

# 1. Úvod

Řízení motorových vozidel se v dnešní době stává čím dál tím náročnější činností. Zvyšující se počet vozidel na silnicích spolu s dlouhou dobou strávenou za volantem, která v dnešní době představuje často i hodiny, kladou na řidiče vysoké nároky. Lidský faktor je ve většině případů příčinou vzniku dopravních nehod. V dnešní době se provádí mnoho měření a různých experimentů, při kterých se pozoruje chování řidiče během jízdy a slouží tak k odkrytí příčin řidičova jednání, které vedou k ohrožení bezpečnosti provozu.

Sledování chování řidiče se provádí zejména na simulátorech, kde je možné nastavit patřičné podmínky pro daný experiment a eliminovat tak nežádoucí vnější vlivy. Existují i studie, které provádějí experimenty v reálných podmínkách a výsledky ze simulátorů porovnávají s výsledky z reálu, čímž sledují např. spolehlivost měření na simulátorech.

V dnešní době je velmi rozšířené používání systému eye-tracking, který slouží ke sledování pohledu řidiče. Zaznamenává pohyb oka a tím umožňuje zjistit, na jaké předměty či místa se řidič během jízdy zaměřuje a na jakou dobu zachyceným podnětům věnuje pozornost. Řidič během jízdy získává informace z vnějšího prostředí hlavně pomocí zrakového ústrojí a jeho jednání během řízení pramení právě z tohoto zdroje.

## 1.1 Cíle práce

Cílem této diplomové práce je provést experiment v laboratorních podmínkách na simulátoru Octavia II a následně to samé měření v reálných podmínkách taktéž v automobilu Škoda Octavia. Měření se zúčastní dvě osoby, které během experimentu budou vykonávat paralelní motorickou úlohu (ladění autorádia). Cílem je zjistit, zda se odpovědi zrakového analyzátoru během řešení úloh na simulátoru v laboratorních podmínkách budou u testovaných osob lišit a pokud ano, tak do jaké míry. Dalším cílem je zjistit, zda se vyskytnou odlišnosti při stejném měření na simulátoru od měření v automobilu v reálných podmínkách. Pokud ano, tak jaké. Dále si klademe za cíl sledovat případné rozdíly v rychlostech na simulátoru a v terénu, kterými testované osoby během měření a samotných úloh pojedou.

## 1.2 Hypotézy

1. Paralelní motorickou úlohu (ladění autorádia) vykoná zkušenější řidič na simulátoru během kratší doby a četnost pohledů na rádio bude během ní nižší.
2. Rychlost jízdy zkušenějšího řidiče na simulátoru bude vyrovnanější bez přílišných výkyvů, jízda bude plynulejší.
3. V reálu provedou testované osoby paralelní motorickou úlohu (ladění autorádia) rychleji než na simulátoru, četnost pohledů na rádio během ní bude nižší.
4. Průměrná rychlost jízdy v reálu bude nižší než na simulátoru.

## 1.3 Teoretické zdůvodnění

Měření na simulátoru je dnes v dopravním průmyslu rozšířenou činností. Pro výzkum představuje mnoho výhod z hlediska finančního i bezpečnostního. Cestování vozidlem se dnes stalo zcela běžnou záležitostí a pro mnohé řidiče řízení představuje i hodiny denně strávené za volantem. Ve většině případů je lidský faktor zodpovědný za vznik dopravních nehod (Mlčoch, 2009). Proto se výzkumy zabývají pozorováním stavu řidiče a jeho chování, aby příčiny nebezpečného jednání mohly být eliminovány.

Existují i experimenty, kde se měření provádějí jak v laboratorních podmínkách, tak v reálném prostředí. Výsledky získané ze simulátoru jsou srovnávány s výsledky ze skutečných podmínek a zjišťuje se, zda se liší a pokud ano, tak do jaké míry. Všechna měření však v reálných podmínkách uskutečnit nelze.

Pro sledování dráhy lidského zraku se v dnešní době používá moderní metoda eye-tracking. Pomocí zařízení eye-tracker se stopuje dráha pohledu lidského oka v mnoha různých odvětvích. Své využití nachází i v dopravě. Umožňuje zjistit, kam se řidič během jízdy dívá. Je možné identifikovat, jaké předměty okem zaregistruje a na jakou dobu. Pro řízení vozidla je zrakový vjem nejdůležitější. Převážně zrakový orgán informuje řidiče o vnějším okolí (Jirčík, 2011).

