou vlnu reakce. Sympatický nervový systém aktivizuje tělesné systémy (Ayers & de Visser, 2015). Sympatikus tvoří s dřením nadledvin sympato-adrenální systém (Orel, 2019). Dřeň nadledvin je během stresové reakce stimulovaná k produkci adrenalinu a noradrenalinu, stresových hormonů (Ayers & de Visser, 2015). Osa HPA je spuštěna aktivací paraventriculárních jader hypothalamu, které produkují hormon liberin, jenž stimuluje sekreci kortikotropinu (CRH). Vlivem kortikotropinu je uvolňován

$\beta$ -endorfin a adenohipofýza adrenokortikotropní hormon (ACTH), který zvyšuje produkci hormonů v kůře nadledvin, především steroidní hormon kortizol (Orel, 2019).

Během stresu je možné zaznamenat zvýšenou frekvenci dechu či zvýšenou srdeční frekvenci. Stres může také ovlivňovat gastrointestinální trakt, tento systém byl zkoumán například Walterem Cannonem. Během stresu může docházet k nadměrnému pocení, který je možné zachytit pomocí měření elektrodermální aktivity, čehož je využíváno například v rámci polygrafie. V rámci elektromyografie (EMG) lze stres zachytit jako svalový tonus člověka, toho se využívá například v rámci biofeedbacku. Během stresu se mozková aktivita pohybuje v pásmu theta, jedná se o frekvenci 5-7 Hz s amplitudou 5-100 mikrovoltů. Toto pásmo se objevuje kromě stresu také při bdění a vzrušení (Procházka & Sedláčková, 2015).

Stresová reakce podléhá do určité míry individuálním rozdílům. Byť je akutní stresová reakce automatickou reakcí organismu, je v souvislosti se stresem zmiňován i individuální stresový profil, který popisuje specifickou reaktivitu každého člověka na stres či zátěž (Procházka & Sedláčková, 2015). Tento poznatek má význam hlavně v oblasti psychosomatiky, avšak jeho existence by se neměla opomínat ani v souvislosti s psychofyziologickým měřením.

## 2.1 Stres u řidičů

Jak již bylo naznačeno v předchozích odstavcích, stres je poměrně bouřlivou tělesnou reakcí. Vliv stresu na řidiče závisí na více faktorech, mezi které je možné řadit kvalitu spánku, životní styl (Gnardellis et al., 2008) nebo třeba osobnost člověka (Mamcarz et al., 2019). Co se týče souvislosti věku a stresu za volantem, dle dotazníkového šetření nejvíce stresu vykazují mladší řidiči, po nich následují řidiči v důchodovém věku a nejméně stresu vykazují lidé ve středním věku (Magaña et al., 2021). Rozdíly se také objevují mezi ženami a muži, ženy dle dotazníkového šetření podléhají za volantem stresu méně než muži (Magaña et al., 2021).

Další studie (Hartley & El Hassani, 1994) naznačuje, že stres u řidiče je souborem více faktorů. Objevují se zde pocity agrese a podráždění, úzkostí a obav či netrpělivost. Zároveň mají na člověka vliv obavy z chování ostatních řidičů v silničním provozu. Do celkového stresu se promítají i faktory netýkající se přímo řízení jako jsou například problémy se zdravím, životní styl či domácí a pracovní faktory.

Oslnění během nočního řízení může u řidiče zpustit stresovou reakci organismu, avšak dostupná literatura jej definuje spíše obecně než pomocí konkrétních psychofyziologických ukazatelů, jak je tomu v této práci. V souvislosti s oslněním se stres objevuje jako reakce na nekomfortnost daného vizuálního podnětu (Mace et al., 2001).



## 3 PSYCHOFYZIOLOGIE

Psychofyziologie je vědní disciplína, která studuje vztah mezi mozkiem a chováním v odrazu periferního a centrálního nervového systému (Procházka & Sedláčková, 2015). Historie psychofyziologie není nijak dlouhá, oficiální vývoj psychofyziologie se datuje od roku 1950 a její počátky jsou spojeny s jménem R. C. Davis (Stern et al., 2001). Čtenář je v následujících podkapitolách seznámen s čtyřmi psychofyziologickými ukazateli, které se přímo pojí s touto prací. Je vysvětlen jejich význam, princip i využití.

### 3.1 Elektrodermální aktivita (EDA)

Měření elektrodermální aktivity spočívá v měření kožní vodivosti. Měření elektrodermální aktivity má dlouhou historii, měřil ji již Carl Gustav Jung v roce 1907 (Stern et al., 2001). Nyní je jednou z nejužívanějších psychofyziologických metod (Geršak, 2020). Elektrodermální aktivita má široké využití. V rámci psychoterapie je možné elektrodermální aktivitu využívat jako biofeedback během imaginací i expozic in vivo, například při léčbě a studiu úzkostných poruch či fobií. Elektrodermální aktivita bývá také pozorována v rámci polygrafického vyšetření. A samozřejmě má uplatnění i v rámci psychofyziologických výzkumů ve spojitosti s emocemi, stresem, lhaním a dalšími (Procházka & Sedláčková, 2015). K měření elektrodermální aktivity jsou používány elektrody ze směsi stříbra a chloridu stříbrného (Fowles et al., 1981).

Měření elektrodermální aktivity se pojí s kožním systémem člověka, který má mnoho funkcí. V obecném slova smyslu je tvořena z kůže a přídatných struktur kožních, tzv. kožních adnex. Mezi kožní adnexa řadíme vlasy, chlupy a kožní žlázy (Orel, 2019). Právě kožní žlázy jsou pro pochopení měření elektrodermální aktivity zásadní. Mezi kožní žlázy řadíme mazové žlázy, potní žlázy a žlázu mléčnou. Mléčná žláza je největší kožní žláza a nachází se v tukové tkáni na přední části hrudníku. Mazové žlázy se nachází poblíž vlasových a chlupových pochev a produkují kožní maz. Kožní maz zamezuje zvýšenému vysychání a olupování kůže, zvláčňuje kůži, má antimikrobiální účinky, a zároveň nebrání bakteriím pro člověka neškodným. Potní žlázy jsou nerovnoměrně rozmístěné na těle člověka, produkují specifickou tekutinu (pot) a dělí se na ekrinní potní žlázy a apokrinní potní žlázy (Orel, 2019). Ekrinní potní žlázy se nachází po celém těle s výjimkou rtů,

nehtových lůžek, žaludu penisu, předkožky, klitorisu a stydkých pysků. Ekrinní potní žlázy člověka vyprodukují půl litru až několik litrů potu denně, jeho odpařování dochází k ochlazení organismu, a tak hrají významnou roli v systému termoregulace lidského těla. Apokrinní potní žlázy se vyskytují v podpaží, v oblasti pohlavních orgánů a prsních bradavek, a také v ušních kanálcích (Čihák, 2016). Produkují pohlavně specifické aromatické látky, a tak ovlivňují sexuální citění a chování (Orel, 2019).

V rámci užívání elektrodermální aktivity v psychofyziologii mají největší roli ekrinní potní žlázy, a to hlavně ty v oblastech dlaní rukou a plosek nohou (Frewin & Downey, 1976). Tyto oblasti totiž primárně reagují na psychické stimuly, naopak ekrinní žlázy na jiných místech jsou spíše závislé na zvýšení teploty (Stern et al., 2001). Vylučování potu ekrinními potními žlázami je řízeno sympatickým nervovým systémem, jehož aktivací dochází k zvýšení koncentrace potu v oblasti ekrinních žláz a tím také ke změně odporu kůže, jenž lze měřit (Boucsein et al., 2012).

### **3.1.1 Typy EDA**

Elektrodermální aktivitu lze rozlišovat na tonickou, fázickou a spontánní fluktuace. Fázická odpověď nastává v reakci na konkrétní stimul nebo na neočekávaný podnět. Zahrnuje jak kognitivní, tak emoční reakci na stimul. Amplituda vlny fyzické odpovědi elektrodermální aktivity se pohybuje v rozmezí 0,05–5  $\mu$ S. Tonická odpověď se pojí s vigilancí a pozorností člověka. Amplituda vlny tonické odpovědi elektrodermální aktivity se pohybuje v rozmezí 1–30  $\mu$ S. Spontánní fluktuace se pojí s nabuzením a úzkostí, ale není jasně známo, proč se objevily u daného člověka (Procházka & Sedláčková, 2015).

Snímání elektrodermální aktivity lze rozlišovat na základě podnětu, kterým je stimulována, na exosomatický a endosomatický typ. Pokud je zdroj elektrického potenciálu vnější, zpravidla spočívá v aplikaci malého elektrického proudu přes kůži, jedná se o exosomatický typ. Endosomatický typ měří vnitřně generované elektrické kožní potenciály. Do exosomatického typu lze řadit hladinu kožní vodivosti (SCL), odezvu kožní vodivosti (SCR), hladinu kožního odporu (SRL) a odezvu kožního odporu (SRR). Do endosomatického typu spadá odezva kožního potenciálu (SPR) a hladina kožního potenciálu (SPL) (Dawson et al., 2016).

### 3.1.2 Možné faktory ovlivňující EDA

Elektrodermální aktivita je poměrně citlivá na řadu vnějších a vnitřních faktorů, které mohou ovlivnit kvalitu a spolehlivost získaných dat. Mezi vnější faktory patří teplota v místnosti a denní doba (Venables & Mitchell, 1996). Teplota v místnosti by se měla pohybovat kolem 23 stupňů Celsia (Boucsein et al., 2012). Také vlhkost místnosti by měla být konstantní (Dawson et al., 2016). Jedním z faktorů je také velikost elektrod používaná k měření elektrodermální aktivity. Čím větší je povrch elektrody, tím menší je odpor kůže a tento vztah platí i v opačném směru (Procházka & Sedláčková, 2015).

Vnější faktory zahrnují individuální rozdíly spojené s demografickými údaji jako je věk, pohlaví a kultura. Starší lidé (věk kolem 60 let) mají obecně nižší tonickou i fázickou elektrodermální aktivitu oproti mladým dospělým (věk kolem 20 let). Efekt věku by mohl být způsoben změnami v centrálním nervovém systému nebo změnami v periferním nervovém systému či v obou. Elektrodermální aktivita také variuje v souvislosti s pohlavím, ale také zároveň i v souvislosti se stimulem. Ženy mají například větší odezvu kožní vodivosti v souvislosti se stimulováním rozrušujícími obrázky (Boucsein et al., 2012).

## 3.2 Elektrokardiografie (EKG)

Elektrokardiografie (EKG) je metoda, která umožňuje z povrchu kůže lidského těla měřit elektrickou aktivitu srdce. Výsledkem snímání této aktivity je elektrokardiogram (Stern et al., 2001). Elektrokardiografie je základní vyšetřovací metodou v kardiologii, jakožto neinvazivní a efektivní nástroj pro vyšetření arytmií a ischemických chorob srdečních (Fye, 1994). Výzkumně je využívána například v oblasti emocí, stresu, kognice, pozornosti, motivace a dalších (Andreassi, 2000).

Měření elektrokardiografie se pojí s kardiovaskulární soustavou lidského těla. Kardiovaskulární soustava se skládá ze srdce a systému krevních cév. Srdce je svalový orgán, který se nachází v mezihrudí, kde ze spodní strany naléhá na bránici a je uloženo ve vazivovém vaku (perikardu). Srdce se skládá ze čtyř dutin (pravá a levá předsíň, pravá a levá komora) a čtyř chlopní (chlopeň trojčípá, chlopeň dvojčípá, chlopeň poloměsíčitá pulmonální, chlopeň poloměsíčitá aortální). Srdeční buňky lze dělit na pracovní myokard, který je tvořený kardiomyocyty a převodní systém srdeční, který je tvořen specializovanými srdečními buňkami. Převodní systém srdeční automaticky generuje a přenáší elektrické impulzy, které podmiňují kontrakci pracovního myokardu.

Pracovní myokard pak odpovídá za realizaci srdečního stahu. Když se myokardem šíří elektrické potenciály dochází k depolarizaci, kdy se zcela převrací polarizace membrány, a pak dochází k repolarizaci, tedy k navrácení do klidového stavu (Orel, 2019). Mezi fází depolarizace a fází repolarizace se ještě nachází fáze plató. Přítomnost této fáze v akčním potenciálu způsobuje, že komorová kontrakce trvá v srdečním svalu až patnáctkrát déle než v kosterním svalstvu (Guyton & Hall, 2006). Změny elektrických potenciálů jsou natolik velké, že se elektrické proudy šíří dalšími tělesnými strukturami a lze je tedy neinvazivně měřit na povrchu těla (Orel, 2019).

### 3.2.1 Frekvence srdečního rytmu

Významným ukazatelem srdeční aktivity je její frekvence. Délku srdeční frekvence lze určit jako převrácenou hodnotu srdeční periody, kterou určuje vzdálenost (časový úsek) dvou sousedních vln R, jedná se o tzv. R-R interval (Andreassi, 2000). Srdeční rytmus není stálý, srdeční cykly jsou tzv. kvaziperiodické (Sieciński et al., 2020). V rámci elektrokardiografie jsou rozlišovány 4 frekvenční pásma srdečního rytmu (Shaffer et al., 2014):

- **High frequency (HF)** neboli pásmo vysoké frekvence se pohybuje v rozmezí 0,15 – 0,4 Hz. Toto pásmo odráží aktivitu parasymptiku a nervu vagu (bloudivého nervu). Je ovlivněno dechem, konkrétně respirační sinusovou arytmií (RSA), kdy se srdeční frekvence při nádechu zrychluje, a naopak při výdechu zpomaluje. Převaha HF pásma je považována za znak normálního uvolněného psychického stavu.
- **Low frequency (LF)** neboli pásmo nízké frekvence se pohybuje v rozmezí 0,04 – 0,15 Hz. Toto pásmo je ovlivněno aktivitou baroreceptorů a činností celého autonomního systému, hlavně ale sympatickým nervovým systémem (sympatikem).
- **Very low frequency (VLF)** neboli pásmo velmi nízké frekvence se pohybuje v rozmezí 0,0033 – 0,04 Hz. Toto pásmo je ovlivněno změnami teplot, hormonální aktivitou, obsesivním myšlením, emocionálními a stresujícími faktory.
- **Ultra low frequency (ULF)** neboli pásmo ultra nízké frekvence má frekvenci nižší než 0,0033 Hz. Vzhledem k tomu, že toto pásmo odráží cirkadiální rytmus autonomního nervového systému, tak ho lze hodnotit pouze pomocí záznamů dlouhých minimálně 24 hodin.

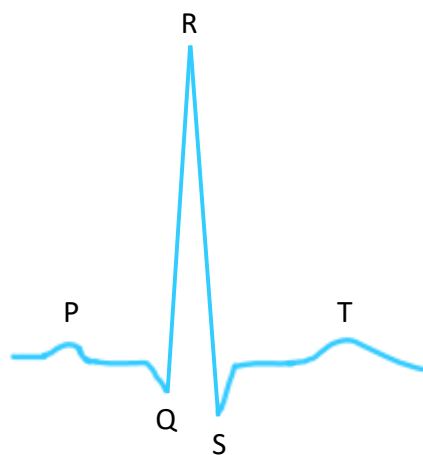
Mimo samotná pásma se jako další ukazatel srdeční činnosti uvádí i poměr LF/HF pásma. Poměr LF/HF pásma odhaduje rovnováhu mezi aktivitou sympatiku

a parasympatiku. Vychází z předpokladu, že pásmo nízké frekvence (LF) převážně odráží aktivitu sympatiku a pásmo vysoké frekvence (HF) odráží aktivitu parasympatiku. Vyšší poměr LF/HF tedy napovídá převaze sympatiku oproti parasympatiku. Poměr LF/HF je do určité míry kontroverzní, a to z důvodu, že pásmo nízké frekvence je ovlivněno celým autonomním nervovým systémem a výrazně i dechem. I přesto je poměr LF/HF obecně vnímán jako ukazatel fyziologického, nebo i psychologického stresu (Shaffer & Ginsberg, 2017).

### 3.2.2 Snímání EKG

Jak je již nastíněno v předešlých kapitolách, srdeční činnost lze metodou elektrokardiografie měřit neinvazivně z povrchu kůže. Elektrický potenciál se měří pomocí elektrod, které jsou umístěny buď na hrudi, nebo na končetinách. Elektrický potenciál je totiž natolik silný, že jej je možné měřit i na periferiích dolních a horních končetin (Andreassi, 2000).

Výsledkem snímání srdeční činnosti je elektrokardiogram, který se u zdravého člověka skládá z charakteristických komponent, které jsou pojmenovány P, Q, R, S, T, které jsou vyznačeny na obrázku 1. P vlna je poměrně malá a její začátek odpovídá excitaci SA uzlíku a počátku depolarizace síňového svalstva. Segment PQ odpovídá převodu vzruchu ze síní do komor. Následuje QRS komplex, který se pojí s depolarizací srdečních komor. Poslední je vlna T, která odpovídá repolarizaci komor (Stern et al., 2001). Repolarizaci síní není možné pozorovat, protože je skrytá za výraznější depolarizaci komor (Andreassi, 2000).



Obrázek 1: Nákres lidského elektrokardiogramu s komponenty P, Q, R, S, T

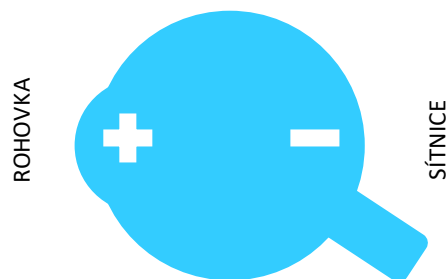
(zdroj: vlastní nákres)

### 3.3 Elektrookulografie (EOG)

Proces, při kterém jsou měřeny pohyby očí se nazývá elektrookulografie (EOG) (Andreassi, 2000). Elektrookulografie je využívána v mnohých oblastech psychologie, neurologie a dalších oborů a její uplatnění je poměrně pestré. Používá se například k monitorování rychlých očních pohybů během spánkového cyklu člověka či k nahrávání vizuálních fixací během vnímání. Elektrookulografie se také využívá ve studiích týkajících se čtení či v rámci studií v oblasti dopravní psychologie (Andreassi, 2000).

