

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb



Diplomová práce

**Použitelnost digitálních zrcátek a jejich vliv na
zdravotní stav zrakového systému řidiče**

Vedoucí práce: Ing. Michal Hruška, Ph.D.

Autor práce: Bc. Novotný Jiří

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jiří Novotný

Zemědělské inženýrství
Inženýrství údržby

Název práce

Použitelnost digitálních zrcátek a jejich vliv na zdravotní stav zrakového systému řidiče

Název anglicky

The usability of digital mirrors and their influence on the health of the driver's visual system

Cíle práce

Cílem práce je posouzení použitelnosti digitálních zrcátek s ohledem na zdravotní stav zraku řidiče. Primárním cílem je posouzení rozdílů v rychlosti čtení informací v konvenčním zpětném zrcátku a v digitálním zpětném zrcátku. Sekundárním cílem je posouzení vlivu používání digitálních zrcátek na opakovaný proces akomodace oka.

Metodika

Cílů práce bude dosaženo podrobným rozbohem odborné literatury a hodnoty pro výzkumnou část budou získány pomocí terénního výzkumu. Předpokládá se také použití dotazovacích metod, využití technických parametrů, získaných od jednotlivých výrobců a z dalších zdrojů. Získané hodnoty budou zhodnoceny za použití statistických metod.

Doporučený rozsah práce

50 stran, včetně příloh

Klíčová slova

ergonomie, digitální zrcátka, použitelnost, zrak, zdraví

Doporučené zdroje informací

BHISE, Vivek D. Ergonomics in the automotive design process. Boca Raton, FL: CRC Press, c2012. ISBN 14-398-4210-8

CACHA, Ch. A.: Ergonomics and safety in hand tool design. Lewis Publishers, Boca Raton, 1999, ISBN-1-56670-308-5

Handbook of human factors and ergonomics. 4th ed. Hoboken, NJ: Wiley, c2012. ISBN 978-0-470-52838-9

JOHÁNEK T.: Technická estetika a kultura strojírenských výrobků. Praha, SNTL 1965

RUTRLE, J. : Přístrojová optika, 1. Vydání, Brno, IDV PZ, 2000

Předběžný termín obhajoby

2022/2023 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Michal Hruška, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 1. 2. 2022

doc. Ing. Jan Malaták, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 2. 2022

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 23. 02. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Použitelnost digitálních zrcátek a jejich vliv na zdravotní stav zrakového systému řidiče" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31. 3. 2022

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce Ing. Michalovi Hruškovi, PhD., za čas, cenné rady a připomínky při zpracování této práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Sudeep Sangamesh Babu za spoluúčast na výzkumu. V neposlední řadě bych rád poděkoval své přítelkyni a rodině za psychickou podporu a užitečné rady.

Abstrakt: Automobilový průmysl zažívá období významných technologických inovací od osobních vozidel, nákladních vozidel až po zemědělské stroje. Jedno z nejnovějších témat je technologie digitálních bočních zrcátek. Tato diplomová práce se zabývá rozdíly v použitelnosti klasických a digitálních bočních zrcátek. V praktické části práce je zpracován výzkum, který má posoudit rozdíly v rychlosti a správnosti čtení textu u těchto dvou zmíněných technologií. Data získaná z tohoto výzkumu byla následně podrobena vybrané statistické analýze. V závěru jsou shrnuty výsledky měření.

Klíčová slova: ergonomie, digitální zrcátka, použitelnost, zrak, zdraví

The usability of digital mirrors and their influence on the health of the driver's visual system

Summary: The automotive industry is experiencing a period of significant technological innovation, from cars, trucks to agricultural machinery. One of the latest topics is the digital side mirror technology. This diploma thesis deals with the differences in the usability of classic and digital side mirrors. In the practical part of the work, research is carried out to assess the differences in the speed and accuracy of reading the text in these two technologies. The data obtained from this research were then subjected to selected statistical analysis. In conclusion the measurement results are summarized.

Key words: ergonomics, digital mirrors, usability, sight, health

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl práce	3
3 Metodika	4
3.1 Umístění	4
3.2 Popis zařízení	4
3.3 Metodika měření	8
4 Teoretické východisko	10
4.1 Ergonomie	10
4.1.1 Okruhy ergonomie	11
4.1.2 Ergatika	11
4.2 Zrak	12
4.2.1 Stavba oka	13
4.2.2 Akomodace	17
4.2.3 Mechanismus akomodace	17
4.2.4 Blízký bod	18
4.2.5 Daleký bod	18
4.3 Optika	20
4.3.1 Optické zobrazování	20
4.3.2 Odraz světla	20
4.3.3 Optická mohutnost	22
4.4 Sledování úhlu pohledu – Eyetracking	23
4.4.1 Zařízení pro sledování úhlu pohledu	23
4.4.2 Funkce	25
4.5 Zařízení pro nepřímý výhled	26
4.5.1 Požadavky na zpětná zrcátka	26
4.5.2 Rozměry zpětných zrcátek	28
4.5.3 Odrazný povrch	29
4.5.4 Umístění zrcátek	29
4.5.5 Pole výhledu	29
5 Výsledky a vyhodnocení	35
5.1 Závislost rychlosti času čtení na technologii	36
5.2 Závislost rychlosti času čtení na pohlaví	39
5.3 Závislost rychlosti času čtení na věku	42
5.4 Závislost rychlosti čtení textu na zdraví zraku	44
6 Diskuse	49
7 Závěr	51

8 Bibliografie	52
Seznam použitých obrázků	55
Seznam použitých tabulek.....	56
Seznam použitých grafů	57
9 Přílohy	58

Seznam použitých zkratek

Cd	kandela
cm	centimetr
ČR	Česká republika
ČZU	Česká zemědělská univerzita
D	dioptrie
DSM	digitální boční zrcátko (digital side mirror)
elmg	elektromagnetické
fps	počet snímků za sekundu (frames per second)
g	gram
Hz	Hertz
IR	infračervené
K	Kelvin
LD	pravé digitální
LK	levé klasické
KČ	kontaktní čočky
km/h	kilometr za hodinu
m	metr
M	muž
mm	milimetr
PD	pravé digitální
PK	pravé klasické
pt	point (bod)
s	sekunda
V	volt
Ž	žena

1 Úvod

Automobil je prostředek, bez kterého si dnes většina lidí neumí představit svůj život. Slouží k nejrůznějším účelům, ať už se jedná o přepravu osob či věcí z místa na místo, nebo o prezentaci společenského statusu. Lidé v něm tráví v průměru 400 hodin ročně [1]. Není proto divu, že se řidičům snaží automobilky tento čas zpříjemnit inovativními ergonomickými prvky. Jedná se například o tvar sedadel, volantů, řadicí páky, změnu analogových prvků za digitální (přístrojová deska, rádio, ovládaní teploty atd.).

Výhled řidiče patří mezi hlavní prvky aktivní bezpečnosti, ať už se jedná o přímý nebo nepřímý výhled. Mnoho nehod je způsobeno tím, že řidič něco nebo někoho přehlédl. Řidič by měl kontrolovat každých šest sekund své zpětná zrcátka, aby měl přehled o provozu za ním. [2]

V roce 2019 došlo k revoluční události, kdy společnost Lexus představila model Lexus ES, u kterého nahradila klasický zpětná zrcátka digitálními. Jednalo se tak o první produkční typ, u kterého byla tato technologie použita. Od roku 2019 také některé další značky představily modely (Audi e-tron, Honda E), které namísto klasických zpětných zrcátek využívají pouze kamery. Zachycený obraz poté promítají na různě umístěné displeje například uprostřed palubní desky nebo na dveřích vedle madla na otvírání. Přesto, že se jedná o velmi převratnou technologii, která má přímý vliv na pohodu řidiče a ovlivňuje přímo i bezpečnost provozu, nikdo zatím v samostatné studii neověřil, jaký vliv má tato podstatná změna především na bezpečnost jízdy. Tím spíše, že dobrý výhled a schopnost mít přehled o situaci okolo vozidla, patří mezi hlavní prvky aktivní bezpečnosti.

Hlavní technické specifikum, které odlišuje digitální zrcátka od těch klasických, je změna optické soustavy. Ta vyžaduje, u digitálních zpětných zrcátek, aby při jejich používání řidič neustále přeostrňoval zrak z dálky na blízko a zpět. Tento fakt vede k celé řadě negativních důsledků, které jsou v této práci dále popsány a které v důsledku mohou přispět i ke snížení bezpečnosti provozu a v dlouhodobém horizontu mohou mít i negativní vliv na stav zraku řidiče, který takové vozidlo dlouhodobě používá. Jedním z aspektů je i schopnost rychlé a dostatečné akomodace (přeostrnění) zraku, což je jedna z podmínek pro bezproblémové používání této technologie.

Tato diplomové práce zjišťuje, zda a jak se změní reakční doba potřebná k rozeznání objektu (v tomto případě přečtení konkrétního slova), u klasických a digitálních zpětných zrcátek. Naměřená data byla získána od relativně heterogenního vzorku respondentů v průběhu terénního testování a následně podrobena vyhodnocení a vybraným statistickým analýzám.

2 Cíl práce

Cílem práce je posoudit, která ze dvou posuzovaných technologií, použitých pro zpětná zrcátka, jsou z pohledu vybraných dílčích parametrů ergonomie a bezpečnosti provozu lepší. Pro účely této práce byly vybrány parametry rychlost a přesnost čtení. Cílem práce je tedy porovnání rozdílů v časech potřebných k přečtení slova po změně smluveného signálu. Pro správné vyhodnocení se předpokládá získání dostatečného objemu dat, která budou následně zpracována. Na základě zpracovaných a statisticky vyhodnocených dat pak bude možné ověřit hypotézu, která tvrdí, že měřený čas čtení u digitálních zpětných zrcátek bude delší než u klasických zpětných zrcátek. Tvrzení se opírá o fakt, že oko potřebuje určitý čas k akomodaci a následnému zaostření na displej. U klasického zpětného zrcátka nemusí k akomodaci docházet, protože se oba objekty nachází, z pohledu optiky a oftalmologie, v nekonečnu.

3 Metodika

Pro výzkum byla vybrána relativně heterogenní skupina 54 dobrovolníků, od nichž byla shromážděna sociodemografická vstupní data. Jednalo se konkrétně o pohlaví, věk, výšku, a informaci, zda mají předchozí zkušenosti s digitálními zrcátky. Věková skupina účastníků se pohybovala od 20 let do 59 let. Podmínkou pro zařazení do výzkumu byl fakt, že respondent reálně nenosí při řízení brýle. Tato podmínka byla stanovena z důvodu použité měřicí technologie, kterou byly speciální brýle pro sledování úhlu pohledu. To nicméně dopředu nijak nedeterminovalo skutečnost, zda respondent má nebo nemá nějakou zrakovou vadu. Soubor testovaných se skládal především z pedagogů, zaměstnanců a studentů České zemědělské univerzity v Praze.

3.1 Umístění

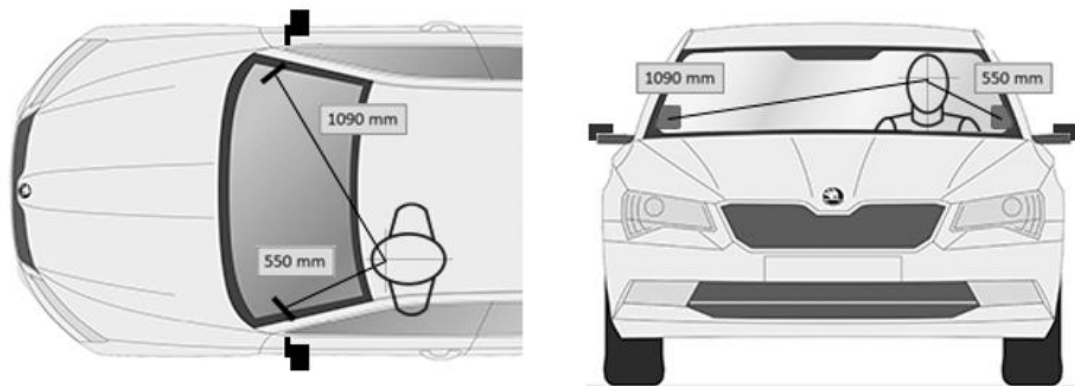
Veškerý výzkum probíhal v Kruhové hale v areálu Technické fakulty ČZU. Tento prostor byl vybrán z důvodu dostatečného volného prostoru pro měření a z důvodu zaručení stálých podmínek v průběhu všech měřících sekvencí. Výzkum navíc nebyl ovlivňován například počasím či denní dobou. Pomocí konstantního osvětlení byly vytvořeny optimální a konzistentní světelné podmínky v průběhu celého dne.

3.2 Popis zařízení

Pro sběr dat byly použity speciální brýle Tobii Pro Glasses 2 [3] se schopností nahrávat vizuální i audio stopu. Pro analýzu získaných dat (tedy zejm. rychlosti přečtení slov) posloužil software Tobii Pro Glasses Analyzer a Shotcut [3] [4]. K testování byly použity dva identické testovací vozy Škoda Superb III kombi. Jedno z vozidel bylo upraveno tak, že se odstranila obě boční zrcátka, která byla nahrazena digitálními bočními zrcátky. K zachycení obrazu byly použity kamery Sony CyberShot Camera DSC-RX0 Mark II [5] a k zobrazení obrazu FeelWorld monitor FW570 [6]. Parametry všech zařízení jsou podrobně popsány v tabulce 1. Spojení snímacího a zobrazovacího zařízení bylo zajištěno kabelem. Umístění displejů bylo zvoleno tak, aby odpovídalo ose sledování klasických zpětných zrcátek, tj. zevnitř na předních bočních sklech. U kamery bylo nastaveno takové přiblížení, aby velikost písmen na displeji odpovídala velikosti písmen na odrazové ploše klasického zrcátka. Obraz na displeji musel být obrácen zrcadlově, aby výsledný obraz odpovídal skutečnosti, respektive obrazu, který poskytuje klasické zrcátko. Vzdálenost

k pravému displeji byla 1 090 mm a vzdálenost k levému displeji byla 550 mm od středu hlavy pozice 50percentilní figuríny dospělého muže, která je považována za optimální polohu sezení v autě [7]. Polohy a úhly digitálních displejů byly ve vozidle pevně stanoveny a účastníci je nemohli měnit. Plochy displejů byly umístěny v pravém úhlu k ose pohledu řidiče do středu plochy displeje (viz Obr. 1)

Obr. 1 - Umístění digitálních bočních zrcátek (vlevo – pohled shora, vpravo – přední pohled)



Na Obr. 2 je vidět semafor, který sloužil jako bod, na který se měl účastník soustředit. Byl připevněn na stojánek ve výšce 1,3 m. Jeho ovládání bylo řešeno přepínačem, který byl umístěn tak, aby jeho obsluha nebyl vidět.

Obr. 2 - Semafor



K umístění písmen byla použita mobilní oboustranná magnetická tabule s rozměry plochy 100x80 cm (viz Obr. 3). Magnetická deska byla otočná, aby bylo možné seskládat slovo tak, aniž by bylo vidět z pohledu řidiče. V okamžiku, kdy účastník fixoval svůj zrak na červené světlo semaforu, byla deska otočena.

Obr. 3 - Mobilní tabule



Aby bylo dodrženo stejné osvětlení písmen na tabuli, byly použity dva reflektory VECT DSR-4x55WT (Obr. 4), jedná se o trubicové studiové světlo, vyrobené z čistého hliníku. Jeho parametry jsou uvedeny v tabulce 1. [8]

Obr. 4 - Reflektor [8]



Tabulka 1 - Popis a specifikace přístrojů

Vybavení	Popis	Specifikace
Displej FeelWorld F570	Velikost obrazovky	5,7" / 14,5 cm
	Rozlišení	1920 x 1080 str. (16:9)
	Jas	460 cd/m ² (LED)
	Rozměr	(5.8 x 3.2 x 0.7) palců / (14.8 x 8.2 x 1.9) cm
Fotoaparát Sony DSC-RX0 II	Rozlišení	4800 x 3200 p (3:2)
	Typ senzoru	BSI – CMOS
	Procesor	BIONZ X
	Ohnisková vzdálenost	24 mm
	Max. clona	F4
	Normální rozsah ostření	20 cm / 7,87 palců
Reflektor VECT DSR-4x55WT	Napájení	230 V, 50 Hz
	Teplota barev	3 200 K, 5 400 K
Eyetracker Tobii Pro Glasses 2	Počet kamer	4
	Rozlišení	1 920 x 1 080 pixelů, 25 fps
	Vzorkovací frekvence	50 nebo 100 Hz
	Výdrž baterie	120 minut
	Váha	312 g
	Senzory	Gyroskop a akcelometr

Písmena byla vytištěna na papír formátu A4. Velikost, font a počet písmen byly zvoleny dle normy ISO 8596:2017 – font Sloan o velikosti 625 pt. Písmena byla zrcadlově obrácena a skládána zprava doleva, aby byla v pohledu do zrcátka normálně čitelná, tzn. zleva doprava (viz Obr. 5).

Obr. 5 - Ukázka složeného slova na tabuli



Seznam cca 500 českých slov, ze kterých bylo náhodně vybíráno, je uveden v příloze 3. Seznam obsahuje i kolem 900 anglických slov (pro cizojazyčně mluvící účastníky, příloha 4). Jednalo se vždy o pět písmenná slova, která jsou všeobecně známa a běžně používána.

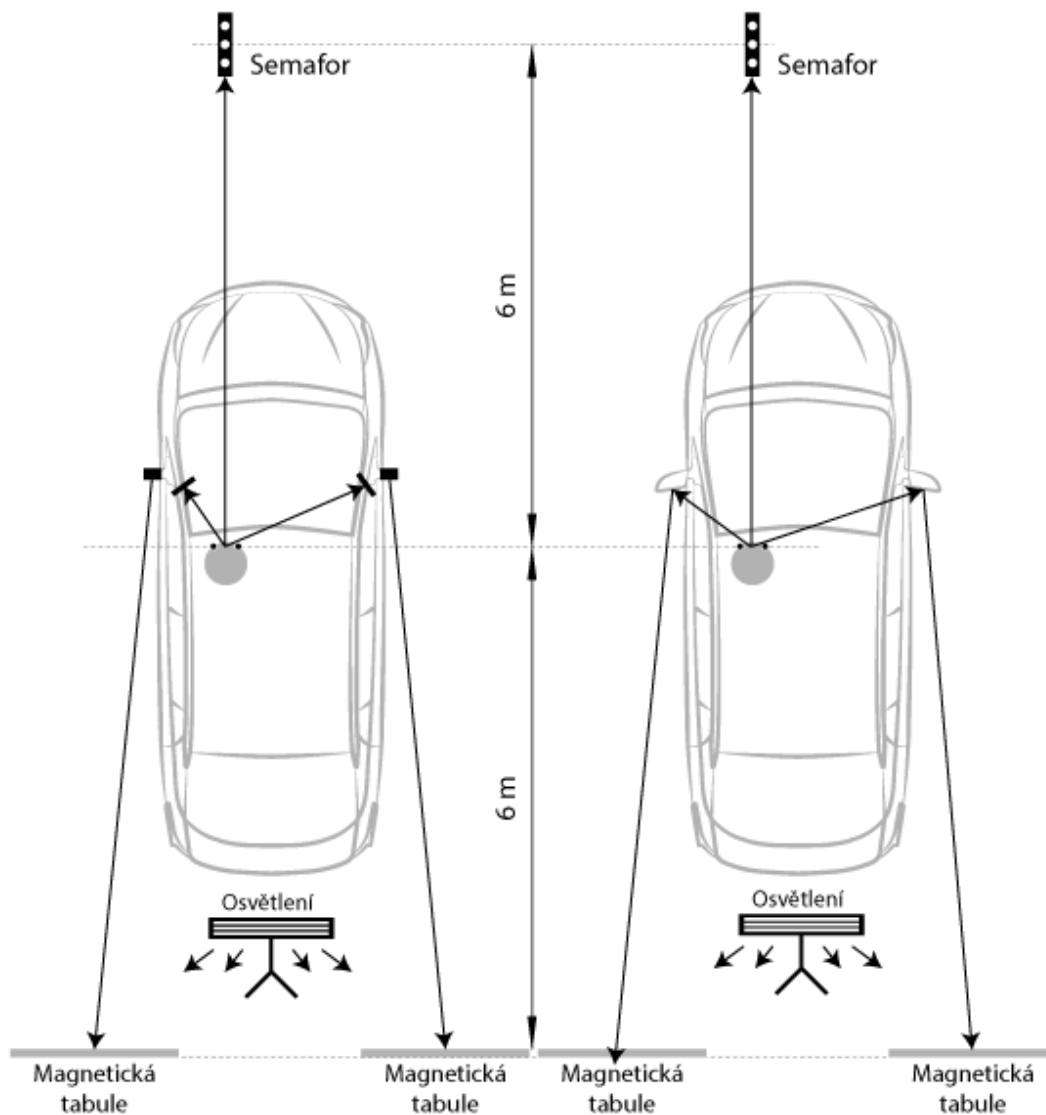
Schéma testování lze vidět na Obr. 6. Semafor byl umístěn 6 m od zadního krytu bočního zrcátka tak, aby ležel v ose automobilu a řidič na něj dobře viděl. Tabule stála za autem ve vzdálenosti 6 m od odrazné plochy bočního zrcátka. Na tabuli bylo svíceno reflektory z prostoru těsně za tažným zařízením automobilu.

3.3 Metodika měření

Před každým testováním účastník vyplnil dotazník, ve kterém zadal své základní údaje. Poté šel na oftalmologické vyšetření, kde mu byl změřen zrak. Následně mu byly nasazeny brýle Tobbi Pro Glasses 2 a zkalibrovány. Poté byl účastník posazen do jednoho z aut. Aby nedocházelo k ovlivnění výsledků, byl první automobil změněn, tzn. pokud první účastník začal test v autě s klasickými zrcátky, druhý účastník začínal svůj test v autě s těmi digitálními. Po posazení si každý účastník nastavil sedadlo a u klasických zrcátek i jejich polohu tak, aby měl dobrý výhled na tabuli s textem. Jakmile zaujal vyhovující polohu, začalo se skládat slovo na opačnou (pro účastníka neviditelnou) stranu tabule. Jakmile bylo slovo připraveno, došlo k upozornění účastníka, že test může začít. Došlo k rozsvícení červeného světla na semaforu, na které se účastník musel soustředit. Světlo muselo být zapnuté minimálně 4 sekundy, aby se oko stačilo přizpůsobit vzdálenosti semaforu. Jakmile světlo zhaslo, účastník se podíval do levého, respektive pravého zrcátka, a co nejrychleji

nahlas přečetl dané slovo. Po každém pokusu se zvolilo nové slovo. Test byl opakován dvakrát pro každé boční zrcátko. To znamená, že v každém automobilu byla přečtena čtyři různá slova, celkově tedy osm slov.

Obr. 6 - Schéma pokusu



4 Teoretické východisko

Následující podkapitoly se věnují historii ergonomie, popisu zraku, anatomie oka a optiky. Též jsou zde vysvětleny principy eyetrackingu a vlastnosti zařízení pro nepřímý výhled. Teoretická část je předpokladem pro pochopení výzkumu.

4.1 Ergonomie

Pojem ergonomie vznikl spojením dvou řeckých slov „ergo“ - práce a „nomos“ - zákon, pravidlo, lze ho tedy chápat jako pravidla při určité práci. Jedná se, v porovnání s ostatními vědními obory, o poměrně mladou vědní disciplínu, i když jako soubor faktických procesů tu existuje již několik tisíc let. Poprvé tento pojem použil Polák Wojciech Jastrzebowski ve své práci „Rys ergonomii czili nauki o pracy“ v roce 1957. Při detailnějším pohledu na ergonomii je evidentní, že se jedná o mezioborovou disciplínu, která chce optimalizovat pracovní prostředí a techniku v závislosti na fyziologických a psychologických možnostech člověka. Jde o snahu maximalizovat bezpečí člověka, optimalizovat pracovní pohodu, a to vše při co nejmenším energetickém výdeji při konkrétní práci. Cílem je, aby se lidé při práci cítili pohodlně a neničili si svoje zdraví (primárně), poté také samozřejmě zvýšení efektivity práce (sekundárně). [9] [10]

Ergonomie se snaží o komplexní propojení mnoha jiných věd a vědních disciplín. Na jedné straně čerpá ze znalostí humanitních věd (antropometrie, fyziologie práce, psychologie, sociologie), na druhé straně jsou to technické vědy (mechanika, statika, kybernetika). [11]

Ergonomii nelze definovat jednoduše, definic existuje celá řada. Např. definice podle Mezinárodní ergonomické asociace z roku 2000:

„Ergonomie je vědecká disciplína založena na porozumění interakci člověka a dalších složek systému. Aplikací vhodných metod, teorie i dat zlepšuje lidské zdraví, pohodu i výkonnost. Přispívá k řešení designu a hodnocení práce, úkolů, produktů, prostředí a systémů, aby byly kompatibilní s potřebami, schopnostmi a výkonnostním omezením lidí. Ergonomie je systémově orientovaná disciplína, která prakticky pokrývá všechny aspekty lidské činnosti. V rámci holistického přístupu zahrnuje faktory fyzické, kognitivní, sociální, organizační, prostředí a další relevantní faktory.“ [12]

Jiná definice podle profesora Lubora Chundely zní:

„Ergonomie je interdisciplinární systémový vědní obor, který komplexně řeší činnost člověka i jeho vazby s technikou a prostředím, s cílem optimalizovat jeho psychofyzickou zátěž a zajistit rozvoj jeho osobnosti.“ [13]

Pro lepší pochopení této definice je dobré vysvětlit tyto pojmy: [13]

- **Interdisciplinární** – mezioborový, jak už bylo zmíněno výše, jedná se o využití znalostí z dalších věd a vědních disciplín.
- **Komplexnost** – zde lze chápat jako prostorové řešení systému celku se všemi subsystémy a prvky.
- **Optimalizace psychické a fyzické zátěže** – lze také nazvat pojmem „pracovní pohodou“. Daný pracovní proces a stroj by nás měl tedy co nejméně vyčerpávat.