V této diplomové práci jsem se rozhodla porovnat chování řidiče na simulátoru a v reálných podmínkách s využitím eye-trackeru pro sledování řidičova pohledu během paralelní motorické úlohy (ladění autorádia). Použití eye-trackeru zapůjčeného z FD ČVUT pro měření v mé diplomové práci je první uskutečněné měření v reálných podmínkách. Doposud jeho využití sloužilo jen pro laboratorní účely.

## **2. Teoretická východiska**

### **2.1 Interakce člověka s dopravním systémem**

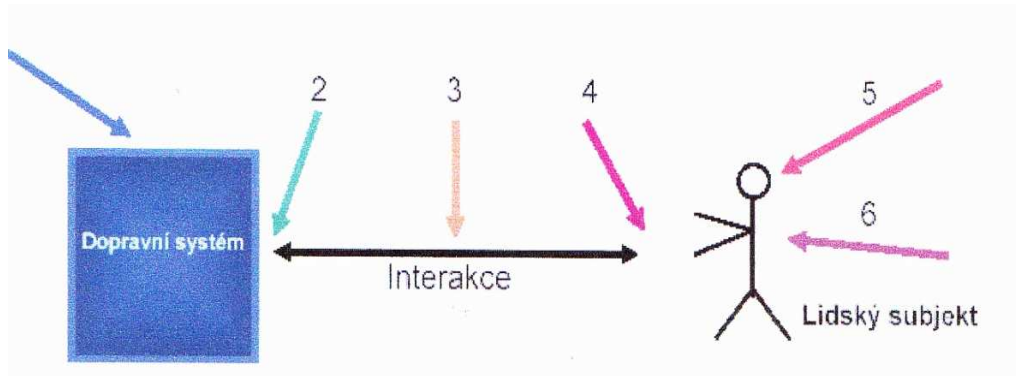
Motorová vozidla se neustále zdokonalují, rozrůstá se silniční síť a neúměrně vzrůstá hustota provozu (Havlík, 2005). Dopravní akademie ČR zaznamenala v České republice trvalý nárůst počtu automobilů, jen v letech 1999 – 2004 se intenzita silničního provozu zdvojnásobila (Rampasová, 2007). Havlík (2005) uvádí, že dopravní systém je tvořen následujícími složkami:

1. člověk – zaujímá v systému řídicí funkci a jeho činnost spočívá v příjmu a zpracování informací, rozhodování, reagování
2. dopravní prostředek – vozidlo, konstrukce, technická úroveň, aktivní a pasivní bezpečnost
3. dopravní prostředí – přírodní (podmínky) a uměle vytvořené (dopravně-technická opatření)
4. dopravní cesta – charakter (úroveň) dopravně-technických opatření, značení a zařízení
5. dopravní sociální struktura – četnost účastníků, dopravní chování.

Podle Havlíka (2005) je spolehlivost celého dopravního systému závislá na fungování zmíněných částí, kde rozhodující úlohu představuje člověk. Důsledky narušení nebo selhání podsystemu postihnou celý systém.

Havlík (2005) dále tvrdí, že řidiči musí čelit vysokým nárokům na psychosomatickou zdatnost. Například profesionální řidič musí v průběhu směny vykonat až pět tisíc operací – stlačení či uvolnění plynového pedálu, sešlápnutí spojkového či brzdového pedálu, zapnutí blinkrů, otočení volantem apod. Řízení dopravního prostředku představuje nepřetržité reagování na množství podnětů a neustálé obnovování dynamické rovnováhy mezi řidičem, vozidlem, komunikací, dopravní situací a účastníky provozu.

V interakci člověk – umělý systém, kde člověk vystupuje v roli operátora, je nejčastěji uvažována spolehlivost zpracování informace. Na činnosti systému se také podílí psychická a fyzická schopnost operátora. Na problematiku zpracování informace je třeba pohlížet jako na komplex psychických dějů, jejichž výsledkem je schopnost operátora řešit nečekané situace, odolávat nepříznivým podmínkám a domýšlet a odhadovat následky svých rozhodnutí (Novák a kol., 2005). Grafické zobrazení interakce člověka s dopravním systémem je zobrazeno na obr. 1.