Elektrookulografie se pojí se zrakovým ústrojím člověka. Z anatomického hlediska tvoří zrakové ústrojí oční koule a přídatné orgány oční. Oční koule se skládá z bělimy, rohovky, cévnatky, duhovky, čočky, sklivce a sítnice. Mezi přídatné orgány oční se řadí spojivky, horní a dolní víčka, slzné žlázy a okohybné svaly (Orel, 2019).

V kontextu elektrookulografie je nejvýznamnější rohovka, sítnice a okohybné svaly. Rohovka a sítnice se liší ve své elektrické polarizaci, jsou rozdílně elektricky nabitě, rohovka zastává pozitivně nabitý pól, sítnice naopak negativně nabitý pól (viz obrázek 2). Rohovka se nachází na přední straně oka, sítnice na zadní straně oka, vzhledem k jejich polarizaci je tedy na přední straně oční koule elektrický potenciál kladný a na zadní straně záporný (Banik et al., 2015). Tím, co umožňuje pohyby očních koulí jsou okohybné svaly. Člověk má na každém oku šest okohybných svalů, z toho čtyři přímé a dva šikmé. Konkrétně se jedná o zevní přímý sval, vnitřní přímý sval, horní přímý sval, dolní přímý sval, horní šikmý sval a dolní šikmý sval. Okohybné svaly jsou tvořeny příčně pruhovanou svalovinou, podléhají tedy volní kontrole. Tyto svaly jsou řízeny motorickými vlákny hlavových nervů, konkrétně nervem okohybným, nervem kladkovým a nervem odtahujícím (Orel, 2019).



Obrázek 2: Schématické znázornění polarizace oka

(zdroj: vlastní nákres)

### 3.3.1 Oční pohyby

V rámci očních pohybů je potřeba rozlišovat úmyslný a neúmyslný fixační mechanismus. Vědomé zaměření zraku na objekt umožňuje úmyslný fixační mechanismus, neúmyslný fixační mechanismus se pak pojí s udržením objektu v zorném poli. U člověka rozlišujeme několik druhů očních pohybů, rozlišujeme pohyby oční koule, mrkání a pohyby pupily. Pohyby oční koule lze dělit podle jejich synchronie na verze (neboli konjugované pohyby) a vergence (neboli diskonjugované pohyby). Konjugované pohyby jsou symetrické, oční koule se pohybují symetricky ve stejném směru. Vyskytují se, pokud se objekt pohybuje buď ve směru nahoru a dolů či ze strany na stranu. Diskonjugované pohyby jsou charakteristické tím, že se oční koule pohybují nesymetricky, ve směru opačném. Pokud se objekt vzdaluje, oči se pohybují od sebe, pokud se přibližuje, oči se pohybují k sobě (Procházka & Sedláčková, 2015).

Oko také neustále vykonává tři druhy podvědomých pohybů, jejichž význam je udržení očního vjemu pomocí přesouvání obrazu přes žlutou skvrnu, místo nejostřejšího vidění (Orel, 2019). Mezi tyto pohyby je řazen tremor, drift a mikrosakády. Tremor je charakterizován drobným chvěním oka, frekvence tohoto chvění je až 100 Hz a amplituda je nízká, pohybuje se v řádu jednotek až desítek úhlových sekund. Drift je pohyb klouzavý, má nižší frekvenci než 0,5 Hz, ale vyšší amplitudu v řádu jednotek až desítek úhlových minut. Mikrosakády jsou rychlé pohyby s frekvencí 1-2 pohyby za sekundu s amplitudou v jednotkách až desítkách úhlových minut. U tremoru a driftů se každé oko pohybuje nezávisle na tom druhém, naopak u mikrosakád se obě oči pohybují stejně (Procházka & Sedláčková, 2015).

Mezi poslední typy očních pohybů patří sakadické pohyby (sakády) a hladké sledovací pohyby. Sakády jsou velmi rychlé trhavé oční pohyby. Jedná se o fixační pohyby, během kterých je po určitou dobu fixován bod a pak dojde k fixaci dalšího bodu a tak dále. Tyto pohyby jsou velmi rychlé, jsou to nejrychlejší pohyby, kterých je člověk schopen, Rychlost těchto pohybů je až 800 stupňů za sekundu. Průměrně trvá sakáda 10-100 ms a fixace je dlouhá 100-200 ms. Sakády jsou volní i mimovolní. Příkladem volních sakád je pozorování sloupů z okna jedoucího vlaku, mimovolní sakády se objevují například při čtení textu. Hladké sledovací pohyby jsou, narozdíl od sakád, pomalé. Uplatnění mají při sledování pomalu pohybujících se objektů a jejich rychlost je 20-30 stupňů za sekundu (Procházka & Sedláčková, 2015).

### 3.3.2 Mrkání

Mimo zmíněné pohyby očí je pro psychofyziologii důležité i mrkání. Mrkání může být volní, mimovolní reflexní a mimovolní periodické. Volní mrkání je založené na vědomé vůli člověka mrknout. Mimovolní reflexní mrknutí má ochrannou funkci, například pokud člověk vidí letící objekt směrem k očím. Mimovolní periodické mrknutí probíhá automaticky a jeho účelem je zvlhčování oka. V rámci psychofyziologie je významná hlavně frekvence mrkání a její změny. Snížená frekvence mrkání se obecně pojí s příjemnými pocity, relaxací, zaměřením pozornosti, čtením, úspěšným vyřešením úlohy. Naopak zvýšenou frekvenci mrkání je možné zaznamenat při nepříjemných pocitech, stresu, v časové tísní, při selhání či chybě v nějakém úkolu (Andreassi, 2000).

Průměrná frekvence spontánního mrkání se individuálně velmi liší. Pohybuje se mezi 2,9 mrknutími za minutu až po 29 mrknutí za minutu (Doughty, 2001). Vlivů na frekvenci mrkání je mnoho, studie naznačují, že i malé množství oslnění se může projevit změnou aktivity spontánního mrkání (Doughty, 2014). Jedním z důležitých faktorů v souvislosti s oslněním a mrkáním se ukazuje být pozice očí člověka během oslnění. Výsledky ukazují, že změny ve frekvenci spontánního mrknutí během oslnění se mohou objevovat zejména pokud je pozice oka ve směru zdroje oslnění nebo mu je odvrácena (Doughty, 2014).

### 3.3.3 Snímání EOG

Měření pohybů očí metodou elektrookulografie je založené na měření změn v elektrických potenciálech, které se objevují, pokud se oční koule člověka hýbe. Princip je založen na tzv. korneoretinálním potenciálu, který vzniká mezi rohovkou a sítnicí a následnou změnou polohy elektrického dipólu oka v souvislosti s očním pohybem. Oko by se dalo přirovnat k baterii a pohyby očí jako rotaci této baterie a s tím spojené změny úrovně polarizace, které je možné snímat (Stern et al., 2001). V předchozí kapitole jsou popsány různé typy pohybů očí, je nutné zmínit, že elektrookulografie je schopná měřit jen ty hrubší z nich, konkrétně sakády a sledovací pohyby (Svatopluk & Šárka, 2014).

Elektrookulografie je technika založená na snímání elektrických potenciálů, a to pomocí elektrod umístěných kolem očí. Nejpoužívanější elektrody k snímání pohybů očí jsou vyráběny ze stříbra a chloridu stříbrného. Umístění elektrod se dělí dle směru pohybu, který je snímán (Stern et al., 2001):

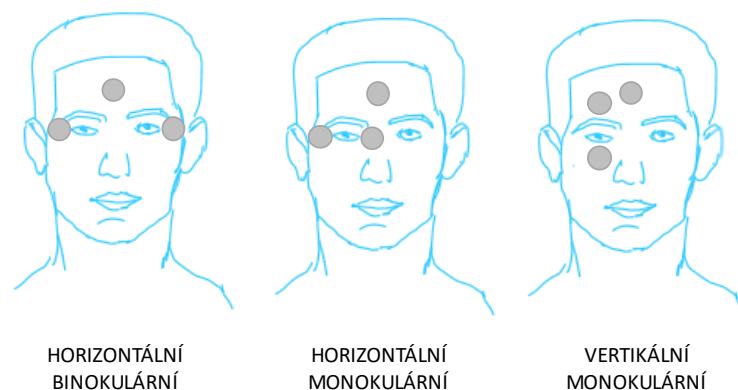


- **Horizontální zapojení** slouží k snímání vodorovných pohybů. Kladná a negativní elektroda jsou umístěny k vnějším okrajům oka, zemní elektroda pak na čelo.
- **Vertikální zapojení** slouží k snímání svislých pohybů. Zde je kladná a negativní elektroda umístěna nad a pod oko, a to v úrovni zornice při pohledu dopředu. Zemní elektroda je umístěna stejně jako u horizontálního zapojení, tedy na čelo.

Dále lze zapojení elektrod z elektrookulografie dělit podle toho, zda je snímáno pouze jedno oko či obě oči na (Andreassi, 2000):

- **Binokulární zapojení** snímá pohyb obou očí. Používá se častěji při snímání horizontálních pohybů.
- **Monokulární zapojení** snímá pohyb pouze jednoho oka. Toto zapojení se používá častěji při snímání vertikálních pohybů očí, než u horizontálních. U horizontálních pohybů je totiž nutné elektrody umístit na vnější stranu oka a k vnitřní straně oka na kořen nosu, což není vždy praktickým řešením.

Výše zmíněná zapojení elektrod při elektrookulografii jsou znázorněna nákresem na obrázku 3:



Obrázek 3: Nákres zapojení elektrod u EOG

(zdroj: vlastní nákres)

### 3.4 Vizualní evokované potenciály (VEP)

Evokované potenciály jsou odpovědí nervové soustavy na stimulaci receptorů a pojí se s měřitelnou změnou elektrického napětí v nervové tkáni. Evokované potenciály lze dělit na vizualní, sluchové kmenové, somatosenzorické, motorické a kognitivní evokované potenciály. Sluchové kmenové evokované potenciály vznikají na základě stimulace rychle opakujícího se zvuku. Tyto potenciály jsou snímány z vrcholu klenby lebeční (*vertex*).

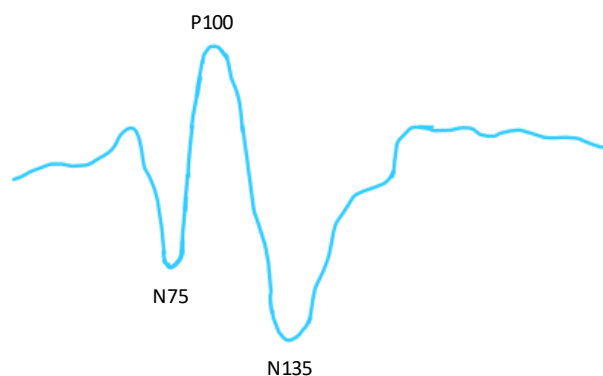
Somatosenzorické evokované potenciály jsou stimulovány opakovaným elektrickým impulzem do periferního nervu. S motorickými evokovanými potenciály se pojí magnetická transkraniální stimulace, zaměřená na eferentní motorické dráhy. Kognitivní evokované potenciály jsou vyvolány podněty či událostmi, mohou být jak sluchové, tak vizuální (Orel & Procházka, 2017)

Vizuální evokované potenciály neboli zrakové evokované potenciály (VEP), které jsou hlavním předmětem této kapitoly, vznikají na základě zrakového stimulu, kdy dochází k podráždění zrakových receptorů (Štětkářová, 2020). Vizuální evokované potenciály se pojí s elektrickými potenciály, které jsou vyvolané krátkými vizuálními podněty a měřeny jsou pomocí elektrod umístěných na skalpu člověka v oblasti zrakového kortexu (Bekdash et al., 2015).

S vizuálními evokovanými potenciály se tedy pojí zraková soustava člověka, konkrétně zejména fotoreceptory, na straně mozku pak nerv zrakový (*nervus opticus*) a funkční korové oblasti týlního laloku. Vrstva fotoreceptorů je v lidském oku tvořena specializovanými buňkami, které jsou citlivé na fotony světla a slouží k vnímání barvy a intenzity světla. Fotoreceptory jsou rozlišeny na tyčinky a čípky. Tyčinky slouží ke skotopickému vidění. Čípky slouží k fotopickému vidění, umožňují tedy barevné vidění a s tím se pojí i to, že v lidském oku existují tři druhy čípků, každý citlivý na jinou vlnovou délku světla. Tyčinky ani čípky nejsou v sítnici oka rovnoměrně rozmístěné. Speciální oblastí je pak žlutá skvrna, kde jsou čípky maximálně koncentrované, a naopak tyčinky zde zcela chybí (Orel, 2019). Zrakový nerv (*nervus opticus*) vede informace z gangliových buněk sítnice, kde z dutiny očníce prochází do mozkovny a vede do zrakových center v oblastech mezimozku a středního mozku. Vlákná zrakového nervu z vnitřní poloviny sítnice se kříží a procházejí tak do protilehlé poloviny mozku, vlákná ze zevní poloviny sítnice se nekříží. Z mezimozku a středního mozku vede zraková dráha až do zrakové kůry okcipitálního (týlního) laloku (Orel, 2019). Specifickou oblastí týlního laloku je primární zraková korová oblast, která leží ve středu týlního laloku a ji lemující sekundární zraková korová oblast. Primární zraková korová oblast slouží k zpracovávání zrakových informací ze sítnice. Sekundární zraková korová oblast má význam pro třídění a rozbor zrakových informací. Dochází zde ke srovnávání zrakových vjemů, zařazování do souvislostí a ukládání do paměti (Orel, 2015).

### 3.4.1 Vlna P100

Obvyklá vlna vizuálních evokovaných potenciálů (viz obrázek 4) se skládá z dvou negativních vln označovaných písmenem N a z jedné pozitivní vlny označované písmenem P, čísla za těmito písmeny odpovídají očekávané latenci těchto vln. Konkrétně se vlna vizuálních evokovaných potenciálů skládá z malé negativní vlny, která je označována N75, následuje vysoká pozitivní vlna s názvem P100, kterou pak následuje druhá negativní vlna označována N135 (Bekdash et al., 2015). Nejvýraznější a nejstálejší vlnou tohoto komplexu je vlna P100, která je jedním z hlavních ukazatelů vizuálních evokovaných potenciálů. Jedná se o pozitivní vlnu, která je ohraničena dvěma negativními vlnami a její latence se pohybuje kolem 100 ms. Vlna P100 je také jedinou vlnou, u které je velmi pravděpodobné její místo vzniku. Toto místo je lokalizováno na spodině fisura calcarina na okcipitálním kortexu (Kaňovský & Dufek, 2000).



Obrázek 4: Nákras vlny VEP

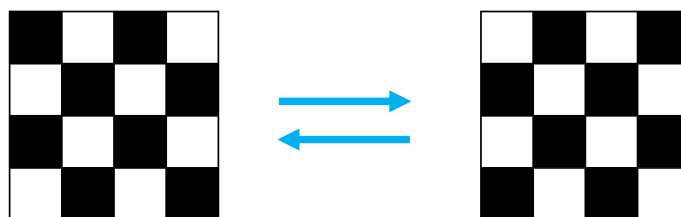
(zdroj: vlastní nákras)

Mezi faktory, které by mohly ovlivnit záznam vizuálních evokovaných potenciálů, respektive s vlnou P100, se řadí věk, zraková ostrost, tělesná teplota a vědomá nespolupráce. Efekt věku na vlnu P100 je nejistý a do určité míry je závislý na velikosti stimulu a luminance. U lidí do 20 let může docházet ke zkracování latence P100, naopak po padesátém roku dochází k narůstání, efekt na amplitudu P100 není zřejmý. U zrakové ostrosti platí s amplitudou P100 přímá úměra, tedy nižší zraková ostrost se pojí s nižší amplitudou, u latence P100 je úměra nepřímá, nižší zraková ostrost se pojí s delší latencí. U tělesné teploty nebyl prokázán její význam, byť se do určité míry bude pojit s rozdíly u mužů a žen. Ženy mají v průměru kratší latenci P100 a vyšší amplitudu P100. Záznam také může poškodit nespolupráce pacienta, který odvrací pohled od stimulu, nadměrně mrká apod. Zároveň mají na záznam vliv různé látky, například užití drog s obsahem THC či blokátorů dopaminových receptorů (Kaňovský & Dufek, 2000).

### 3.4.2 Měření a stimulace VEP

Vizuální evokované potenciály jsou měřeny pomocí elektroencefalografie (EEG), jejíž výsledkem (záznamem) je elektroencefalogram. Elektroencefalograf měří elektrické potenciály mozkových neuronů a vytváří sumační záznam oscilací jejich elektrické aktivity. Tyto potenciály jsou tak velké, že je lze měřit neinvazivním způsobem z povrchu hlavy. Záznam EEG lze uskutečnit bipolárně či unipolárně, které se liší v používání snímacích elektrod. U bipolárního záznamu jsou porovnávány elektrické potenciály mezi dvěma body (dvěma elektrodami) na skalpu, u unipolárního záznamu je měřen rozdíl elektrických potenciálů mezi aktivní elektrodou, umístěnou na skalpu v místě aktivní oblasti mozkové tkáně, a referenční elektrodou (Orel & Procházka, 2017). EEG je standardně měřeno podle systému 10-20. Tento systém se skládá z nasionu označující kořen nosu a inionu označující protuberatia occipitalis externa, dále body F (frontální kůra), Fp (frontální pole), P (parietální kůra), T (temporální kůra), O (okcipitální kůra) a C (centrální část) (Procházka & Sedláčková, 2015):

Zrakovou dráhu lze stimulovat dvěma základními způsoby, a to pomocí stimulace zábleskem (flash VEP) a stimulace strukturovaným podnětem (pattern VEP). Rozdíl mezi těmito způsoby spočívá v podnětu, kterým je zrakový dráha stimulovaná. U stimulace zábleskem dochází ke změně jasu v zorném poli. Strukturovaným podnětem je nejčastěji obrazec, který je rozčleněn na tmavé a světlé plochy. V rámci stimulace strukturovaným podnětem lze rozlišovat další podtypy. Jedná se o objevení obrazce (pattern appearance VEP, zmizení obrazce (pattern disappearance VEP) a zvrát struktury, který má podobu záměny dvou navzájem obrácených vzorů obrazce (pattern reversal VEP). Nejčastěji používaná je stimulace strukturovaným podnětem pomocí zvrát struktury, při které dochází k změně kontrastu v různých částech zorného pole za stálého jasu (viz obrázek 5). Záznam pomocí tohoto podnětu má menší variabilitu než u zábleskového podnětu (Kaňovský & Dufek, 2000).