4.1.1 Okruhy ergonomie

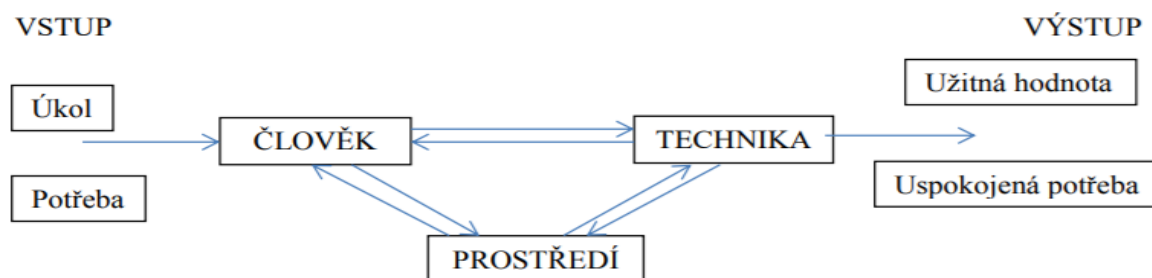
1. **Fyzická ergonomie** – zabývá se vlivem anatomie, antropometrie, fyziologie a biomechaniky. Hlavními tématy jsou manipulace, pracovní pozice, návrh pracoviště, bezpečnost zdraví. [14]
2. **Kognitivní ergonomie** – zaměřuje se na duševní procesy, jako jsou vnímání, paměť, úsudek. Hlavními tématy jsou výkonnost, rozhodování, lidská spolehlivost, psychická zátěž. [14]
3. **Ergonomie organizace** – zabývá se optimalizací procesů a organizačních struktur. Hlavními tématy jsou komunikace, plánování práce, řízení. [14]

4.1.2 Ergatika

Termínem ergatika se nazývá systém 3M: Man – Machine – Medium (viz Obr. 7). Do češtiny lze přeložit jako systém člověk – technika – prostředí, přičemž nejpodstatnějším prvkem je člověk. Uvedený systém je zájmem nejen uvedené ergonomie, ale i dalších vědních disciplín jako např. ekologie, bezpečnosti, hygieny, estetiky a mnoha dalších. Aby byl tento systém efektivní, musí se zachovat jeho komplexnost a zároveň rozumné řešení překrývajících se oborů. Důležitá je i volba materiálu, která se řeší jak v oblasti hygieny, tak v oblasti bezpečnosti. [13]

Obecně lze tento systém definovat jako „soubor několika prvků, složek, které jsou funkčně vzájemně propojeny a mezi nimiž existují vazby, které umožňují, aby z daných vstupů byly dosaženy zamýšlené výstupy – výsledky, v rámci daných omezujících podmínek.“ [13]

Obr. 7 - Schéma člověk – technika – prostředí [13]



Řízení automobilu je typickým příkladem tohoto systému. Člověk při řízení přijímá vnější signály (zvukové a vizuální podněty...) a signály od vnitřních přístrojů vozu (otáčkoměr, rychloměr, indikátor stavu paliva...). Řidič tyto informace následně vyhodnocuje, rozhoduje o další činnosti a převádí svá rozhodnutí na další ovládací prvky, jako jsou pedály, volant, páčky. Řidič je zároveň ovlivňován i jinými vnějšími faktory – kvalitou sedadla a tím spojenou polohou ve vozidle a v neposlední řadě faktory prostředí – osvětlením, hlukem nebo celkovou kvalitou prostředí uvnitř vozidla (teplota, vlhkost, proudění atd.).

4.2 Zrak

Pomocí zrakového vnímání získává řidič většinu informací o situaci vlastního vozidla i o dopravní situaci. Aby byla jízda co nejbezpečnější, není důležité jen dobře vidět, ale i správně pochopit to, co řidič zrovna vidí. Rychlost vnímání je ovlivněna celou řadou okolností např. zdravotním stavem, stupněm pozornosti, pamětí, zkušenostmi, únavou nebo také alkoholem či jinými návykovými látkami. Při delších jízdách může docházet k zhoršování vnímání, proto je důležité dbát na správnou polohu řidiče při sezení, během jízdy si dělat krátké přestávky. Ty je možno vyplnit činnostmi, které snižují únavu za volantem, může se jednat o fyzickou aktivitu na čerstvém vzduchu, dobití energie občerstvením apod. Všechny tyto činnosti by měly vést ke zlepšení vnímání. Potřebnou dobu pro zpracování podnětů lze zkrátit tím, že ji cvičené oko přijme ve dvou odlišných oblastech. První je oblast ostrého vidění tzv. centrální oblast, ve které vidíme vše v plných barvách a ostře. Jde o velmi úzké zorné pole, zpravidla jen několik stupňů. Druhá oblast se

nazývá tzv. periferní vidění, jehož zorný úhel je několikrát větší než u ostrého vidění. Oko v této oblasti dobře vnímá především pohyb, a přestože vnímání detailů a rozpoznávání barev jsou horší, je toto pole pro řidiče velmi důležité. Řidič by neměl pozorovat situaci kolem sebe jen pomocí úzké části zorného pole, je potřeba pohledem propátrávat vše, hlavně okolí vozovky. Nutností je sledovat zejména pohyblivé cíle, jako je třeba pohyb zvíře v lese v blízkosti silnice. [15]

Zrak se řadí mezi nejdůležitější ze všech smyslů. Pomocí smyslového orgánu, který v tomto případě představuje lidské oko, člověk vnímá dokonale vizuální obrazy svého okolí. Toho je docíleno propojením oka a periferního senzoru s mozkovou kůrou. Pomocí zraku člověk vnímá až 90 % všech informací ze svého okolí. [15]

Lidské oko je tvořeno dvěma jednoduchými objektivy o těchto členech – rohovka a čočka. Vstupující množství světla do oka je regulováno duhovkou, která je umístěna mezi rohovkou a čočkou. Uprostřed duhovky se nachází zornička, která se na základě intenzity světla stahuje nebo roztahuje, a tím reguluje množství paprsků vstupujících do oka. Světlo se dále šíří sklivcem a na světločivné sítnici vytvoří převrácený obraz. [15]

4.2.1 Stavba oka

Optický systém lidského oka je tvořen rohovkou, komorovou tekutinou, čočkou a sklivcem. Všechny tyto části jsou potřebné k dokonalému zrakovému vnímání. Snahou optického systému je soustředit světelné paprsky tak, aby se jejich ohnisko vytvořilo na sítnici. Pokud je některá část dráhy poškozená, dochází ke zhoršení a zkreslení vjemu nebo dokonce k úplné ztrátě vidění. Nedokonalostí optického systému se nevytvoří ohnisko přesně na sítnici a vznikají refrakční vady, jako astigmatismus, dalekozrakost, krátkozrakost a další. [16]

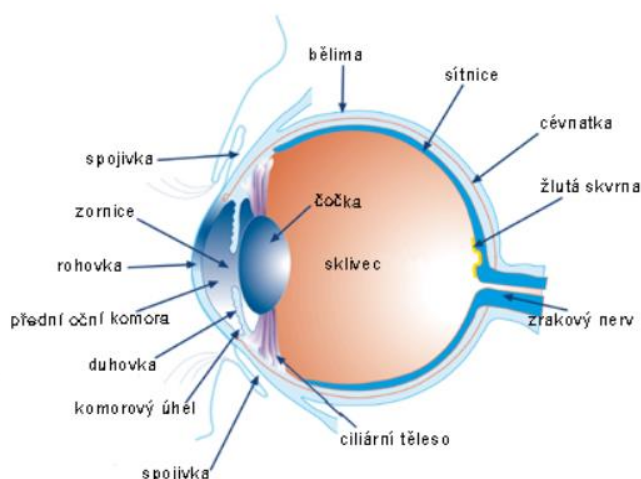
Podrobný popis stavby lidského oka je, na základě studia literatury, uveden v textu na jiném místě: [17] [18] [19] [20] [21] [22] [23] [24]

Obr. 8 slouží pro základní představu o anatomické stavbě a funkci lidského oka.

Oční koule – latinsky **bulbus oculi** má téměř tvar koule, jejíž přední část tvořená průhlednou rohovkou je více zakřivená, poloměr zakřivení je 7-8 mm. Zadní část je méně zakřivená, o poloměru zakřivení 11-12 mm, a její povrch je tvořen bělimou. Ze zadní části oční koule uprostřed a mírně mediálně vystupuje zrakový nerv.

Bělina – sclera tvoří skoro 80 % povrchu oční koule. Je složena z hustého fibrilárního vaziva, jehož pruhy se proplétají ve všech směrech. Vzhledem připomíná šlachy a je mléčně bílá. Největší tloušťka skléry je 1 až 2 mm v zadní části bulbu, v rovině ekvátoru je přibližně 0,4 mm a vpředu při okraji rohovky také 0,4 mm. Povrchové vrstvy skléry přecházejí do řídkého vaziva očnice s rozsáhlým systémem štěrbin, které svojí konzistencí dovolují volný pohyb očního bulbu.

Obr. 8 - Schéma stavby lidského oka [20]



Rohovka – cornea je přední, průhledná, elastická a nejvíce zakřivená část oka. Tvarem odpovídá kulovému vrchlíku, který zaujímá přibližně 20 % povrchu oční koule. Je bezbarvá, zcela průhledná a bezcévná. Rohovka není stejnoměrně zakřivená. Průměr rohovky horizontálně činí 12 mm a 11 mm vertikálně. Vertikální zakřivení rohovky je proto větší než zakřivení horizontální.

Cévnatka – choroidea je tvořena pigmentovou vrstvou, vyživující hluboké vrstvy sítnice. Svým plošným rozsahem je největší složkou střední vrstvy bulbu. Uvnitř oka zabraňuje rozptylu světelných paprsků. Je to poměrně tenká (vzadu 0,4 mm, vpředu 0,2 mm), na cévy bohatá, pružná vazivová vrstva s velkým množstvím melanoforů, uložená mezi bělimou a pars optica retinae (sítnicí). Cévnatka vpředu přechází v řasnaté těleso, jehož podkladem je drobný hladký sval. Táhne za okraj corpus ciliare, k němuž je připojena, směrem dozadu.

Řasnaté těleso – corpus ciliare je spolu s duhovkou součástí přední části cévnaté stěny vrstvy oka. Je tvořeno hladkým svalem, hustým vazivem a pigmentovými buňkami. Při pohledu zepředu a zezadu má tvar mezikruží. Na příčném řezu je trojúhelníkovité, přičemž nejvyšší je při předním okraji. Přední plocha corpus ciliare vybíhá v 70-80 řas, ty se nazývají

ciliární výběžky. Výběžky jsou dlouhé 2-3 mm, mají hrbolatý povrch a od jejich boků a z rýh mezi nimi vystupují závěsná vlákna čočky. Jsou téměř celé složeny z krevních kapilár pokrytých tenkým epitelem a pigmentovými buňkami. Ciliární výběžky produkují nitrooční komorovou tekutinu. Další úlohou řasnatého tělesa je umožnit změnu zakřivení čočky, na kterou je připevněno – viz dále. Řasnaté těleso je nedostupné očnímu vyšetření.

Ciliární sval – musculus ciliaris je soubor prostorově uspořádaných vláken. Smrštěním svalu dochází k uvolnění napětí zonulárních vláken a tím se čočka, zbavená tahu směrem do periferie, uvolní a vlastní pružností vyklene. Naopak při uvolnění svalu se čočka zploští. Tímto principem se mění ohnisková vzdálenost optického systému, akomodace. Tímto způsobem zvyšuje svoji optickou mohutnost a oko je schopno zaostřit nablízko.

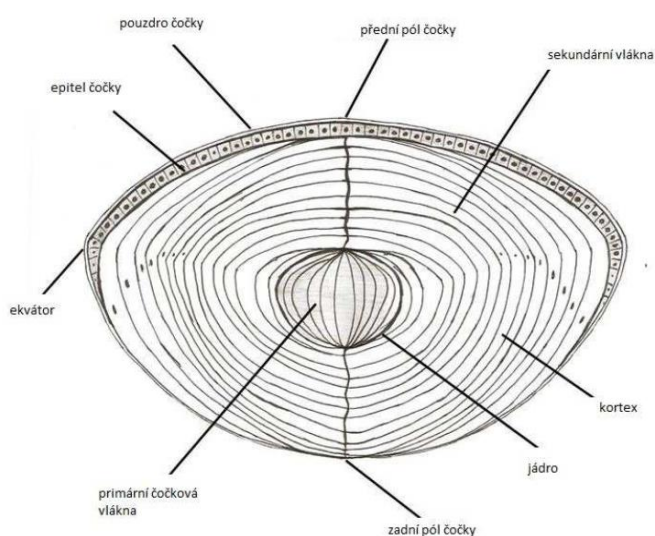
Duhovka – iris vybíhá před přední a dolní okraj řasnatého tělesa. Jedná se o pokračování řasnatého tělesa a cévnatky, proto i stavba vrstvy je bohatá na cévy a pigmentové buňky. Barva duhovky závisí na typu množství pigmentu, síle pigmentové vrstvy a také na hloubce, ve které jsou uloženy pigmentové buňky. Má tvar mezikruží se středovým otvorem, jenž se nazývá zornice (pupilla). Ta je lehce posunuta mediálně, takže vnitřní strana duhovky je o trochu užší než strana zevní. Duhovka stojí frontálně a dělí přední část oka na přední a zadní oční komoru. Funkce duhovky je obdobná jako funkce clony u fotografického zařízení: rozevívá zornici při nedostatku světla a akomodaci na dálku. Naopak se svírá při dostatku světla a při ostření oka nablízko.

Sítnice – retina je vnitřní vrstva oční koule, citlivá na světlo. Mezi světločivé elementy sítnice patří tyčinky, kterých je asi 120 milionů, a čípky, těch je 6 až 7 milionů. Tyčinky mají světločivý úsek a slouží k vnímání světla (jsou citlivé na jeho intenzitu), jejich buňky jsou tak citlivé, že dokáží reagovat již na dopad jednoho až dvou fotonů. Čípky mají podobnou stavbu jako tyčinky, liší se však tvarem – jsou kratší, silnější a konické. Jedná se o receptory barevného vidění, jsou méně citlivé na světlo než tyčinky, zato dokáží vnímat barvy. Čípky obsahují tři typy odlišného pigmentu: červený, modrý a zelený. Kombinací těchto tří základních dokáže oko složit barevný obraz.

Čočka – lens (Obr. 9) je uložena za zornicí v zadní komoře, u dospělého člověka má průměr 9-10 mm. Tloušťka čočky činí 3,7 mm, při akomodaci na blízko až 4,4 mm. Schopnost akomodace neboli změna optické mohutnosti patří mezi hlavní schopnosti čočky. V průběhu života dochází ke změně tvaru i optických vlastností čočky, protože čočka po

celou dobu života roste a tím, že neustále přibývá i její hmotnost. Její optická mohutnost je 10-17 dioptrií v závislosti na jejím vyklenutí, neboť jednou ze základních vlastností čočky je schopnost měnit svůj tvar a tím i optickou mohutnost. Čočka je transparentní a bikonvexní (dvouvypuklá), nemá žádné cévní zásobení. Biochemické procesy v čočce zajišťují, aby byla stále elastická, transparentní a měla schopnost refrakce. Postupem života na čočce přibývají vrstvy, které s postupujícím stářím tvrdnou a snižují akomodaci oka.

Obr. 9 - Čočka [25]



Závěsný aparát – zonula ciliaris je tvořen zonulárními vlákny, která se snaží udržet čočku na svém místě v optické ose. Účastní se na akomodaci oka – viz výše. Jedná se o radiálně uspořádaný komplikovaný systém jemných vláken, která jsou na periferní straně upnuta do řasnatého tělesa a na straně čočky pak do jejího pouzdra. Jednotlivá vlákna obsahují elastické fibrily.

Sklivec – corpus vitreum je zcela průhledná, dokonalé čirá, světlolomná, vodnatá hmota (vodou tvořena z 98,5 %). Vyplňuje prostor uvnitř bulbu a volně navazuje na sítnici. Ve hmotě sklivce se nachází jemné submikroskopické fibrily (o tloušťce 0,03 μm), které jsou velmi dlouhé. Fixace sklivce je pevnější u těchto struktur: čočky, řasnatého tělesa a v místě výstupu zrakového nervu.

Žlutá skvrna – macula lutea se skládá převážně z čípků a neobsahuje větší cévní větve, to je důvod nažloutlé barvy odlišné od okolní sítnice. Je to místo nejostřejšího vidění. Má průměr cca 1 mm.

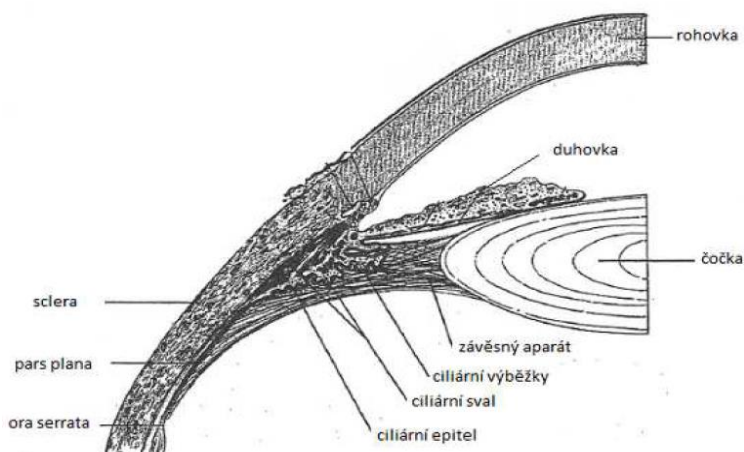
Optický nerv – nervus opticus je součástí mozku. Jedná se o párový sensorický mozkový nerv, který vede ze sítnice do mozku jednotlivé impulzy

Oční komory – camerae bulbi jsou nitrooční prostory mezi rohovkou, duhovkou a čočkou. V nich cirkuluje komorová voda tvořená krevní plazmou.

4.2.2 Akomodace

Pod pojmem akomodace rozumíme schopnost oka vidět ostře předměty v různých vzdálenostech od pozorovatele. Jedná se o dynamický proces, při kterém dochází ke změně refrakční síly oka, což je zajištěno vyklenováním čočky. Na akomodaci oka se podílí hlavně tyto výše zmíněné prvky: čočka, závěsný aparát, řasnaté těleso, ciliární sval a ohybné svaly (viz Obr. 10). [17]

Obr. 10 - Anatomie struktur oka podílejících se na akomodaci [26]

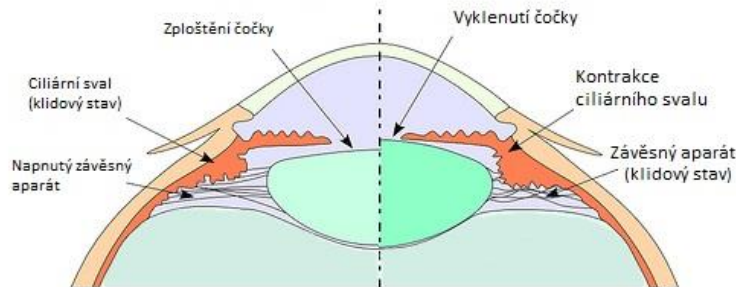


4.2.3 Mechanismus akomodace

Z anatomického hlediska je hlavním předpokladem pro optimální akomodování správně fungující ciliární sval, pružnost čočky a neporušenost závěsného aparátu (viz Obr. 11). Při pohledu do blízka dochází se stahu ciliárního svalu, uvolní se závěs čočky, která se díky své pružnosti a za spolupůsobení sklivce se vykline, a tak zvýší svou optickou mohutnost. Naopak při pohledu do dálky dochází k relaxaci ciliárního svalu. Čočka se oploští, a tím sníží svou optickou mohutnost, tento proces se nazývá desakomodace. Na akomodaci se podílejí zejména dvě složky. Aktivní složka popsána činností ciliárního svalu a složka pasivní, do které zahrnujeme funkci čočky, sklivce a závěsného aparátu. Průměrná doba

akomodace je přibližně 1 sekunda a je určena součtem latence a času potřebného pro pohyb čočky. [24] [26] [27] [28]

Obr. 11 - Akomodace [29]



AKOMODACE ZDRAVÉHO OKA

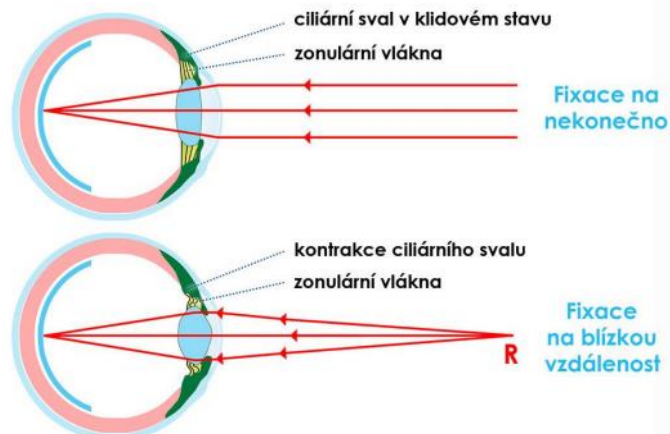
4.2.4 Blízký bod

Blízký bod (punctum proximum) je nejbližší bod, který je oko schopno ostře vidět s maximální akomodací, kdy oční čočka má svojí největší možnou optickou mohutnost (je nejvíce vyklenutá, viz Obr 12)). [30]

4.2.5 Daleký bod

Daleký bod (punctum remotum) je nejvzdálenější bod, který je oko schopno vidět ostře bez akomodace, to znamená při uvolněné (minimální) akomodaci (viz Obr. 12). U zdravého oka se tento bod nachází v nekonečnu, ovšem prakticky považujeme u oka za nekonečnou vzdálenost 5 m. Toto je důvod, proč je vzdálenost semaforu a tabule od zrcátka 6 m. Tím je zajištěno, aby oko nemuselo ostřit. [30]

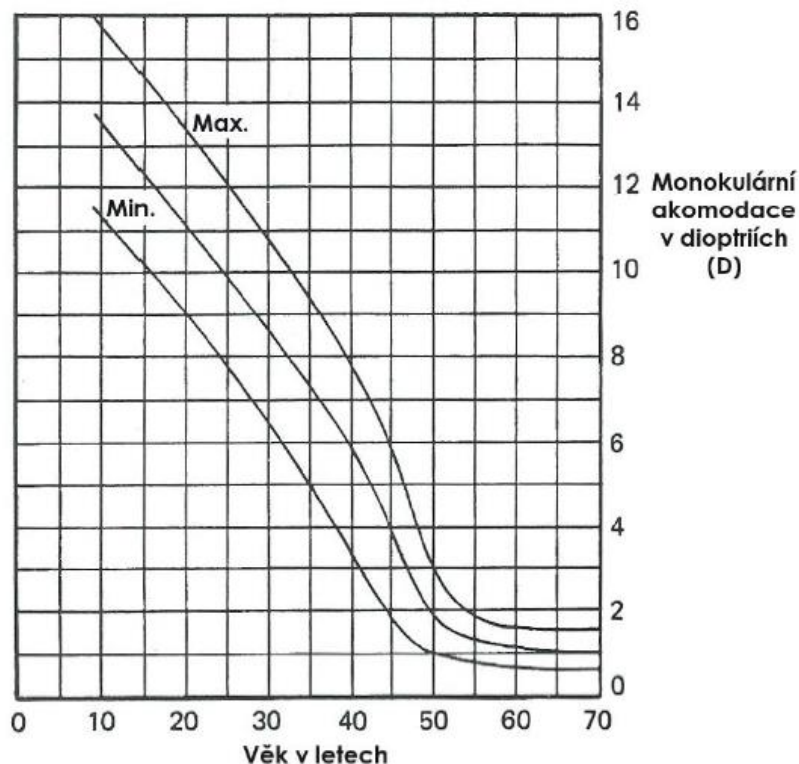
Obr. 12 - Akomodace oka na daleký a blízký bod [31]



Změny amplitudy akomodace s věkem

Proces fyziologického úbytku akomodační šíře se nazývá presbyopie. Příčinou úbytku akomodační šíře je snížení jak pružnosti čočky, tak i akceschopnosti ciliárního svalu. Blízký bod se posouvá dál směrem od oka. V průběhu života akomodační šíře klesá, dynamická refrakce, lomivost oka vyvolaná akomodací, ve staří dosáhne nulové hodnoty. Průměrnou hodnotu akomodační šíře pro jednotlivé věkové skupiny popisuje Duanova křivka (viz Graf 1). Akomodační šíře v dětství dosahuje 15 D, blízký bod se nachází pouhých 7 cm před okem. Kolem 35. roku je akomodační šíře 7 D a blízký bod se nachází ve 14 cm před okem. Ve 45 letech se akomodační šíře zmenšuje na 4 D a blízký bod se posouvá do vzdálenosti 25 cm. Po 65. roku dosahuje šíře akomodace pouze 1 D a blízký bod se nachází až v 1 m před okem. To znamená, že by takto starý člověk nebyl schopen bez pomoci brýlí či čoček zaostřit na displej levého digitálního zrcátka. [32]

Graf 1 - Duanova křivka [33]



4.3 Optika

Jedná se o obor fyziky zabývající se světlem, zákonitostmi jeho šíření a ději při vzájemném působení světla a látky. Patří mezi nejstarší obory fyziky. Optiku rozdělujeme do těchto tří skupin:

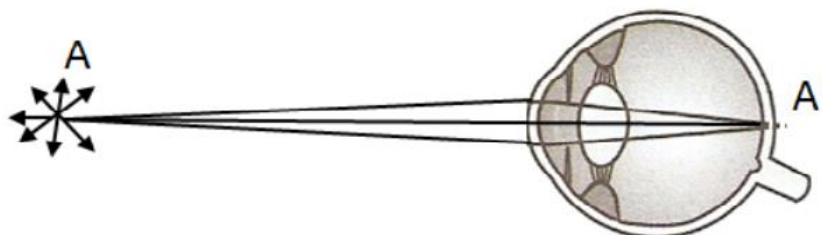
- 1) **Vlnová** – zabývá se jevy, které potvrzují vlnovou povahu světla.
- 2) **Paprsková** (geometrická) - zabývá se jevy, které souvisejí se zobrazováním optických soustav.
- 3) **Kvantová** – zabývá se ději, při nichž se projevuje kvantový ráz elektromagnetického záření.