**Obr. 1:** *Struktura interakce dopravní systém – lidský subjekt (Rampasová, 2007)*

Vysvětlivky k obr. 1:

- 1... rušivé vlivy na dopravní systém, vedoucí k poklesu spolehlivosti interakce
- 2... rušivé vlivy na spolehlivost interakce ze strany dopravního systému
- 3... rušivé vlivy na přenosovou a procesní část interakce
- 4... rušivé vlivy na spolehlivost interakce ze strany lidského subjektu
- 5... rušivé vlivy na mentální činnost lidského subjektu
- 6... rušivé vlivy na fyzickou schopnost subjektu

Novák (2005) dále tvrdí, že díky technickému pokroku se spolehlivost umělých systémů zvyšuje, zatímco ve spolehlivosti lidského činitele v interakci s nimi je situace spíše opačná. To je dáno zvyšujícími se požadavky na schopnosti operátorů, úroveň jejich pozornosti a rychlost jejich reakce.

Novák (2005) ve své práci zmiňuje, že člověk, na rozdíl od umělého systému, nemůže pracovat nepřetržitě. Úspěšně může fungovat pouze omezenou dobu.

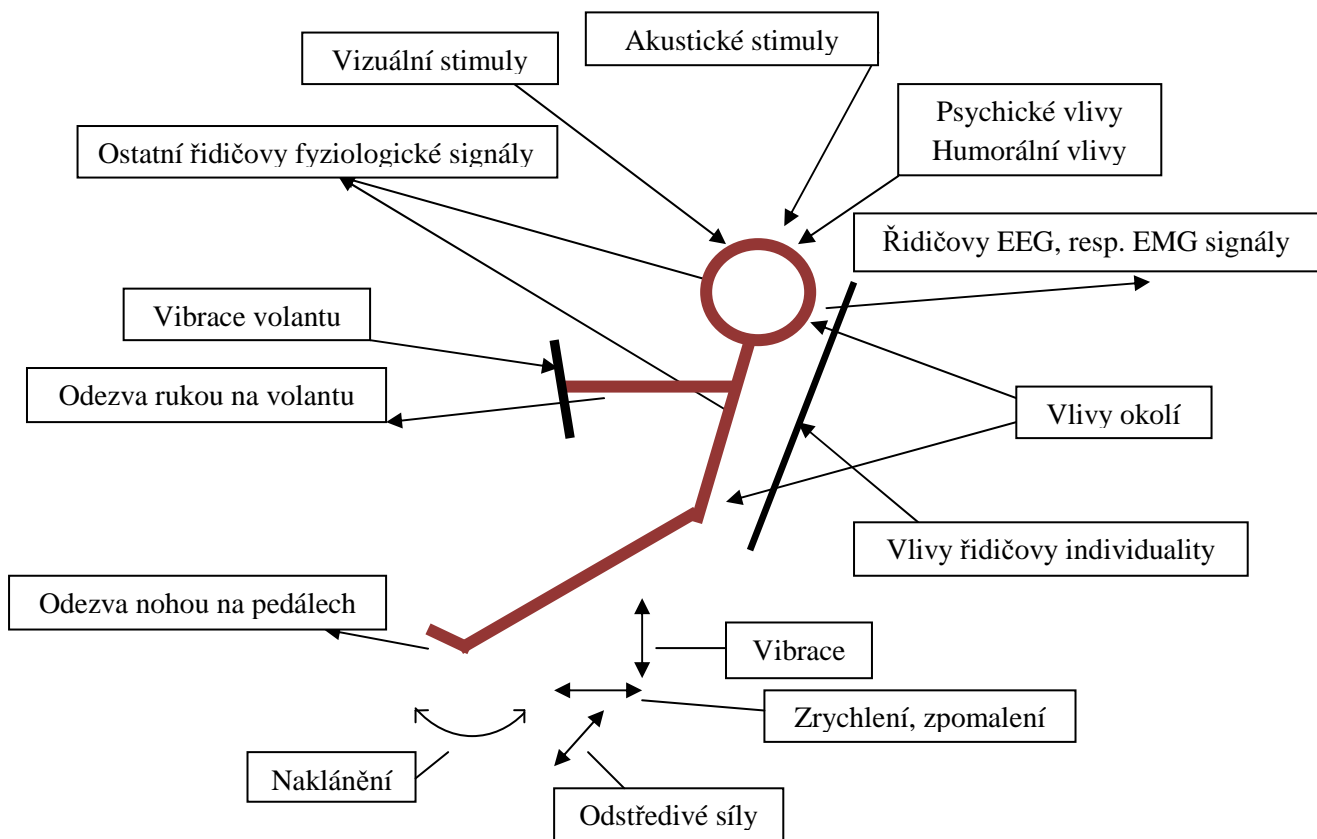
Požadavky na operátora v interakci s umělým systémem shrnuje následovně:

- a) požadavky na úroveň pozornosti operátora
- b) požadavky na rychlost reakce operátora
- c) požadavky na správnost rozhodnutí operátora

Operátoři s vysokou úrovní pozornosti mají obvykle odpovídající rychlost reakce na očekávané i neočekávané podněty. Existují ale i případy, kdy lidé mohou reagovat velmi rychle i přestože jejich pozornost může být do jisté míry rozptýlena sledováním různých objektů. Většinou vysoká úroveň pozornosti vede ke správnému rozhodnutí a naopak. Na druhé straně, pokud je rychlá reakce doprovázena nízkou úrovní pozornosti, pravděpodobnost nesprávného rozhodnutí narůstá.

### **2.1.1 Stimuly působící na řidiče při jízdě**

Během jízdy na řidiče působí celý soubor různých stimulů. Některé z nich představují situaci na vozovce (vibrace, akustické a vizuální stimuly), další vlivy okolí (teplota, atmosférický tlak, osvětlení, prašnost apod.) a také mechanické stimuly související s jízdou (zrychlení, zpomalení, naklánění, odstředivé síly). Řidič je také vystaven řadě celkových fyziologických stimulů a různých psychických vlivů. Na vše reaguje individuálně. Schéma těchto vlivů zobrazuje obr. 2.



**Obr. 2:** Hlavní soubory stimulů působících za jízdy na řidiče (Rampasová, 2007)

## 2.1.2 Pozornost

Během jízdy vozidlem je pozornost řidiče jeho nejdůležitější duševní činností. Řidič je neustále vystaven působení množství stimulů. Základní prací řidiče je neustálé prolínání pozorování okolí i panelu vozidla a ovládacích i kontrolních prvků a provádění různých operací (hlavních a vedlejších úkolů při jízdě). Pokud se řidič těmto operacím přestane věnovat, může tím ohrozit sebe, posádku vozidla i ostatní účastníky silničního provozu. Obecně po 45 až 90 minutách soustředěné převážně mentální činnosti pozornost a soustředění lidského subjektu výrazně poklesne. Tato hranice je však závislá jak na okolnostech a druhu zátěže, tak na individualitě příslušného subjektu, jeho výchově, výcviku, kondici a vnějších podmínkách (Novák, 2005). Havlík (2005) udává, že lidský mozek je schopen zpracovat za vteřinu jen nepatrnou část příchozích informací (16 bitů z 3 mil. bitů), jestli je ale opravdu zachytí, závisí na schopnosti koncentrace pozornosti. Také se domnívá, že pozornost kolísá, osciluje v podobě vln o nestejných délkách. Koncentraci pozornosti ovlivňují napětí, únava,