Obrázek 5: Schéma principu pattern reversal VEP stimulace

(zdroj: vlastní nákres)

Amplituda vlny P100 (N75-P100) při binokulárním měření stimulováním pattern reversal VEP se u dospělých se zdravým zrakem pohybuje kolem  $14.8 \pm 4.1 \mu\text{V}$  a u dospělých s menší vadou (krátkozrakost) je to  $11.3 \pm 3.6 \mu\text{V}$  (di Summa et al., 1999). Se snižujícím se kontrastem se snižuje amplituda vlny P100 vizuálních evokovaných potenciálů (Kaňovský & Dufek, 2000). Latence vlny P100 při binokulárním měření stimulováním pattern reversal VEP se u dospělých se zdravým zrakem pohybuje kolem  $106.7 \pm 7.6 \text{ms}$  a u dospělých s menší vadou (krátkozrakost) je to  $103.8 \pm 5.2 \text{ms}$  (di Summa et al., 1999).

Ke stimulování vizuálních evokovaných potenciálů je třeba zařízení, které umožňuje vyvolávat optické podněty. Skládá se ze stimulatoru a generátoru optických podnětů, generátorem je nejčastěji monitor, kterým lze provádět stimulaci VEP strukturovanými podněty, nikoliv ale zábleskové VEP. Mimo monitor lze například používat i diodové brýle, stroboskop, zrcadlový systém či tzv. Ganzfeld stimulatory (Kaňovský & Dufek, 2000).

Jednou z výzkumných oblastí týkající se vizuálních evokovaných potenciálů je vliv spektrálních filtrů na vizuální evokované potenciály, přesněji amplitudy vlny P100. Míra jejich vlivu však není zcela jednoznačná. Studie prováděná na dětech s různými symptomy ukázala, že u dětí trpících zrakovým stresem, avšak bez bolesti hlavy se objevuje vyšší amplituda vlny P100 vizuálních evokovaných potenciálů bez čoček než při nošení barevných čoček. Naopak ale děti, které měly symptomy bolesti hlavy až migrény, vykazovaly největší amplitudu vlny P100 právě při nošení barevných čoček, než bez nich (Riddell et al., 2006). Další studie byla provedena na zdravých dospělých a týká se vlivu spektrálních filtrů (šedý, modrý, žlutý a červený filtr) na vizuální evokované potenciály stimulované pomocí pattern reversal. Průměrná hodnota amplitudy a latence P100 byla pro baseline  $14,52 \mu\text{V}$  a  $104,26 \text{ms}$ , pro šedý filtr  $15,62 \mu\text{V}$  a  $109,41 \text{ms}$ , pro modrý filtr  $15,21 \mu\text{V}$  a  $110,18 \text{ms}$ , pro žlutý filtr  $14,37 \mu\text{V}$  a  $106,93 \text{ms}$  a pro červený filtr  $14,58 \mu\text{V}$  a  $111,43 \text{ms}$ . Nebyl zde nalezen žádný signifikantní vztah mezi spektrálním filtrem a amplitudou P100. Ale byl zde nalezen významný vliv spektrálních filtrů na latenci P100 ( $F(4,19) = 10,11, p < 0,0001$ ). Latence P100 se u každého filtru zvýšila oproti baseline (bez filtru) (Willeford et al., 2016).

# VÝZKUMNÁ ČÁST

## 4 VÝZKUMNÝ PROBLÉM A CÍLE

Moderní doba, ve které žijeme s sebou nese trendy, které se nevyhýbají ani oblasti automobilového průmyslu. Právě v něm modernost a luxus představují pojmy jako zářivost, lesk, potřeba oslnit. Oslnění v tomto smyslu s sebou ale nese i nevýhody (Mičková, 2021). Žluté halogenové žárovky jsou v autech nahrazovány LED zdroji světla, které navozují žádanou modernost, avšak za cenu újmy na straně vizuálního aparátu řidiče, způsobují diskomfort, a tak je újma i na straně bezpečnosti v dopravě (Bullough et al., 2008; Theeuwes et al., 2002). Na trhu se objevují speciální čočky, které svými vlastnostmi slibují zmírnění těchto negativních aspektů oslnění, jemuž se v běžné dopravě prakticky nelze vyhnout, a to filtrací modré části spektra (Friedland et al., 2017). Výzkumným problémem této práce je pak zjistit, jestli vybrané čočky, které filtrují modrou část spektra při oslnění ovlivňují stres u řidiče a jeho mozkovou činnost.

Aby bylo možné tento účinek měřit, jsou za účelem této práce zvoleny psychofyziologické indikátory. Elektrodermální aktivita je součástí sympatického nervového systému, který se podílí na stresové reakci a jejím měřením je možné detekovat nabuzení (Geršak, 2020). Se stresovou reakcí se pojí i srdeční činnost. Poměr LF/HF je obecně vnímán jako index stresové reakce (Shaffer & Ginsberg, 2017). Na základě těchto poznatků lze předpokládat, že pokud bude u participantů reakcí na oslnění stresová reakce, projeví se to právě na úrovni elektrodermální aktivity a změnou srdeční činnosti. Přirozenou reakcí na oslnění je mrkání. Spontánní mrkání je přirozený proces lidského těla, kterým si udržuje zdravý povrch oka a jasnost vidění (Hamedani et al., 2020). Přítomnost oslnění může potenciálně zvyšovat intenzitu mrkání (Doughty, 2014). Vzhledem k tomu, že se jedná o zavírání očí, byť jen na malou chvíli, je nadměrné mrkání způsobené oslněním považováno za potenciálně nebezpečné při řízení, a proto se i tím zabývá tato práce. Poslední aspektem psychofyziologické reakce je reakce na úrovni mozku, přesněji vizuálních evokovaných potenciálů. Vizuální evokované potenciály jsou ukazatelem reakce vizuálního aparátu člověka na vizuální stimuly (Bekdash et al., 2015), a tak je tento ukazatel vhodný právě pro tento výzkum.

Cíle výzkumu jsou formulovány na základě výše popsaného výzkumného problému. Hlavní cíle tohoto výzkumu jsou formulovány následovně:

1. Zjistit, zda mají různé typy čoček s různou propustností vliv na elektrodermální aktivitu po oslnění LED světloemety.
2. Zjistit, zda mají různé typy čoček s různou propustností vliv na změnu poměru LF/HF pásma srdečního rytmu po oslnění LED světloemety.
3. Zjistit, zda mají různé typy čoček s různou propustností vliv na počet mrknutí po oslnění LED světloemety.
4. Zjistit, zda mají různé typy čoček s různou propustností vliv na mozkovou aktivitu při stimulaci vizuálních evokovaných potenciálů.



# 5 METODOLOGIE VÝZKUMU

Pátá kapitola této práce se zabývá metodologií výzkumu. Čtenář je zde seznámen s designem výzkumu a použitými metodami, dále také s proměnnými a jejich operacionalizací a jsou zde také formulovány hypotézy. Je zde také popsána laboratoř se svými technickými parametry. V dalších podkapitolách je objasněna pilotní studie, průběh experimentu a je zde definován výběrový soubor a způsob sběru dat. Poslední podkapitola je věnována etickému hledisku, ochraně soukromí a zdraví participantů.

## 5.1 Design výzkumu a použité metody

V této bakalářské diplomové práci je použit kvantitativní výzkumný design. Výzkumnou metodou je experiment v laboratorním prostředí. Zvolen je vnitrosubjektový design s využitím vyvažování podmínek, kdy je u participantů měněno pořadí předkládaných filtrů.

Výzkum, který probíhal v rámci předložené práce, lze rozdělit na dvě části. První část je zaměřena na vliv různých čoček filtrujících modrou složku světla na stres u řidiče během oslnění moderními LED světly. Druhá část se týká vlivu různých čoček filtrujících modrou složku světla na mozkovou činnost, respektive vizuální evokované potenciály stimulované pomocí pattern reversal VEP (měnící se šachovnicí). V první části je tedy pozornost věnována akutní stresové reakci, kterou oslnění může u člověka způsobovat, a tím, jestli předkládané čočky mohou tuto reakci ovlivnit či nikoliv. V druhé části je tato myšlenka posunuta dál, tedy jestli se změna projeví i na úrovni centrálního nervového systému. V následující podkapitole jsou blíže přiblíženy jednotlivé proměnné.

## 5.2 Proměnné

Jak již bylo zmíněno výše, tato práce má dvě části a s tím související proměnné. V první části (oslnění) je manipulováno s brýlovými čočkami. Nezávislou proměnnou jsou tedy brýlové čočky a závislou proměnnou je amplituda vlny specifické odpovědi elektrodermální aktivity (SCR), změna poměru LF/HF (stresová reakce) a průměrný počet mrknutí.

Druhá část se týká vlivu jednotlivých čoček na mozkovou činnost, respektive na vizuální evokované potenciály. Během této části je také manipulováno s brýlovými čočkami, nezávislá proměnná zůstává tedy stejná a závislou proměnou je amplituda vlny P100 a latence vlny P100 vizuálních evokovaných potenciálů.

Nežádoucími proměnnými jsou teplota a vlhkost v místnosti, ty jsou ale řešeny odvlhčovačem vzduchu a častým větráním.

## 5.3 Hypotézy

H1: Velikost amplitudy SCR se zmenšuje v závislosti na tom, jaká je propustnost čočky předkládané během oslnění LED světloemety.

H2: Poměr LF/HF se snižuje v závislosti na tom, jaká je propustnost čočky předkládané během oslnění LED světloemety.

H3: Průměrný počet mrknutí v intervalu do 20 s po oslnění LED světloemety se liší v závislosti na tom, jaká je propustnost čočky předkládané během oslnění LED světloemety.

H4: Velikost amplitudy vlny P100 se liší v závislosti na tom, jaká je propustnost čočky předkládané během stimulace pomocí pattern reversal VEP.

H5: Velikost latence vlny P100 se liší v závislosti na tom, jaká je propustnost čočky předkládané během stimulace pomocí pattern reversal VEP.

## 5.4 Laboratoř a vybavení

Celý výzkum probíhal v Human Light Interaction laboratoři (HLI), která je určena k realizaci výzkumů zabývajících se vlivem světla na člověka. Myšlenkou laboratoře je sdružovat odborníky i veřejnost se zájmem o problematiku zrakového vnímání, světla, barev, designu a user-experience (UX). Cílem je interdisciplinární spolupráce, kterou je tato práce příkladem. Tato práce vznikala ve spolupráci se studentkou Katedry optiky UP a měla by tak podávat komplexní pohled na danou problematiku.

### 5.4.1 Rozložení laboratoře

Laboratoř se nachází v podzemí, je vymalována na černo a jsou v ní zatemněná okna, aby sem nepronikalo světlo. V místnosti se nachází dvě experimentální stanoviště. Tyto stanoviště také odpovídají rozřazení tohoto výzkumu na dvě části, které byly nastíněny

výše a blíže jsou popsány v kapitole týkající se průběhu experimentu (5.6). První stanoviště se skládá ze světel řidiče (halogen) a světel protijedoucího vozidla (LED), výškově nastavitelné židle a podpěrky hlavy pro participanta. Dále se zde nachází obrazovka zobrazující optotyp a Pelliova-Robsonova tabulka. Druhé stanoviště se skládá ze stolu, na kterém je umístěn stimulátor vizuálních evokovaných potenciálů Nicolet. Opět je tu také podpěrka hlavy pro participanta a výškově nastavitelná židle. Společnou částí obou stanovišť je počítač administrátora a zařízení BIOPAC. Technickým záležitostí je speciálně věnovaná další podkapitola.

## 5.4.2 Popis technických aspektů a vybavení

Technický aspekt tohoto výzkumu je vnímán jako významný a důležitý pro výzkum obsahující psychofyziologické měření, proto je mu věnována tato separátní kapitola. Celý experiment je zaznamenán pomocí programu AcqKnowledge systému BIOPAC, ve kterém byla získaná data následně i analyzována. Snímací jednotkou je MP35. Do zařízení jsou zapojeny příslušné kabely (referenční i zemní) a také jsou připojeny dva luxmetry, synchronizační signál stimulátoru VEP je připojen k přepínači signálu mezi snímáním oslnění a snímáním vizuálních evokovaných potenciálů.

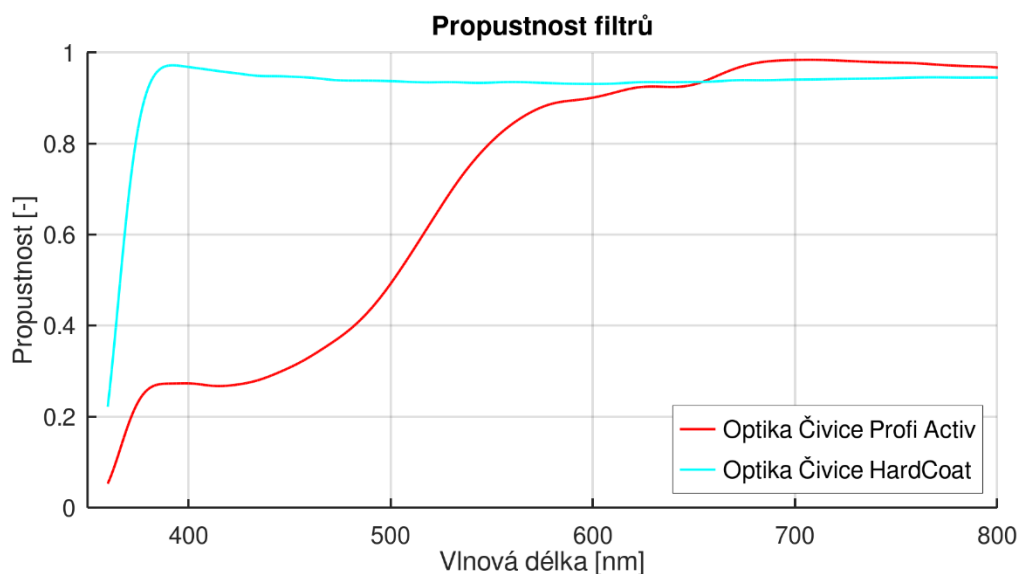
Pro měření elektrodermální aktivity jsou používány jednorázové nalepovací elektrody typu Ag/AgCl s karbonovým drukem. Elektrody jsou umístěny bipolárně na palmární stranu prstů na levé ruce. Pro měření elektrokardiografie (EKG, srdeční činnosti) jsou používány klipsové elektrody, které jsou zapojeny dle tzv. Einthovenova trojúhelníku. Jedná se o standardní končetinový svod, přesněji svod II. (lead II.). Klipsy jsou umístěny na vnitřní pravý kotník (zemní), vnitřní levý kotník (pozitivní) a pravé zápěstí (negativní). Před nasazením je kůže očištěna abrazivní pastou a vodivost je zvýšena vodivým gelem. Pro měření vertikální elektrookulografie (vEOG) jsou používány jednorázové nalepovací elektrody typu Ag/AgCl s karbonovým drukem. Kůže je před nasazením elektrod čišťena abrazivní pastou. Pro zvýšení vodivosti je použit vodivý gel. Elektrody jsou na obličejí zafixovány páskou. Vizuální evokované potenciály jsou měřeny pomocí jednorázových nalepovacích elektrod typu Ag/AgCl s karbonovým drukem. Kůže je před nasazením čišťena abrazivní pastou a vodivost zvýšena vodivým gelem. Celkem jsou na každého participanta nasazeny tři elektrody na měření vizuálních evokovaných potenciálů. Jedna na čelo (zemní), druhá na temeno hlavy a třetí 2 cm nad inion. Elektrody jsou zafixované obvazem.

První část experimentu simuluje noční dopravní situaci s oslněním řidiče. V místnosti jsou dva světlometry, světlometry řidiče a světlometry protijedoucího vozidla. Světlometry řidiče jsou halogenová a světlometry protijedoucího vozidla jsou opatřena LED zdroji světla. Halogenovým zdrojem světla řidiče je dvoukomorový reflektorový systém vozidla nižší střední třídy. Je zde využita standardní sériová halogenová žárovka H7. LED zdrojem světla protijedoucího vozidla je unifikovaný projekční modul, který je montován jako standardizovaný dílec do různých typů světlometů. V tomto konkrétním případě se jedná o moduly prototypově vybavené LED z modřejšího binu s ostrou modrou hranicí. Tento typ byl zvolen vzhledem k tomu, že interakce čoček filtrující modrou část spektra a tohoto typu světla bude experimentálně nejvíce významná.