Mezi základní pojmy patří světlo, což je elmg. vlnění, které vyvolává v lidském oku vjem zvaný vidění. Světlo různých frekvencí vyvolává různý zrakový vjem, který charakterizujeme jako barvu světla (spektrum světla: 390 nm – fialová barva, 760 nm – červená barva). Rychlost šíření světla ve vakuu je přibližně 300 000 km/s. [34]

4.3.1 Optické zobrazování

Z každého bodu předmětu, který okem pozorujeme, vycházejí světelné paprsky, které vytvářejí rozbíhavý svazek. V oku se rozbíhavý svazek paprsků mění znovu na sbíhavý, jak lze vidět na Obr. 13, kde A znázorňuje předmět a A' je obraz bodu A na sítnici.

Obr. 13 - Optické zobrazování [35]

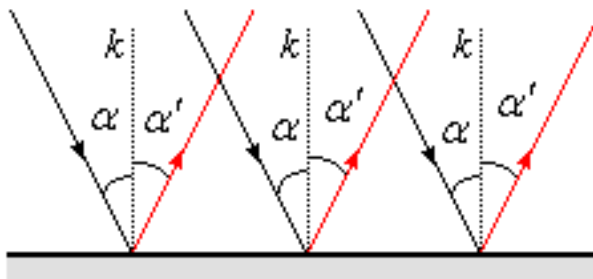


4.3.2 Odraz světla

Světelný paprsek dopadá na rovinnou plochu pod úhlem dopadu α , který svírá s kolmicí dopadu vztyčenou v místě dopadu (viz Obr. 14). Dopadající paprsek a kolmice dopadu tvoří rovinu, kterou nazýváme rovinu dopadu. Odražený paprsek svírá s kolmicí dopadu úhel odrazu α' . Vztah mezi těmito dvěma úhly popisuje zákon odrazu a ten říká: velikost úhly

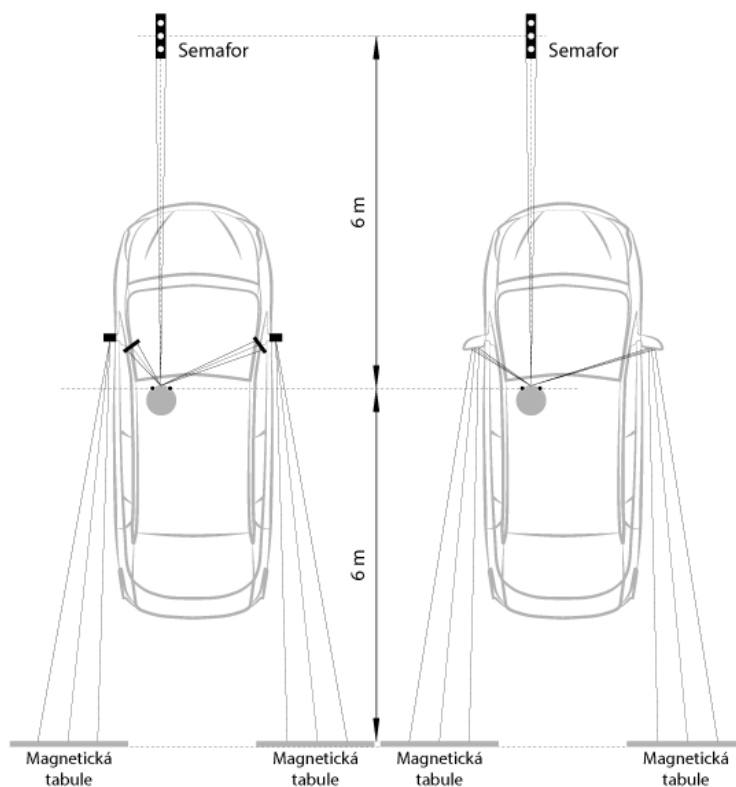
odrazu se rovná velikosti úhlu dopadu. Zákon lze snadno vyjádřit následujícím matematickým zápisem: $\alpha = \alpha'$. Odražený paprsek leží v rovině dopadu. [36] [37]

Obr. 14 - Odraz světla [37]



Těchto poznatků se využívá při tomto výzkumu. Pokud člověk pozoruje červené světlo v dalekém bodě a následně se podívá do klasického bočního zrcátka, aby přečetl slovo nacházející se taktéž v dalekém bodě, oko nemusí akomodovat, a tudíž reakční doba k přečtení slova by měla být velmi krátká. Jinak je to u zrcátek digitálních, kdy se člověk po soustředění na červené světlo semaforu v dalekém bodě podívá do displeje, který se nachází ve vzdálenosti 550 mm respektive 1 090 mm od oka. Musí oko akomodovat, aby ostře viděl slovo, které se nachází na displeji. Tím by se měla reakční doba k přečtení slova prodloužit o čas potřebný k akomodaci. Celý princip lze vidět na Obr. 15.

Obr. 15 – Schéma pokusu (světelné paprsky)

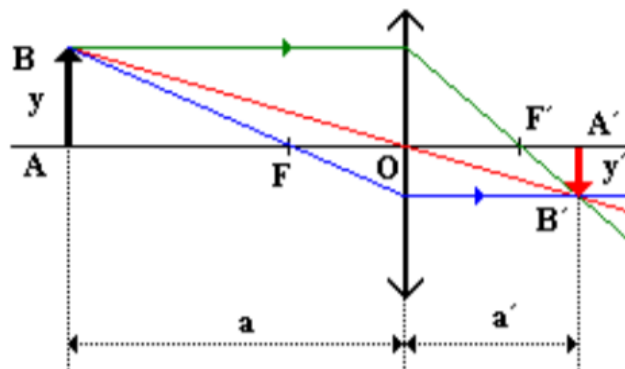


4.3.3 Optická mohutnost

Optické zobrazení je zobrazení předmětů vytvořením obrazů na základě optiky. Díky optické soustavě získáváme obrazy tím, že ke každému předmětu přiřadíme obraz pomocí zobrazovací soustavy, která je řízena zákonem lomu. Zobrazovací optická soustava je souhrn rozhraní, na nichž se lomem mění směr paprsků vycházejících z předmětu. Předmět je zobrazovaný objekt, z jehož bodů vycházejí svazky jednotlivých paprsků, které vstupují do zobrazovací soustavy. Obraz je objekt tvořený množinou bodů, v nichž se protínají paprsky vycházející z jednotlivých bodů zobrazovaného předmětu. Předmětový a obrazový prostor jsou prostory, v nichž se nachází buď předmět, nebo obraz. K určení odrazu se využívají tři paprsky (viz Obr. 16): [35]

- 1) rovnoběžný, který se od zrcadla zlomí do ohniska,
- 2) do ohniska, který se na zrcadle zlomí rovnoběžně,
- 3) do středu čočky.

Obr. 16 - Optická soustava [38]



Zobrazovací rovnice čočky:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

kde a ...předmětová vzdálenost [m]

a' ...obrazová vzdálenost [m]

f ...ohnisková vzdálenost (polovina poloměru čočky) [m]

Optická mohutnost:

$$\varphi = \frac{1}{f} \quad (2)$$

kde φ ...optická mohutnosti [m^{-1}]

f ...ohnisková vzdálenost (polovina poloměru čočky) [m]

Jelikož optická mohutnost oka a kamery je rozdílná, bylo nutné na kameře nastavit zvětšení tak, aby obraz slova by stejně velký jako v klasických zrcátkách.

4.4 Sledování úhlu pohledu – Eyetracking

Pod pojmem eyetracking si lze představit proces sledování úhlu pohledu nebo měření pohybu oka vůči hlavě. Zařízení sloužící k měření natočení a pohybu očí se nazývají eyetrackery. Lze je využívat pro výzkum vizuálního systému člověka, v marketingu, psychologii, produktovém designu nebo jako vstupní zařízení při práci s počítačem. Existuje mnoho metod měření oka. Nejvyužívanější varianta je videonahrávka, ze které se pak ze záznamu zjišťuje natočení oka. Další varianty jsou například využívající hledací cívku nebo metoda založená na principu elektrookulogramu. [39]

4.4.1 Zařízení pro sledování úhlu pohledu

Existuje několik typů eyetrackingových zařízení. Nejčastěji se lze setkat se zařízeními, která se připevňují přímo na hlavu, a jsou velmi podobná klasickým brýlím. Další vyžadují stabilní polohu hlavy, čehož se dosahuje například fixací brady nebo čela. Existují také zařízení, která automaticky sledují oči během pohybu, viz zařízení na Obr 17 a 18.

Obr. 17 - Zařízení připevňující se přímo na hlavu [40]



Vzorkovací frekvence těchto přístrojů dosahuje minimálně 30 Hz. Většina z nich ale pracuje na frekvenci 50/60 Hz, moderní video eyetrackery využívají frekvence 240/350 Hz nebo dokonce 1000/1250 Hz. Tato frekvence je nutnou podmínkou pro zachycení fixačních pohybů nebo pro měření sakadických pohybů, vzhledem k tomu, že frekvence přímo determinuje míru přesnosti měření času. [41]

Pohyby očí lze obecně rozdělit na fixační a sakadické, tedy fixace pohledu v určitém směru, respektive přesun do jiného směru. Křivka, vytvořená výslednou sérií fixací a sakád, se nazývá scanpath. Plynulé sledování této křivky popisuje pohyb oka při pozorování pohybujícího se předmětu. Při snaze oka se fixovat na předmět lze pozorovat takzvané mikrosakády, což jsou malé mimovolné sakády. Přestože se jedná o sakády, patří tento oční pohyb mezi fixační. Průměrně fixace trvá asi 200 ms při čtení textu, 350 ms při zpracování obrazu a 200 ms trvá příprava sakády k dalšímu cíli. [42]

Obr. 18 - Zařízení automaticky sledující oči během pohybu [43]



4.4.2 Funkce

Pro výzkumy se nejvíce používají eyetrackery pracující na bázi videa. Kamera snímá jedno nebo dvě oči a nahrává jejich pohyb během toho, co člověk pozoruje nějaký stimul. Většina eyetrackerů využívá střed zornice a blízké infračervené nekolimované světlo, aby vytvořily rohovkové odrazy. Vektor mezi středem zornice a odrazem rohovky slouží k vypočítání směru pohledu nebo pozice sledovaného objektu. Eyetrackery se musí obvykle před každým použitím zkalibrovat. [39]

Existují obecně dvě techniky, které se používají při sledování oka. Jedná se o světlou a temnou pupilární. Rozdíl mezi těmito technikami spočívá v tom, v jaké pozici je zdroj osvětlení vůči optice. Je-li osvětlení koaxiální s optickou dráhou, oko se stane retroreflektorem a odráží světlo od zornice. Vznikne světlý pupilární efekt, který se podobá efektu červených očí. Je-li naopak zdroj osvětlení vychýlen od optické dráhy, pak se směřování retroreflexe mimo kameru zornice jeví tmavší. Eyetracking se světlou pupilární technikou vytváří větší duhovkový a zornicový kontrast, díky čemuž umožňuje spolehlivější a podrobnější záznam pohybu oka. Dochází k výrazné redukci nežádoucích zásahů řas a jiných rušivých vlivů. Zároveň umožňuje měření při světelných podmínkách v rozsahu od úplné temnoty až po silné světlo. Světlá pupilární technika není moc efektivní při venkovním použití, kde mohou monitoring narušovat vnější zdroje IR paprsků. [39]

4.5 Zařízení pro nepřímý výhled

Zařízeními pro nepřímý výhled se rozumí zařízení, která slouží ke sledování dopravního prostoru v okolí vozidla, tam kam oko nemůže dohlédnou přímým výhledem. Může se jednat o běžná zrcátka, zařízení kamera-monitor nebo jiná zařízení schopná předávat informace řidiči o nepřímém výhledovém poli. [44]

Zpětná zrcátka patří mezi nejvyužívanější zařízení pro nepřímý výhled z vozidla. Jsou využívána už od počátku automobilismu, postupem času prošla vývojem až do dnešní podoby. Zpětná zrcátka se rozdělují do několika tříd, dle jejich určení a možností zobrazení různých ploch za vozidlem. [44]

Zařízení pro nepřímý výhled jiná než zrcátka musí být seřiditelná. Pokud zařízení snímá celkové předepsané pole, musí celková doba snímání, zobrazení a uvedení do původní polohy trvat maximálně 2 s. [44]

U zařízení kamera-monitor pro nepřímý výhled kamera musí správně fungovat i v podmínkách např. slabého slunečního světla a zaručit podmínku poskytování kontrastu jasu v nejméně 1:3 uvnitř části obrazu u světelného zdroje. Světelný zdroj by měl ozářit kameru minimálně 40 000 luxy. Úhel mezi přímkou, která spojuje střed snímače a světelný zdroj, a kolmicí k rovině snímače musí být 10°. Norma ISO 15008:2003 říká, že jas monitoru musí být seřiditelný dle okolních podmínek, a také určuje jeho minimální hodnotu. [44]

Ostatní zařízení pro nepřímý výhled vozidla musí snímat viditelnou část spektra a tu poskytnout ve viditelné části spektra bez potřeby interpretace.

4.5.1 Požadavky na zpětná zrcátka

Všechna zpětná zrcátka musejí disponovat funkcí seřizování. Okraj odrazného povrchu musí být uchycen v ochranném pouzdru (např. držák), který musí mít po celém svém obvodu minimální tloušťku pouzdra 2,5 mm. Zpětná zrcátka musí být namontována takovým způsobem, aby významně svým pohybem neměnila pole výhledu, nebo aby nedocházelo ke chvění takovou mírou, která by mohla vést k nesprávné interpretaci obrazu vnímaného obrazu. Tyto podmínky musí být dodrženy do 80 % maximální konstrukční rychlosti vozidla, avšak ne více než 150 km/h. [44]

Veškeré optické požadavky na zpětná zrcátka jsou uvedeny v Tabulce 2. [44]

Tabulka 2 - Třídy zpětných zrcátek [44]

Třída zrcátka	Kategorie vozidla			
	M1 a N1	N2 ≤ 7,5 t	N2 > 7,5 t	N3
I	Povinné – není-li vozidlo vybaveno čímkoli jiným než materiálem bezpečnostního zasklení v předepsaném poli výhledu. Nepovinné – pokud zrcátko nezajišťuje výhled směrem dozadu	Nepovinné – žádné požadavky na pole výhledu	Nepovinné – žádné požadavky na pole výhledu	Nepovinné – žádné požadavky na pole výhledu
II	Nepovinné	Povinné – jedno na straně řidiče a jedno na straně spolujezdce	Povinné – jedno na straně řidiče a jedno na straně spolujezdce	Povinné – jedno na straně řidiče a jedno na straně spolujezdce
III	Povinné – jedno na straně řidiče a jedno na straně spolujezdce, alternativně mohou být namontována zrcátka třídy II	Není dovoleno	Není dovoleno	Není dovoleno
IV	Nepovinné – jedno na straně řidiče a/nebo jedno na straně spolujezdce	Povinné – pro obě strany, lze-li namontovat zrcátko třídy V. Nepovinné – pro obě strany zároveň, není-li to možné	Povinné – jedno na straně řidiče a jedno na straně spolujezdce	Povinné – jedno na straně řidiče a jedno na straně spolujezdce
V	Nepovinné – jedno na straně řidiče a jedno na straně spolujezdce (obě musí být namontována nejméně 2 m nad vozovku)	Povinné – jedno na straně spolujezdce. Nepovinné – jedno na straně řidiče (obě musí být namontována nejméně 2 m nad vozovku)	Povinné – jedno na straně spolujezdce. Nepovinné – jedno na straně řidiče (obě musí být namontována nejméně 2 m nad vozovku)	Povinné – jedno na straně spolujezdce. Nepovinné – jedno na straně řidiče (obě musí být namontována nejméně 2 m nad vozovku)
VI	Nepovinné – musí být namontováno nejméně 2 m nad vozovku	Nepovinné – jedno přední zrcátko (musí být namontováno nejméně 2 m nad vozovku)	Povinné – jedno přední zrcátko (musí být namontováno nejméně 2 m nad vozovku)	Povinné – jedno přední zrcátko (musí být namontováno nejméně 2 m nad vozovku)

V případě, že je možno dosáhnout předepsaného pole výhledu jiným zařízením pro nepřímý výhled, může být zrcátko tímto zařízením nahrazeno, avšak musí splňovat stejné podmínky jako samotné zrcátko. [44]

4.5.2 Rozměry zpětných zrcátek

Třída I

Rozměr odrazného povrchu musí být minimálně takový, aby do něj bylo možné vepsat obdélník o délce jedné strany 40 mm a délce druhé strany a , přičemž musí platit tento vztah: [44]

$$a = 150 * \frac{1}{1 + \frac{1\,000}{r}} [mm] \quad (3)$$

kde r ...poloměr křivosti [mm]

Třída II a III

Velikost odrazného povrchu zrcátka musí taková, aby splňovala následující dvě podmínky. První, že do plochy je možné vepsat obdélník o výšce 40 mm a délce základny, která má hodnotu a měřenou v milimetrech. Druhou podmínkou je možnost vepsání do odrazného povrchu úsečku, která je rovnoběžná s výškou obdélníku a její délka je vyjádřena hodnotou b , též měřenou v milimetrech. Minimální hodnoty jsou uvedeny v těchto vztazích: [44]

Třída II

$$a = \frac{170}{1 + \frac{1\,000}{r}} [mm]$$
$$b = 200 [mm] \quad (4)$$

kde r ...poloměr křivosti [mm]

Třída III

$$a = \frac{130}{1 + \frac{1\,000}{r}} [mm]$$
$$b = 200 [mm] \quad (5)$$

kde r ...poloměr křivosti [mm]

Třída IV, V, VI

Obrysy odrazné plochy musí být jednoduchého geometrického tvaru (čtverec, obdélník, kruh atd.), jehož rozměry musí být dostatečně velké, aby poskytly v případě potřeby ve spojení s vnějšími zrcátky třídy II optimální pole výhledu. [44]

4.5.3 Odrazný povrch

Odrazná plocha zpětného zrcátka musí být buď rovinná nebo sféricky vypuklá. Za předpokladu, že hlavní zrcátko splňuje požadavky pro nepřímé pole výhledu, lze vnější zrcátka doplnit o dodatečnou asférickou část. [44]

Asférická část zrcátka musí být dostatečně velká a mít takový tvar, aby poskytla řidiči co nejužitečnější informace. To zpravidla znamená, že jejich nejmenší možná šířka je 30 mm a poloměr zakřivení nesmí být menší než 150 mm. [44]

4.5.4 Umístění zrcátek

Zrcátka musí namontována na místě tak, aby řidič sedící v normální poloze měl jasný výhled okolo, tedy za vozidlem, po stranách vozidla nebo před vozidlem. Vnější zrcátka musí být viditelná částí předního skla stíraného stěračem nebo bočními okny. Na zrcátka třídy VI se však toto ustanovení z konstrukčních důvodů nevztahuje. [44]

Umístění předepsaného vnějšího zrcátka na straně řidiče musí být takové, aby úhel mezi podélnou svislou rovinou vozidla a svislou rovinou procházející středem vnějšího zrcátka a středem úsečky o délce 65 mm, která spojuje oba zorné body řidiče, byl maximálně 55°. [44]

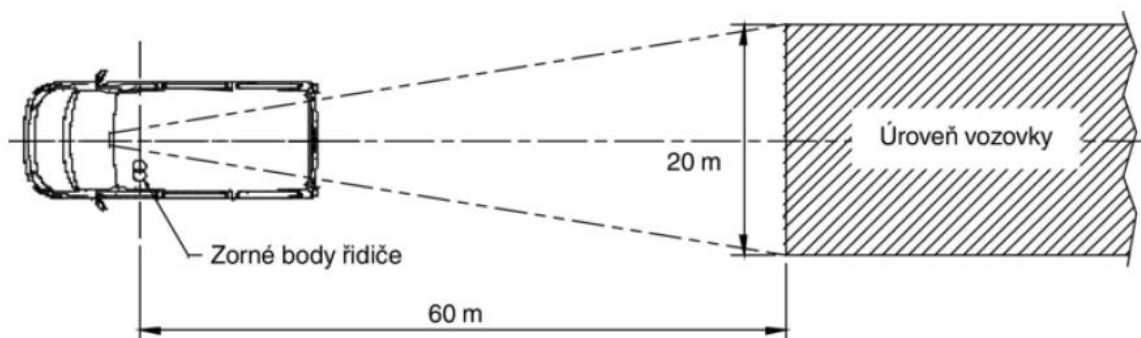
Je-li vozidlo plně zatíženo odpovídající maximální přípustnou hmotností a spodní okraj zrcátka je níže než 2 m nad vozovkou, nesmí toto zrcátko přečnívat celkovou šířku vozidla (bez zrcátek) o více jak 250 mm. [44]

4.5.5 Pole výhledu

Vnitřní zpětná zrcátka třídy I

Nejmenší pole výhledu, které řidič musí vidět, je 20 m široká rovinná a vodorovná část vozovky, která má střed ve střední podélné svislé rovině vozidla a je vzdálená 60 m za zornými body řidiče k obzoru viz Obr. 19. [44]

Obr. 19 - Pole výhledu zrcátek třídy I [44]