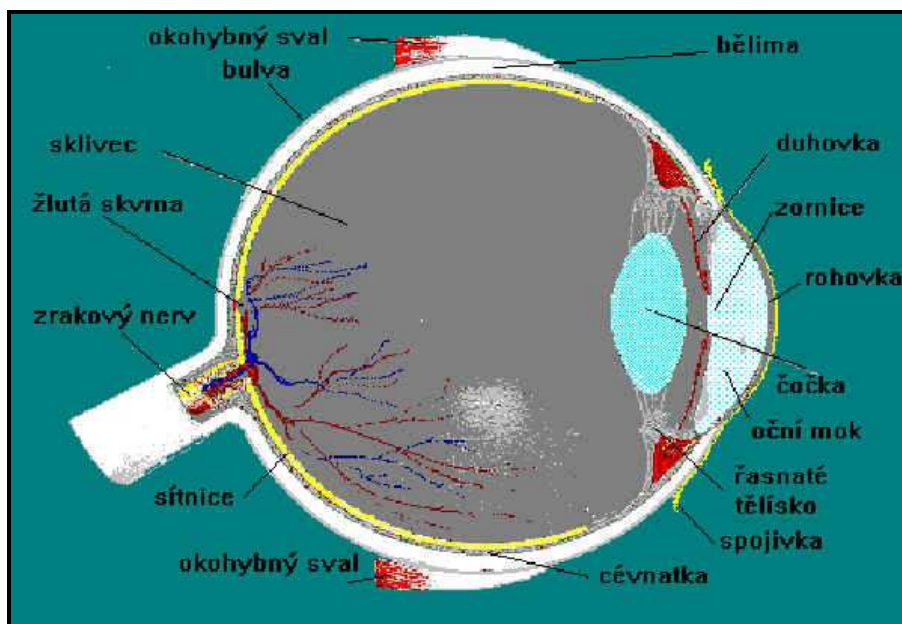
nálada, emoce, představy, nezkušenost, biorytmy, nedostatek spánku, společnost v autě, konflikt, stres, požití alkoholu, drog, kouření, léky, bolesti, nachlazení a nemoc. Nedostatek odpočinku během jízdy se projevuje zhoršením soustředěnosti, prodloužením reakční doby, proto se při delších jízdách doporučuje dělat každé dvě hodiny alespoň 15- ti minutové přestávky (Rampasová, 2007). Pokles pozornosti se obecně projevuje po jízdách delších než asi 150 km, což je přibližně 2 hodiny jízdy. Délka jízdy však není vždy rozhodující. Pokles pozornosti se registruje i u řidičů, kteří konají kratší jízdy, ale v hustém městském provozu, kdy je jejich soustředění na jízdu rušeno jak rozličnými vnějšími vlivy, tak i nezřetelným a matoucím dopravním značením, dále pak také přítomností posádky vozidla, telefonování, kouření apod. Tento faktor vnějšího i vnitřního rušení může značně snížit úroveň pozornosti zejména u méně rutinovaných řidičů, zpomalit jejich reakční rychlost na vnější podněty (zejména na okraji zorného pole) a zvýšit pravděpodobnost nesprávné reakce (Novák, 2005).

### **2.1.3 Činnosti rozptylující řidiče**

Během jízdy autem je řidičova pozornost rozptylována různými činnostmi, které řidič provádí. Některé jsou zákonem zakázané a postihnutelné, jiné ne. Mezi zákonem zakázané činnosti při řízení vozidla patří telefonování. Proto se vyvinulo handsfree telefonování, které umožňuje, že řidič má obě dvě ruce volné, čili k dispozici pro řízení vozidla. Existují však dohady, zda by i handsfree telefonování nemělo být zakázáno. Huml (2011) uvádí, že argumentem navrhovatelů je používání řečového centra v mozku, které tak snižuje pozornost řidiče. Pokud by se však schválil tento zákaz, byli bychom v Evropě první. Kdyby k takovému zákazu došlo, bylo by zřejmě nemožné jej prokazovat. Dalším rušivým elementem je navigace. Její nastavování je při jízdě zakázané. Mezi další rušivé elementy se nabízí ladění autorádia, jedení, pití, ale i konverzace se spolujezdcem. Zákon ukládá povinnost věnovat se za jízdy plně řízení vozidla. Nezakazuje výslovně telefonování, ale ani ladění rádia, jídlo, pití a kouření. Přesto zejména zapalování cigarety již bylo příčinou řady dopravních nehod. Řidiči by měli být zodpovědní a ve složité dopravní situaci nevykonávat činnosti, které by vedli k odpoutání jejich pozornosti a následně ke způsobení dopravní nehody.

## 2.2 Zrakový analyzátor

Oko je složitý orgán, který umožňuje vnímání světla, barev a zprostředkuje vnímání informací o okolním prostředí a usnadňuje orientaci v prostoru (Synek, Skorkovská, 2004). Oko je uloženo v tukovém vazivu a chráněno kostěnou očníci (Chloupková, 2007). Je tvořeno oční koulí (obr. 3) a přídatnými očními orgány, které zajišťují ochranu, pohyblivost a další funkce oční koule. Oční koule je přibližně kulovitěho tvaru. Je tvořena dvěma segmenty koule do sebe vsazených o různých poloměrech křivosti. Větší je zadní část (bělma), menší přední segment tvoří rohovka. V oční štěrbině mezi otevřenými víčky je viditelný pouze menší přední úsek oční koule, větší zadní část je uložena v hloubi očníce (Synek, Skorkovská, 2004). Ze zadní části oční koule vystupuje silný zrakový nerv, který zachycenou informaci odvádí do zrakové dráhy a do korkového zrakového centra. (Chloupková, 2007). Oční koule je tvořena stěnou oční koule a obsahem vnitřní koule (Synek, Skorkovská, 2004).