Autorka této práce spolupracovala s Katedrou optiky UP v Olomouci, která poskytla zkušební sadu čoček, které jsou využívány k nastavení správné korekce do obruby u participantů s poruchou zraku a jedny skleněné čočky jsou také využity jako placebo. Kromě sady klasických čoček byly využity další dva druhy čoček s různou propustností (absorpce), na které je zaměřena pozornost. Celkem jsou tedy během tohoto výzkumu použity 3 typy čoček, které jsou pracovním jmenováním Sluníčko, List, Rybka. Tyto názvy jim byly přiřazeny z důvodu zaslepení jejich pravého účinku pro experimentátora (autorku této práce). Popis těchto čoček:

- **Sluníčko** – čočky firmy Optika Čivice s úpravou Profi Activ. Jedná se o žlutooranžový filtr. Dle výrobce je vhodný pro řidiče a na sport. Intenzita zabarvení je 50 %. Tento filtr filtruje modrou část spektra z čoček v tomto výzkumu nejvíce. Propustnost (absorpci) světla má 78 %.
- **List** – čočky firmy Optika Čivice s HardCoat úpravou. Jedná se o tvrdá laková skla odolná proti otěru. Čočky jsou tvrzené, tedy odolnější proti poškrábání, jedná se o plastové čočky. Propustnost (absorpci) světla mají 98 %. Tyto čočky filtrují dopadající světlo, ale výrazně méně než čočky „Sluníčko“.
- **Rybka** – skleněné čočky ze zkušební sady. Tyto čočky nemají žádný filtr, žádnou povrchovou úpravu, jsou bez antireflexu, nefiltrují modrou část spektra.

K tomu, aby bylo možné participantům předkládat čočky před oči, slouží zkušební obruba Oculus. Propustnost čoček firmy Optika Čivice s úpravou Profi Activ (Sluníčko) a čoček firmy Optika Čivice s HardCoat úpravou (List), lze vidět na obrázku 6.



Obrázek 6: Graf propustnosti čoček Optika Čivice Profi Activ a HardCoat

## 5.5 Pilotní studie

Pilotní studie proběhla na 3 participantech. Během pilotní studie byl upraven způsob vysvětlování průběhu experimentu, který je poměrně složitý a bylo potřeba jej participantům říct jednodušeji, aby se eliminovaly chyby během měření způsobené nepochopením zadání. Co se týče designu experimentu, nebyl po pilotní studii shledán důvod jej měnit.

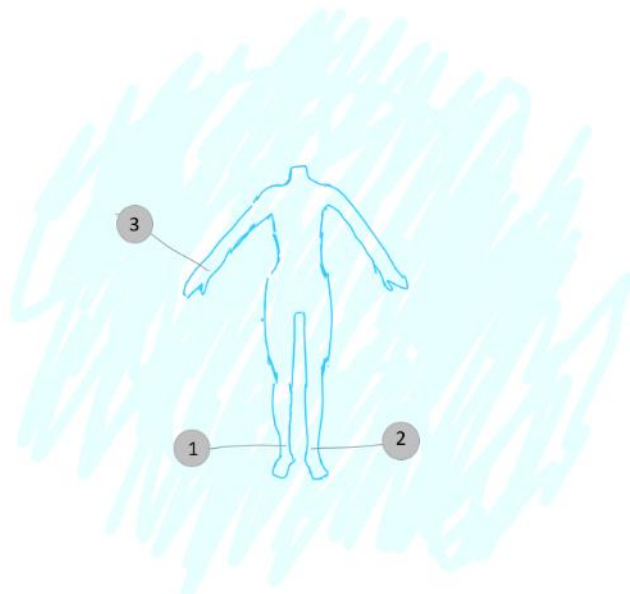
## 5.6 Průběh experimentu

Samotnému experimentu předchází přípravná fáze, která trvá 30 minut. V místnosti je před každým participantem větráno. Zároveň je potřeba zapnout veškerá zařízení a vyzkoušet jejich funkčnost. Jedná se o notebook experimentátora a zařízení k němu připojená (BIOPAC, luxmetry, obrazovka stimulující vizuální evokované potenciály, příslušné kabely). Dále jsou zapnuta světla řidiče i protijedoucího vozidla a zkontrolován odvlhčovač vzduchu. Po ověření funkčnosti všech zařízení se připravují pomůcky pro psychofyziologické měření (elektrody, abrazivní pasta, vodivý gel, páska, obvaz). Pokud je vše v pořádku, je vše připraveno pro příchod participanta.

Po příchodu si participant odloží nepotřebné věci do vedlejší místnosti a posadí se na židli. Následně mu je vysvětlen průběh experimentu, jeho význam a rizika, která se s účastí pojí. Dále je vyhraněn čas pro případné otázky či jakékoliv nejasnosti, které participant má. Poté co je participant poučen, všemu rozumí a již nemá žádné dotazy, je mu k podepsání předložen informovaný souhlas. Po podepsání informovaného souhlasu následuje samotný

experiment. Participant je na začátku požádán, aby na obrazovce s optotypem zkušebně přečetl řádek odpovídající vízu 1. Pokud toho není schopen, končí experiment a daný participant je vyřazen, protože nesplňuje jednu ze vstupních podmínek. Vyřazení z tohoto důvodu však nastalo pouze u 1 participanta. Pokud participant úspěšně přečte první řádek odpovídající vízu 1, experimentátor (autorka této práce) začíná připravovat participanta pro psychofyziologické měření.

Příprava pro psychofyziologické měření spočívá v zapojování participanta přes elektrody k zařízení BIOPAC. Před nasazením elektrod je zkontrolováno, zda je jednotka BIOPAC zapnutá, z důvodu předejití případnému elektrickému šoku, který by participantovi hrozil. Nejdříve jsou nasazeny klipsové elektrody pro měření srdeční činnosti. Je zvoleno zapojení svod II. dle Einthovena (viz obr.7). Celkem jsou připojovány 3 elektrody, jedna na vnitřní pravý kotník (zemní; v obr. označené č.1), druhá na vnitřní levý kotník (pozitivní; v obr. označené č.2) a třetí na pravé zápěstí (negativní; v obr. označené č.3). Před nasazením elektrod je kůže očištěna abrazivní pastou a vodivost zvýšena nanesením vodivého gelu.

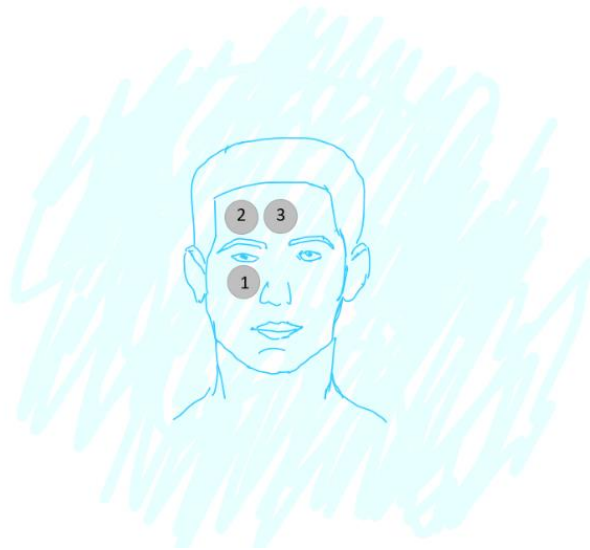


Obrázek 7: Zapojení Lead II. u EKG

(zdroj: vlastní nákres)

Následně jsou nasezeny jednorázové elektrody pro měření pohybu očí, respektive mrkání. Je zvoleno vertikální zapojení u jednoho oka (viz obr.8). Kůže pod elektrodami je před nalepením čištěna abrazivní pastou a vodivost je zvýšena vodivým gelem. Po nalepení jsou elektrody zafixovány páskou. V rámci vertikální elektrookulografie jsou nalepovány 3 elektrody. Jedna nad oko v úrovni zornice (pozitivní; v obr. označené č.2), druhá pod oko

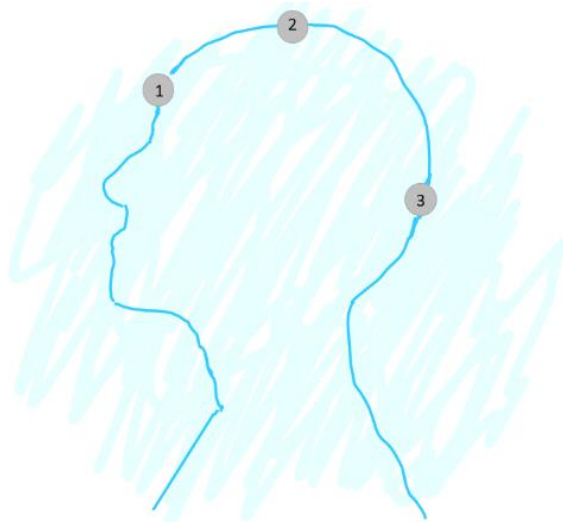
také v úrovni zornice (negativní; v obr. označené č.1) a třetí libovolně na čelo (zemní; v obr. označené č.3).



Obrázek 8: Zapojení vEOG

(zdroj: vlastní nákres)

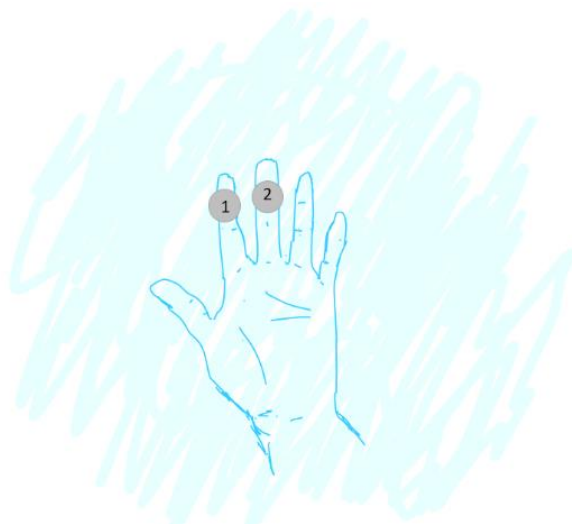
Následně jsou lepeny jednorázové elektrody pro měření vizuálních evokovaných potenciálů (viz obr.9). Jedna na čelo (zemní; v obr. označené č.1), druhá na temeno hlavy (negativní; v obr. označené č.2) a třetí 2 cm nad inion (pozitivní; v obr. označené č.3). Před nalepením je kůže očištěna abrazivní pastou a vodivost zvýšena vodivým gelem. Elektrody jsou zafixované obvazem.



Obrázek 9: Zapojení elektrod VEP

(zdroj: vlastní nákres)

Jako poslední jsou nasazené jednorázové elektrody pro měření elektrodermální aktivity. Kůže se pod těmito elektrodami nečistí, vodivý gel se používá. Elektrody jsou umístěny bipolárně na palmární stranu prstů na levé ruce (viz obr.10). Elektrody jsou lepeny na ukazováček a prostředníček. Ke všem elektrodám jsou samozřejmě zapojeny příslušné kabely. Následuje nasazení zkušební obruby. Pokud má participant nějakou korekci zraku, je mu dána do obruby.



Obrázek 10: Zapojení EDA

(zdroj: vlastní nákres)

Vzhledem k tomu, že celý výzkum probíhal ve spolupráci s kolegyní z Katedry optiky UP, probíhalo během experimentu i měření optometrické. Hned na začátku je změřena zraková ostrost (vízus) během řízení za tmy bez protijedoucího vozidla. Jsou zhasnutá LED světla protijedoucího vozidla a rozsvícená halogenová světla řidiče. Je změřen stav bez jakéhokoliv filtru, a pak postupně s jednotlivými filtry. Měření probíhá tedy celkem čtyřikrát. V další části jsou zapnuta světla protijedoucího vozidla. Znovu je změřena zraková ostrost, jako v předchozím případě. Tato část byla primárně optometrická a z psychologického hlediska sloužila mimo jiné k aklimatizaci participanta na nové prostředí.

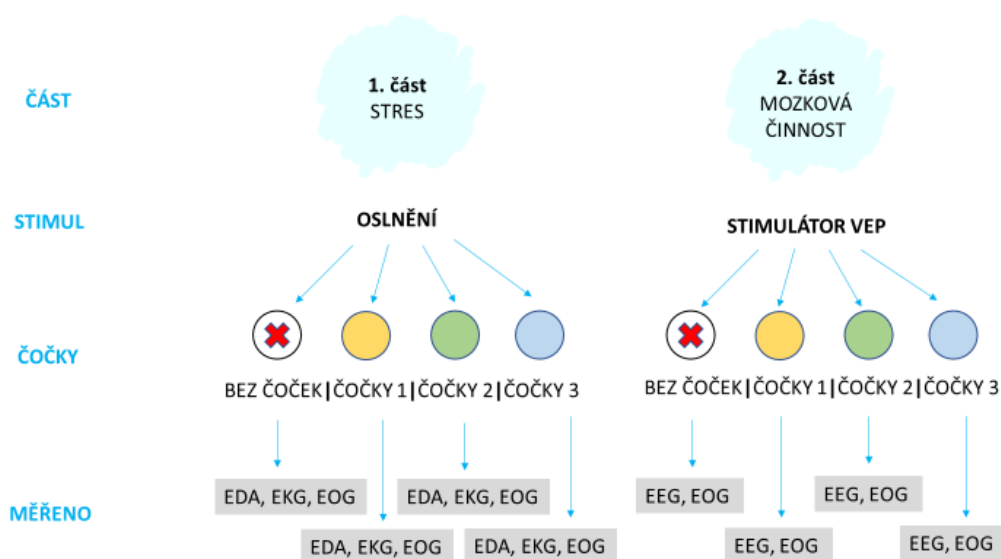
Následující část se již přímo týká této práce a její průběh je kromě následujícího textu znázorněn i schématem na konci této kapitoly (viz obr. 11). Participantovi je vysvětlen průběh následující části a je instruován, že se má dívat před sebe, nemá uhýbat pohledem, ale může mrkat. Situace by totiž měla odpovídat situaci na silnici, kdy člověk musí sledovat vozovku před sebou. Poté jsou na participanta světla protijedoucího vozidla nakláněny, abychom dosáhli oslnění. Celkem je světlo na participanta nakloněno čtyřikrát. Délka



oslnění se pohybuje kolem dvou až tří sekund a mezi jednotlivými oslněními je třicet sekund pauza. Tato měření probíhá bez čoček, s čočkami Sluníčko, s čočkami List, s čočkami Rybka. Pořadí čoček se u každého participanta mění. Po oslnění je znovu změřen zraková ostrost. Z psychologického hlediska je v této fázi měřena elektrodermální aktivita, srdeční činnost a mrkání.

V poslední fázi jsou měřeny vizuální evokované potenciály a mrkání. Participant se na toto měření musí přesouvat z původního stanoviště na stanoviště u stolu s obrazovkou stimulující vizuální evokované potenciály. Je mu vysvětlen princip tohoto měření a význam instrukce, proč nemá mrkat. Následuje samotné měření, čočky jsou předkládány obdobně jako na první stanovišti (bez čoček, s čočkami Sluníčko, s čočkami List, s čočkami Rybka). Celé jedno měření trvá 100 sekund. Měření byly opět celkem čtyři (jednou bez čoček a třikrát s čočkami). Po ukončení tohoto měření byla všechna data uložena a zálohována. Na závěr je také potřeba říct, že u každého participanta bylo měněno pořadí čoček (filtrů), abychom zmírnili vliv pořadí na efekt filtru. Celý experiment trvá 1,5-2 hodiny.

Po experimentu jsou participantovi všechny elektrody sejmuty a je mu nabídnut ubrousek na utření. Zároveň je prostor pro otázky, poznatky či dojmy z celému výzkumu a participantovi je také nabídnuta sladká maličkost za jeho podíl na tomto výzkumu. Po rozloučení se s participantem následuje uklízení, dezinfikování a větrání prostoru a vypínání všech zařízení. Tato závěrečná fáze trvala cca 30 minut. Celkově tedy příprava, experiment a práce po experimentu zabírá u každého participanta 2,5-3 hodiny.



Obrázek 11: Schéma průběhu experimentu

## 5.7 Výzkumný soubor a sběr dat

Metody výběru participantů pro tento výzkum jsou nepravděpodobnostní a jmenovitě se jedná o samovýběr, příležitostný výběr a metodu sněhové koule. Samovýběr probíhal primárně přes sociální sítě, na něž byl umístěn letáček s nabídkou. V plánu bylo rozmístit letáčky například i na katedře, v knihovně, v kavárnách apod, avšak v době pandemie COVID-19 se toto jevilo jako zbytečné. Dále byli osloveni spolužáci a studenti Univerzity Palackého a jednalo se tedy již o příležitostný výběr. Metoda sněhové koule probíhala v průběhu celého výzkumu. Participantů byli motivováni, aby o výzkumu řekli dalším, pokud se jim líbil.

Vzhledem k tomu, že participantů jsou během experimentu oslňováni, nesmí trpět epilepsií. Lidé, kteří nosí dioptrické brýle či čočky, popřípadě mají astigmatismus se mohou experimentu zúčastnit, pokud jsou schopni vidět vÍzus 1, což je kontrolováno hned na začátku měření. Věková kategorie je stanovena na 18-40 let.

Souhrnně řečeno participantů:

- nesmí trpět epilepsií,
- pokud mají oční vadu, musí být schopni vidět s korekcí vÍzus 1,
- musí spadat do věkové skupiny 18-40 let.

Výzkumný soubor tohoto výzkumu činí celkem 30 participantů. Jedná se o jedince, kteří splňují podmínky vypsány výše. Z celkového počtu participantů tvoří výzkumný soubor 9 mužů a 21 žen. Průměrný věk celého souboru je 22,8 let, medián pak 22 let. Ženy mají průměrný věk 22,2 let a medián věku 21 let, muži mají průměrný věk 24,1 let a medián věku 22 let. Korekci kvůli oční vadě má z celého souboru 9 participantů, z toho 6 žen a 3 muži. Charakteristika souboru je přehledně vidět v tabulce deskriptivních statistik níže.