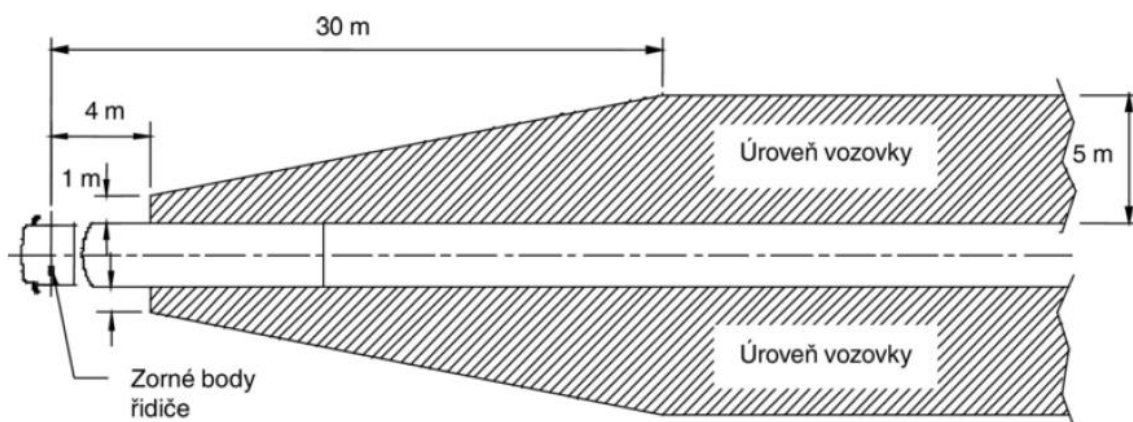


Hlavní vnější zpětná zrcátka třídy II

Na straně řidiče musí být pole výhledu takové, aby řidič viděl minimálně 5 m širokou rovinnou a vodorovnou část vozovky, která prochází krajním bodem vozidla na straně řidiče, je ohraničená rovinou rovnoběžnou se střední svislou rovinou vozidla a sahá do vzdálenosti 30 m za zornými body řidiče k obzoru. Kromě toho musí řidič vidět tímto polem výhledu pás vozovky o šíři 1 m, který je ohraničen rovinou rovnoběžnou s podélnou svislou rovinou vozidla a procházející krajním bodem vozidla, a který je vzdálen 4 m za svislou rovinou procházející zornými body řidiče (viz Obr. 20). [44]

Pro vnější zrcátka na straně spolujezdce platí stejná pravidla pro pole výhledu jako u zrcátek na straně řidiče, s tím rozdílem, že místo zorného pole procházejícího krajním bodem vozidla na straně řidiče je pole procházející krajním bodem vozidla na straně spolujezdce (viz Obr. 20). [44]

Obr. 20 - Pole výhledu zrcátek třídy II [44]

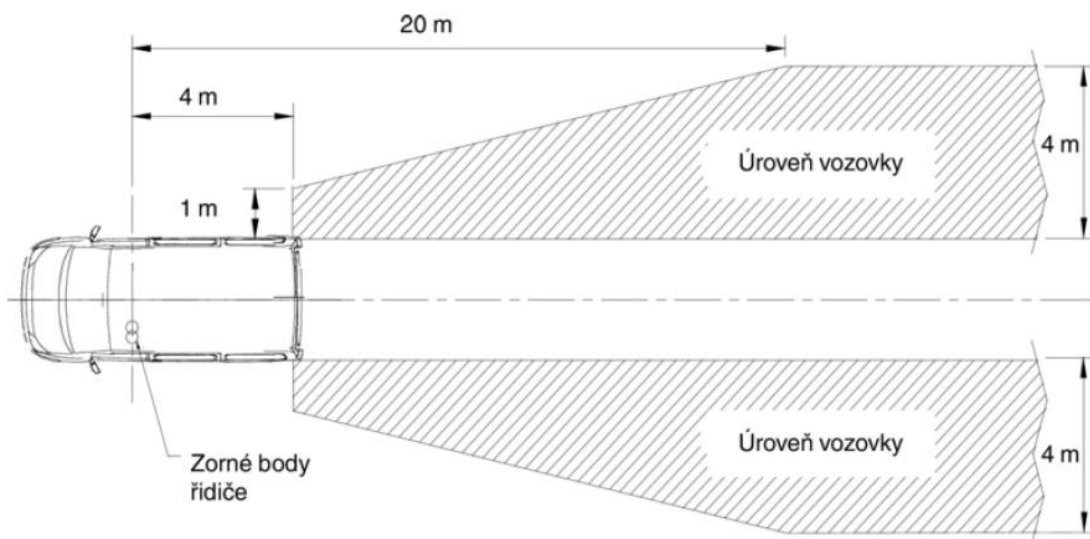


Hlavní vnější zpětná zrcátka třídy III

Na straně řidiče musí řidič vidět přinejmenším 4 m širokou rovinnou a vodorovnou část vozovky, která prochází krajním bodem vozidla na straně řidiče, je ohraničená rovinou rovnoběžnou se střední svislou rovinou vozidla a sahá do vzdálenosti 20 m za zornými body řidiče k obzoru. Tímto polem výhledu by měl vidět pás vozovky široký 1 m, který je ohraničen rovinou rovnoběžnou se střední svislou rovinou vozidla a procházející krajním bodem vozidla, a která začíná 4 m za svislou rovinou procházející zornými body řidiče (viz Obr. 21). [44]

Na straně spolujezdce, stejně jako u předchozích zrcátek tříd II, je výhledové pole této třídy zrcátek, změna je jen v tom, že pole výhledu je znovu ohraničené rovinou procházející krajním bodem na straně spolujezdce. Hodnoty velikosti a určení rovin zůstávají stejné, tzn. 4 m široká rovina, vzdálenost 20 m, pás široký 1 m a 4 m svislá rovina (viz Obr. 21). [44]

Obr. 21 - Pole výhledu zrcátek třídy III [44]



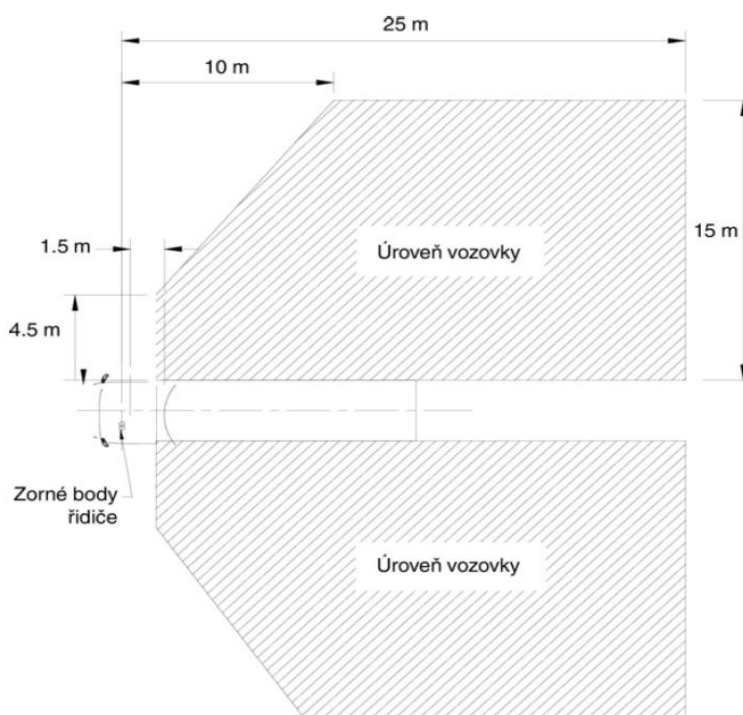
Širokouhlé vnější zrcátko třídy IV

Na straně řidiče musí být výhledové pole takové, aby řidič viděl minimálně 15 m širokou vodorovnou a rovinnou část vozovky, která je ohraničená rovinou rovnoběžnou se střední podélnou rovinou vozidla a procházející krajním bodem vozidla na straně řidiče, a která musí sahát přinejmenším od vzdálenosti 10 m do 25 m za zornými body řidiče. Mimo to také řidič musí vidět pás vozovky o šířce 4,5 m, který je ohraničen rovinou rovnoběžnou se

střední podélnou svislou rovinou vozidla a procházející krajním bodem vozidla, a která je vzdálená 1,5 m za svislou rovinou procházející zornými body (viz Obr. 22). [44]

Na straně spolujezdce je obdobná situace jako u předchozích dvou tříd. Výhled je zde zrcadlově otočen přes střední podélnou osu vozidla na stranu spolujezdce. Výhledová plocha má stejné velikosti a rozměry, akorát je znovu ohraničená rovinou procházející krajním bodem vozidla na straně spolujezdce (viz Obr. 22). [44]

Obr. 22 - Pole výhledu zrcátek třídy IV [44]



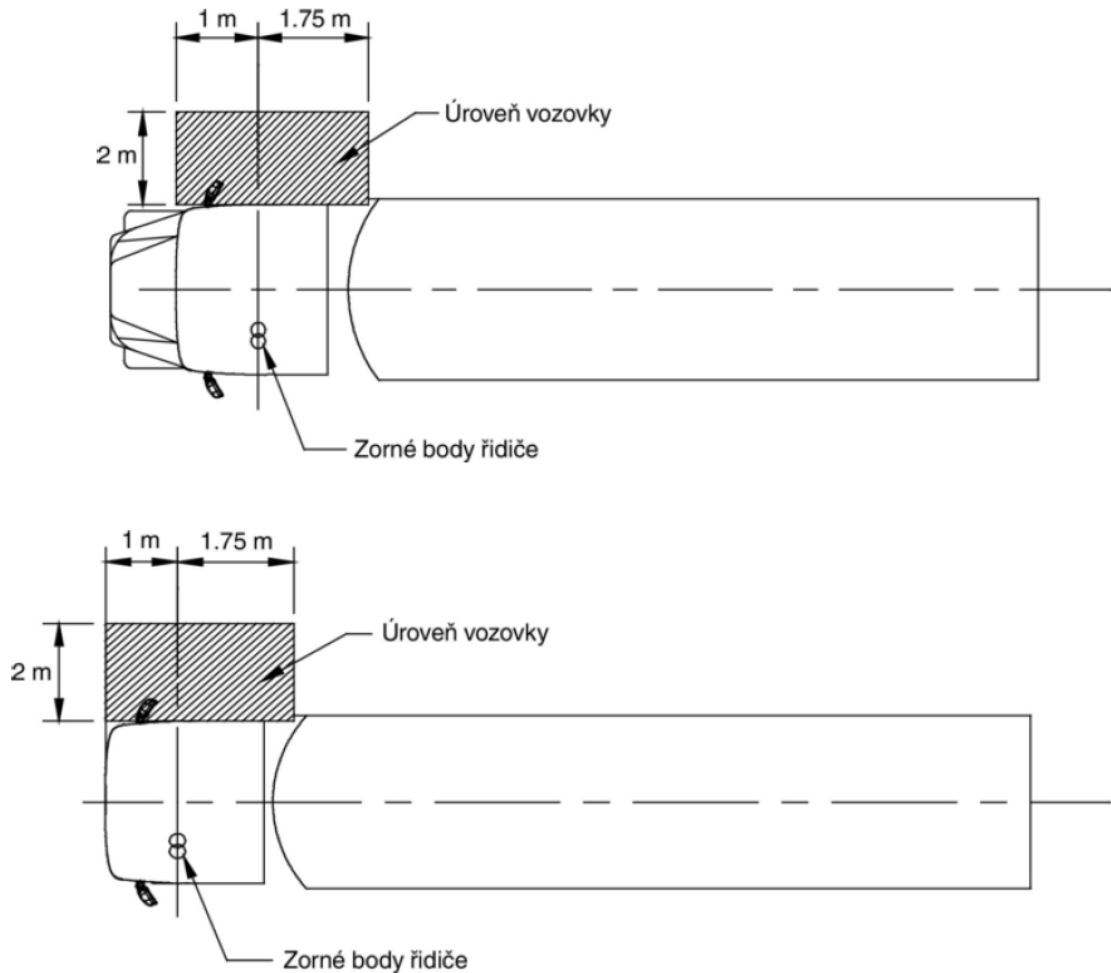
Blízkopohledové vnější zrcátko třídy V

Řidičovo pole výhledu musí být takové, aby viděl rovinnou a vodorovnou část vozovky podél strany vozidla. Tato část je ohraničena následujícími rovinami viz Obr. 23: [44]

- rovinou rovnoběžnou se střední svislou podélnou rovinou vozidla, která prochází krajním bodem kabiny vozidla na straně spolujezdce a zároveň v příčném směru rovinou rovnoběžnou vzdálenou 2 m od boku vozidla na straně spolujezdce
- vzadu rovinou rovnoběžnou se svislou rovinou procházející zornými body řidiče, která leží 1,75 m za touto rovinou
- vpředu rovinou rovnoběžnou se svislou rovinou procházející zornými body řidiče, která leží 1 m před touto rovinou. V případě, že je svislá příčná rovina procházející

přední hranou nárazníku vozidla méně než 1 m před svislou rovinou procházející zornými body řidiče, omezí se pole výhledu touto rovinou.

Obr. 23 - Pole výhledu zrcátek třídy V [44]



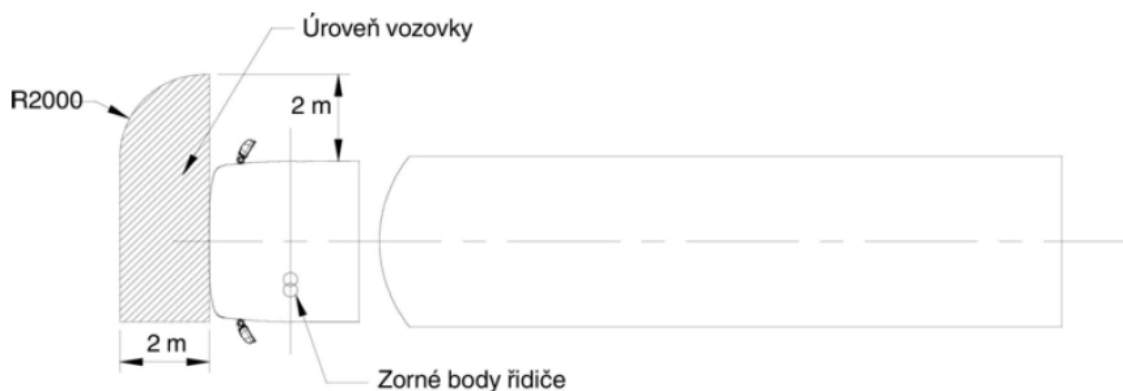
Přední zrcátko třídy VI

Pole výhledu řidiče musí být takové, aby viděl přinejmenším rovinnou a vodorovnou část vozovky, která je ohraničena následovně (viz Obr. 24): [44]

- a) příčnou svislou rovinou procházející krajním bodem přední části vozidla,
- b) příčnou svislou rovinou ve vzdálenosti 2 m před rovinou definovanou v písmeni a),
- c) podélnou svislou rovinou rovnoběžnou se střední podélnou svislou rovinou vozidla procházející krajním bodem vozidla na straně řidiče,

- d) podélnou svislou rovinou rovnoběžnou se střední podélnou svislou rovinou vozidla ve vzdálenosti 2 m vně od krajního bodu vozidla na opačné straně, než je strana řidiče.

Obr. 24 - Pole výhledu zrcátek třídy VI [44]



Překážky ve výhledu u vnitřního zpětného zrcátka třídy I

Pole výhledu může být zmenšeno následujícími zařízeními: opěrkou hlavy, sluneční clonou, stírači zadního skla, prvky vyhřívání nebo brzdovou svítilnou, nebo částmi karoserie- např. sloupky oken zadních dělených dveří. Požadované pole výhledu může být zmenšeno jen částečně. Stupeň zakrytí se měří v poloze, kdy je opěrka hlavy v nejnižší poloze a při sklopení sluneční clony směrem dozadu. [44]

Překážky ve výhledu vnějších zrcátek třídy II, III, IV, V a VI

U těchto výše zmíněných polí výhledu může dojít ke zmenšení maximálně o 10 % předepsaného pole výhledu. Mezi překážky, které toto zmenšení můžou způsobit, se řadí: jiná zrcátka, dveřní kliky, obrysové svítilny a směrové svítilny, přední a zadní nárazníky a zařízení pro čištění odrazných ploch. Výjimku tvoří zrcátka třídy VI u vozidel, jež jsou konstruována pro zvláštní účely. U těchto vozidel může být zakrytí požadovaného pole výhledu vyšší než 10 %, ale zakrytí nesmí být větší, než je nezbytně nutné. Příkladem je posypový vůz, který má ve své výhledové ploše připevněnou sněhovou radlici. [44]

5 Výsledky a vyhodnocení

Na základě výše uvedené metodiky byla naměřená data, které můžete vidět v příloze 6. Veškerá vstupní data jsou v příloze 1 a 2. V následující tabulce 3 jsou shrnuty základní informace vyplývající z těchto dat.

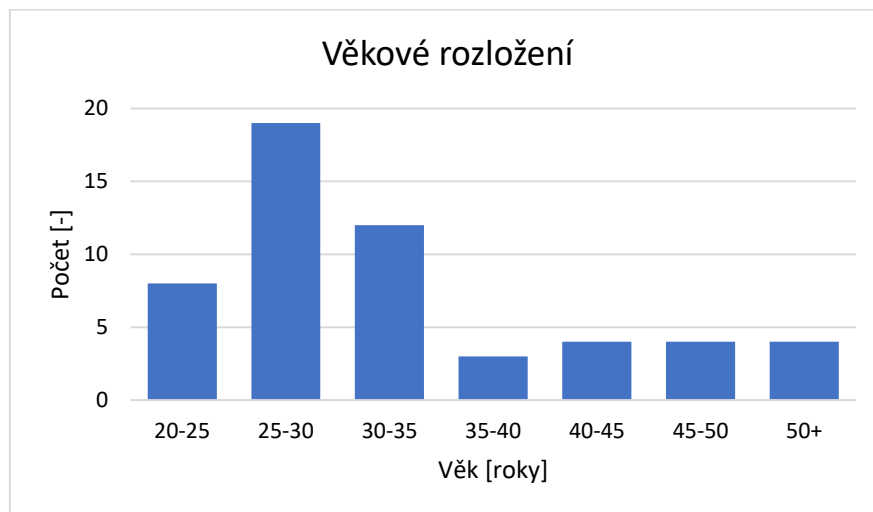
Tabulka 3 - Základní informace

Věk	
Celkem	54
Průměr	32,76
Modus	27
Medián	29,5
Min	20
Max	59

Pohlaví	
Muž	39
Žena	15

Zkušenost s DSM	
Ano	8
Ne	46

Graf 2 - Věkové rozložení

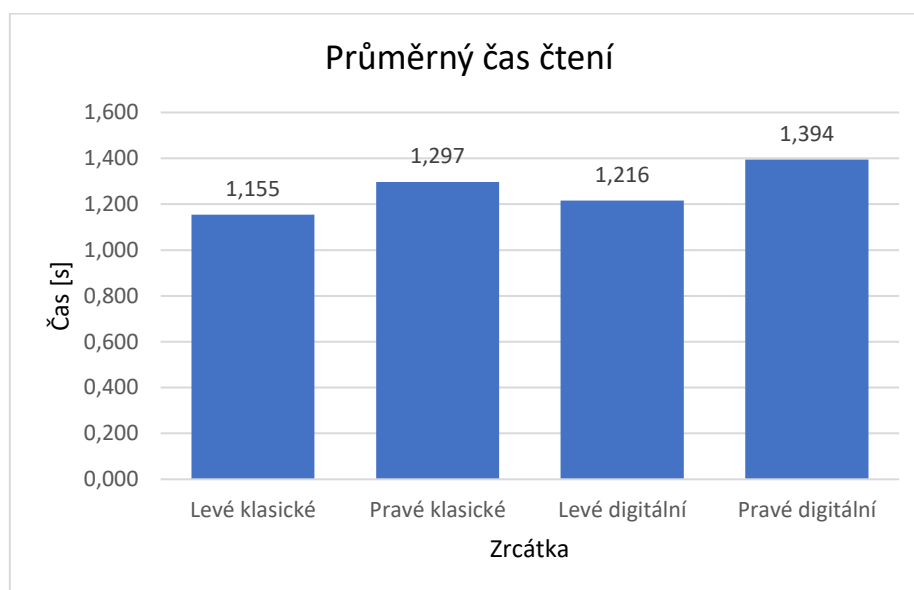


Na grafu 2 lze vidět věkové rozložení účastníků. Zaokrouhlená věkový průměr testované skupiny byl 33 let. Nejmladšímu dobrovolníkovi bylo 20 let, naopak nejstaršímu bylo 59 let. Nejčastější zastoupení se pohybovalo mezi 25 a 30 lety. Modus měl hodnotu 27 let, medián 29,5 let. Složení testovací skupiny bylo determinováno organizačními možnostmi a převážná většina účastníků tak byla z univerzitního prostředí. Tím je dán i relativně nižší věk účastníků.

Skupina se skládala z 15 žen a 39 mužů. Pouze 8 dobrovolníků už mělo nějakou předchozí zkušenost s digitálními zrcátky.

5.1 Závislost rychlosti času čtení na technologii

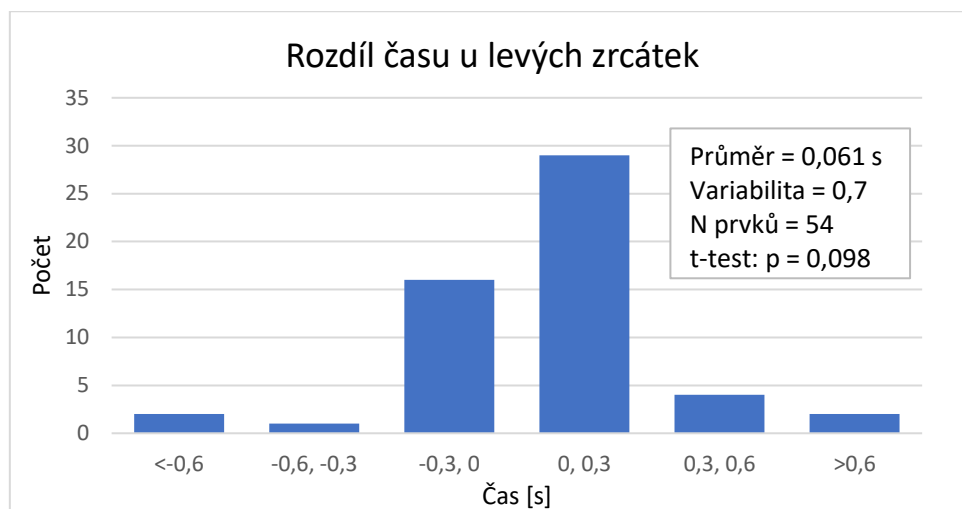
Graf 3 - Průměrný čas čtení



Na grafu 3 jsou vyobrazena data průměrných časů čtení u jednotlivých zrcátek. Na první pohled je patrné, že u obou technologií proběhlo přečtení rychleji u levých zrcátek než u pravých. Stranový rozdíl u klasických zrcátek činí 0,142 sekundy. Tento rozdíl lze vnímat jako čas potřebný k pootočení hlavy doprava, kde je potřeba dosáhnout většího úhlového pohybu. Do levého zrcátka se většina lidí dívala převážně periferně a pohyb hlavy byl v tomto případě minimální. U pravého oka byl naproti tomu pohyb hlavy jasně patrný. Obdobně to bylo i u digitálních zrcátek, kde ovšem rozdíl činil 0,179 sekund. Pokud se odečte od tohoto času čas, potřebný k pootočení hlavy, který byl naměřen u klasických zrcátek, dostaneme 0,037 sekund. Tento čas by měl přitom být kratší, protože oko méně akomoduje.

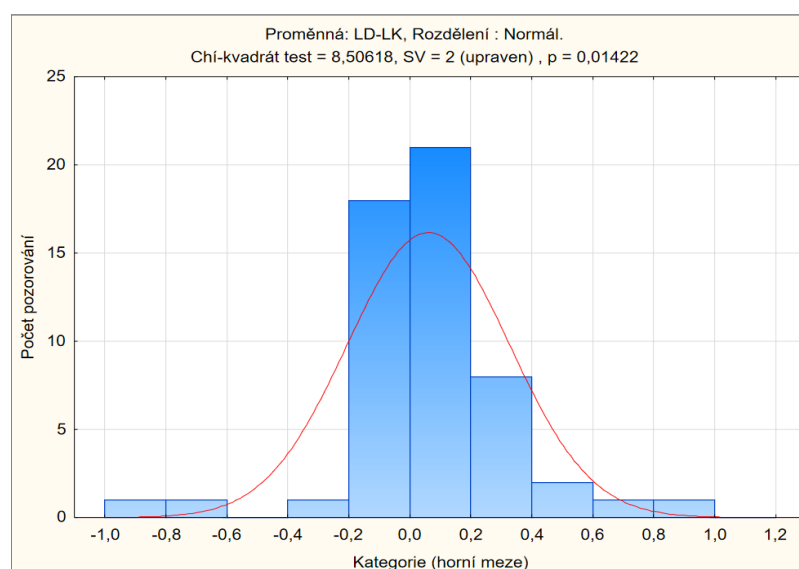
Pro zkoumání rozdílů časů čtení mezi digitálními a klasickými zrcátky, resp. toho, zda jsou statisticky významné, byl použit Studentův t-test. V případě nemožnosti jeho použití byl zvolen jiný typ testování, a to testování neparametrické.