Obr. 3: Oční koule a její části (Kratochvílová, 2008)



## 2.2.1 Stěna oční koule

Stěna oční koule plní ochrannou, výživnou a receptivní funkci. Skládá se ze tří vrstev, přičemž každá z těchto vrstev je v přední části oční koule upravena tak, aby umožnila průchod světelným paprskům. Každá vrstva se rozděluje na větší zadní a menší přední část.

1. vrstva se nazývá zevní vazivová vrstva, tvoří ji dvě části - bělima a rohovka
2. vrstva, tzv. prostřední vrstva, je tvořena třemi částmi - cévnatkou, řasnatým tělesem a duhovkou
3. vnitřní vrstva je označována jako sítnice

(Chloupková, 2007).

**Bělima** je pevná tuhá vazivová blána, která zaujímá 5/6 oční koule. Je ochranným obalem pro hlubší oddíly oční koule a představuje pevnou oporu pro připojující se šlachy okohybných svalů. V zadní části je silnější a nejslabší je pod úpony okohybných svalů. Bělima má bílou barvu, protože je prakticky bezcévnatá, s věkem se odstín bílé barvy mění. U malých dětí obsahuje větší množství vody a elastických vláken, proto je částečně průhledná, v dospělosti je porcelánově bílá a ve stáří vlivem ukládání pigmentu z opotřebením nažloutlá (Synek, Skorkovská, 2004).

**Rohovka** je nevypouklá část oka, překlenuje a uzavírá kruhový otvor v předním okraji bělimy. Přední strana vybíhá ve vrchol rohovky. Zadní plocha rohovky se obrací do přední komory oční. Zevní plochu rohovky kryje vrstvička vrstevnatého dlaždicového epitelu, který je pokračováním epitelu spojivky. V epitelu končí množství volných nervových zakončení, proto je povrch rohovky velmi citlivý na dotek. Uspořádání jednotlivých vrstev rohovky zajišťuje její průhlednost neboli prostupnost pro světelné paprsky. Rohovka představuje vstupní oddíl tzv. optického prostředí oka a z hlediska indexu lomu světla je jeho nejvýznamnější součástí (Synek, Skorkovská, 2004). Rohovka soustřeďuje dopadající světelné paprsky, které díky svému velmi přesnému zakřivení nasměruje do centra oka (Anonymus 5, 2011).

**Cévnatka** představuje nejrozsáhlejší část prostřední vrstvy stěny oční koule, zaujímá její zadní dvě třetiny. Má podobu tenké černohnědé blány bohaté na cévy. Vnější stranou přiléhá k bělimě. Vnitřní strana cévnatky je hladká a přiléhá na ni sítnice (Synek, Skorkovská, 2004).

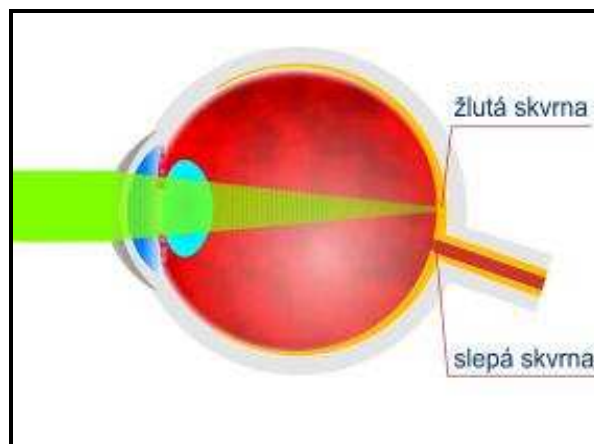
Obsahuje také velké množství pigmentových buněk (melanin), které vstřebávají nadbytečné množství světla dopadajícího do oka a zajišťují, že uvnitř zůstává tma. To je nezbytné pro vytváření zřetelných obrazů na sítnici (Anonymus 5, 2011). Je tvořena sítí kapilár, ze kterých jsou vyživovány pigmentové buňky, čípky a tyčinky sítnice. Vzadu v cévnatce je otvor, kterým prostupují vlákna zrakového nervu, sítnicová tepna a žíla. Přední okraj cévnatky plynule přechází do řasnatého tělesa.