**Tab. 1:** Deskriptivní charakteristiky souboru mužů a žen z hlediska věku

skupina	počet	průměr	medián	sm. odch.	minimum	maximum
ženy	21	22,2	21	2,9	19	32
muži	9	24,1	22	6,0	21	40
celý soubor	30	22,8	22	4,1	19	40

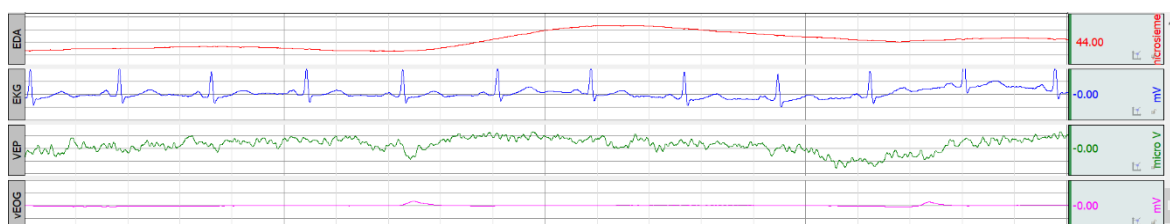
## **5.8 Etické hledisko a ochrana soukromí**

Během tohoto výzkumu byl kladen důraz na dodržování etických zásad. Je zajištěn princip dobrovolnosti, s možností odstoupit před, během i po ukončení experimentu. Dále je také dodržen princip anonymity, všechna data jsou uložena pod anonymním číselným kódem, není možné dohledat původní identitu. Před samotným experimentem jsou účastníci seznámeni s jeho významem, účelem, je jim objasněn průběh a možná rizika spojená s účastí v tomto výzkumu. Pro zajištění etičnosti tohoto výzkumu je také sestaven informovaný souhlas, který každý účastník dostal k dispozici k prostudování a bez podpisu tohoto dokumentu není s daným účastníkem výzkum vůbec zahájen. Účastníkům je dán dostatečný čas k prostudování tohoto dokumentu, mají možnost se na cokoliiv doptat. Autorka této práce také s každým účastníkem prochází dokument slovně a vše vysvětluje. Tento výzkum je proveden v souladu s etickými principy zakotvenými v Kodexu Evropské federace psychologických asociací (EFPA).

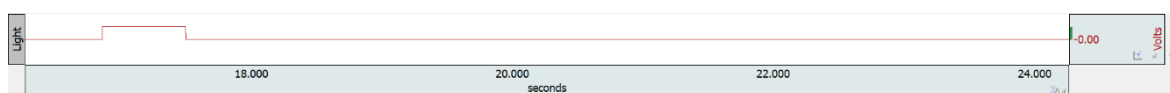
Vzhledem k tomu, že tato práce vzniká v době pandemie onemocnění COVID-19, je dbáno také na ochranu zdraví účastníků. Místnost je před každým účastníkem důkladně větrána, vše je dezinfikováno a experimentátor má na sobě po celou dobu roušku.

## 6 ANALÝZA DAT

V rámci této bakalářské diplomové práce byla data získána a poté analyzována prostřednictvím programu AcqKnowledge systému BIOPAC. Pro účely tohoto výzkumu je také v tomto programu vytvořena šablona, která obsahuje 5 kanálů. Jedná se o čtyři analogové kanály EDA, EKG, EOG, VEP (viz obr. 12) a jeden digitální kanál (pojmenovaný Light, viz obr. 13 a 14) určený k zaznamenávání okamžiku oslnění participanta či stimulu pro vizuální evokované potenciály (zvratu šachovnice). Všechna analyzovaná data jsou uložena do tabulky v programu Microsoft Excel a jejich statistické zpracování probíhá pomocí programu R s využitím lineárních modelů se smíšenými efekty a testu podmodelu. Vzhledem k tomu, že je v rámci práce měřeno více proměnných, je v následujícím textu analýza jednotlivých proměnných rozřazena do čtyřech podkapitol odpovídající čtyřem proměnným, pátá podkapitola se věnuje záznamům, které byly určeny k vyřazení. Šestá podkapitola se věnuje statistickému zpracování dat.



Obrázek 12: Čtyři analogové kanály – EDA, EKG, VEP, vEOG



Obrázek 13: Digitální kanál nastavený na snímání oslnění z luxmetrů



Obrázek 14: Digitální kanál nastavený na snímání stimulů pro VEP

### 6.1 Analýza záznamu elektrodermální aktivity

Před začátkem samotné analýzy elektrodermální aktivity je proveden tzv. downsampling, který slouží k zmenšení daného souboru dat z důvodu urychlení analýz, a to bez toho, aby data poškodil. Tento krok je opakován i u analýz ostatních signálů. Downsampling je proveden pomocí funkce Resample graph a snímací frekvence je převedena na 100 Hz.

Následně je signál filtrován pomocí digitálního filtru s konečnou impulzní odezvou (FIR) s pásmovou propustí (band pass) 0,05-1 Hz. Záznam je filtrován z důvodu odstranění nežádoucích nízkofrekvenčních vln či jiných kontaminací signálu jako například vysokofrekvenční šum.

Samotná analýza je započatá pomocí funkce Find Cycle, která jednoduše řešeno hledá určité části záznamu, které nás zajímají. V případě tohoto výzkumu to bylo oslnění a chvilka po něm. V kanálu Light jsou hledány tzv. píky (peaks), tedy v okamžiku, kdy křivka v digitálním kanálu vzrostla vlivem oslnění, čímž vznikli tzv. epochy.

Dále byly do záznamu, respektive do vyznačených epoch, zaneseny dva typy událostí (events). Úkolem těchto eventů je ohraničit oblast ve které se nachází minimum a maximum každé vlny, která je reakcí na oslnění. Eventy jsou vytvořeny pomocí funkce Find Cycle a následně ručně kontrolovány, zda jejich umístění sedí. Pokud nesedí, tak je ručně opraveno.

Následně je hledána amplituda vlny, a to pomocí funkce P-P (peak to peak). Tyto hodnoty jsou nakonec zaneseny do tabulky v programu Microsoft Excel.

## **6.2 Analýza záznamu srdeční činnosti**

Na začátku je proveden downsampling, obdobně jako v předchozí kapitole. Pro analýzu záznamu EKG je použit filtr s pásmovou propustností (band pass) 5-35 Hz. Tím vzniká nový kanál, který je pojmenován EKG 5-35 Hz. Následně je v tomto novém kanálu použita funkce Multi-epoch HRV and RSA-spectral, tedy spektrální analýza. Spektrální analýza je využita z důvodu, aby bylo možné zjistit LF/HF ratio (low frequency/high frequency ratio), tedy poměr LF a HF pásma variability srdečního rytmu. Poměr LF/HF je obecně uznáván jako index stresové reakce. Poměry LF/HF jsou následně zaznamenány do tabulky v programu Microsoft Excel.

## **6.3 Analýza záznamu pohybu očí**

Na začátku analýzy záznamu pohybu očí je provedena kopie původního kanálu vEOG pomocí funkce Expression. Dále je proveden Downsampling již na této kopii. Pomocí funkce Resample graph je snímací frekvence převedena na 100 Hz. Dále je signál filtrován. Je použit filtr typu horní propust (high pass filtr) fixovaný na 1,5 Hz. Tento filtr záznam ořeže o pohyby očí, které nejsou způsobené mrknutím, a tím dochází ke zjednodušení a zpřesnění následného hledání křivky odpovídající mrkání účastníka.

Následně jsou vytvořeny tzv. epochy, tedy části záznamu, na které zaměřujeme pozornost. K vytvoření těchto epoch slouží funkce Find Cycle. Epochy v tomto záznamu označovaly oblast od začátku oslnění plus 20 s. V těchto epochách jsou pak strojově hledány křivky, které odpovídají mrknutí účastníka. Jazykem daného programu bychom pak tyto určité křivky nazvaly Eventy. K účelu strojového hledání těchto eventů je znovu použita funkce Find Cycle. Pomocí této funkce jsou v záznamu hledány tzv. píky (peaks) vyšší než 0,15 mV. Jednoduše řečeno program hledá v záznamu takové vlny, které překročily hranici 0,15 mV a přiřadí jim event Left eye hit object. Následně je záznam ručně zkontrolován z důvodu nalezení případných chyb strojového hledání. Špatně označené vlny jsou odznačeny, a naopak neoznačené vlny odpovídající mrknutí, ručně označeny. Zároveň je u toho i ručně porovnávána kopie signálu, ve které probíhaly změny s jejím originálem. Po podrobné kontrole jsou eventy v epochách sečteny s pomocí funkce Event count a zapsány do tabulky v Microsoft Excel.

## **6.4 Analýza záznamu vizuálních evokovaných potenciálů**

Záznam vizuálních evokovaných potenciálu je filtrován pomocí High pass filtru fixovaného na 0,1 Hz. Dále je před začátkem analýz záznam ručně pročištěn kvůli artefaktům vzniklým mrkání během měření. Když člověk zavře oči, tedy například když mrkne, dochází k změně frekvenčního pásma mozkových aktivit, a tak ke kontaminaci signálu mozkové činnosti, respektive signálu vizuálních evokovaných potenciálů. Záznam je mazán opatrně. Vyříznutá část signálu totiž nesmí zasahovat do dalšího stimulu.

Následuje hledání Peaks v kanálu Light (kanál byl pojmenován sice Light, ale slouží jak pro zaznamenání oslnění, tak pro stimuly vizuálních evokovaných potenciálů, tedy pro převrácení šachovnice), a to pomocí funkce Find cycle. Hledány jsou epochy o velikosti 0,5 s před převrácení šachovnice až 0,5 s po převrácení šachovnice. Všechny epochy mají tedy velikost 1 s a bod ve kterém se převrátila šachovnice (stimul) je přesně uprostřed.

Poté, co jsou v celém záznamu vyznačené epochy, následuje průměrování záznamu. Pomocí funkce Averaging jsou všechny epochy zprůměrovány do jednoho grafu. V tomto grafu je následně pomocí funkce P-P změřena amplituda vlny P100 a pomocí funkce Delta T také její latence. Tyto informace jsou zaneseny do tabulky v Microsoft Excel.

## 6.5 Záznamy určené k vyřazení

Psychofyzilogické měření může být ovlivněno mnoha faktory, z tohoto důvodu musely být některé záznamy v rámci analýz vyřazeny. Některá psychofyzilogická měření jsou citlivější než jiná. Například EDA je velmi citlivá na vnější i vnitřní podmínky, a naopak EKG je poměrně stabilně měřitelná, až například na artefakty způsobené dechovým pohybem. V následujícím odstavci budou popsány problémy jednotlivě u EDA, EKG, EOG a VEP a také i důvody k vyřazení daných signálu z výzkumu.

Elektrodermální aktivita je citlivá na vnější podmínky (teplota a vlhkost místnosti, denní doba apod) i vnitřní podmínky (barva pleti, nadměrné pocení apod), jak již bylo vysvětleno v teoretické části. Jedním z důvodů vyřazení daného záznamu je i absence reakce. Takový jedinec je označován jako hyporesponzivní a záznamy jeho elektrodermální aktivity mají podobu stále klesající křivky. Dalším důvodem k vyřazení byl výpadek signálu celkově, např. z technických důvodů. Celkem bylo vyřazeno 5 setů záznamů elektrodermální aktivity. Vizualní evokované potenciály či obecně mozková aktivita je citlivá na pohyby očí a hlavy. Z toho důvodu byli participanti instruováni, aby se během měření nehýbali a pokusili se co nejméně mrkat. Někteří participanti však nedokázali nemrkat a jejich záznam byl natolik kontaminovaný, že musel být vyřazen vyřadit. Celkem byl vyřazen 1 set záznamu vizualních evokovaných potenciálů. Se záznamem EOG a EKG nebyl problém a nebyl tedy vyřazen žádný záznam z těchto záznamů.

## 6.6 Statistické zpracování dat

Tato podkapitola je věnována statistickému zpracování dat. Data jsou nejdříve naměřena pomocí programu AcqKnowledge, ve kterém jsou následně zpracována a zpracovaná data jsou přepsána do tabulky typu long v programu Microsoft Excel. V této tabulce jsou shromážděna data týkající se amplitudy kožní odpovědi, poměr LF/HF, počet mrknutí a amplituda a latence vlny P100 vizualních evokovaných potenciálů, a to vždy v souvislosti s jednotlivými číčkami. Dále jsou zde anonymní kódy participantů, jejich věk a pohlaví.

V rámci statistických analýz je pro výpočet hypotéz zvolen lineární model se smíšenými efekty. Tento model počítá nejen s pevnými regresory, ale zahrnuje i regresory náhodné. V případě tohoto výzkumu je pevným regresorem filtr a náhodným regresorem participant. Tento model má také výhodnou vlastnost, že není tak citlivý na chybějící data,

která se v tomto výzkumu objevují. Data byla zpracována pomocí statistické softwaru R studio, a to za pomoci konzultací s PhDr. Danielem Dostálem, Ph.D. Deskriptivní statistiky, které se objevují v textu jsou počítány pomocí programu Statistica 13.



## 7 VÝSLEDKY

V této kapitole jsou prezentovány výsledky předložené práce. Jsou zde představeny výsledky testování statistických hypotéz. Míra významnosti je v této práci stanovena na 0,05, jak je v psychologii zvykem. Všechny hypotézy jsou testovány pomocí lineárních modelů se smíšenými efekty a testu podmodelu, který zjišťuje vliv proměnné filtr. Výsledky testování statistických hypotéz je možné nalézt níže pod tímto odstavcem, statistické zpracování je také doplněno o popisné statistiky, které se nachází na konci kapitoly.

První hypotéza H1 byla formulována takto: *„Velikost amplitudy SCR se zmenšuje v závislosti na tom, jaká je propustnost čočky předkládané během oslnění LED světloem.“* Tato hypotéza se týká prvního aspektu stresové reakce, kožní reakce na oslnění, respektive amplitudy SCR. K ověření této hypotézy byl použit lineární model se smíšenými efekty a test podmodelu. P-hodnota je v případě amplitudy SCR nižší než stanovená hladina významnosti u čoček firmy Optika Čivice s HardCoat úpravou v tomto výzkumu označené jako „List“ ( $t(75) = -1,062$ ,  $p = 0,292$ ). U čoček firmy Optika Čivice s úpravou Profi Activ v tomto výzkumu označené jako „Sluníčko“ se signifikantní výsledek objevuje ( $t(75) = -2,232$ ,  $p = 0,029$ ). Zajímavé je, že signifikantní výsledek se objevuje i u čoček ze zkušební sady bez jakékoliv povrchové úpravy, v tomto výzkumu označené jako „Rybka“ ( $t(75) = -2,084$ ,  $p = 0,041$ ). U testu podmodelu nebyl nalezen signifikantní vliv ( $X^2(3) = 6,18$ ,  $p = 0,103$ ). Nulová hypotézu není zamítnuta, o její platnosti není možné na základě našich dat rozhodnout.

**Tab. 2:** Vliv čoček na velikost amplitudy SCR

ČOČKY		t	p
Sluníčko	Optika Čivice s úpravou Profi Activ	-2,232	0,029*
List	Optika Čivice s HardCoat úpravou	-1,062	0,292
Rybka	Skleněná čočka bez úpravy	-2,084	0,041*

Druhá hypotéza H2 byla formulována takto: *„Poměr LF/HF se snižuje v závislosti na tom, jaká je propustnost čočky předkládané během oslnění LED světlometry.“* Tato hypotéza se týká druhého aspektu stresové reakce, změny tepové frekvence, respektive poměru LF/HF v reakci na oslnění. K ověření této hypotézy byl použit lineární model se smíšenými efekty a test podmodelu. U čoček firmy Optika Čivice s úpravou Profi Activ nebyl nalezen signifikantní vliv ( $t(90) = -0,345$ ,  $p = 0,731$ ). U čoček firmy Optika Čivice s HardCoat úpravou byl nalezen vysoce signifikantní vliv ( $t(90) = 2,733$ ,  $p = 0,008$ ). I test podmodelu je signifikantní ( $X^2(3) = 10,99$ ,  $p = 0,012$ ). Avšak u čoček se jedná o signifikantní vztah v opačném směru, v průměru je zde poměr LF/HF o 0,02 Hz vyšší než u kontrolního měření. Může se tedy jednat o falešnou pozitivitu a není tedy dostatek důkazů k potvrzení alternativní hypotézy.

**Tab. 3:** Vliv čoček na poměr LF/HF

ČOČKY		t	p
Sluníčko	Optika Čivice s úpravou Profi Activ	-0,345	0,731
List	Optika Čivice s HardCoat úpravou	2,733	0,008**
Rybka	Skleněná čočka bez úpravy	1,249	0,215

Třetí hypotéza H3 byla formulována takto: *„Průměrný počet mrknutí v intervalu do 20 s po oslnění LED světlometry se liší v závislosti na tom, jaká je propustnost čočky předkládané během oslnění LED světlometry.“* Tato hypotéza se zabývá tím, jestli se bude lišit počet mrknutí participanta po oslnění, když bude mít před očima jednotlivé filtry. K ověření této hypotézy byl použit lineární model se smíšenými efekty a test podmodelu. U této hypotézy nebyl získán žádný signifikantní výsledek u žádných čoček. Čočky firmy Optika Čivice s HardCoat úpravou nemají signifikantní vliv na počet mrknutí po oslnění LED světlometry ( $t(90) = 1,306$ ,  $p = 0,195$ ), vliv se také nepotvrdil u čoček firmy Optika Čivice s Profi Activ úpravou ( $t(90) = 1,306$ ,  $p = 0,195$ ). Test podmodelu také není signifikantní ( $X^2(3) = 2,26$ ,  $p = 0,521$ ). Nulová hypotéza není zamítnuta, o její platnosti nejsme schopni na základě našich dat rozhodnout.