Graf 4 - Rozdíl času čtení u levých zrcátek



V grafu 4 jsou zobrazeny rozdíly časů čtení zkušebních slov u levého digitálního a klasického zrcátka. Celkem bylo testováno 54 účastníků. Průměr získaných dat byl 0,061 sekund a variabilita 0,7. Pomocí Studentova t-testu při hladině spolehlivosti 95 % bylo stanovena $p = 0,098$. Jde o statisticky nevýznamný rozdíl. Pokud by byla hladina spolehlivosti nastavena na 90 %, mohlo by se jednat o statisticky významný rozdíl. Aby bylo toto testování platné, je nutné, aby se jednalo o normální rozdělení. Naměřené časy, resp. jejich rozdíly, byly podrobeny analýze za pomoci programu Statistica.

Graf 5 - Rozdělení u levého digitálního a klasického zrcátka



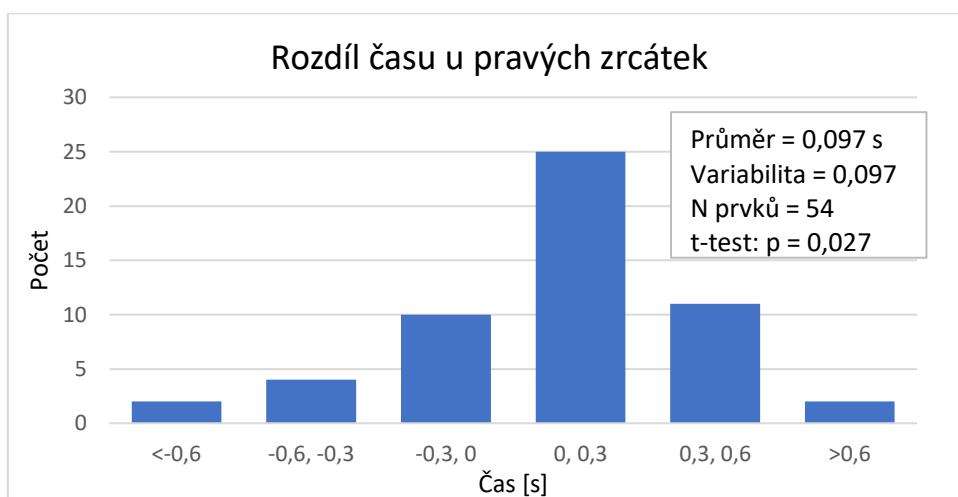
Z grafu 5 je patrné, že se nejedná o normální rozdělení, protože hodnota p je menší než 0,05. Studentův t-test je tedy neplatný. Proto jsem ke zjištění, jde-li o statisticky významný rozdíl, následně použil neparametrický Wilcoxonův párový test. Výsledky testu jsou v tabulce 4,

nejdůležitější je hodnota $p = 0,038$, která je menší než $0,05$, tudíž je zamítnuta nulová hypotéza a to znamená, že výsledky se statisticky významně liší.

Tabulka 4 - Wilcoxonův párový test rozdílu pravého digitálního a klasického zrcátka

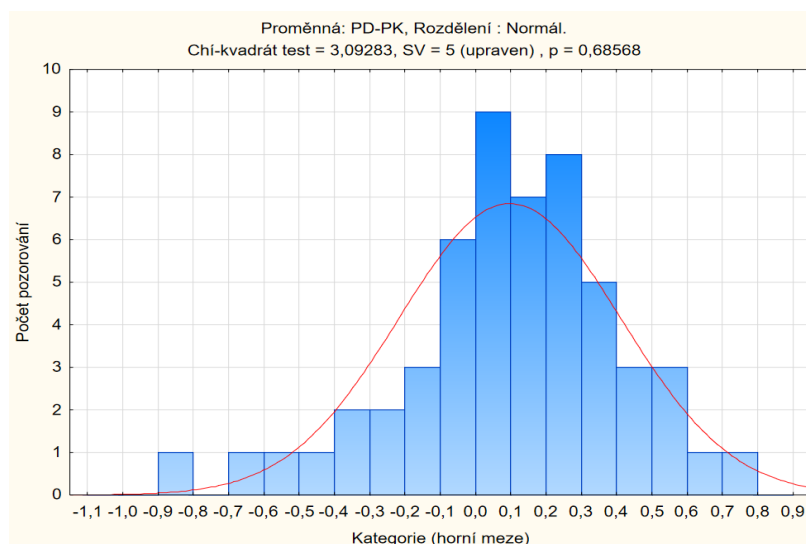
Počet N	T	Z	p-hodnota
54	481,5000	2,071547	0,038309

Graf 6 - Rozdíl času čtení u pravých zrcátek



U grafu 6 je znovu znázorněn rozdíl času čtení, tentokrát u pravého digitálního a klasického zrcátka. Průměr činí $0,097$ sekund a variabilita $0,097$. Výsledky byly znovu testovány pomocí Studentova t-testu. Hodnota $p = 0,027$ je menší $0,05$, tudíž se potvrdilo, že se jedná o statisticky významný rozdíl při hladině spolehlivosti 95% . Obdobně jako u předchozího vyhodnocení je možné zjistit, zda se jedná o normální rozdělení.

Graf 7 - Rozdělení u pravého digitálního a klasického zrcátka

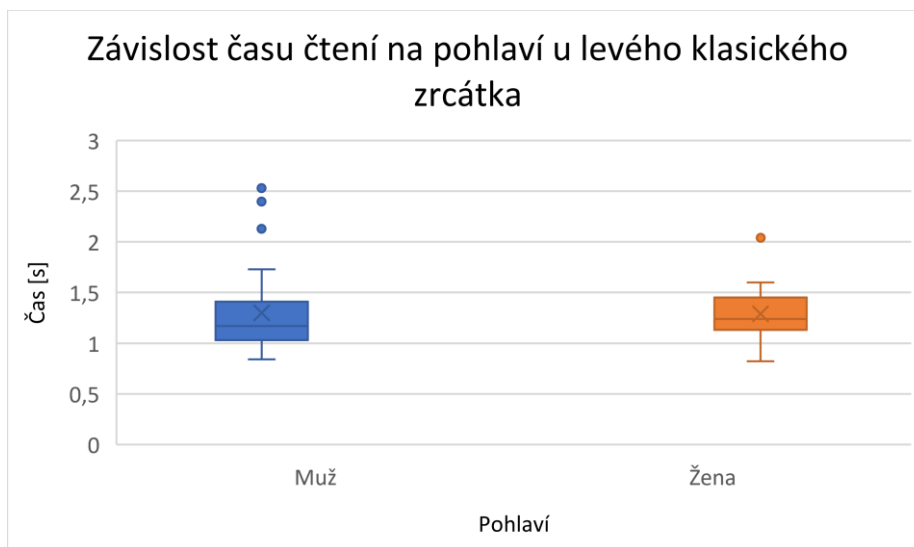


Z grafu 7 je patrné, že se jedná o normální rozdělení, navíc tento výrok potvrzuje hodnota p , která je tentokrát větší než 0,05. Studentův t-test je platný.

5.2 Závislost rychlosti času čtení na pohlaví

Pro hodnocení statistické významnosti času čtení v závislosti na pohlaví bylo použito neparametrické porovnání dvou nezávislých vzorků, a to konkrétně Kolmogorov-Smirnovův test.

Graf 8 - Závislost času čtení na pohlaví u levého klasického zrcátka

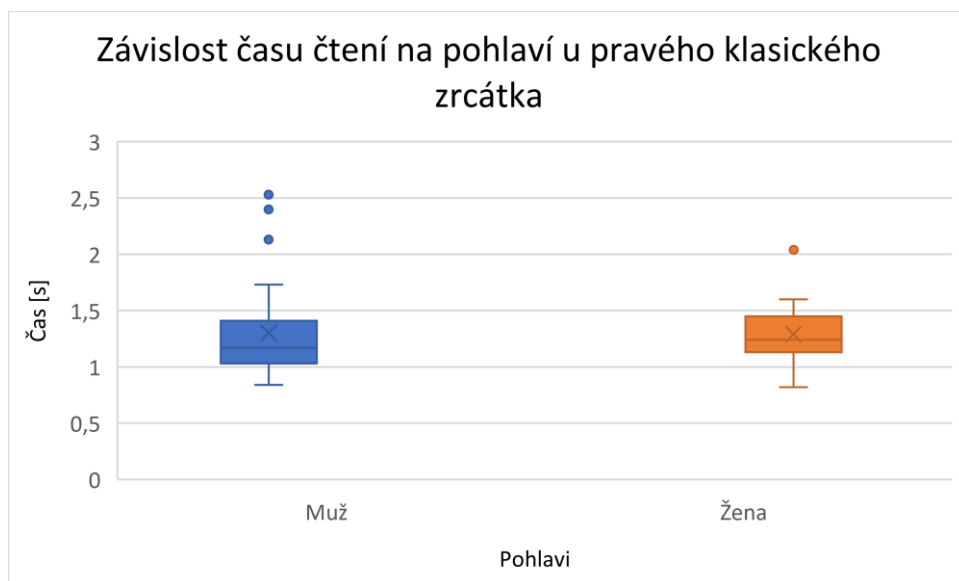


Na grafu 8 jsou vidět časy přečtení textu v závislosti na pohlaví v levém klasickém zrcátku. Zde bylo cílem znovu zjistit hlavně hodnota p , která je větší než 0,1 jak lze vidět v tabulce 5. Jedná se tedy o nevýznamné rozdíly,

Tabulka 5 - Kolmogorov-Smirnovův test u levého klasického zrcátka

Max záporný rozdíl	Max kladný rozdíl	p-hodnota	Průměr Muž	Průměr Žena	Směrodatná odchylka Muž	Směrodatná odchylka Žena	Platných Muž	Platných Žena
-0,241026	0,138462	$p > .10$	1,157051	1,148000	0,316011	0,233611	39	15

Graf 9 - Závislost času čtení na pohlaví u pravého klasického zrcátka

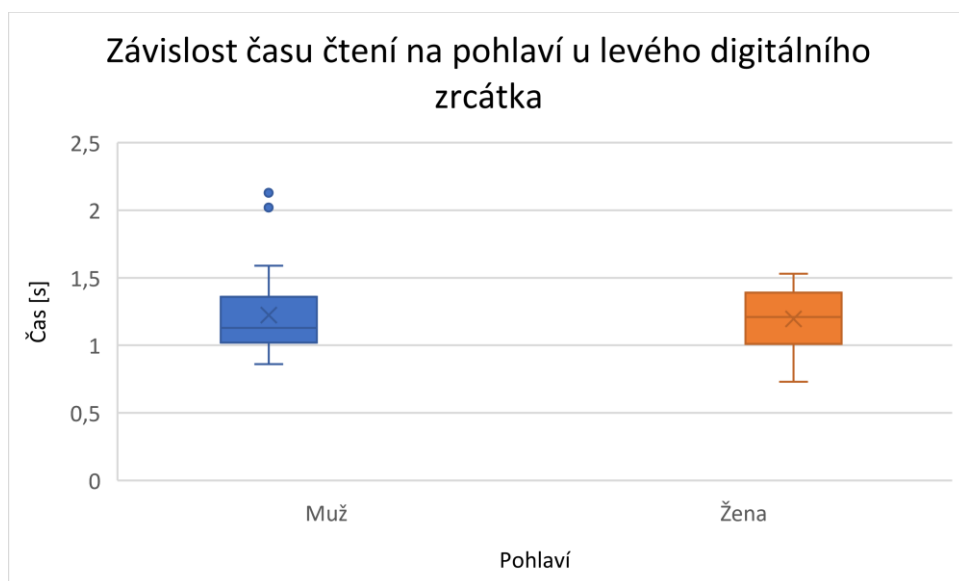


Na grafu 9 jsou vidět časy přečtení textu v závislosti na pohlaví v pravém klasickém zrcátku. U mužů se vyskytuje několik hodnot, které se vyjmají z průměru. I zde neparametrickým testováním bylo ověřeno, že se jedná o statisticky nevýznamný rozdíl (viz Tabulka 6).

Tabulka 6 - Kolmogorov-Smirnovův test u pravého klasického zrcátka

Max záporný rozdíl	Max kladný rozdíl	p-hodnota	Průměr Muž	Průměr Žena	Směrodatná odchylka Muž	Směrodatná odchylka Žena	Platných Muž	Platných Žena
-0,179487	0,133333	$p > .10$	1,223333	1,195333	0,280351	0,242483	39	15

Graf 10 - Závislost času čtení na pohlaví u levého digitálního zrcátka

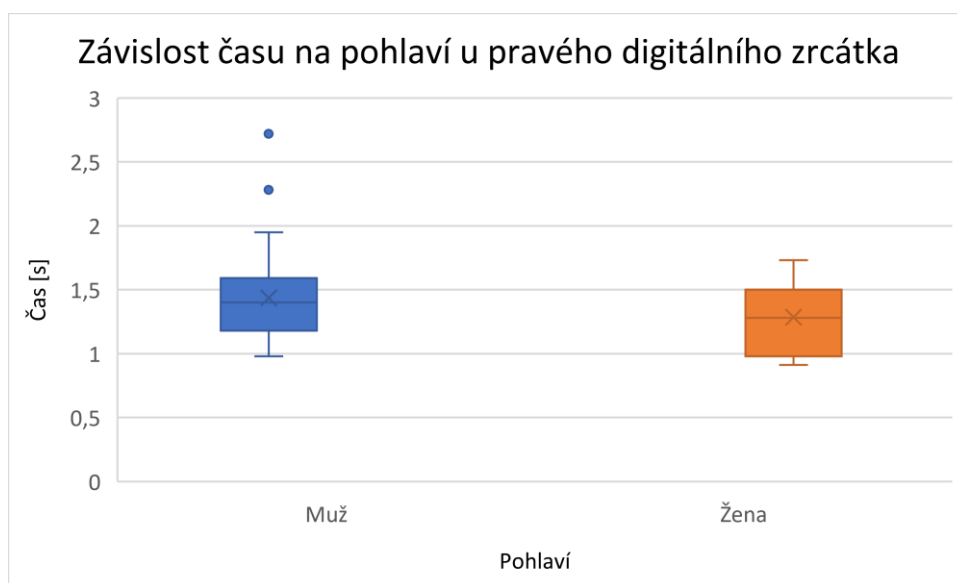


Tentokrát lze na grafu 10 vidět závislost rychlosti čtení na pohlaví u levého digitálního zrcátka. Stejně jako u předchozích grafů neparametrické testování ověřilo nevýznamný rozdíl (viz Tabulka 7).

Tabulka 7 - Kolmogorov-Smirnovův test u levého digitálního zrcátka

Max záporný rozdíl	Max kladný rozdíl	p-hodnota	Průměr Muž	Průměr Žena	Směrodatná odchylna Muž	Směrodatná odchylna Žena	Platných Muž	Platných Žena
-0,246154	0,112821	$p > .10$	1,299744	1,288667	0,403338	0,288960	39	15

Graf 11- Závislost času na pohlaví u pravého digitálního zrcátka



Graf 11 je zaměřený na pravé DSM. Zde je hodnota $p > 0,1$ Studentova t-testu, znovu se tedy jedná o statisticky nevýznamný rozdíl, jak dokazuje tabulka 8.

Tabulka 8 - Kolmogorov-Smirnovův test u pravého digitálního zrcátka

Max záporný rozdíl	Max kladný rozdíl	p-hodnota	Průměr Muž	Průměr Žena	Směrodatná odchylna Muž	Směrodatná odchylna Žena	Platných Muž	Platných Žena
-0,071795	0,246154	$p > .10$	1,436154	1,285333	0,347643	0,285028	39	15

Na další tabulce 9 je vidět, že ani rozdíl časů přečtení mezi levým digitálním a klasickým zrcátkem se nejeví jako statisticky významný. Znovu hodnota p je větší než 0,1.

Tabulka 9 - Kolmogorov-Smirnovův test rozdílu u levého digitálního a klasického zrcátka

Max záporný rozdíl	Max kladný rozdíl	p-hodnota	Průměr Muž	Průměr Žena	Směrodatná odchylna Muž	Směrodatná odchylna Žena	Platných Muž	Platných Žena
-0,164103	0,225641	$p > .10$	0,066282	0,047333	0,303765	0,135197	39	15

Rozdíl časů u pravého digitálního a klasického bočního zrcátka je dle neparametrického testování statisticky významné, jak ukazuje tabulka 10. Hodnota p je menší než 0,025. Zde tedy závisí, zda se jedná o muže či ženu.

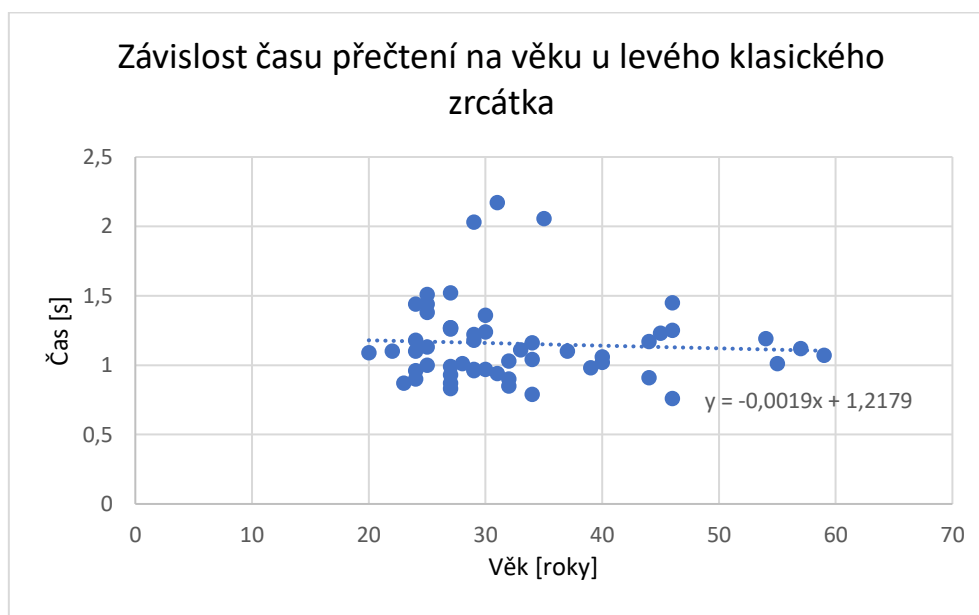
Tabulka 10 - Kolmogorov-Smirnovův test rozdílu u pravého digitálního a klasického zrcátka

Max záporný rozdíl	Max kladný rozdíl	p-hodnota	Průměr Muž	Průměr Žena	Směrodatná odchylka Muž	Směrodatná odchylka Žena	Platných Muž	Platných Žena
-0,128205	0,451282	$p < .025$	0,136410	-0,003333	0,343905	0,196311	39	15

5.3 Závislost rychlosti času čtení na věku

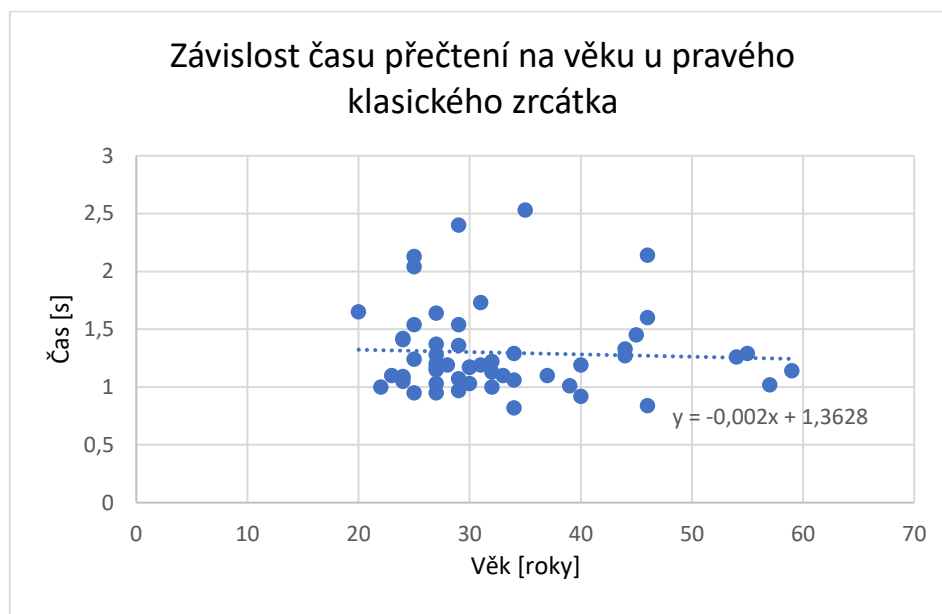
Pro testování závislosti času na věku byla použita lineární regresi.

Graf 12- Závislost času přečtení na věku u levého klasického zrcátka



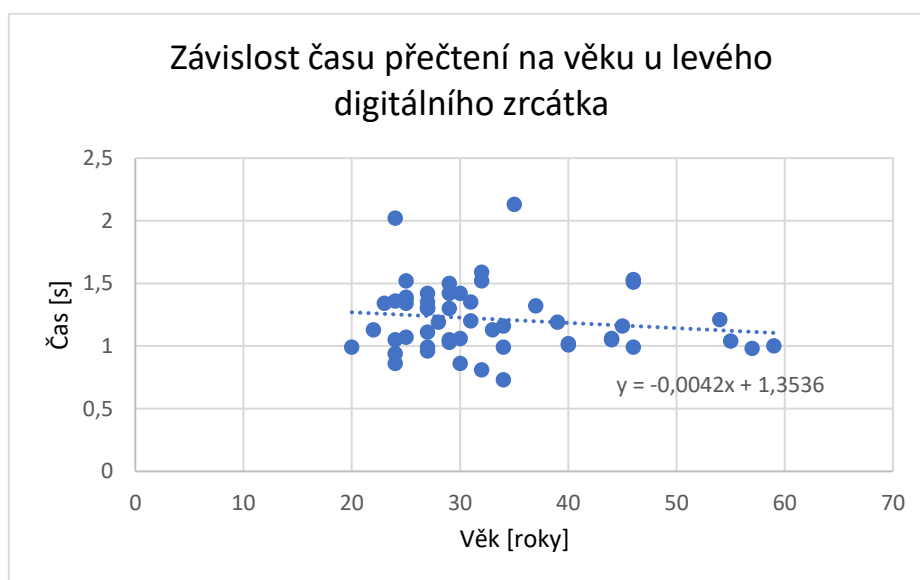
Z grafu 12 lze vidět, že u levého klasického zrcátka nemá věk dobrovolníka žádný vliv na rychlost přečtení textu. Spojnice trendů má dokonce velice mírný pokles se stoupajícím věkem. Pro přesnější analýzu by byla potřeba větší skupina lidí nad 35 let.

Graf 13 - Závislost času přečtení na věku u pravého klasického zrcátka



Graf 13 je téměř totožný jako předchozí graf. Na základě naměřených údajů lze tedy znovu konstatovat, že v tomto případě nemá věk nemá rychlost čtení vliv. Lineární spojnice trendů znovu klesá, a ještě pozvolněji než u levých klasických zrcátek.

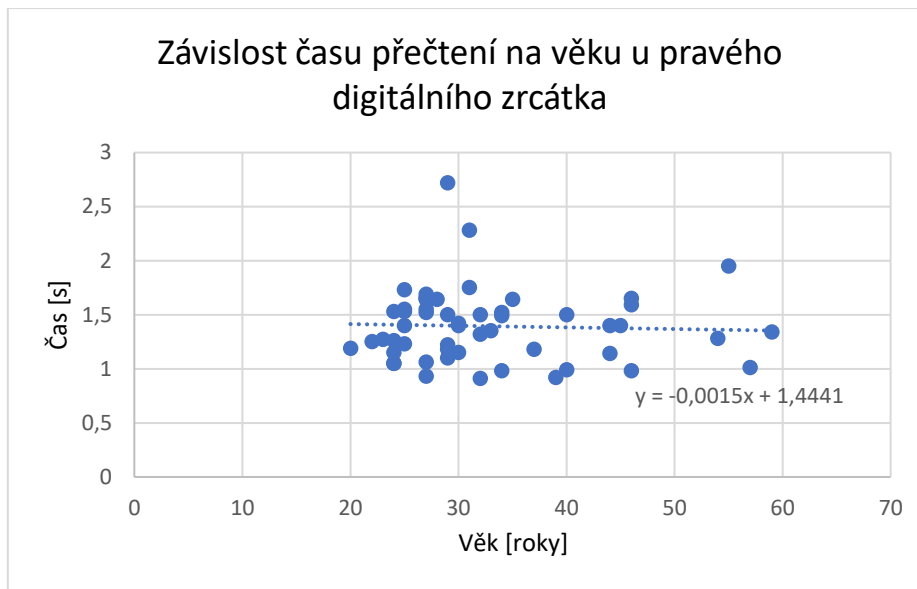
Graf 14 - Závislost času přečtení na věku u levého digitálního zrcátka



Na grafu 14 je zobrazen čas potřebný k přečtení slova u levého digitálního zrcátka. Znovu nelze potvrdit závislost času na věku, i když už je zde patrnější klesající funkce lineární regrese. Čas by se měl ale spíše k věku prodlužovat z důvodu menší pružnosti čočky. Tento statisticky neočekávaný výsledek lze zdůvodnit tak, že starší lidé jsou zkušenější než mladší,

je však zajímavé, že tento jev byl pozorován pouze v tomto případě. Tím se znovu ukazuje, že k lepší interpretaci výsledků by bylo potřeba větší množství dat.