**Řasnaté těleso** má tvar zřaseného prstence, který přiléhá na vnitřní straně bělimy. Zadní okraj řasnatého tělesa se ztenčuje a plynule přechází do cévnatky. Směrem dopředu se ztlušťuje a spojuje se s duhovkou (Synek, Skorkovská, 2004). Z povrchu řasnatého tělesa vystupují četné výběžky – řasy, na které je tenkými vazivovými vlákny zavěšena čočka. Stahy jeho svalstva umožňují, že čočka může měnit svůj tvar a tím i optickou mohutnost oka. Z výběžků řasnatého tělesa je také do zadní komory oka vylučována komorová tekutina, která vyživuje bezcévnaté části oka, udržuje jeho tvar a podílí se na lomu světla (Anonymus 5, 2011).

**Duhovka** tvoří nejvíce dopředu vysunutou část prostřední vrstvy oční stěny. Má tvar mezikruží s centrálně uloženým otvorem zvaným zornice (Synek, Skorkovská, 2004). Na rozdíl od cévnatky a řasnatého tělesa nepřiléhá k bělimě, ale tvoří jakousi přepážku mezi zadní stěnou rohovky a přední stěnou čočky. Tento prostor tak dělí na přední a zadní oční komoru. Obě jsou vyplněny komorovou tekutinou. Duhovka obsahuje vrstvu pigmentových buněk (melanin), která zabraňuje, aby paprsky vnikaly do oka jinudy než zornicí. Množství a hloubka uložení pigmentu určují barvu očí. Hnědé oči ho mají více a je uložen blíže k povrchu duhovky, modré oči naopak méně a ve větší hloubce. Barva očí a typ jejich kresby jsou u každého člověka jiné a zcela nezaměnitelné. Duhovka je také tvořena svalovými buňkami uspořádanými dvěma směry – paprscitě od středu duhovky (rozvěrač zornice) nebo kruhovitě (svěrač zornice), které rozšiřují, respektive zužují zornici. Její průměr závisí na intenzitě světelných paprsků, které vstupují do oka. Při prudkém světle se může zúžit až na 1 mm, naopak za tmy se rozšiřuje až na 8 mm. Tato aktivita probíhá zcela automaticky a mohou ji vyvolat např. i silné emoce. Zornice tedy funguje obdobně jako clona fotoaparátu a reguluje množství světla přicházejícího do oka (Anonymus 5, 2011).

**Sítnice** je velmi jemná blanka, která vystýlá celou dutinovou stranu oční koule až k okraji duhovky. Zevní plochou přiléhá k cévnatce a vnitřní stranou ke sklivci.

Je tvořena několika vrstvami buněk – od pigmentových přes smyslové (světločivné), dvojpólové, které převádějí vzruchy, až po nervové. Hlavní funkcí sítnice je snímání a předzpracování světelných signálů, které pronikají skrze čočku (Anonymus 5, 2011). Smyslové buňky a neurony sbírají informace z fotoreceptorů a odvádějí je prostřednictvím zrakového nervu z oka do mozku. Vlastní smyslové buňky, které zachycují světelné záření, se vyskytují v podobě tyčinek a čípků. Tyčinky, kterých je v sítnici asi 130 milionů, mají protáhlý tvar. Jsou citlivé na světlo, proto jsou zapojovány v činnost za šera a tmy. Dokáží však rozlišit pouze odstíny šedi. Naproti tomu čípky, kterých je asi 7 milionů, jsou receptory, které dokáží rozlišit tři základní barvy – červenou, zelenou a modrou, jejichž kombinací vznikají ostatní barvy a drobné detaily. Potřebují však více světla, proto se uplatňují nejlépe během dne. Světločivné buňky ale nejsou na sítnici rozmístěny rovnoměrně – v oblasti tzv. žluté skvrny (obr. 4), jsou pouze čípky, které zde dosahují největší koncentrace (Synek, Skorkovská, 2004). Žlutá skvrna tak představuje místo nejostřejšího vidění. Obraz, na nějž se člověk dívá zpříma, se promítá právě do tohoto bodu. Směrem od žluté skvrny na všechny strany počet čípků klesá a na okrajích sítnice již lze nalézt prakticky pouze tyčinky. Ty umožňují dobré periferní vidění, ovšem bez příslušných detailů. Druhým důležitým místem na sítnici je tzv. slepá skvrna (obr. 4) – neobsahuje tyčinky, ani čípky (nevytváří se zde tedy žádný obraz), ale sbíhají se zde nervová vlákna z celé sítnice a vystupují z oční koule jako zrakový nerv, který vede vzruchy do zrakového centra v mozku. Čípky a tyčinky jsou tedy na sítnici rozmístěny tak, aby se dosáhlo ve dne i v noci co nejlepší kombinace vidění (Anonymus 5, 2011).