**Tab. 4:** Vliv čoček na počet mrknutí v intervalu do 20 s po oslnění

ČOČKY		t	p
Sluníčko	Optika Čivice s úpravou Profi Activ	1,306	0,195
List	Optika Čivice s HardCoat úpravou	1,306	0,195
Rybka	Skleněná čočka bez úpravy	0,788	0,433

Čtvrtá hypotéza H4 byla formulována takto: *„Velikost amplitudy vlny P100 se liší v závislosti na tom, jaká je propustnost čočky předkládané během stimulace pomocí pattern reversal VEP.“* Tato hypotéza se zabývá reakcí centrální nervové soustavy na stimulování vizuálních evokovaných potenciálů pomocí měnící se šachovnice v souvislosti s různými čočkami. Pozorovaným aspektem je zde amplituda vlny P100. K ověření této hypotézy byl použit lineární model se smíšenými efekty a test podmodelu. Signifikantní vliv byl nalezen u čoček firmy Optika Čivice s úpravou Profi Activ ( $t(87) = 2,085$ ,  $p = 0,040$ ). U čoček firmy Optika Čivice s úpravou HardCoat nebyl nalezen signifikantní vliv ( $t(87) = 1,299$ ,  $p = 0,198$ ). Test podmodelu také nebyl signifikantní ( $X^2(3) = 4,72$ ,  $p = 0,193$ ). Nulová hypotéza není zamítnuta, o její platnosti nejsme schopni na základě našich dat rozhodnout.

**Tab. 5:** Vliv čoček na velikost amplitudy P100

ČOČKY		t	p
Sluníčko	Optika Čivice s úpravou Profi Activ	2,085	0,040*
List	Optika Čivice s HardCoat úpravou	1,299	0,198
Rybka	Skleněná čočka bez úpravy	1,656	0,101

Pátá hypotéza H5 byla formulována takto: *„Velikost latence vlny P100 se liší v závislosti na tom, jaká je propustnost čočky předkládané během stimulace pomocí pattern reversal VEP.“* Tato hypotéza se, stejně jako hypotéza předchozí, zabývá reakcí centrální nervové soustavy na stimulování vizuálních evokovaných potenciálů pomocí měnící se

šachovnice v souvislosti s různými čočkami. Pozorovaným aspektem je zde latence vlny P100. K ověření této hypotézy byl použit lineární model se smíšenými efekty a test podmodelu. Vysoce signifikantní vliv byl nalezen u čoček firmy Optika Čivice s úpravou Profi Activ ( $t(87) = 3,330$ ,  $p = 0,001$ ). Signifikantní vliv byl také nalezen u čoček ze zkušební sady (Rybka) ( $t(87) = 2,340$ ,  $p = 0,022$ ). Test podmodelu vyšel vysoce signifikantně ( $X^2(3) = 14,37$ ,  $p = 0,002$ ). Nulová hypotéza je zamítnuta, přijímá se alternativa.

**Tab. 6:** Vliv čoček na velikost latence P100

ČOČKY		t	p
Sluníčko	Optika Čivice s úpravou Profi Activ	3,330	0,001**
List	Optika Čivice s HardCoat úpravou	0,270	0,788
Rybka	Skleněná čočka bez úpravy	2,340	0,022*

Jak již bylo zmíněno v úvodu této kapitoly, na jejím konci je věnován prostor pro deskriptivní statistiky, které přímo nesouvisí s testováním statistických hypotéz, ale přinášejí další pohled na získaná data. Vzhledem k tomu, že některé záznamy musely být vyřazeny (viz kapitola 6.5) není u všech psychofyziologických ukazatelů stejný počet měření ( $n_{(SCR)} = 100$ ,  $n_{(LF/HF)} = 120$ ,  $n_{(mrknutí)} = 120$ ,  $n_{(VEP)} = 116$ ). Na následující straně se nachází tabulka, která deskriptivní statistiky popisuje.

**Tab. 7:** Deskriptivní statistiky naměřených psychofyziologických ukazatelů

<b>AMPLITUDA SCR</b>					( $\mu$ S)
Filtr	průměr	medián	sm. odch.	minimum	maximum
Sluníčko	0,20	0,14	0,18	0,02	0,71
List	0,24	0,21	0,18	0,03	0,18
Rybka	0,20	0,13	0,19	0,03	0,89
bez čoček	0,27	0,24	0,17	0,04	0,59
<b>POMĚR LF/HF</b>					(Hz/Hz)
Filtr	průměr	medián	sm. odch.	minimum	maximum
Sluníčko	0,30	0,30	0,04	0,23	0,36
List	0,32	0,31	0,04	0,24	0,38
Rybka	0,31	0,31	0,04	0,23	0,38
bez čoček	0,30	0,30	0,04	0,22	0,38
<b>POČET MRKNUTÍ</b>					
Filtr	průměr	medián	sm. odch.	minimum	maximum
Sluníčko	6,44	5	5,27	0	19
List	6,44	4,5	5,43	0	21
Rybka	6,25	5	5,17	0	22
bez čoček	5,96	4	5,00	0	24
<b>AMPLITUDA P100</b>					( $\mu$ V)
Filtr	průměr	medián	sm. odch.	minimum	maximum
Sluníčko	13,65	13,90	4,58	6,80	25,17
List	13,38	13,34	4,35	6,63	24,03
Rybka	13,50	13,12	4,22	6,39	21,76
bez čoček	15,80	12,43	17,01	6,01	101,00
<b>LATENCE P100</b>					(ms)
Filtr	průměr	medián	sm. odch.	minimum	maximum
Sluníčko	122,83	123	3,77	116	134
List	121,65	121	3,94	113	129
Rybka	122,45	122	4,22	115	131
bez čoček	121,55	121	4,35	114	134

## 8 DISKUZE

Tato kapitola je věnována interpretaci výsledků stanovených výzkumných hypotéz. Dále jsou zde reflektovány limity předložené práce, zároveň také ale její význam a přínos pro praxi. V průběhu diskuse jsou také zahrnuty náměty a poznámky pro další výzkum v této oblasti.

### 8.1 Výsledky bakalářské diplomové práce

První dvě hypotézy se týkají stresové reakce člověka. Stresová reakce je pozorována na základě dvou aspektů, a to změnou kožní vodivosti (SCR) a poměrem LF/HF v rámci srdeční činnosti. Poměr LF/HF je obecně vnímán jako index stresové reakce (Shaffer & Ginsberg, 2017) a elektrodermální aktivita je možným ukazatelem pro nabuzení (Geršak, 2020).

První hypotéza H1 se týkala reakce SCR, respektive její amplitudy po oslnění LED světloem v souvislosti s brýlovými čočkami. Zde se jako signifikantní ukázal vliv čoček firmy Optika Čivice s úpravou Profi Activ (Sluníčko) a čoček ze zkušební sady bez jakékoliv úpravy (Rybka). Hypotéza H1 nebyla přijata vzhledem k výsledkům testu podmodelu. Avšak signifikantní vliv u čoček „Sluníčko“, stojí určitě za povšimnutí, vzhledem k tomu, že ze všech čoček filtruje modrou část spektra nejvíce. Zvláštním úkazem je signifikantní výsledek u čoček ze zkušební sady, které nijak neovlivňovaly propustnost světla a výsledky by se tedy neměly lišit v porovnání s kontrolním měřením bez čoček. Toto mohlo být způsobeno tzv. Fresnelovskými ztrátami při odrazu světla (Čechová, 1989).

Druhá hypotéza H2 se věnovala druhému pozorovanému aspektu stresové reakce, poměru LF/HF. U čoček firmy Optika Čivice s HardCoat úpravou (List) byl nalezen vysoce signifikantní vliv. Avšak jedná se o signifikantní vztah v opačném směru, v průměru je zde poměr LF/HF o 0,02 Hz vyšší než u kontrolního měření. Může se tedy jednat o falešnou pozitivitu a není tedy dostatek důkazů k potvrzení alternativní hypotézy. Vyšší poměr LF/HF se pojí se stavem jedince při nabuzení, naopak nižší poměr LF/HF se pojí s klidem (Malik et al., 1996). Výsledek, který se objevil u čoček firmy Optika Čivice s HardCoat úpravou (List) tedy naznačuje, že pokud by člověk měl při oslnění nasazený tyto čočky, jeho poměr LF/HF se zvýší v porovnání s kontrolním měřením bez čoček,

což může naznačovat vyšší nabuzení sympatiku, a tedy i vyšší nabuzení. Zároveň výsledky u těchto čoček jsou v rozporu s výsledky kožní vodivosti. U čoček firmy Optika Čivice s úpravou Profi Activ (Sluníčko) se zde neobjevil signifikantní vztah, byť u kožní vodivosti se signifikantní vliv projevil. To, že se filtrace modré složky světla projevila pouze u amplitudy SCR a ne snížením poměru LF/HF může být z důvodu, že LF pásmo je sice ovlivněno celým autonomním nervovým systémem (být hlavně sympatikem), a zároveň má vliv i respirace (Shaffer & Ginsberg, 2017).

Třetí hypotéza H3 se věnovala průměrnému počtu mrknutí po oslnění LED světloem v souvislosti s brýlovými čočkami. Obecným předpokladem je, že frekvence spontánního mrkání se zvyšuje u nepříjemných prožitků (Andreassi, 2000). Zároveň při oslnění dochází u člověka k zvýšení frekvence mrkání. Předchozí studie ukázali, že přítomnost oslnění zvyšuje frekvenci spontánního mrkání, a tedy i počet mrknutí (Doughty, 2014). Pokud bychom tedy byli schopni odfiltrovat část světla, která se do oka člověka dostane, očekávali bychom snížení počtu mrkání. V rámci testování této hypotézy nebyl nalezen signifikantní vztah u žádných čoček, test podmodelu byl také nesignifikantní, hypotéza byla zamítnuta. Tyto výsledky jsou v rozporu s předchozím výzkumy týkající se oslnění (Doughty, 2014). Autorka práce nedokáže přesně posoudit, z jakého důvodu tomu tak je. Možným činitelem mohl být celkový stres vyvolaný experimentální situací či únava, interpretace zůstává otevřená.

Čtvrtá hypotéza H4 se zabývala amplitudou vlny P100 vizuálních evokovaných potenciálů v souvislosti s brýlovými čočkami pomocí pattern reversal stimulu (stimulování měnící se šachovnicí). Vizuální evokované potenciály jsou ukazatelem reakce vizuálního aparátu člověka na vizuální stimuly (Bekdash et al., 2015). Vliv filtrování světelného spektra na amplitudu vlny P100 VEP sice nebyl zatím přímo prokázán, ale fakt, že kontrast ovlivňuje velikost amplitudy vlny P100 vizuálních evokovaných potenciálů (Kaňovský & Dufek, 2000), to naznačuje. V rámci testování této hypotézy byl nalezen signifikantní vztah pouze u čoček firmy Optika Čivice s úpravou Profi Activ (Sluníčko). Toto zjištění je důležité v tom, že právě tyto čočky filtrují modrou složku světla nejvíce. Hypotéza H4 nebyla přijata vzhledem k výsledkům testu podmodelu, avšak signifikantní vliv u výše zmíněných čoček určitě stojí za povšimnutí. Dřívější studie potvrdily význam barevných čoček pouze u dětí se zrakovým stresem (Riddell et al., 2006), avšak u dospělých se vliv zcela neprokázal (Willeford et al., 2016), obdobně jako v této práci.

Pátá hypotéza H5 se zabývala latencí vlny P100 vizuálních evokovaných potenciálů v souvislosti s brylovými čočkami pomocí pattern reversal stimulu (stimulování měnící se šachovnicí). Test podmodelu zde vyšel vysoce signifikantní, nulová hypotéza byla zamítnuta a byla přijata alternativa. V rámci testování dílčích aspektů této hypotézy byl nalezen vysoce signifikantní vliv u čoček firmy Optika Čivice s úpravou Profi Activ (Sluníčko). Tento výsledek je v souladu s předchozími studiemi, došlo zde k průměrnému nárůstu latence vlny P100 vizuálních evokovaných potenciálů (Willeford et al., 2016). Signifikantní vliv byl také nalezen u čoček ze zkušební sady (Rybka), což mohlo být způsobené tzv. Fresnelovskými ztráty při odrazu světla (Čechová, 1989).

## 8.2 Limity bakalářské diplomové práce

Tato bakalářská diplomová práce má své limity. Možným důvodem nesignifikantních výsledků hypotéz mohou být zvolené brylové čočky, respektive jejich extrémnost v souvislosti s filtrací modré složky světla. Zvolené čočky firmy Optika Čivice Activ Profi a Optika Čivice HardCoat totiž představují poměrně extrémní situace, kdy první z nich filtrují modrou složku výrazně, a druhé naopak velmi málo. Nesignifikantní výsledky tak mohou být způsobené tím, že nebylo testováno více typů čoček, které by graduálně měnily míru filtrace modré části spektra. Avšak pokud by bylo testováno více čoček najednou, je možné, že efekt jednotlivých čoček by se ztratil vlivem mnohonásobného testování. Problém by byl i v měření více čoček v rámci více setkání. V tomto případě by se lišila baseline záznamu, a tak by pak nebylo možné záznamy z různých měření porovnávat.

Určité limity se pojí i s čočkami ze zkušební sady. Mohlo zde dojít k vlivu na oslnění způsobené Fresnelovskými ztráty odrazu světla na prvním rozhraní. Dochází zde k tomu, že část paprsků se lomí v závislosti na indexu lomu daných prostředí a malá část se odráží zpět do daného prostředí (Čechová, 1989). Toto by pak mohlo vysvětlovat možné signifikantní výsledky u čoček ze zkušební sady (Rybka).

Dalším limitem je možná závislost psychofyziologických ukazatelů na mnohých dalších vnitřních a vnějších podmínkách. V rámci experimentálního měření nebylo možné zcela přesně udržet stálou vnitřní teplotu v ideální výši (Boucsein et al., 2012) a také stálou vlhkost (Dawson et al., 2016), byť bylo v místnosti často větráno, a také zde byl odvlhčovač vzduchu. Tyto aspekty mohly ovlivnit měření elektrodermální aktivity (Boucsein et al., 2012) a popřípadě sekundárně skrz respiraci i srdeční činnost (Shaffer & Ginsberg, 2017).



S těmito limity se pojí i nutnost vyřadit určité záznamy, byť dopad tohoto se autorka práce snažila zmírnit využitím statistického testu, který není až tak citlivý na chybějící data. Do budoucna by možná mohlo být dobrou kombinací používat, jak psychofyziologické měření, tak dotazníkové šetření, čímž by se mohlo zjistit, jaký je rozdíl mezi psychofyziologicky měřenou hodnotou a subjektivní hodnocením.

Dalším limitem, a zároveň přínosem, který se pojí i s ostatními limity, je absence velmi podobného výzkumu na dané téma. Autorka tedy vycházela z dílčích aspektů různých výzkumů týkající se dané problematiky, a tak dané provedení možná není nejlepším možným. V oblasti oslnění a filtrace spektra světla je výzkum veden spíše v optometrii a psychologické výzkumy v této oblasti se zaměřují spíše na dotazníkové šetření či užití různých škál k měření oslnění.

### **8.3 Přínos bakalářské diplomové práce**

Jak již bylo zmíněno v předešlé kapitole, tato bakalářské práce, hlavně její výzkumná část je jednou z prvních studií, která se snaží pomocí psychofyziologických ukazatelů pozorovat stresovou reakci při filtraci modré složky světla při oslnění LED světlomety, a zároveň také vliv této filtrace na vizuální evokované potenciály. Nebo alespoň v době psaní tohoto textu, se z dostupných materiálů jeví, že se jedná o první práci v takovém rozsahu. Jako hlavní přínos tak autorka vnímá odkrytí nových poznatků a podnětů k dalšímu studování.

Byť výsledky popsané výše (H1, H2, H3, H4) nepotvrzují stanovené statistické hypotézy, lze vidět určitý význam čoček, které filtrovaly modrou složku světla nejvíce (Sluníčko), byť test podmodelu nevyšel u hypotéz signifikantní, i tak vnímá autorka fakt, že tyto čočky vykazaly výsledky u kožní reakce SCR a amplitudy P100 VEP jako hodné povšimnutí. Hypotéza H5 byla potvrzena, došlo ke zvýšení latence vlny P100 vlivem filtrace modré složky světla a v souvislosti s dílčí signifikancí i u amplitudy P100. Jedná se tedy o výsledek, který by mohl naznačovat význam filtrů modré složky světla i na úrovni mozku.

V souvislosti se získanými výsledky lze uvažovat nad přesahem v oblasti dopravní psychologie se zaměřením na bezpečnost v nočním silničním provozu. V průměru došlo ke snížení stresové reakce měřené pomocí EDA (SCR) za cenu mírného zvýšení latence vizuálního systému (P100 VEP) vlivem čoček, které nejvíce filtrovaly modrou složku světla. Při představě reálných situací v životě, kdy se řidič v nočním provozu nachází

bez či s čočkami filtrující modrou část spektra, lze uvažovat nad možným významem, i přes statisticky nesignifikantní výsledky hypotéz.

Tato studie je také speciální v tom, že probíhala ve spolupráci se studentkou Katedry optiky UP a měla by tak podávat komplexní pohled na danou problematiku. Tato práce tak nese nejen myšlenku HLI laboratoře, ve které byly měřeny data pro tuto práci, ale zároveň ukazuje, že interdisciplinární práce je možná a přínosná již při studiu. Sama autorka práce vnímá spolupráci jako velmi přínosnou, vzhledem k tomu, že tato práce tím dostala daleko širší rozměr.

## 9 ZÁVĚRY

V předložené práci nebyl na základě stanovených hypotéz potvrzen statisticky signifikantní vliv filtrace modré složky světla na stres (SCR, poměr LF/HF) u řidiče během oslnění LED světlometry. U mozkové činnosti nebyla potvrzena hypotéza týkající se amplitudy vlny P100, avšak hypotéza týkající se latence této vlny se ukázala jako vysoce signifikantní. Možným důvodem nesignifikantních výsledků hypotéz mohou být zvolené brýlové čočky, respektive jejich extrémnost v souvislosti s filtrací modré složky světla. Předložená data, i u statisticky nesignifikantní hypotéz, jsou i tak užitečná, vzhledem k tomu, že se objevily signifikantní výsledky u jednotlivých čoček. A byť dané statistické hypotézy nepotvrzují, mohou být významné pro další výzkumy, a proto jsou popsány níže.