Graf 15 - Závislost času přečtení na věku u pravého digitálního zrcátka



Na grafu 15 lze opětovně sledovat, že věk nemá vliv na rychlost přečtení textu. Spojnice trendů zde připomíná průběh čtení u klasického zrcátka. Znovu je zde však patrné mírné klesání trendu.

5.4 Závislost rychlosti čtení textu na zdraví zraku

Základní myšlenkou testování zrakové ostrosti a reakčních časů byl předpoklad prodloužení reakčního času pro PD a LD, kdy je nezbytné na displej akomodovat, tzn. zaostřit a vynaložit tak úsilí prodlužující reakční čas, což neplatí pro klasická zrcátka. Očekávan byl signifikantní rozdíl u pacientů s výrazným nekorigovaným refrakčním deficitem, respektive u pacientů s deficitem akomodace (addice) pro čtení/zaostření do blízka (na 40/100 cm). Veškerá získaná data z oftalmologického vyšetření jsou uvedena v příloze 2.

Stručné vysvětlivky

visus zraková ostrost, normováno dle fyziologicky předpokládaného rozlišení oka, 100% zraková ostrost (oko rozliší dva body bod úhlem jedné úhlové minuty) = označení 1,0, ale "rozlišení oka" může být samozřejmě zejména u mladých pacientů vyšší než fyziologicky očekávané, například 120 % = 1,2

<i>visus naturalis</i>	zraková ostrost pacienta bez použití korekce
<i>aktuální korekce</i>	brýle do dálky, kterými pacient koriguje svůj refrakční deficit, znaménko určuje typ refrakční vady (myopie/hypermetropie)
<i>nová korekce</i>	korekce, která byla (naměřená při testování) nezbytná pro dosažení maximální nejlepší zrakové ostrosti
<i>bino</i>	hodnota zrakové ostrosti do dálky s použitou novou korekcí obou očí
<i>addice 40/100 cm</i>	značí dioptrickou hodnotu deficitu akomodace pacienta na danou vzdálenost,
<i>teoreticky. vyn. ak. 40/100</i>	teoreticky spočítaná míra využití akomodace (v dioptriích) se zohledněním nekorigované refrakční vady na obě vzdálenosti

V tabulkách 11 jsou přehledy výsledků na základě dat získaných ze vstupního oftalmologického vyšetření.

Tabulka 11 - Výsledky oftalmologického vyšetření

Nutnost addice do blízka 40 cm		
hodnota	počet	%
0	90	83,33
0,25	0	0,00
0,5	2	1,85
0,75	2	1,85
1	2	1,85
1,25	2	1,85
1,5	8	7,41
1,75	0	0,00
2	2	1,85
2,25	0	0,00
2,5	0	0,00
	0	0,00
kontrola	108	100

Zraková ostrost bez korekce do dálky		
hodnota	počet	%
0,05	2	1,85
0,10	1	0,93
0,20	8	7,41
0,30	4	3,70
0,40	4	3,70
0,50	10	9,26
0,80	27	25,00
0,90	0	0,00
1,00	16	14,81
1,25	32	29,63
1,60	4	3,70
	0	0,00
kontrola	108	100

Nutnost addice na střed 100 cm		
hodnota	počet	%
0,00	90	83,33
0,25	2	1,85
0,50	0	0,00
0,75	8	7,41
1,00	4	3,70
1,25	2	1,85
1,50	2	1,85
1,75	0	0,00
2,00	0	0,00
2,25	0	0,00
2,50	0	0,00
	0	0,00
kontrola	108	100

Zraková ostrost s korekcí do dálky		
hodnota	počet	%
0,16	1	0,93
0,10	0	0,00
0,20	0	0,00
0,30	1	0,93
0,40	0	0,00
0,50	5	4,63
0,80	24	22,22
0,90	0	0,00
1,00	24	22,22
1,25	49	45,37
1,60	4	3,70
	0	0,00
kontrola	108	100

Teoreticky vynaložená add na 40 cm		
hodnota	počet	%
0,00	4	3,70
0,25	0	0,00
0,50	1	0,93
0,75	0	0,00
1,00	2	1,85
1,25	4	3,70
1,50	1	0,93
1,75	3	2,78
2,00	15	13,89
2,25	16	14,81
2,50	43	39,81
>2.5	19	17,59
kontrola	108	100

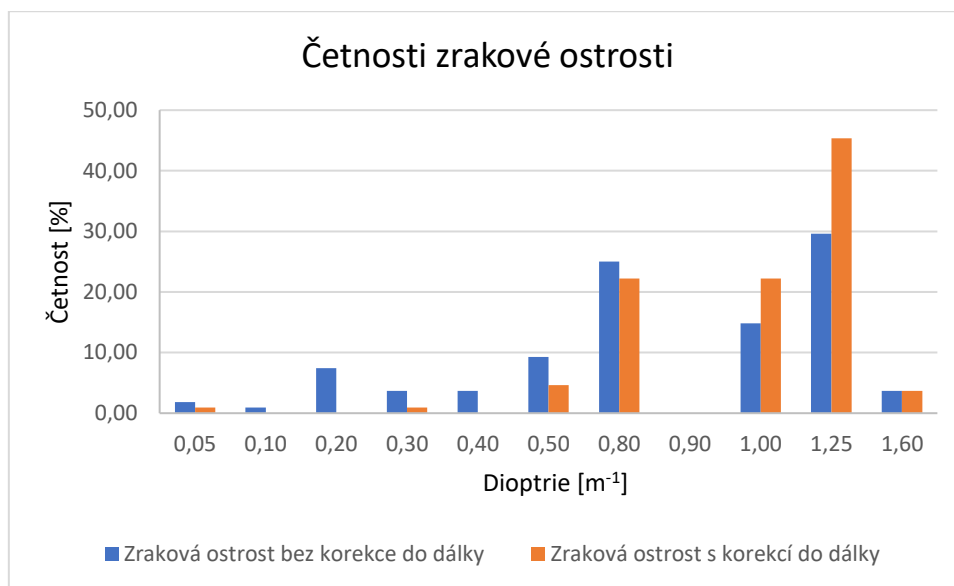
Teoreticky vynaložená add na 100 cm		
hodnota	počet	%
0,00	6	5,56
0,25	1	0,93
0,50	9	8,33
0,75	11	10,19
1,00	43	39,81
1,25	11	10,19
1,50	3	2,78
1,75	3	2,78
2,00	8	7,41
2,25	6	5,56
2,50	2	1,85
>2.5	5	4,63
kontrola	108	100

Tabulka 12 - Pearsonův test

	Pearson			
	reakční doba			
	PK	LK	PD	LD
addice 40	X	-0,07	X	-0,13
addice 100	-0,12	X	-0,16	X
abs hod akt kor	-0,03	-0,09	-0,02	-0,06
nová korekce	-0,06	-0,06	-0,08	-0,04
věk	-0,05	-0,06	-0,04	-0,15
visus nat	-0,20	-0,21	-0,32	-0,14
visus korigovaný Bino	-0,13	-0,24	-0,40	-0,17
teor vynal ak na 40cm	X	X	X	-0,05
teor vynal ak na 100cm	X	X	0,00	X

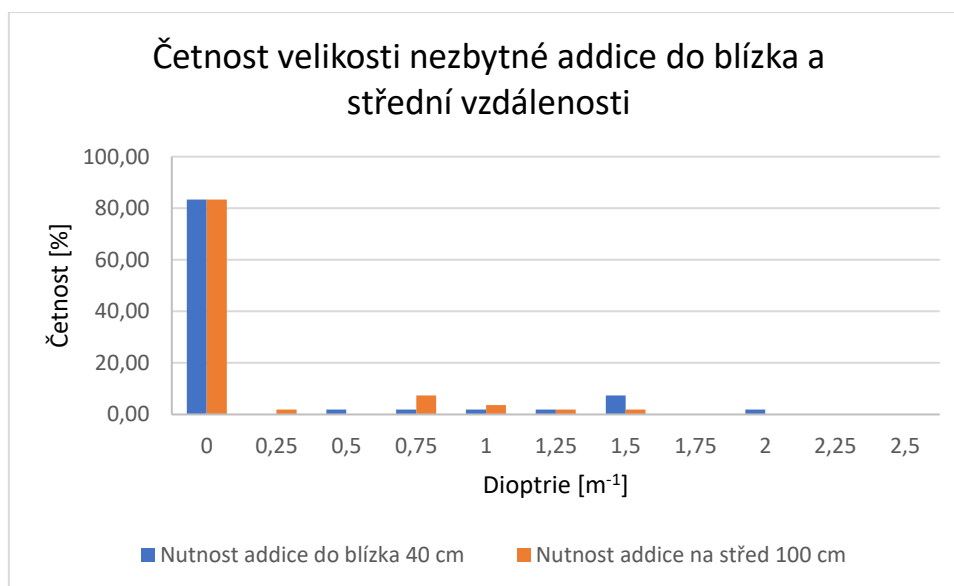
Z Pearsonova testu (viz tabulka 12) vyšly pouze slabé negativní korelace, z nichž plynou tyto logické závěry: horší zraková ostrost bez korekce = delší reakční čas a lepší korigovaná zraková ostrost = kratší reakční čas, a to zejména u pravého zrcátka.

Graf 16 - Četnosti zrakové ostrosti



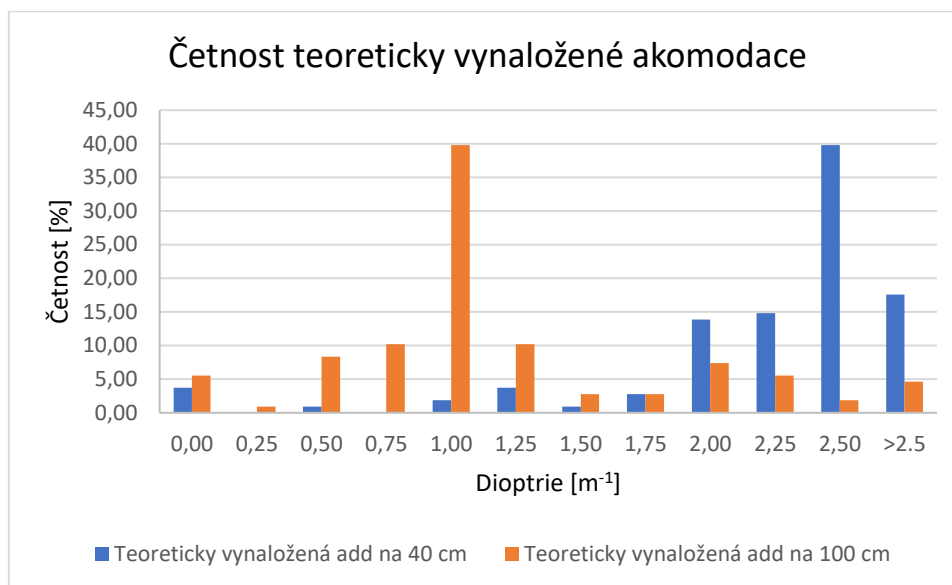
Graf 16 znázorňuje četnosti zrakové ostrosti.

Graf 17 - Četnost velikosti nezbytné addice do blízka a střední vzdálenosti



Na grafu 17 lze vidět četnost velikosti nezbytné addice do blízka a střední vzdálenosti. Přes 80 % účastníků nepotřebuje žádnou korekci.

Graf 18 - Četnost teoreticky vynaložené akomodace



Četnost teoreticky vynaložené akomodace je znázorněn v grafu 18.

Sledovaný soubor byl velmi mladý (průměr pod 35 let) a celkem bez významnějších refrakčních deficitů, s výbornou zrakovou ostrostí (téměř 3/4 účastníků mělo výborný visus) a 83,33 % z nich nepotřebovalo žádnou korekci, aby ostře vidělo text na 40/100 cm. Soubor takto „mladých a zdravých očí“ nemá s akomodací problém. K roku 2020 byl průměrný věk populace v ČR roven 42,6 let, tedy prakticky přesně na hranici počínajícího signifikantního úbytku schopnosti akomodace a zvyšování refrakční vady [45]. V tomto souboru by z logického hlediska uvedený předpoklad platil u pacientů potřebujících addici do blízka číslo 22, 32, 39, 43, přesto časový rozdíl reakcí nebyl tak významný.

6 Diskuse

Výsledky potvrdily hypotézu vyřčenou na začátku této práce. Rychlost přečtení textu u levého klasického zrcátka byla vyšší než u digitálního zrcátka umístěného na stejné straně vozidla, rozdíl časů činil 0,061 sekund. Tento rozdíl lze spolehlivě označit za čas, potřebný k akomodaci oka z dalekého bodu na vzdálenost přibližně 0,5 metru. Časový rozdíl čtení u pravého klasického a digitálního zrcátka byl 0,098 sekund ve prospěch klasického bočního zrcátka. Čas na akomodaci byl delší než na levé straně, což je zajímavé zjištění, protože oko ostřilo z dalekého bodu na delší vzdálenost než u levého zrcátka, a to na vzdálenost cca 1 metru. Tento čas by měl být přitom kratší z důvodu menší akomodace oka. To lze dát za vinu buď displeji, který je umístěn dál od hlavy, tudíž písmo na něm zobrazené bylo fakticky o něco menší a tím hůře čitelné. Pro lepší představu, co tyto rozdíly znamenají v reálném provozu, bylo by dobré tento čas převést na vzdálenost ujetou během této doby v nejčastějších povolených maximálních rychlostech v ČR, a to při rychlostech v obci, mimo obec a na dálnici (50, 90 a 130 km/h). Čas a rychlost stačí dosadit do jednoduchého fyzikálního vzorečku pro dráhu:

$$s = v \cdot t \text{ [m]} \quad (6)$$

kde s ...dráha [m]

v ...rychlost [m/s]

t ...čas [s]

V tabulce 11 lze vidět ujetou vzdálenost za rozdílnou dobu přečtení v klasických a digitálních zrcátkách, tedy např. u pravého digitálního zrcátka by delší čas potřebný k přečtení při rychlosti jízdy 130 km/h prodloužil ujetou vzdálenost o cca 3,5 m. Jakkoliv se může zdát, že se nejedná o významnou vzdálenost, může v důsledku i takto malá vzdálenost ovlivnit bezpečnost provozu.

Tabulka 13 - Ujetá vzdálenost

Rychlost [km/h]	Dráha [m]	
	Levé zrcátko	Pravé zrcátko
50	0,847	1,355
90	1,525	2,440
130	2,203	3,524

Jediné použití DSM, které lze označit za smysluplné, by bylo jeho aplikování pouze na pravé straně vozidla, a to pouze za splnění podmínky, že displej pravého zrcátka by byl umístěn v podobné, zrcadlově obrácené oblasti, kde je standardně umístěn displej levého

zrcátka (např. ve středu palubní desky). To by znamenalo, že čas potřebný k přečtení u pravého zrcátka byl stejný jako u levého. Tím by došlo zamezení nutnosti pootočit hlavu doprava a výsledný čas by se skládal pouze z akomodace oka, jako je to u levého digitálního zrcátka. Při pohledu na graf 2 lze vidět, že čas u levého digitálního zrcátka je kratší než u pravého klasického. Z toho vyplývá, že čas potřebný k akomodaci je kratší než čas nutný k pootočení hlavou.

Obecně lze na základě výše uvedených výsledků konstatovat, že ani věk, ani pohlaví nemá vliv na rychlost čtení textu. Za zmínku možná stojí jen závislost času čtení na pohlaví u rozdílů pravého digitálního a klasického bočního zrcátka, kde se jedná o statisticky významný rozdíl.

Nakonec by bylo dobré připomenout, že experiment probíhal v co možná nejideálnějších podmínkách. Test nebyl ovlivněn nepříznivými venkovními podmínkami jako například deštěm, sněhem, tmou a mnoha dalšími, které by také hrály spíš ve prospěch klasických zrcátek. Jednalo se o statickou zkoušku, text už byl prakticky načtený na obrazovkách. Ve skutečnosti bychom museli brát v potaz odezvu všech zařízení, která se podílí na přenosu obrazu do displeje.

7 Závěr

Tato diplomová práce se zabývala použitelností digitálních bočních zrcátek, která využívá čím dál tím více výrobců automobilů, a to především u elektrických vozů. V teoretické části byla popsána funkce lidského oka, jeho akomodace a optické jevy, které je potřeba pro pochopení této problematiky znát. Dále zde byla popsána konstrukční řešení zpětných zrcátek.

Cílem práce bylo zjistit, zda existuje rozdíl v rychlosti čtení textu v klasických a digitálních bočních zrcátkách, a pokud ano, jak je tento rozdíl významný. Potvrdit hypotézu, která říká, že čas potřebný k přečtení slova v digitálních zrcátkách by měl být delší o čas nutný k akomodaci oka na blízko. Pro zjištění výstupů sloužil jednoduchý experiment, který spočíval v měření potřebného času k přečtení slova po stanoveném signálu. Získaná data byla podrobena pečlivé analýze.

Výzkum potvrdil tuto hypotézu. Dokázal, že čas potřebný k přečtení slova v klasických je kratší než u digitálních, a to o 0,061 sekundy u levého bočního zrcátka a o 0,098 sekund u pravého. Přestože se nejedná o podstatné rozdíly, tak i tento malý rozdíl někdy může rozhodovat, zda se neštěstí stane či ne. Protože se jednalo o statickou zkoušku, ve výsledcích nebyla promítnuta odezva všech zařízení, která se starají o přenos obrazu v digitálních zrcátkách, což by reálně mohlo prodloužit čas potřebný k přečtení slova. Toto by mohl být podnět k dalšímu výzkumu.

Automobilky by se proto měly opravdu zamyslet, jestli tato inovace povede k lepšímu. Bezpečnost řidiče i všech lidí okolo by měla být vždy na prvním místě. I přesto, že se jedná o elegantní a pro někoho efektní řešení prvku, který se skoro nezměněn používá od počátků automobilismu, není všechno zlato, co se třpytí.

8 Bibliografie

- [1] *Average time spent in car* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: [Y7cEQ7HmhWcEeQMQGrsehLKymad2RsJQ](https://www.dmv-written-test.com/question/when-driving-how-often-should-you-check-your-rearview-mirror-for-traffic-behind-you_2MXL66Pw.html)
- [2] *How often you check your rearview mirror?* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: https://www.dmv-written-test.com/question/when-driving-how-often-should-you-check-your-rearview-mirror-for-traffic-behind-you_2MXL66Pw.html
- [3] *Tobii Pro Glasses 2: Tobii* [online]. [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: <https://www.tobii.com/>
- [4] *Shotcut* [online]. [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: <https://shotcut.org/>
- [5] *CyberShot Camera DSC-RX0 Mark II: Alza* [online]. [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/sony-cybershot-camera-dsc-rx0-ii-d5580138.htm>
- [6] *Feelworld monitor FW570: Megapixel* [online]. [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: <https://www.megapixel.cz/feelworld-monitor-fw570-1531347632>
- [7] *Devices For Use In Defining And Measuring Vehicle Seating Accommodation: SAE J826*. SAE International, 2008.
- [8] *VECT DSR-4x55WT* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <http://www.avsystems.sk/produkty/svetelna-technika/studiove-svetla/vect/VECT-DSR-4x55WT/>
- [9] CACHA, Ch. A. *Ergonomics and safety in hand tool design*. 1. vydání. Boca Raton: CRC Press, 1999, 128 s. ISBN 1-56670-308-5.
- [10] SALVENDY, Gavriel. *Handbook of human factors and ergonomics*. 4th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2012. ISBN isbn978-0-470-52838-9.
- [11] BISHE, Vivek D. *Ergonomics in the Automotive Design Process*. 1. vydání. Boca Raton: CRC Press, 2011, 329 s. ISBN 14-398-4210-8.
- [12] *Co je ergonomie?* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/co-je-ergonomie>
- [13] CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN isbn80-01-02301-x.
- [14] *NIS - ergonomie* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <http://www.n-is.cz/cz/ergonomie/page/19/>
- [15] *Vnímání a předvídavý způsob jízdy: BESIP* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.ibesip.cz/Pro-media/Clanky/Vnimani-a-predvidavy-zpusob-jizdy>
- [16] *Lidské oči: Vidění.cz* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <http://www.videni.cz/oko/4-oci>
- [17] ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. Vyd. 1. Ilustroval Ivan HELEKAL. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-140-2.
- [18] KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Anatomie a embryologie oka*. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN isbn80-7013-313-9.
- [19] DYLEVSKÝ, Ivan. *Funkční anatomie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. ISBN isbn9788024732404.
- [20] *Zrak: Lidské smysly* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <http://www.lidske-smysly.wbs.cz/Zrak.html>

- [21] *Stavba oka: Encyklopedie fyziky* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/486-stavba-oka>
- [22] KOLÍN, Jan. *Oční lékařství*. 2., přeprac. vyd. Praha: Karolinum, 2007. ISBN 978-80-246-1325-3.
- [23] KUČHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 1.vyd. Praha: Grada, 2007. ISBN isbn978-80-247-1163-8.
- [24] HRMÁDKOVÁ, Lada. *Šilhání*. Vyd. 3., nezměn. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011. ISBN isbn978-80-7013-530-3.
- [25] *Čočka: Wikiskripta* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/w/Lens>
- [26] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. 1. vyd. Praha: Galén, 2006. ISBN isbn80-246-1213-5.
- [27] ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN isbn80-701-3402-x.
- [28] AUTRATA, Rudolf. *Nauka o zraku*. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN isbn80-701-3362-7.
- [29] *Akomodace* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.cocky-kontaktni.cz/slovník/akomodace.html>
- [30] *Optický systém oka: Wikiskripta* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Optick%C3%BD_syst%C3%A9m_oka
- [31] *How the eye focuses light* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/50-how-the-eye-focuses-light>
- [32] OLÁH, Zoltán. *Očné lékařství*. Ilustroval František CHRASTEK. Martin: Osveta, 1992. ISBN 80-217-0437-3.
- [33] RUTRLE, Miloš. *Brýlová optika*. 2. přeprac. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. Učební text pro střední zdravotnické školy. ISBN isbn80-7013-145-4.
- [34] *Základy optiky: Fyzika 007* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.fyzika007.cz/optika>
- [35] *Optika - zobrazení* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.itnetwork.cz/maturitni-otazka-fyzika-zobrazeni-cocky-zrcadla-pristroje>
- [36] MALÝ, Petr. *Optika*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Karolinum, 2013. ISBN 978-80-246-2246-0.
- [37] *Optika: Encyklopedie fyziky* [online]. [cit. 2022-03-05].
- [38] *Encyklopedie fyziky* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <http://w.galaktis.cz/ext/1092/>
- [39] JI, Qiang a Dan Witzner HANSEN. In the Eye of the Beholder: A Survey of Models for Eyes and Gaze. *Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 32 (3):. IEEE, 2009, 478-500. Dostupné z: doi:10.1109/TPAMI.2009.30
- [40] *Head mounted eyetracker* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: http://www.elearning-psychologie.de/elearning/head_mounted_eyetracker_large.jpg
- [41] MAJARANTA, Päivi, Hirotaka AOKI, Mick DONEGAN, Dan Witzner HANSEN, John Paulin HANSEN, Aulikki HYRSKYKARI a Kari-Jouko RÄIHÄ. *Gaze*

- Interaction and Applications of Eye Tracking* [online]. IGI Global, 2012 [cit. 2022-03-05]. ISBN 9781613500989. Dostupné z: doi:10.4018/978-1-61350-098-9
- [42] POPELKA, Stanislav. *Eye-tracking (nejen) v kognitivní kartografii: praktický průvodce tvorbou a vyhodnocením experimentu*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci pro katedru geoinformatiky, 2018. ISBN 978-80-244-5313-2.
- [43] *Eyetracker warns against momentary driver drowsiness* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/en/press-media/2010/grossbild/pi68_IDMT%20Eyetracker_g.jpg
- [44] *Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK/OSN): Jednotná ustanovení pro schvalování zařízení pro nepřímý výhled a motorových vozidel z hlediska montáže těchto zařízení*. In: . 2014.
- [45] *Český statistický úřad: Průměrný věk obyvatel v ČR* [online]. [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/stoletistatistiky/prumerny-vek-obyvatel-ceske-republiky>

Seznam použitých obrázků

Obr. 1 - Umístění digitálních bočních zrcátek (vlevo – pohled seshora, vpravo – přední pohled)	5
Obr. 2 - Semafor	5
Obr. 3 - Mobilní tabule	6
Obr. 4 - Reflektor [8]	6
Obr. 5 - Ukázka složeného slova na tabuli	8
Obr. 6 - Schéma pokusu.....	9
Obr. 7 - Schéma člověk – technika – prostředí [13]	12
Obr. 8 - Schéma stavby lidského oka [20].....	14
Obr. 9 - Čočka [25]	16
Obr. 10 - Anatomie struktur oka podílejících se na akomodaci [26].....	17
Obr. 11 - Akomodace [29].....	18
Obr. 12 - Akomodace oka na daleký a blízký bod [31].....	18
Obr. 13 - Optické zobrazování [35]	20
Obr. 14 - Odraz světla [37]	21
Obr. 15 – Schéma pokusu (světelné paprsky).....	21
Obr. 16 - Optická soustava [38].....	22
Obr. 17 - Zařízení připevňující se přímo na hlavu [40]	24
Obr. 18 - Zařízení automaticky sledující oči během pohybu [43]	25
Obr. 19 - Pole výhledu zrcátek třídy I [44].....	30
Obr. 20 - Pole výhledu zrcátek třídy II [44]	30
Obr. 21 - Pole výhledu zrcátek třídy III [44]	31
Obr. 22 - Pole výhledu zrcátek třídy IV [44].....	32
Obr. 23 - Pole výhledu zrcátek třídy V [44]	33
Obr. 24 - Pole výhledu zrcátek třídy VI [44].....	34

Seznam použitých tabulek

Tabulka 1 - Popis a specifikace přístrojů.....	7
Tabulka 2 - Třídy zpětných zrcátek [44]	27
Tabulka 3 - Základní informace.....	35
Tabulka 4 - Wilcoxonův párový test rozdílu pravého digitálního a klasického zrcátka.....	38
Tabulka 5 - Kolmogorov-Smirnovův test u levého klasického zrcátka.....	39
Tabulka 6 - Kolmogorov-Smirnovův test u pravého klasického zrcátka	40
Tabulka 7 - Kolmogorov-Smirnovův test u levého digitálního zrcátka	41
Tabulka 8 - Kolmogorov-Smirnovův test u pravého digitálního zrcátka	41
Tabulka 9 - Kolmogorov-Smirnovův test rozdílu u levého digitálního a klasického zrcátka	41
Tabulka 10 - Kolmogorov-Smirnovův test rozdílu u pravého digitálního a klasického zrcátka	42
Tabulka 11 - Výsledky oftalmologického vyšetření.....	45
Tabulka 12 - Pearsonův test.....	46
Tabulka 13 - Ujetá vzdálenost	49

Seznam použitých grafů

Graf 1 - Duanova křivka [33]	19
Graf 2 - Věkové rozložení	35
Graf 3 - Průměrný čas čtení	36
Graf 4 - Rozdíl času čtení u levých zrcátek	37
Graf 5 - Rozdělení u levého digitálního a klasického zrcátka	37
Graf 6 - Rozdíl času čtení u pravých zrcátek	38
Graf 7 - Rozdělení u pravého digitálního a klasického zrcátka	38
Graf 8 - Závislost času čtení na pohlaví u levého klasického zrcátka	39
Graf 9 - Závislost času čtení na pohlaví u pravého klasického zrcátka	40
Graf 10 - Závislost času čtení na pohlaví u levého digitálního zrcátka	40
Graf 11 - Závislost času na pohlaví u pravého digitálního zrcátka	41
Graf 12 - Závislost času přečtení na věku u levého klasického zrcátka	42
Graf 13 - Závislost času přečtení na věku u pravého klasického zrcátka	43
Graf 14 - Závislost času přečtení na věku u levého digitálního zrcátka	43
Graf 15 - Závislost času přečtení na věku u pravého digitálního zrcátka	44
Graf 16 - Četnosti zrakové ostrosti	47
Graf 17 - Četnost velikosti nezbytné addice do blízka a střední vzdálenosti	47
Graf 18 - Četnost teoreticky vynaložené akomodace	48

9 Přílohy

Příloha 1: Vstupní dotazník

Účastník	Pohlaví	Věk	Výška [cm]	Zkušenost s DSM
1	Muž	22	185	Ne
2	Muž	25	173	Ne
3	Muž	23	183	Ne
4	Muž	24	188	Ne
5	Muž	24	178	Ne
6	Muž	29	180	Ano
7	Muž	27	181	Ne
8	Muž	27	175	Ne
9	Muž	57	181	Ano
10	Muž	27	170	Ano
11	Muž	46	176	Ano
12	Žena	25	166	Ne
13	Muž	44	177	Ne
14	Žena	30	168	Ne
15	Muž	27	195	Ne
16	Žena	27	163	Ne
17	Muž	35	177	Ano
18	Žena	39	169	Ne
19	Žena	32	173	Ne
20	Muž	27	190	Ne
21	Muž	32	183	Ne
22	Muž	59	168	Ne
23	Muž	30	164	Ne
24	Žena	34	164	Ne
25	Muž	31	181	Ne
26	Muž	37	186	Ano
27	Žena	54	165	Ne
28	Žena	27	171	Ne
29	Muž	29	183	Ne
30	Muž	24	192	Ne
31	Muž	33	184	Ne
32	Muž	46	175	Ne
33	Muž	31	184	Ne
34	Muž	28	172	Ne
35	Muž	30	185	Ne
36	Muž	20	193	Ne
37	Žena	44	172	Ne
38	Žena	40	178	Ano
39	Žena	46	168	Ne
40	Žena	29	172	Ne
41	Muž	29	179	Ne
42	Muž	55	175	Ne
43	Žena	45	158	Ne
44	Muž	40	178	Ne
45	Muž	24	188	Ne
46	Muž	32	186	Ne
47	Muž	24	196	Ne
48	Muž	27	167	Ne
49	Muž	34	189	Ne
50	Muž	34	172	Ano
51	Muž	29	185	Ne
52	Muž	25	183	Ne
53	Žena	25	174	Ne
54	Žena	25	168	Ne

Příloha 2: Výsledky z oftalmologického vyšetření

Účastník	Věk	Pohlaví	anamnéza	akt. korekce	akt kor abs	visus nat	nová korekce	visus s korekcí	bino	add 40cm	teoreticky vynal. akom na 40 cm		add 100cm	teoreticky vynal. akom na 100 cm		PK	LK	PD	LD
1	22	M	-	0 0		1,25	-0,25	1,25	1,60	0,00	2,25	2,25	0,00	0,75	0,75	1	1,1	1,25	1,13
						1,25	-0,25	1,25		0,00	2,25	0,00		0,75					
2	25	M	okluze v dětství	0 0		1,25	-0,25	1,25	1,60	0,00	2,25	2,00	0,00	0,75	0,50	2,13	1,38	1,53	1,38
						0,63	-0,75	0,80		0,00	1,75	0,00		0,25					
3	23	M	-	0 0		1,25	0,00	1,25	1,25	0,00	2,50	2,50	0,00	1,00	1,00	1,1	0,87	1,27	1,34
						1,25	0,00	1,25		0,00	2,50	0,00		1,00					
4	24	M	-	0 0		1,25	0,00	1,25	1,60	0,00	2,50	2,38	0,00	1,00	0,88	1,41	1,44	1,26	1,05
						1,00	-0,25	1,25		0,00	2,25	0,00		0,75					
5	24	M	okluze v dětství	0 0		1,25	0,00	1,25	1,25	0,00	2,50	2,50	0,00	1,00	1,00	1,09	1,1	1,15	2,02
						1,25	0,00	1,25		0,00	2,50	0,00		1,00					
6	29	M	laserová operace	0 0		1,60	0,00	1,60	1,60	0,00	2,50	2,50	0,00	1,00	1,00	1,54	0,96	1,22	1,05
						1,60	0,00	1,60		0,00	2,50	0,00		1,00					
7	27	M	-	0 0		1,25	0,00	1,25	1,25	0,00	2,50	2,38	0,00	1,00	0,88	1,03	0,83	1,06	0,99
						1,25	-0,25	1,25		0,00	2,25	0,00		0,75					
8	27	M	-	-0,5	0,5	0,20	-1,00	0,63	0,80	0,50	2,00	2,00	0,25	2,00	2,00	0,95	0,99	1,66	1,3
				-0,5		0,20	-0,75	0,63		0,50	2,00	0,25		2,00					
9	57	M	-	-1,25	1,5	0,50	-1,00	1,00	1,00	1,50	1,75	1,75	1,00	1,75	1,75	1,02	1,12	1,01	0,98
				-1,75		0,50	-1,25	1,00		1,50	1,75	1,00		1,75					
10	27	M	-	-0,5	0,5	0,50	-0,25	0,80	1,00	0,00	2,50	2,25	0,00	2,50	2,25	1,64	1,52	1,65	1,42
				-0,5		0,63	-1,00	0,80		0,00	2,00	0,00		2,00					
11	46	M	-	-1,5	1,5	0,13	-1,50	0,50	0,63	0,00	1,00	1,50	0,00	1,00	1,50	2,14	1,25	1,59	1,51
				-1,5		0,20	-1,00	0,50		0,00	2,00	0,00		2,00					
12	25	Ž	-	-0,25	0,25	0,50	-0,50	1,00	1,25	0,00	2,25	2,25	0,00	2,25	2,25	1,24	1,13	1,23	1,52
				-0,25		0,50	-0,50	0,80		0,00	2,25	0,00		2,25					
13	44	M	-	0 0		1,25	0,00	1,25	1,25	0,75	2,50	2,50	0,75	1,00	1,00	1,33	1,17	1,4	1,05
						1,25	0,00	1,25		0,75	2,50	0,75		1,00					
14	30	Ž	-	0 0		1,25	0,00	1,25	1,25	0,00	2,50	2,50	0,00	1,00	1,00	1,17	1,36	1,42	1,42
						1,25	0,00	1,25		0,00	2,50	0,00		1,00					
15	27	M	KČ	-2,75	2,625	0,25	-3,75	0,63	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,2	1,27	1,64	1,35
				-2,5		0,25	-2,50	0,80		0,00	0,00	0,00		0,00					
16	27	Ž	-	0,25	0,375	1,00	-0,25	1,25	1,60	0,00	2,75	2,63	0,00	2,75	2,63	1,17	0,87	0,93	0,96
				-0,5		1,25	-0,25	1,25		0,00	2,50	0,00		2,50					
17	35	M	-	0 0		0,80	-0,25	1,00	1,60	0,00	2,25	2,25	0,00	0,75	0,75	2,53	2,055	1,64	2,13
						1,00	-0,25	1,25		0,00	2,25	0,00		0,75					
18	39	Ž	-	0 0		1,25	0,00	1,25	1,25	0,00	2,50	2,50	0,00	1,00	1,00	1,01	0,98	0,92	1,19
						1,25	0,00	1,25		0,00	2,50	0,00		1,00					

19	32	Ž	-	0	0	0,32	-1,25	1,25	1,25	0,00	1,25	1,63	0,00	0,00	0,25	1,13	0,85	0,91	0,81
						0,80	-0,50	1,25		0,00	2,00	0,00	0,50						
20	27	M	brýle v dětství	0	0	1,00	-0,25	1,25	1,25	0,00	2,25	2,13	0,00	0,75	0,63	1,15	0,93	1,55	1,11
						1,00	-0,50	1,25		0,00	2,00	0,00	0,50						
21	32	M	-	-1	1	0,25	-0,25	0,50	1,00	0,00	3,00	2,25	0,00	3,00	2,25	1,22	1,03	1,5	1,59
				-1		0,10	-1,25	1,00		0,00	1,50	0,00	1,50						
22	59	M	brýle na čtení	0	0	0,80	0,25	1,00	1,25	2,00	2,75	2,63	1,50	1,25	1,13	1,14	1,07	1,34	1
						1,00	0,00	1,00		2,00	2,50	1,50	1,00						
23	30	M	-	0	0	1,25	0,00	1,25	1,60	0,00	2,50	2,50	0,00	1,00	1,00	1,17	0,97	1,4	0,86
						1,25	0,00	1,25		0,00	2,50	0,00	1,00						
24	34	Ž	laserová operace	0	0	1,25	0,00	1,25	1,60	0,00	2,50	2,50	0,00	1,00	1,00	0,82	0,79	0,98	0,73
						1,25	0,00	1,25		0,00	2,50	0,00	1,00						
25	31	M	-	0	0	0,60	-0,50	0,80	1,00	0,00	2,00	2,00	0,00	0,50	0,50	1,19	0,94	1,75	1,2
						0,60	-0,50	0,80		0,00	2,00	0,00	0,50						
26	37	M	-	0	0	1,00	0,00	1,00	1,25	0,00	2,50	2,63	0,00	1,00	1,13	1,1	1,1	1,18	1,32
						1,00	0,25	1,00		0,00	2,75	0,00	1,25						
27	54	Ž	OL mikročochka - monovision	0		1,00	0,25	1,00	1,25	1,50	2,75	2,38	1,00	1,25	0,88	1,26	1,19	1,28	1,21
						0,32	-0,50	0,63		1,50	2,00	1,00	0,50						
28	27	Ž	laserová operace	0	0	0,80	0,00	0,80	1,25	0,00	2,50	2,50	0,00	1,00	1,00	1,37	1,27	1,69	1,3
						1,00	0,00	1,00		0,00	2,50	0,00	1,00						
29	29	M	-	-0,5	0,5	0,50	-0,75	1,00	1,25	0,00	2,00	2,00	0,00	2,00	2,00	0,97	0,97	1,18	1,03
				-0,5		0,63	-0,75	1,00		0,00	2,00	0,00	2,00						
30	24	M	-	0	0	0,63	-0,25	1,00	1,25	0,00	2,25	2,25	0,00	0,75	0,75	1,42	1,18	1,53	1,36
						0,80	-0,25	1,00		0,00	2,25	0,00	0,75						
31	33	M	-	0	0	0,80	0,25	1,00	1,00	0,00	2,75	2,75	0,00	1,25	1,25	1,1	1,11	1,35	1,13
						0,63	0,25	1,00		0,00	2,75	0,00	1,25						
32	46	M	brýle na čtení 1,5	0		1,25	0,25	1,25	1,60	1,50	2,75	2,75	1,25	1,25	1,25	0,84	0,76	0,98	0,99
						1,25	0,25	1,25		1,50	2,75	1,25	1,25						
33	31	M	-	0	0	0,50	0,00	0,50	0,63	0,00	2,50	2,50	0,00	1,00	1,00	1,73	2,17	2,28	1,35
						0,50	0,00	0,50		0,00	2,50	0,00	1,00						
34	28	M	-	0	0	1,25	0,00	1,25	1,25	0,00	2,50	2,50	0,00	1,00	1,00	1,19	1,01	1,64	1,19
						1,00	0,00	1,00		0,00	2,50	0,00	1,00						
35	30	M	-	-0,75	0,75	0,80	-0,50	1,00	1,25	0,00	2,25	2,50	0,00	2,25	2,50	1,03	1,24	1,15	1,06
				-0,75		1,00	-0,25	1,00		0,00	2,75	0,00	2,75						
36	20	M	-	0	0	0,63	-0,25	1,25	1,60	0,00	2,25	2,13	0,00	0,75	0,63	1,65	1,09	1,19	0,99
						0,80	-0,50	1,25		0,00	2,00	0,00	0,50						

37	44	Ž		0	0	0,63	0,00	0,63	0,80	1,00	2,50	2,50	0,75	1,00	1,00	1,27	0,91	1,14	1,06
				0		0,63	0,00	0,63		1,00	2,50	0,75	1,00						
38	40	Ž	-	-0,25	0,25	0,80	-0,25	0,80	1,00	0,00	2,25	2,25	0,00	2,25	2,25	1,19	1,06	1,5	1,01
				-0,25		0,80	-0,25	0,80		0,00	2,25	0,00	2,25						
39	46	Ž		0,75	0,75	0,80	0,00	0,80	1,25	1,50	3,25	3,25	0,75	3,25	3,25	1,6	1,45	1,65	1,53
				0,75		1,00	0,00	1,00		1,50	3,25	0,75	3,25						
40	29	Ž	laserová operace	0	0	1,25	0,00	1,25	1,60	0,00	2,50	2,50	0,00	1,00	1,00	1,07	1,18	1,1	1,3
						1,25	0,00	1,25		0,00	2,50	0,00	1,00						
41	29	M	-	0	0	0,80	0,00	0,80	1,00	0,00	2,50	2,50	0,00	1,00	1,00	2,4	2,03	2,72	1,42
						0,80	0,00	0,80		0,00	2,50	0,00	1,00						
42	55	M	-	-0,5	0,25	0,13	-2,25	1,00	1,00	0,00	2,00	2,88	0,00	2,00	2,13	1,29	1,01	1,95	1,04
				0		0,16	1,25	0,25		0,00	3,75	0,00	2,25						
43	45	Ž	brýle na čtení +1,75/ +1,0	0		0,80	0,75	1,00	1,00	1,25	3,25	3,38	0,75	1,75	1,88	1,45	1,23	1,4	1,16
						0,63	1,00	0,80		1,25	3,50	0,75	2,00						
44	40	M	-	0	0	1,25	0,00	1,25	1,60	0,00	2,50	2,50	0,00	1,00	1,00	0,92	1,02	0,99	1,02
						1,25	0,00	1,25		0,00	2,50	0,00	1,00						
45	24	M	-	-1,25	1,25	0,40	-1,75	1,25	1,60	0,00	1,25	1,25	0,00	1,25	1,25	1,08	0,96	1,05	0,94
				-1,25		0,50	-1,50	1,25		0,00	1,25	0,00	1,25						
46	32	M	-	0	0	1,60	0,25	1,60	1,60	0,00	2,75	2,88	0,00	1,25	1,38	1	0,9	1,32	1,52
						1,00	0,50	1,25		0,00	3,00	0,00	1,50						
47	24	M	-	0	0	1,25	0,00	1,25	1,60	0,00	2,50	2,50	0,00	1,00	1,00	1,05	0,9	1,05	0,86
						1,25	0,00	1,25		0,00	2,50	0,00	1,00						
48	27	M	-	0	0	0,63	-0,50	0,80	1,00	0,00	2,00	2,25	0,00	0,50	0,75	1,28	1,26	1,52	1,31
						0,16	0,00	0,16		0,00	2,50	0,00	1,00						
49	34	M	KČ	-1,5	1,75	0,25	-1,50	1,25	1,25	0,00	1,00	0,75	0,00	1,00	0,75	1,06	1,04	1,49	1,16
				-2		0,16	-2,00	1,25		0,00	0,50	0,00	0,50						
50	34	M	-	0	0	1,25	0,00	1,25	1,60	0,00	2,50	2,50	0,00	1,00	1,00	1,29	1,16	1,52	0,99
						1,60	0,00	1,60		0,00	2,50	0,00	1,00						
51	29	M	-	0	0	0,50	-0,50	1,25	1,25	0,00	2,00	1,63	0,00	0,50	0,25	1,36	1,22	1,5	1,5
						0,32	-1,25	1,25		0,00	1,25	0,00	0,00						
52	25	M	šilhání v dětství	0	0	1,00	0,50	1,25	1,60	0,00	3,00	2,88	0,00	1,50	1,38	0,95	1	1,55	1,07
						1,25	0,25	1,25		0,00	2,75	0,00	1,25						
53	25	Ž	KČ	-5,5	5,25	0,05	-5,50	0,63	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,54	1,44	1,4	1,34
				-5		0,05	-5,00	0,80		0,00	0,00	0,00	0,00						
54	25	Ž	-	0	0	0,80	0,00	0,80	1,25	0,00	2,50	2,50	0,00	1,00	1,00	2,04	1,51	1,73	1,39
						1,00	0,00	1,00		0,00	2,50	0,00	1,00						

Příloha 3: Seznam použitých českých slov

ADOLF	BUFET	FARMA	HOROR	KANEC	KROKY	MAJOR	OBNRA	PATRO	PYTEL	SONAR	TRIKO
AGORA	BUNDA	FAUNA	HOTEL	KAPKA	KROKY	MAKAK	OBORA	PAUZA	RACEK	SONDA	TRNKA
AKTIV	BURAN	FENKA	HOUBA	KAPLE	KROVY	MAKRO	OBRAT	PECEN	RADAR	SONET	TROPY
ALBUM	BURZA	FERDA	HRADY	KAPSA	KRUHY	MALBA	OBRAZ	PECKA	RADON	SOPKA	TRYSK
ALEJE	CELEK	FIALA	HRANA	KARAS	KRYSA	MALTA	OBRYŠ	PEKLO	RAKEV	SPIŠY	TUBUS
ALIAS	CELTA	FIKCE	HRDLO	KARMA	KRYTY	MAMBA	OBSAH	PENZE	RAMPA	SPLAV	TUCET
ALIBI	CENTR	FILMY	HRNEC	KARTA	KUDLA	MANDL	OBVAZ	PERLA	RANDE	SPOJE	TUNEL
AMANT	CESTA	FINTA	HROCH	KASTA	KUKLA	MANGO	OBVOD	PILKA	REBEL	SPONA	TURBO
ANEXE	CIHLA	FIRMA	HROMY	KAUCE	KULAK	MAPKA	ODBOJ	PILOT	RENTA	SPORT	TYRAN
ANODA	CLONA	FLIRT	HROTY	KAUZA	KULKA	MASKA	ODBYT	PINTA	RETRO	SRAZY	UBRUS
ARCHA	DAKAR	FLORA	HROZEN	KAVKA	KUPEC	MASNA	ODHAD	PITVA	ROBOT	SRNEC	UDICE
AROMA	DATUM	FORMA	HRTAN	KEBAB	KUPKA	MATKA	ODLET	PLATO	ROKLE	SRPEK	ULICE
ARTUR	DEHET	FOTKA	HUDBA	KLADY	KURTY	METAL	ODLIV	PLODY	ROSOL	SRPEN	ULITA
ARZEN	DELTA	GABON	HUKOT	KLAMY	KURZY	METAN	ODPAD	PLOTY	ROTOR	SRUBY	VAGON
ASTRA	DERBY	GALON	HUMOR	KLASY	KYTKA	METRO	ODPAL	POBYT	ROURA	STAHY	VARNY
ATOMY	DESKA	GARDA	HYDRA	KLAUN	LAHVE	MIKRO	ODPIS	POCIT	ROZUM	STANY	VATRA
AUKCE	DIODA	GENOM	HYMNA	KLECE	LAMPA	MISKA	ODPOR	POCTA	RYBKA	STEHY	VAZBA
AUTOR	DISCO	GESTO	CHATA	KLIKA	LANKO	MISTR	ODRAZ	POHAN	SALON	STISK	VDOVA
AXIOM	DLUHY	GILDA	CHLAD	KLIMA	LARVA	MODEL	ODSUN	POHON	SALVA	STOKA	VEJCE
BABKA	DOBRO	GLOSA	CHLUP	KLIPY	LATEX	MODLA	ODTOK	POJEM	SAMBA	STOPA	VEJCE
BACIL	DOJEM	GOLEM	CHMEL	KLONY	LEBKA	MODUL	ODVAR	POKOJ	SAMEC	STOPA	VCHOD
BAHNO	DOLAR	GRAND	IDEJE	KLOPY	LEDEK	MOPED	ODVOZ	POKYN	SAMET	STRES	VIDEO
BAJKA	DOLET	GRUNT	IDOLY	KLOUB	LEKCE	MOSAZ	OHLED	POLKA	SATAN	STROJ	VIDLE
BAJTY	DOMEK	HABRY	IKONA	KLUBY	LEMUR	MOSTY	OKRAJ	POMOC	SAUNA	STRUP	VILKA
BALET	DOMOV	HADRY	ILUZE	KLUCI	LEPEK	MOTIV	OKRES	PONOR	SAVEC	STUHA	VIOLA
BALON	DOPIS	HALDA	INDEX	KMENY	LEPRA	MOTOR	OLIVA	PEPEL	SAZBA	SUCHO	VIRUS
BANDA	DORTY	HAMRY	INGOT	KMITY	LESBA	MOUKA	OLOVO	POPIS	SEDAN	SUKNO	VLAKY
BANKA	DOSAH	HANBA	IRSKO	KMOTR	LETEC	MOZEK	OPERA	PORCE	SEDLO	SUMEC	VLAST
BAREL	DOTAZ	HARFA	JAKUB	KNIHY	LETOS	MOZOL	OPICE	POROD	SEKCE	SUPER	VLASY
BARON	DOTEK	HAVAJ	JALTA	KOALA	LEZEC	MRAKY	OPIUM	PORYV	SEKTA	SVAHY	VOJNA
BARVA	DRBNA	HEJNO	JAMKA	KODEX	LIBRA	MRAVY	OPONA	POSEL	SCHOD	SVALY	VOLBA
BATOH	DRESY	HELMA	JASNO	KOJOT	LILEK	MRAZY	OPORA	POSUN	SIRUP	SVETR	VOLNO
BAVOR	DROBY	HERDA	JATKA	KOKON	LIMIT	MRKEV	OPTIK	POTAH	SKAUT	TAJGA	VOUSY
BAZAR	DROGA	HEREC	JAVOR	KOKOS	LINIE	NAFTA	OPUKA	POTOK	SKICA	TANEC	VOZKA
BEDNA	DUBEN	HERKA	JAZYK	KOLEJ	LINKA	NAUKA	ORLOJ	POUTA	SKLEP	TANGA	VRATA
BEDRA	DVORY	HESLO	JEDLE	KOLOS	LISTY	NEHET	OSADA	POVEL	SKLON	TANGO	VYDRA
BERAN	EBOLA	HLASY	JEHLA	KONEC	LOKAJ	NEREZ	OSIKA	POVYK	SKLUZ	TARIF	VZTAH
BERLA	EDICE	HLAVA	JELEN	KONTO	LOKTY	NERVY	OSOBA	POZOR	SKOBA	TEMPO	ZADEK
BIBLE	EDIKT	HLENY	JEMEN	KOPEC	LOMOZ	NOREK	OSTNY	PRACH	SLEVA	TENDR	ZBROJ
BIDET	EGYPT	HLUKY	JESLE	KORBA	LOSOS	NORMA	OTAVA	PRASE	SLOKA	TENOR	ZDROJ
BITVA	ELITA	HMOTA	JETEL	KORDY	LOTOS	NOTES	OTISK	PRKNO	SLOUP	TEPLO	ZINEK
BIZON	EMISE	HOBIT	JIKRY	KOSTI	LOUKA	NOVIC	OTROK	PROSO	SLOVO	TEPNA	ZKRAT
BLESK	EMOCE	HOBOJ	JITRO	KOTEL	LOVEC	NUDLE	OVOCE	PRSTY	SLUHA	TEROR	ZLATO
BLOKY	ENZYM	HOKEJ	JIZVA	KOTVA	LUMEN	OBALY	PACKA	PRUHY	SLUCH	TEXTY	ZRADA
BOREC	ESEJE	HOLKA	JURTA	KOULE	LUSKY	OBAVA	PALBA	PRUTY	SLUKA	TICHO	ZRNKA
BOTKA	ETAPA	HOLUB	KABEL	KOZEL	LUSTR	OBDIV	PALEC	PRVEK	SMYSL	TITAN	ZVONY
BRADA	EXTRA	HONBA	KADET	KRABY	LUXUS	OBJEV	PALMA	PULEC	SNAHA	TITUL	ZVRAT
BRATR	FAKKA	HORAL	KAHAN	KRACH	MACEK	OBLAK	PANDA	PUMPA	SOBEC	TRASA	ZVUKY
BRZDA	FAGOT	HORDA	KAJAK	KRAJE	MAFIE	OBLEK	PARTA	PUPEK	SOJKA	TREND	ZVYKY
BUDKA	FAKTA	HORKO	KAMNA	KROJE	MAJKA	OBNOS	PARTE	PUPEN	SOKOL	TREST	