U amplitudy specifické odpovědi elektrodermální aktivity (SCR) se objevil signifikantní vliv u čoček firmy Optika Čivice s úpravou Profi Activ (Sluníčko). Jedná se o čočky, které ze všech použitých, filtrují modrou složku světla nejvíce, a tak, byť se vliv čoček neukázal jako signifikantní vzhledem k výsledkům podmodelu, i tento výsledek je užitečný pro další výzkumy. Tyto čočky také měly signifikantní vliv na amplitudu vlny P100 vizuálních evokovaných potenciálů, byť obdobně, jako v předchozím případě, hypotéza nebyla přijata. U latence vlny P100 byl nalezen statisticky vysoce signifikantní výsledek. U amplitudy specifické odpovědi elektrodermální aktivity (SCR) a latence vlny P100 byl také nalezen signifikantní vliv čoček ze zkušební sady (placebo), které by hypoteticky neměly mít vliv na míru oslnění. Možným důvodem jsou Fresnelovské ztráty při odrazu světla na prvním rozhraní (Čechová, 1989).

U poměru LF/HF byl nalezen signifikantní vliv u čoček firmy Optika Čivice s HardCoat úpravou (List), i test podmodelu vyšel signifikantní. Avšak došlo k vzrůstu tohoto poměru, což by znamenalo spíše zneklidnění daného člověka než zmírnění jeho stresu (Malik et al., 1996). Tyto data tedy nepotvrzují původní hypotézu, ale mohou naopak naznačovat, že dané čočky zhoršují vliv oslnění. Výsledky týkající se průměrného počtu mrkání po oslnění jsou v rozporu s předchozími výzkumy, které naznačují, že i malé množství oslnění se může projevit změnou aktivity spontánního mrkání (Doughty, 2014), a tak by se filtrace světla měla projevit změnou průměrného počtu mrkání, což se v předložené práci neprojevovalo statisticky signifikantně.

## 10 SOUHRN

Předložená bakalářská diplomová práce se zabývá vlivem vybraných čoček, které filtrují modrou část spektra, na stres u řidiče při oslnění moderními LED světly a jeho mozkovou činnost či stimulaci vizuálních evokovaných potenciálů pattern reversal podnětem, kterým je měnící se šachovnice. Oslnění se v rámci dopravy prakticky nelze vyhnout a u řidičů způsobuje diskomfort (Bullough et al., 2008) a ovlivňuje jejich řídicí schopnosti (Theeuwes et al., 2002). Na trhu se také objevují speciální brýlové čočky, které by měly dopad oslnění snižovat, a to filtrací modré složky světla (Friedland et al., 2017).

První kapitola teoretické části se týká vlivu světla na člověka, a to se zaměřením hlavně na umělé světlo. Škodlivé účinky světla se pojí hlavně s narušením cirkadiálních rytmů (Lystrup, 2017), kdy se hovoří například o vlivu na novorozence (Mann et al., 1986), či v souvislosti s rakovinou prsu (K. Y. Kim et al., 2017; Y. J. Kim et al., 2015), avšak ne všechny studie dochází ke stejným závěrům (Ritonja et al., 2020). Tato práce se nejvíce týká oslnění, které lze dělit na rušivé (discomfort glare) a omezující (disability glare) (Aslam et al., 2007). S vlivem oslnění na člověka se pojí mnoho faktorů, například věk (Theeuwes et al., 2002), kultura (Pierson et al., 2017) či zkušenost s oslněním (Mace et al., 2001). Mimo jiné je také zkoumán vliv světelného spektra a jeho filtrace. Řidiči se při působení modrého světla dopouštějí více chyb než při působení světla žlutého (Rodríguez-Morilla et al., 2017) a ukazuje se, že filtrace světla může ovlivňovat dopady oslnění na člověka (Friedland et al., 2017).

Druhá kapitola teoretické části pojednává o stresu, respektive stresové reakci a stresu v kontextu řízení. Stres lze definovat jako nespecifickou fyziologickou odpověď lidského organismu na jakýkoliv požadavek na něj kladený (Selye, 1973). Stresová reakce lidského organismu je tvořena kaskádou dějů, které probíhají na ose rychlé reakce autonomního nervového systému a následně pomalejší reakce na ose hypotalamus-hypofýza-nadledviny (Ayers & de Visser, 2015). Stres u řidiče není žádoucí a může být ovlivněn například kvalitou spánku a životním stylem (Gnardellis et al., 2008), osobností (Mamcarz et al., 2019), pohlavím (Magaña et al., 2021) či se jedná o reakci na oslnění jakožto nekomfortní vizuální podnět (Mace et al., 2001).

V poslední kapitole teoretické části je čtenář seznámen s psychofyziologií. Blíže je tato kapitola zaměřená na aspekty spojené se stresovou reakcí, jako je elektrodermální aktivita a elektrokardiografie. Dále je přiblížena elektrookulografie a měření vizuálních evokovaných potenciálů. Měření elektrodermální aktivity spočívá v měření kožní vodivosti (Stern et al., 2001). Mezi její ukazatele řadíme například hladinu kožní vodivosti (SCL), odezvu kožní vodivosti (SCR), hladinu kožního odporu (SRL) a odezvu kožního odporu (SRR), odezvu kožního potenciálu (SPR) a hladinu kožního potenciálu (SPL) (Dawson et al., 2016). Elektrodermální aktivita může být ovlivněna například věkem, pohlavím, teplotou v místnosti (Boucsein et al., 2012) či vlhkostí v místnosti (Dawson et al., 2016). Elektrokardiografie je metoda měřící elektrickou aktivitu srdce (Stern et al., 2001). V rámci srdečního rytmu rozlišujeme čtyři frekvenční pásma. Jedná se o pásmo vysoké frekvence, pásmo nízké frekvence, pásmo velmi nízké frekvence a pásmo ultra nízké frekvence (Shaffer & Ginsberg, 2017). Pro stresovou reakci je významný poměr LF/HF, který je obecně vnímán jako ukazatel stresu, byť je do určité míry kontroverzní vzhledem k činitelům jej ovlivňujících (Shaffer & Ginsberg, 2017). Elektrookulografie se užívá k měření pohybu očí (Andreassi, 2000) a lze rozlišovat vertikální a horizontální EOG (Stern et al., 2001). V souvislosti s touto prací je nejvýznamnější jev mrkání, který lze pomocí vertikálního EOG zaznamenat (Andreassi, 2000). Vlivů na frekvenci mrkání je mnoho. Studie mimojiné naznačují, že i malé množství oslnění se může projevit změnou aktivity spontánního mrkání (Doughty, 2014). Vizuální evokované potenciály se pojí s elektrickými potenciály, které jsou vyvolané krátkými vizuálními podněty a měřeny jsou pomocí elektrod umístěných na skalpu člověka v oblasti zkravého kortexu (Bekdash et al., 2015). Nejvýznamnějším ukazatelem vizuálních evokovaných potenciálů je vlna P100. Jedná se o pozitivní vlnu s latencí kolem 100 ms (Kaňovský & Dufek, 2000). Vizuální evokované potenciály mohou být stimulované objevením obrazce (pattern appearance VEP), zmizením obrazce (pattern disappearance VEP) a zvratem struktury, který má podobu záměny dvou navzájem obrácených vzorů obrazce (pattern reversal VEP) (Kaňovský & Dufek, 2000). V kontextu této práce lze zmínit v souvislosti s VEP dvě studie. První studie prováděná na dětech s různými symptomy ukázala, že u dětí trpících zkravým stresem, avšak bez bolestí hlavy se objevuje vyšší amplituda vlny P100 vizuálních evokovaných potenciálů bez čoček než při nošení barevných čoček (Riddell et al., 2006). Druhá studie na zdravých dospělých nenalezla signifikantní vztah mezi spektrálním filtrem a amplitudou P100 (Willeford et al., 2016).

Na základě výše zmíněné literatury byl stanoven výzkumný problém a cíle výzkumu. Výzkumným problémem této práce je zjistit, jestli vybrané čočky, které filtrují modrou část spektra při oslnění ovlivňují stres u řidiče a jeho mozkovou činnost. Výzkumné cíle a hypotézy byly formulovány následovně:

#### **VÝZKUMNÉ CÍLE:**

- Zjistit, zda mají různé typy čoček s různou propustností vliv na elektrodermální aktivitu po oslnění LED světloemety.
- Zjistit, zda mají různé typy čoček s různou propustností vliv na změnu poměru LF/HF pásma srdečního rytmu po oslnění LED světloemety.
- Zjistit, zda mají různé typy čoček s různou propustností vliv na počet mrknutí po oslnění LED světloemety.
- Zjistit, zda mají různé typy čoček s různou propustností vliv na mozkovou aktivitu při stimulaci vizuálních evokovaných potenciálů.

#### **VÝZKUMNÉ HYPOTÉZY:**

- H1: Velikost amplitudy SCR se zmenšuje v závislosti na tom, jaká je propustnost čočky předkládané během oslnění LED světloemety.
- H2: Poměr LF/HF se snižuje v závislosti na tom, jaká je propustnost čočky předkládané během oslnění LED světloemety.
- H3: Průměrný počet mrknutí v intervalu do 20 s po oslnění LED světloemety se liší v závislosti na tom, jaká je propustnost čočky předkládané během oslnění LED světloemety.
- H4: Velikost amplitudy vlny P100 se liší v závislosti na tom, jaká je propustnost čočky předkládané během stimulace pomocí pattern reversal VEP.
- H5: Velikost latence vlny P100 se liší v závislosti na tom, jaká je propustnost čočky předkládané během stimulace pomocí pattern reversal VEP.

Byl zvolen kvantitativní vnitrosubjektový výzkumný design s metodou experimentu v laboratorním prostředí. Výzkum lze dělit na dvě části. První část zaměřenou na oslnění a stresovou reakci a druhou část zaměřenou na mozkovou činnost, vizuální evokované potenciály. V obou částech byl měřen vliv speciálních brýlových čoček, s různou propustností, potažmo mírou filtrace modré složky světla. Nezávislou proměnnou jsou brýlové čočky, mezi závislé proměnné patří amplituda specifické odpovědi elektrodermální aktivity (SCR), změna poměru LF/HF, průměrný počet mrknutí, amplituda

a latence vlny P100 VEP. Celý výzkum probíhal v Human Light Interaction laboratoři (HLI) a tato práce byla také ve spolupráci s Katedrou optiky UP. Výzkumný soubor se skládal z 30 participantů (9 mužů, 21 žen) ve věkovém rozmezí 18-40 let (průměrný věk 22,8 let). První část výzkumu je zaměřena na vliv různých čoček na stres u řidiče během oslnění. Participant byl oslňován LED světlometry protijedoucího řidiče, a to celkem čtyřikrát ve čtyřech situacích (bez čoček, čočky firmy Optika Čivice s úpravou Profi Activ a propustností 78 %, čočky firmy Optika Čivice s HardCoat úpravou a propustností 98 %, čočky ze zkušební sady bez úpravy). Druhá část se týká vlivu různých čoček (viz výše) na mozkovou činnost, respektive vizuální evokované potenciály stimulované měnící se šachovnicí (pattern reversal VEP). Pořadí prezentovaných brýlových čoček je u každého participanta měněno, aby se zabránilo vlivu pořadí.

Data byla získána a poté analyzována prostřednictvím programu AcqKnowledge systému BIOPAC. Všechna analyzovaná data jsou uložena do tabulky v programu Microsoft Excel. Jejich statistické zpracování probíhá pomocí programu R s využitím lineárních modelů se smíšenými efekty a testu podmodelu, deskriptivní statistiky byly zpracovávány pomocí programu Statistica 13.

V předložené práci nebyl na základě stanovených hypotéz potvrzen signifikantní vliv filtrace modré složky světla na stres (SCR, poměr LF/HF) u řidiče během oslnění LED světlometry, ani na jeho mozkovou činnost, přesněji amplitudu vlny P100. Avšak byl nalezen signifikantní vliv dílčích čoček. Čočky, které nejvíce filtrují modrou složku světla čoček (Optika Čivice s úpravou Profi Activ), měly signifikantní vliv na amplitudu specifické odpovědi elektrodermální aktivity (SCR) a amplitudu vlny P100 VEP. U amplitudy specifické odpovědi elektrodermální aktivity (SCR) byl také nalezen signifikantní vliv čoček ze zkušební sady (placebo), které by neměly mít hypoteticky vliv na míru oslnění. Tyto čočky, i bez jakékoliv úpravy, mohou oslnění člověka ovlivnit Fresnelovské ztráty při odrazu světla (Čechová, 1989). U čoček, které filtrují světlo jen velmi málo (firmy Optika Čivice s HardCoat úpravou) byl nalezen signifikantní vliv na změnu poměru LF/HF, avšak jednalo se nejspíše o falešnou signifikanci, vzhledem k tomu, že došlo k průměrnému zvýšení tohoto poměru a ne snížení, které je žádoucí. U průměrného počtu mrknutí po oslnění nebyl nalezen žádný signifikantní vztah.

Předložená práce přispívá k bližšímu pochopení vlivu filtrace modré složky světla na stres u řidiče a jeho mozkovou činnost a byť hypotézy nebyly potvrzeny, i tak se v tomto výzkumu objevují užitečné aspekty, které mohou být inspirací pro další výzkumy.

Jedná se, dle autorce v době psaní této práce dostupných informací, o první studii v České republice, která se snaží vysvětlit vliv brýlových čoček filtrujících světlo na stresovou reakci při oslnění LED světloem, a zároveň také vliv této filtrace na vizuální evokované potenciály, a to vše pomocí psychofyzilogických ukazatelů.



# SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Andreassi, J. L. (2000). *Psychophysiology: Human Behavior and physiological response* (4. ed). Lawrence Erlbaum Associates.
- Aslam, T. M., Haider, D., & Murray, I. J. (2007). Principles of disability glare measurement: An ophthalmological perspective. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 85(4), 354–360. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0420.2006.00860.x>
- Ayers, S., & de Visser, R. (2015). *Psychologie v medicíně*. Grada Publishing, a.s.
- Banik, P. P., Azam, Md. K., Mondal, C., & Rahman, Md. A. (2015). Single channel electrooculography based Human-Computer Interface for physically disabled persons. *2015 International Conference on Electrical Engineering and Information Communication Technology (ICEEICT)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICEEICT.2015.7307429>
- Bartůňková, S. (2010). *Stres a jeho mechanismy*. Karolinum.
- Bekdash, M., Asirvadam, V. S., & Kamel, N. (2015). Visual evoked potentials response to different colors and intensities. *2015 International Conference on BioSignal Analysis, Processing and Systems (ICBAPS)*, 104–107. <https://doi.org/10.1109/ICBAPS.2015.7292227>
- Boucsein, W., Fowles, D. C., Grimnes, S., Ben-Shakhar, G., Roth, W. T., Dawson, M. E., & Fillion, D. L. (2012). Publication recommendations for electrodermal measurements: Publication standards for EDA. *Psychophysiology*, 49(8), 1017–1034. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2012.01384.x>
- Bouma, P. J. (1936). The problem of glare in highway lighting. *Philips Technical Review*, 1, 225–229.

- Boyce, P. R. (2019). The benefits of light at night. *Building and Environment*, 151, 356–367. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.01.020>
- Bullough, J. D., Skinner, N. P., Pysar, R. M., Radetsky, L. C., Smith, A. M., & Rea, M. S. (2008). *Nighttime Glare and Driving Performance: Research Findings* [Data set]. American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/e736512011-001>
- Caruso, D., Fabretto, M., Field, S., Evans, D., Murphy, P., & Hall, C. (2015). Market evaluation, performance modelling and materials solution addressing short wavelength discomfort glare in rear view automotive mirrors. *Translational Materials Research*, 2(3), 035002. <https://doi.org/10.1088/2053-1613/2/3/035002>
- Čechová, M. (1989). *Elektromagnetické vlny*. Vydavatelství UP.
- Čihák, R. (2016). *Anatomie 3*. Grada Publishing a.s.
- Dawson, M. E., Schell, A. M., & Filion, D. L. (2016). The Electrodermal System. In J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, & G. G. Berntson (Ed.), *Handbook of Psychophysiology* (4. vyd., s. 217–243). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781107415782.010>
- Department of Physics Florida Atlantic University. (b.r.). *Light Pollution Hurts the Environment, Hides the Night Sky*. Získáno 15. únor 2022, z <https://cescos.fau.edu/observatory/lightpol.html>
- di Summa, A., Fusina, S., Bertolasi, L., Vicentini, S., Perlini, S., Bongiovanni, L. G., & Polo, A. (1999). Mechanism of binocular interaction in refraction errors: Study using pattern-reversal visual evoked potentials. *Documenta Ophthalmologica*, 98(2), 139–151. <https://doi.org/10.1023/A:1002190127573>
- Doughty, M. J. (2001). Consideration of Three Types of Spontaneous Eyeblink Activity in Normal Humans: During Reading and Video Display Terminal Use, in Primary Gaze, and while in Conversation. *Optometry and Vision Science*, 78(10), 712–725.

- Doughty, M. J. (2014). Spontaneous eyeblink activity under different conditions of gaze (eye position) and visual glare. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 252(7), 1147–1153. <https://doi.org/10.1007/s00417-014-2673-8>
- Fowles, D. C., Christie, M. J., Edelberg, R., Grings, W. W., Lykken, D. T., & Venables, P. H. (1981). Publication Recommendations for Electrodermal Measurements. *Psychophysiology*, 18(3), 232–239. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1981.tb03024.x>
- Frewin, D. B., & Downey, J. A. (1976). Sweating-Physiology and Pathophysiology\*. *Australasian Journal of Dermatology*, 17(3), 82–86. <https://doi.org/10.1111/j.1440-0960.1976.tb00794.x>
- Friedland, H., Snyckerski, S., Palmer, E. M., & Laraway, S. (2017). The effectiveness of glare-reducing glasses on simulated nighttime driving performance in younger and older adults. *Cognition, Technology & Work*, 19(4), 571–586. <https://doi.org/10.1007/s10111-017-0442-2>
- Fuksa, A. (2010). Světlo a biologické hodiny. *Světlo*, 6, 56–58.
- Fye, W. B. (1994). A History of the origin, evolution, and impact of electrocardiography. *The American Journal of Cardiology*, 73(13), 937–949. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(94\)90135-X](https://doi.org/10.1016/0002-9149(94)90135-X)
- Gellatly, A. W., & Weintraub, D. J. (1990). *User reconfigurations of the de Boer rating scale for discomfort glare* [Technical Report]. University of Michigan, Ann Arbor, Transportation Research Institute. <http://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/64065>
- Geršak, G. (2020). Electrodermal activity—A beginner's guide. *Elektrotehniski Vestnik*, 87(4), 175–182.