Příloha 4: Seznam použitých anglických slov

AWARD	CLOUD	EXTRA	GYPSY	LOGIC	PASTE	ROPES	SPOIL	TRAMP
AWARE	CLOWN	FACED	HABIT	LORDS	PATHS	ROSES	SPORT	TRAPS
BACKS	CLUBS	FACES	HAIRS	LOSES	PATCH	ROUGH	SPOTS	TREAT
BACON	CLUES	FACTS	HANDS	LOVED	PAUSE	ROUND	SPRAY	TREND
BADLY	CLUMP	FAINT	HANDY	LOVER	PAVED	ROUTE	STACK	TRIAL
BAKED	COACH	FAIRY	HARSH	LOVES	PEACE	ROYAL	STAFF	TRIBE
BANDS	COALS	FAITH	HASTE	LOWER	PEACH	RUINS	STAGE	TRICK
BANKS	COAST	FALLS	HATED	LUCKY	PEAKS	RULER	STAKE	TRIES
BARNs	COATS	FALSE	HATCH	LUMPS	PEARL	RULES	STAMP	TRIPS
BASED	COCOA	FARMS	HAWKS	LUNAR	PEDAL	RURAL	STAND	TROUT
BASES	CODES	FATAL	HEADS	LUNGS	PHASE	SAILS	STARE	TRUCK
BASIC	COINS	FAULT	HEARS	LUNCH	PHONE	SALAD	STARS	TRULY
BASIN	COLOR	FAVOR	HEART	MACRO	PHOTO	SALES	START	TRUNK
BASIS	COMIC	FEARS	HELPS	MAGIC	PIANO	SAUCE	STATE	TRUST
BEADS	CORAL	FEAST	HENCE	MAJOR	PICKS	SAVED	STAYS	TRUTH
BEACH	COUCH	FENCE	HERDS	MAKER	PIECE	SCALE	STEAL	TUBES
BEAMS	COUNT	FEVER	HIDES	MALES	PILED	SCALP	STEAM	TUMOR
BEANS	COURT	FEWER	HIRED	MAPLE	PILES	SCARF	STEMS	TWICE
BEARD	COVER	FIELD	HOLES	MARCH	PILOT	SCENE	STERN	TWINS
BEARS	CRABS	FIFTH	HOMES	MARKS	PINTS	SCOPE	STICK	TWIST
BEAST	CRACK	FIFTY	HONEY	MASTS	PIPES	SCORE	STIFF	TYPES
BEATS	CRAFT	FILED	HONOR	MATCH	PITCH	SCOUT	STING	UNCLE
BEGIN	CRANE	FILMS	HOPES	MAYBE	PLACE	SCRAP	STOCK	UNDER
BELTS	CRANK	FINAL	HORNS	MAYOR	PLAIN	SCREW	STONE	UNION
BENCH	CRASH	FINDS	HORSE	MEALS	PLANE	SCRUB	STOPS	UNITS
BIRDS	CRAZY	FIRE	HOSTS	MEDAL	PLANS	SEALS	STORE	UNITY
BIRTH	CREAM	FIRES	HOTEL	MERCY	PLANT	SEAMS	STORM	UPSET
BITES	CREPT	FIRMS	HOURS	METAL	PLATE	SEATS	STORY	URBAN
BLACK	CREST	FIRST	HOUSE	METER	PLAYS	SENDS	STOVE	URGED
BLADE	CREWS	FLAGS	HUMAN	MIDST	PLUMP	SENSE	STRAP	USUAL
BLAME	CRIES	FLAME	HUMID	MILES	POEMS	SERVE	STRAW	VALID
BLANK	CRIME	FLASH	HUMOR	MINDS	POETS	SEVEN	STRAY	VALUE
BLAST	CROPS	FLASK	CHAIN	MINES	POINT	SHACK	STRIP	VALVE
BLAZE	CROWD	FLATS	CHAIR	MINOR	POLAR	SHADE	STUCK	VAPOR
BLIND	CROWN	FLESH	CHALK	MINUS	POLES	SHAKE	STUDY	VEINS
BLOCK	CROWS	FLIES	CHARM	MIXED	PONDS	SHAME	STUMP	VERBS
BLOWN	CRUEL	FLOCK	CHART	MODEL	PORCH	SHAPE	STYLE	VERSE
BLOWS	CRUST	FLOUR	CHASE	MODES	PORTS	SHARE	SUGAR	VIEWS
BLUES	CUBES	FLOWN	CHEAP	MOIST	POSTS	SHARK	SUITE	VINES
BOARD	CUBIC	FLOWS	CHECK	MONEY	POUND	SHARP	SUITS	VIRUS
BOATS	CURSE	FLUID	CHEST	MONTH	POWER	SHELF	SWAMP	VISIT
BOLTS	CURVE	FOCUS	CHIEF	MORAL	PRICE	SHIFT	SWEAT	VITAL
BONDS	CYCLE	FOLKS	CHILD	MOTEL	PRIDE	SHINE	SWEET	VOCAL
BONES	DAILY	FONTS	CHINA	MOTHS	PRIME	SHINY	SWEPT	VOICE
BOUND	DAIRY	FORCE	CHIPS	MOTOR	PRINT	SHIPS	SWIFT	WAGES
BOWED	DANCE	FORMS	CHORD	MOUND	PRIOR	SHIRT	SWING	WAGON
BOWLS	DATES	FORTH	CHOSE	MOUNT	PRIZE	SHOCK	SWORD	WAIST
BOXES	DEALS	FORTY	IDEAL	MOUTH	PROBE	SHOES	SWUNG	WALKS

BRAIN	DEATH	FOURS	IDEAS	MOVIE	PROSE	SHONE	TABLE	WANTS
BRAKE	DEBTS	FOXES	IDOLS	MUSIC	PROUD	SHOPS	TAILS	WATER
BRAND	DECAY	FRAME	IMAGE	MYTHS	PROVE	SHORE	TALES	WATCH
BRASS	DELAY	FRESH	INDEX	NAILS	PULSE	SHORT	TALKS	WAVED
BREAD	DENSE	FRIED	INNER	NAKED	PUNCH	SHOTS	TANKS	WAVES
BREAK	DEPTH	FROGS	INPUT	NAMED	PUPIL	SHOUT	TASKS	WAXED
BRICK	DESKS	FRONT	ITEMS	NAMES	QUEEN	SIDES	TAXES	WEARS
BRIDE	DEVIL	FROST	IVORY	NAVAL	QUICK	SIGHT	TEACH	WEARY
BRIEF	DIARY	FRUIT	JOINT	NECKS	QUILT	SIGNS	TEAMS	WEIGH
BRING	DIDST	FUELS	JOKES	NERVE	RACED	SINCE	TEARS	WEIRD
BROAD	DIGIT	FUNDS	JUDGE	NESTS	RACES	SINGS	TEMPO	WELLS
BROKE	DIMES	FUNGI	JUICE	NEVER	RADAR	SITES	TENDS	WHALE
BROOM	DIRTY	GAILY	JUMPS	NEWER	RADIO	SIXTH	TENSE	WHARF
BROWN	DIVER	GAINS	KINGS	NEWLY	RAILS	SIXTY	TENTH	WHEAT
BUGLE	DOCKS	GAMES	KNEES	NIGHT	RAISE	SIZES	TENTS	WHITE
BULBS	DOORS	GASES	KNIFE	NINTH	RANGE	SKIES	TERMS	WIDER
BUNCH	DOUBT	GATES	KNOCK	NOBLE	RANCH	SKINS	TESTS	WIDOW
BURNS	DOZEN	GAUGE	KNOTS	NOISE	RAPID	SKIRT	THEME	WIDTH
BURNT	DRAFT	GERMS	LABEL	NOISY	RATES	SLANT	THIEF	WINDS
BURST	DRAMA	GHOST	LABOR	NORTH	RATIO	SLASH	THING	WINES
BUSES	DRANK	GIANT	LAKES	NOTED	READS	SLAVE	THINK	WINGS
CABIN	DRAWS	GIFTS	LAMBS	NOTES	REACH	SLEPT	THIRD	WIPED
CABLE	DREAD	GIRLS	LAMPS	NOVEL	REALM	SLICE	THREW	WIRES
CAGES	DREAM	GLARE	LANDS	NYLON	REBEL	SLIDE	THUMB	WITCH
CAKES	DRIFT	GLOBE	LARGE	OCEAN	REFER	SLOPE	TIDES	WIVES
CALLS	DRINK	GLORY	LAUGH	OFFER	REIGN	SMART	TIGER	WOMAN
CAMEL	DRIVE	GLOVE	LAWNS	OLDER	RELAX	SMELL	TIGHT	WOMEN
CANAL	DROVE	GOALS	LAYER	OLIVE	RELAY	SMILE	TILES	WORDS
CANDY	DRUGS	GOATS	LEADS	ONION	REPLY	SMOKE	TIMES	WORKS
CANOE	DRUMS	GRACE	LEGAL	OPENS	RHYME	SNAIL	TIRES	WORLD
CARDS	DUCKS	GRADE	LEMON	OPERA	RIDER	SNAKE	TITLE	WORMS
CARGO	DUNES	GRAIN	LEVEL	ORBIT	RIDES	SOCKS	TOADS	WORSE
CARTS	DUSTY	GRAMS	LEVER	ORDER	RIDGE	SOILS	TOAST	WORST
CASES	DYING	GRAND	LIGHT	ORGAN	RIFLE	SOLAR	TODAY	WORTH
CEASE	EAGER	GRANT	LIKES	OUGHT	RIGHT	SONGS	TOKEN	WOUND
CEDAR	EAGLE	GRAPH	LIMBS	OUNCE	RINGS	SORRY	TONES	WOVEN
CENTS	EARLY	GRASP	LIMIT	OWNED	RISES	SORTS	TOOLS	WRATH
CIVIL	EARTH	GRAVE	LINEN	OWNER	RIVAL	SOULS	TOPIC	WRECK
CLAIM	EDGES	GRAZE	LINES	PAGES	RIVER	SOUND	TOTAL	WRONG
CLAMP	EIGHT	GREEN	LINKS	PAINT	ROADS	SOUTH	TOUGH	YARDS
CLAMS	ELDER	GROSS	LIONS	PAIRS	ROAST	SPACE	TOWEL	YEARS
CLAWS	ELECT	GROUP	LISTS	PALMS	ROBIN	SPARE	TOWER	YIELD
CLEAN	EMPTY	GROVE	LIVER	PANEL	ROBOT	SPARK	TOWNS	YOUNG
CLEAR	ENEMY	GROWN	LOADS	PANIC	ROCKS	SPEAR	TRACE	YOURS
CLERK	ENTER	GUARD	LOANS	PANTS	ROCKY	SPEND	TRACK	YOUTH
CLIMB	ENTRY	GUEST	LOCAL	PAPER	RODEO	SPINS	TRADE	ZEROS
CLOCK	EVENT	GUIDE	LOCKS	PARTS	ROLES	SPIKE	TRAIL	ZONES
CLOTH	EXIST	GUILT	LODGE	PARTY	ROOMS	SPLIT	TRAIN	

Příloha 5: Použitá slova jednotlivých účastníků

Účastník	Klasická zrcátka				Digitální zrcátka			
	Levé		Pravé		Levé		Pravé	
1	BALET	DUBEN	AROMA	SPISY	PILOT	MRKEV	OSOBA	RYBKA
2	EDICE	JAKUB	KAJAK	ODBOJ	SONDA	MATKA	ZVYKY	SLEVA
3	GLOSA	HRDLO	LANKO	JESLE	BIBLE	AUTOR	DOLAR	EMOCE
4	DELTA	EDIKT	BRZDA	ADOLF	IKONA	KANEC	FOTKA	HEJNO
5	HUDBA	GOLEM	JAVOR	LETEC	AKTIV	BERAN	ELITA	CIHLA
6	LOKTY	JURTA	NEREZ	JURTA	DESKA	HUMOR	KOTEL	MAKRO
7	FIALA	KAPSA	MISKA	BITVY	TRIKY	FILMY	HROMY	GARDA
8	DRBNA	GESTO	HYMNA	DOMEK	KABEL	DROBY	CLONA	BUDKA
9	DROGA	EBOLA	LOVEC	MALBA	JEMEN	LEZEC	LINKA	KADET
10	FROST	IDEAL	LOADS	SOLVE	EMPTY	GAMES	BROKE	CREST
11	DOPIS	HRNEC	KUKLA	SUNNY	PRKNO	BITVY	SATAN	STAVY
12	EMOCE	OBNOS	LUXUS	MAKAK	SVETR	NUDLE	OLIVA	TANGO
13	HRNEC	LUSKY	MALTA	LUSKY	GRUNT	HARFA	KULKA	JAZYK
14	EGYPT	HRTAN	ZINEK	FIKCE	JEDLE	FENKA	POHON	HELMA
15	BURAN	MOZEK	AROMA	HOLKA	BABKA	SALVA	ROBOT	OPUKA
16	BUNDA	DEHET	HMOTA	CELEK	TUNEL	TURBO	POHAN	HOLUB
17	MAJOR	NIGHT	QUEEN	PEACE	CRANE	METAL	LABEL	HUMAN
18	BAREL	ALBUM	AXIOM	SIRUP	LARVA	ARZEN	VIDLE	NUDLE
19	POPIS	EMISE	ALIAS	NOREK	RAKEV	PRKNO	MALTA	KLONY
20	POCTA	TRASA	HOBOJ	TRNKA	ODVOZ	ROBOT	KORBA	DROBY
21	SUPER	HORDA	MAJOR	OTISK	ORLOJ	HOUBA	TRYSK	BURAN
22	DOJEM	PENZE	CESTA	OTAVA	BATOH	ELITA	SAVEC	STOPA
23	SOPKA	RETRO	SLEVA	BAJKA	BLOKY	VOLBA	VZTAH	OBJEV
24	JIZVA	SRNEC	BURZA	ALEJE	PITVA	ZDROJ	KOJOT	MIKRO
25	PRASE	PRSTY	POKOJ	VCHOD	PECKA	PRACH	PONOR	DOTEK
26	DLUHY	OBLAK	MASKA	KAJAK	PLOTY	TARIF	PORCE	SRAZY
27	DRBNA	MANGO	KUPEC	ODBYT	OSIKA	ODVAR	NEREZ	HROMY
28	TANGA	KOSTI	SAZBA	REBEL	VLASY	OBNOS	BLESK	OTROK
29	KOTVA	KMENY	RAMPA	ODTOK	SPOJE	GALON	ODPIS	POPEL
30	HRTAN	PRVEK	TROPY	OBRAZ	PAUZA	POUTA	OPTIK	LEZEC
31	EMOCE	FENKA	HLUKY	OPUKA	CELEK	OBRAT	PERLA	OSADA
32	SVETR	HLAVA	ZVYKY	JATKA	STANY	PRUHY	GLOSA	HMOTA
33	BENCH	ACTOR	FRESH	HUMOR	PLACE	SHOTS	TYRES	WORDS
34	WHITE	UNCLE	TRUCK	SPRAY	VIRUS	ROSES	QUEEN	POLAR
35	HRDLO	ETAPA	LEKCE	NAUKA	HLENY	BRATR	POHON	SNAHA
36	MAKRO	OLOVO	NERVY	HADRY	LUXUS	PATRO	KONEC	MOUKA
37	SLUKA	BANKA	DATUM	KLUCI	VAGON	ROTOR	KRUHY	SALON
38	KLIPY	POTOK	OPERA	DELTA	LOKAJ	JALTA	FORMA	KAUZA
39	HOKEJ	HROTY	SUKNO	VLAKY	ZVRAT	BAJTY	BUFET	ODBOJ
40	JAVOR	MRAKY	LOMOZ	HROCH	SAMEC	KURZY	GOLEM	KAVKA
41	SLOVO	DAKAR	FIALA	KLOPY	BOREC	HEJNO	TREST	UDICE
42	BEDRA	DOLET	GENOM	STROJ	KEBAB	FERDA	VILKA	TRIKO
43	DOTAZ	KRYSA	HOROR	RYBKA	ASTRA	KUDLA	DROGA	BALET
44	CHLAD	AUKCE	ROSOL	BARON	HORKO	OKRES	HRANA	STAHY
45	TURBO	POVEL	GESTO	ULITA	OBDIV	POCIT	METRO	STRUP
46	OBRNA	SPONA	OHLED	LANKO	AUTOR	BANDA	POTAH	ADOLF
47	IKONA	VLAST	PINTA	EDIKT	BAZAR	JAMKA	JELEN	POZOR
48	AMANT	POSEL	MOTOR	ARCHA	MAPKA	SKLON	PROSO	GABON
49	KAPLE	MAFIE	ATOMY	OBLEK	FINTA	TUNEL	TUBUS	MOSAZ
50	HESLO	VARNY	OPICE	METAL	LUMEN	BIBLE	FLIRT	PULEC
51	GRAND	KAPSA	HLASY	KLUBY	ANODA	CHMEL	SLUHA	BABKA
52	BERLE	BRADY	POKYN	PARTA	KOALA	MISTR	KLASY	ILUZE
53	HERKA	SONET	DIODA	LEMUR	LINKA	POROD	MRAKY	MACEK
54	PALMA	KOLTY	CENTR	SPISY	KLADY	PLATO	MASNA	KOLEJ

Příloha 6: Časy potřebné k přečtení jednotlivých slov

Účastník	Klasická zrcátka [s]				Digitální zrcátka [s]			
	Levé		Pravé		Levé		Pravé	
1	1,18	1,02	1,02	0,98	1	1,26	1,22	1,28
2	1,52	1,24	2,38	1,88	1,48	1,28	1,64	1,42
3	0,88	0,86	1,24	0,96	1,1	1,58	1,28	1,26
4	1,16	1,72	1,32	1,5	1,02	1,08	1,12	1,4
5	0,98	1,22	1,1	1,08	3,08	0,96	1,18	1,12
6	0,88	1,04	1,9	1,18	0,98	1,12	1,32	1,12
7	0,84	0,82	1	1,06	1,06	0,92	0,94	1,18
8	0,92	1,06	0,9	1	1,32	1,28	2,22	1,1
9	1,16	1,08	1,02	1,02	1,02	0,94	1,06	0,96
10	1,28	1,76	1,9	1,38	1,26	1,58	1,76	1,54
11	1,3	1,2	1,86	2,42	1,34	1,68	1,7	1,48
12	1,02	1,24	1,1	1,38	1,26	1,78	1,26	1,2
13	1,28	1,06	1,42	1,24	1,06	1,04	1,46	1,34
14	1,24	1,48	1,18	1,16	1,44	1,4	1,3	1,54
15	1,22	1,32	1,18	1,22	0,96	1,74	1,52	1,76
16	0,96	0,78	1,34	1	1	0,92	1	0,86
17	2,12	1,99	3,14	1,92	2,68	1,58	1,58	1,7
18	1,08	0,88	1,06	0,96	0,84	1,54	0,86	0,98
19	0,84	0,86	1,2	1,06	0,88	0,74	0,88	0,94
20	1,08	0,78	1,1	1,2	1,22	1	1,16	1,94
21	0,98	1,08	1,2	1,24	1,88	1,3	1,6	1,4
22	1,16	0,98	1,16	1,12	0,9	1,1	1,38	1,3
23	1,04	0,9	0,86	1,48	0,8	0,92	1,34	1,46
24	0,68	0,9	0,86	0,78	0,78	0,68	1,04	0,92
25	1,02	0,86	1,32	1,06	1,16	1,24	1,9	1,6
26	0,94	1,26	1	1,2	1,34	1,3	1,24	1,12
27	1,28	1,1	1,22	1,3	1,34	1,08	1,2	1,36
28	1,3	1,24	1,52	1,22	1,04	1,56	1,4	1,98
29	1,06	0,88	0,9	1,04	0,88	1,18	1,3	1,06
30	1,16	1,2	1,64	1,2	1,44	1,28	1,52	1,54
31	1,16	1,06	1,06	1,14	1,2	1,06	1,48	1,22
32	0,72	0,8	0,76	0,92	1,06	0,92	0,8	1,16
33	2,7	1,64	1,72	1,74	1,38	1,32	2,2	2,36
34	1	1,02	1,22	1,16	1,3	1,08	1,36	1,92
35	1,16	1,32	1,12	0,94	1,14	0,98	1,28	1,02
36	1,08	1,1	1,42	1,88	0,98	1	1,2	1,18
37	0,92	0,9	1,18	1,36	1,06	1,06	1,32	0,96
38	1,3	0,82	1,2	1,18	1,02	1	1,48	1,52
39	1,44	1,46	1,74	1,46	1,52	1,54	1,32	1,98
40	1,1	1,26	0,96	1,18	0,94	1,66	1,1	1,1
41	1,68	2,38	2,8	2	1,44	1,4	2,24	3,2
42	1,1	0,92	1,3	1,28	0,96	1,12	1,82	2,08
43	1,14	1,32	1,48	1,42	1,02	1,3	1,44	1,36
44	1,06	0,98	0,96	0,88	1,16	0,88	0,88	1,1
45	1,02	0,9	0,96	1,2	1	0,88	1,06	1,04
46	1	0,8	0,84	1,16	0,82	2,22	1,1	1,54
47	0,94	0,86	1,06	1,04	0,8	0,92	1,04	1,06
48	1,28	1,24	1,24	1,32	1,46	1,16	1,48	1,56
49	1,06	1,02	1,12	1	1,16	1,16	1,34	1,64
50	1,02	1,3	1,24	1,34	0,96	1,02	1,64	1,4
51	1,38	1,06	1,14	1,58	1,68	1,32	1,26	1,74
52	1,02	0,98	0,9	1	1,06	1,08	1,2	1,9
53	1,34	1,54	1,38	1,7	1,42	1,26	1,48	1,32
54	1,46	1,56	2,44	1,64	1,36	1,42	2	1,46

Příloha 7: Fotky z výzkumu