- Gnardellis, C., Tzamalouka, G., Papadakaki, M., & Chliaoutakis, J. El. (2008). An investigation of the effect of sleepiness, drowsy driving, and lifestyle on vehicle crashes. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *11*(4), 270–281. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2008.01.002>
- Gray, R., Perkins, S. A., Suryakumar, R., Neuman, B., & Maxwell, A. W. (2011). Reduced effect of glare disability on driving performance in patients with blue light-filtering intraocular lenses. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, *37*(1), 38–44. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.07.034>
- Guth, S. K. (1961). DISCOMFORT GLARE: *Optometry and Vision Science*, *38*(5), 247–259. <https://doi.org/10.1097/00006324-196105000-00002>
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2006). *Textbook of medical physiology* (11th ed). Elsevier Saunders.
- Habel, J., Dvořáček, K., Dvořáček, V., & Žák, P. (2013). *Světlo a osvětlování*. FCC public.
- Hamedani, Z., Solgi, E., Hine, T., Skates, H., Isoardi, G., & Fernando, R. (2020). Lighting for work: A study of the relationships among discomfort glare, physiological responses and visual performance. *Building and Environment*, *167*, 106478. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106478>
- Hartley, L. R., & El Hassani, J. (1994). Stress, violations and accidents. *Applied Ergonomics*, *25*(4), 221–230. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0003-6870(94)90003-5)
- Hwang, A. D., Tuccar-Burak, M., Goldstein, R., & Peli, E. (2018). Impact of Oncoming Headlight Glare With Cataracts: A Pilot Study. *Frontiers in Psychology*, *9*. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2018.00164>

- Hwang, A. D., Tuccar-Burak, M., & Peli, E. (2019). Comparison of Pedestrian Detection With and Without Yellow-Lens Glasses During Simulated Night Driving With and Without Headlight Glare. *JAMA Ophthalmology*, *137*(10), 1147. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2019.2893>
- Kaňovský, P., & Dufek, J. (2000). *Evokované potenciály v klinické praxi*. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví.
- Keis, O., Helbig, H., Streb, J., & Hille, K. (2014). Influence of blue-enriched classroom lighting on students' cognitive performance. *Trends in Neuroscience and Education*, *3*(3–4), 86–92. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2014.09.001>
- Kim, K. Y., Lee, E., Kim, Y. J., & Kim, J. (2017). The association between artificial light at night and prostate cancer in Gwangju City and South Jeolla Province of South Korea. *Chronobiology International*, *34*(2), 203–211. <https://doi.org/10.1080/07420528.2016.1259241>
- Kim, Y. J., Lee, E., Lee, H. S., Kim, M., & Park, M. S. (2015). High prevalence of breast cancer in light polluted areas in urban and rural regions of South Korea: An ecologic study on the treatment prevalence of female cancers based on National Health Insurance data. *Chronobiology International*, *32*(5), 657–667. <https://doi.org/10.3109/07420528.2015.1032413>
- Kloog, I., Stevens, R. G., Haim, A., & Portnov, B. A. (2010). Nighttime light level co-distributes with breast cancer incidence worldwide. *Cancer Causes & Control*, *21*(12), 2059–2068. <https://doi.org/10.1007/s10552-010-9624-4>
- Lystrup, D. E. (2017). THE DARK SIDE OF THE LIGHT: RACHEL CARSON, LIGHT POLLUTION, AND A CASE FOR FEDERAL REGULATION. *Jurimetrics*, *57*(4), 505–528.

- Mace, D., Garvey, P., Porter, R. J., Schwab, R., & Adrian, W. (2001). *Countermeasures for Reducing the Effects of Headlight Glare: (579652007-001)* [Data set]. American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/e579652007-001>
- Magaña, V. C., Pañeda, X. G., Garcia, R., Paiva, S., & Pozueco, L. (2021). Beside and Behind the Wheel: Factors that Influence Driving Stress and Driving Behavior. *Sustainability*, *13*(9), 4775. <https://doi.org/10.3390/su13094775>
- Malik, M., Bigger, J. T., Camm, A. J., Kleiger, R. E., Malliani, A., Moss, A. J., & Schwartz, P. J. (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, *17*(3), 354–381. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a014868>
- Mamcarz, P., Drożdziel, P., Madleňáková, L., Sieradzki, A., & Drożdziel, P. (2019). Level of occupational stress, personality and traffic incidents: Comparative study of public and freight transport drivers. *Transportation Research Procedia*, *40*, 1453–1458. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.201>
- Mann, N. P., Haddow, R., Stokes, L., Goodley, S., & Rutter, N. (1986). Effect of night and day on preterm infants in a newborn nursery: Randomised trial. *British Medical Journal (Clinical research ed.)*, *293*(6557), 1265–1267.
- Mičková, K. (2021). *Dopravní bezpečnost a oslnění řidičů na českých silnicích* [Magisterská diplomová práce]. Univerzita Palackého.
- Orel, M. (2015). *Nervové buňky a jejich svět* (1. vyd.). Grada Publishing, a.s.
- Orel, M. (2019). *Anatomie a fyziologie lidského těla: Pro humanitní obory*. Grada Publishing a.s.
- Orel, M., & Procházka, R. (2017). *Výšetření a výzkum mozku: Pro psychology, pedagogy a další nelékařské obory*. Grada Publishing a.s.

- Owsley, C. (2001). Visual Risk Factors for Crash Involvement in Older Drivers With Cataract. *Archives of Ophthalmology*, 119(6), 881. <https://doi.org/10.1001/archophth.119.6.881>
- Pierson, C., Wienold, J., & Bodart, M. (2017). Discomfort glare perception in daylighting: Influencing factors. *Energy Procedia*, 122, 331–336. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.332>
- Portniagin, E. M., Ivasinkova, A. A., Svirbutovich, O. A., Gorban, A. V., & Gorban, N. A. (2019). Analysis of the headlights checking parameters. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 632(1), 012031. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/632/1/012031>
- Procházka, R., & Sedláčková, Z. (2015). *Vybrané kapitoly z psychofyziologie*.
- Riddell, P. M., Wilkins, A., & Hainline, L. (2006). The Effect of Colored Lenses on the Visual Evoked Response in Children With Visual Stress. *Optometry and Vision Science*, 83(5), 299–305. <https://doi.org/10.1097/01.opx.0000216125.83236.af>
- Ritonja, J., McIsaac, M. A., Sanders, E., Kyba, C. C. M., Grundy, A., Cordina-Duverger, E., Spinelli, J. J., & Aronson, K. J. (2020). Outdoor light at night at residences and breast cancer risk in Canada. *European Journal of Epidemiology*, 35(6), 579–589. <https://doi.org/10.1007/s10654-020-00610-x>
- Rodríguez-Morilla, B., Madrid, J. A., Molina, E., & Correa, A. (2017). Blue-Enriched White Light Enhances Physiological Arousal But Not Behavioral Performance during Simulated Driving at Early Night. *Frontiers in Psychology*, 8, 997. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00997>

- Selye, H. (1973). The Evolution of the Stress Concept: The originator of the concept traces its development from the discovery in 1936 of the alarm reaction to modern therapeutic applications of syntoxic and catatoxic hormones. *American Scientist*, 61(6), 692–699.
- Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health*, 5, 258. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>
- Shaffer, F., McCraty, R., & Zerr, C. L. (2014). A healthy heart is not a metronome: An integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2014.01040>
- Schreuder, D. A. (1976). *White or yellow light for vehicle head-lamps?* <https://www.swov.nl/en/publication/white-or-yellow-light-vehicle-head-lamps>
- Sieciński, S., Kostka, P. S., & Tkacz, E. J. (2020). Heart Rate Variability Analysis on Electrocardiograms, Seismocardiograms and Gyrocardiograms on Healthy Volunteers. *Sensors*, 20(16), 4522. <https://doi.org/10.3390/s20164522>
- Stern, R. M., Ray, W. J., & Quigley, K. S. (2001). *Psychophysiological Recording*. Oxford University Press.
- Svatopluk, S., & Šárka, S. (2014). *Fyziologie oka a vidění: 2., doplněné a přepracované vydání*. Grada Publishing, a.s.
- Štětkářová, I. (2020). Evokované potenciály. *Neurologie pro praxi*, 21(4), 268–274.
- Theeuwes, J., Alferdinck, J. W. A. M., & Perel, M. (2002). Relation Between Glare and Driving Performance. *Human Factors*, 44(1), 95–107. <https://doi.org/10.1518/0018720024494775>



- Tyukhova, Y., & Waters, C. E. (2018). Discomfort Glare from Small, High-Luminance Light Sources When Viewed against a Dark Surround. *LEUKOS*, 14(4), 215–230. <https://doi.org/10.1080/15502724.2018.1434415>
- van den Berg, T. J. T. P., (René) van Rijn, L. J., Kaper-Bongers, R., Vonhoff, D. J., Völker-Dieben, H. J., Grabner, G., Nischler, C., Emesz, M., Wilhelm, H., Gamer, D., Schuster, A., Franssen, L., de Wit, G. C., & Coppens, J. E. (2009). Disability Glare in the Aging Eye. Assessment and Impact on Driving. *Journal of Optometry*, 2(3), 112–118. <https://doi.org/10.3921/joptom.2009.112>
- Venables, P. H., & Mitchell, D. A. (1996). The effects of age, sex and time of testing on skin conductance activity. *Biological Psychology*, 43(2), 87–101. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(96\)05183-6](https://doi.org/10.1016/0301-0511(96)05183-6)
- Vos, J. J. (2003). On the cause of disability glare and its dependence on glare angle, age and ocular pigmentation. *Clinical and Experimental Optometry*, 86(6), 363–370. <https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2003.tb03080.x>
- Willeford, K. T., Fimreite, V., & Ciuffreda, K. J. (2016). The effect of spectral filters on VEP and alpha-wave responses. *Journal of Optometry*, 9(2), 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2015.07.003>
- Wood, J. M., Tyrrell, R. A., Chaparro, A., Marszalek, R. P., Carberry, T. P., & Chu, B. S. (2012). Even Moderate Visual Impairments Degrade Drivers' Ability to See Pedestrians at Night. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 53(6), 2586. <https://doi.org/10.1167/iovs.11-9083>

# SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Nákres lidského elektrokardiogramu s komponenty P, Q, R, S, T.....	21
Obrázek 2: Schématické znázornění polarizace oka.....	22
Obrázek 3: Nákres zapojení elektrod u EOG.....	25
Obrázek 4: Nákres vlny VEP.....	27
Obrázek 5: Schéma principu pattern reversal VEP stimulace.....	28
Obrázek 6: Graf propustnosti čoček Optika Čivice Profi Activ a HardCoat.....	37
Obrázek 7: Zapojení Lead II. u EKG.....	38
Obrázek 8: Zapojení vEOG.....	39
Obrázek 9: Zapojení elektrod VEP.....	39
Obrázek 10: Zapojení EDA.....	40
Obrázek 11: Schéma průběhu experimentu.....	41
Obrázek 12: Čtyři analogové kanály – EDA, EKG, VEP, vEOG.....	44
Obrázek 13: Digitální kanál nastavený na snímání oslnění z luxmetrů.....	44
Obrázek 14: Digitální kanál nastavený na snímání stimulů pro VEP.....	44

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Deskriptivní statistiky souboru mužů a žen z hlediska věku.....	42
Tab. 2: Vliv čoček na velikost amplitudy SCR.....	49
Tab. 3: Vliv čoček na poměr LF/HF.....	50
Tab. 4: Vliv čoček na mrknutí v intervalu 20s po oslnění.....	51
Tab. 5: Vliv čoček na velikost amplitudy P100.....	51
Tab. 6: Vliv čoček na velikost latence P100.....	52
Tab. 7: Deskriptivní statistiky naměřených psychofyziologických ukazatelů.....	53

# PŘÍLOHY

## **Seznam příloh:**

1. Abstrakt v českém jazyce
2. Abstrakt v anglickém jazyce
3. Letáček

**Příloha 1:** Abstrakt v českém jazyce

## **ABSTRAKT DIPLOMOVÉ PRÁCE**

**Název práce:** Vliv filtrace modré složky světla na míru stresu řidičů způsobeného oslněním moderními LED světlomety

**Autor práce:** Tereza Altmanová

**Vedoucí práce:** RNDr. et RNDr. Ing. Ladislav Stanke, Ph.D.

**Počet stran a znaků:** 73 stran, 112 630 znaků

**Počet příloh:** 3

**Počet titulů použité literatury:** 71

### **Abstrakt:**

Cílem této práce je prostřednictvím psychofyziologických měření prozkoumat, zda vybrané filtry modrého světla, ovlivňují stres u řidiče při oslnění moderními LED světlomety a jeho mozkovou činnost při stimulaci pomocí pattern reversal VEP. Data jsou ve výzkumné části této práce získána s pomocí experimentu s vnitrosubjektovým designem na 30 zdravých dospělých ve věku 18-40 let. První část experimentu je zaměřená na stres řidiče, který je sledován pomocí amplitudy odezvy kožní vodivosti (SCR), poměru LF/HF a průměrného počtu mrkání. Druhá část se týká mozkové činnosti. Zde je pozorována amplituda a latence vlny P100 VEP. Na základě stanovených hypotéz nebyl potvrzen statisticky signifikantní vliv filtrace modré složky světla na stres u řidiče během oslnění LED světlomety. Avšak dohromady lze vidět určitý význam čoček, které filtrovali modrou složku světla nejvíce. Byť test podmodelu nevyšel u hypotéz signifikantní, i tak vnímá autorka jako užitečné, že tyto čočky vykázaly signifikantní výsledky v rámci vlivu jednotlivých regresorů u kožní reakce SCR a amplitudy P100 VEP. U mozkové činnosti nebyla potvrzena hypotéza týkající se amplitudy vlny P100, avšak hypotéza týkající se latence této vlny se ukázala jako vysoce signifikantní a v souvislosti se signifikancí nalezenou u amplitudy P100 u jednotlivého regresoru jimž jsou čočky, které nejvíce filtrují modrou složku světla, se jedná o výsledek, který by mohl naznačovat význam filtrů modré složky světla i na úrovni mozku.

**Klíčová slova:** oslnění, modré světlo, filtrace modré složky světla, dopravní bezpečnost, EDA, EKG, EOG, VEP, psychofyziologie

## **Příloha 2:** Abstrakt v anglickém jazyce

### **ABSTRACT OF THESIS**

**Title:** Influence of blue light filtration on the driver's stress levels caused by glare effects of modern LED headlamps

**Author:** Tereza Altmanová

**Supervisor:** RNDr. et RNDr. Ing. Ladislav Stanke, Ph.D.

**Number of pages and characters:** 73 pages, 112 630 characters

**Number of appendices:** 3

**Number of references:** 71

#### **Abstract:**

The aim of this research is to examine whether selected blue light filter lenses affect the driver's stress response after glare produced by the modern LED headlamps and his brain activity using pattern reversal VEP, using psychophysiology. Data were obtained using within-subject design experiment on 30 healthy adults aged 18-40 years. The first part of the experiment focuses on the stress response of the driver, which is measured by skin conductivity response (SCR), LF/HF ratio and average blink rate. The second part focuses on brain activity, latency and amplitude of P100 wave of VEP is measured. Based on the established statistical hypothesis, there was no statistically significant effect of the filtration of the blue light on driver's stress response during the glare of the LED headlamps found. However, a certain significance of the most effective blue light filter lenses can be seen in the results and although the submodel test did not prove significant in the hypotheses, the author still considers it useful because these lenses showed significant results in the influence of individual regressors in the skin reaction SCR and amplitude P100 VEP. The hypothesis regarding the amplitude of the P100 wave was not statistically significant, but the hypothesis concerning the latency of this wave proved to be highly significant. The hypothesis regarding the amplitude of the P100 wave was not confirmed, but the hypothesis concerning the latency of this wave proved to be highly significant, and in connection with the significance found at the P100 amplitude of the individual regressor, this could be a result indicating the importance of filters of the blue light at the brain level.

**Key words:** glare, blue light, blue light filtration, traffic safety, EDA, ECG, EOG, VEP, psychophysiology

ZÚČASTNI SE STUDIE A ...

# NECH SE OSLNIT!

ANEB CO SE STANE, KDYŽ SE V JEDNÉ LABORATOŘI SEJDE  
STUDENTKA **PSYCHOLOGIE A OPTOMETRIE?**

**ZAJÍMÁ VÁS,**

**JAK NA ČLOVĚKA PŮSOBÍ OSLNĚNÍ NA SILNICI?  
JSOU FILTRY MODRÉHO SVĚTLA K NĚČEMU?  
JAK PROBÍHÁ PSYCHOFYZIOLOGICKÉ MĚŘENÍ?**

SPADÁTE DO VĚKOVÉ SKUPINY **18-40LET?**  
NACHÁZÍTE SE V **OLOMOUCI?**

... ANO? PŘIHLASTE SE!



Přírodovědecká  
fakulta



Filozofická  
fakulta

Univerzita Palackého  
v Olomouci

ZÚČASTNĚTE SE STUDIE,  
KTERÁ VÁS DOSLOVA

## OSLNÍ!

KONTAKTUJTE NÁS:  
**TEREZA.ALTMANOVA01@UPOL.CZ**