**Obr. 4:** Oční koule s vyznačením žluté a slepé skvrny. Světelný paprsek procházející rohovkou, zornicí, čočkou až do žluté skvrny na sítnici (Kratochvílová, 2008)

## 2.2.2 Vnitřní část oční koule

Obsah vnitřní části oční koule představují průhledné a čiré struktury, které propouštějí světelné paprsky a lámou je tak, že dopadají na sítnici. Jsou to optická prostředí oka a tvoří je čočka, sklivec a komorový mok.

**Čočka** je velmi pružný a průhledný dvojevypuklý orgán (Anonymus 5, 2011). Přední plocha čočky je méně vyklenutá a má kulovité zakřivení. Zadní plocha čočky má zakřivení prudší (Synek, Skorkovská, 2004). Zadní plochou naléhá na sklivec, přední plocha je obrácena směrem k duhovce a podílí se na ohraničení zadní komory oční.

Čočka je v podstatě průhledná rosolovitá hmota, která je uložena v tenkém vazivovém a elastickém pouzdře. Je zavěšena na několik desítek vazivových vláken řasnatého tělesa, kterými se na čočku přenášejí účinky ciliárního svalu. Jeho kontrakcí se mění zakřivení čočky a tím i akomodace oka – přizpůsobení se vzdálenosti. Její hlavní funkcí je upravit ohniskovou vzdálenost oka tak, aby bylo umožněno zaostření objektů v různé vzdálenosti od oka. Při sledování blízkého předmětu se čočka vyklene – je tlustší, proto láme světlo více. Naopak při vidění do dálky, asi za hranici 6 metrů, se čočka zplošťuje (napíná směrem do stran) a tím se index lomu snižuje. Čočka během života roste pokládáním nových vrstev buněk přes ty staré, které se přetvářejí v nepoddajnou kůru. Postupně tedy ztrácí svou pružnost a schopnost akomodace, která se začíná snižovat obvykle po 40. roku života (Anonymus 5, 2011).

**Sklivec** je průhledná světlolomná bezbuněčná vodnatá hmota (98,6 % vody), která vyplňuje vnitřní dutinu oční koule. Jeho přední plocha je obrácena proti zadní ploše čočky a tvoří pro ni jakési lůžko. Zbývající část sklivce naléhá na vnitřní plochu sítnice a má téměř kulovitý tvar. Díky polotekuté rosolovité konzistenci může při rozsáhlejších poranění oční koule sklivec vytéct. Funkcí sklivce je udržovat vnitřní napětí oční koule a zachovávat tak její kulovitý tvar a udržení hladkého a rovného povrchu sítnice (Chloupková, 2007).

**Oční komory** jsou dva štěrbinovité prostory uvnitř oka. Dělíme je na přední a zadní komoru. Zadní plocha rohovky spolu s přední plochou duhovky a částí čočky v zornicové oblasti ohraničují přední komoru oční. Zadní komora je úzká štěrbina, která je vymezena zadní plochou duhovky, přední plochou čočky a řasnatým tělesem. Obě komory spolu vzájemně

komunikují prostřednictvím zornice a jsou vyplněny komorovou vodou (nitrooční tekutinou). Je to hustá čirá tělní tekutina produkovaná mj. výběžky řasnatého tělesa. Její funkcí je především regulovat tlak uvnitř oka, vyživovat okolní tkáně, odvádět škodliviny a transportovat vitamin C do rohovky (Anonymus 5, 2011).

## 2.3 Zrak a fyziologie vidění

Zrak je naším nejdůležitějším smyslem. Zprostředkovává nám  $\frac{3}{4}$  všech vjemů (Jančárová, 2004). Jirčík (2011) uvádí, že při řízení vozidla je nejméně 90% všech informací důležitých pro účastníky silničního provozu vnímáno zrakem a jen 10% připadá na vnímání jinými smysly. Zrakové vjemy vnímá člověk pomocí zrakového ústrojí, které lze rozdělit na tři základní části:

- 1) část, která odděluje okolní fyzikální svět od receptorů, tedy tkáně nalézající se mezi povrchem těla a vlastními receptory; do této kategorie lze v oku zahrnout rohovku, čočku, komorovou vodu a sklivec,
- 2) vlastní receptory, tj. tyčinky a čípky,
- 3) centrální oddíl sensorického systému, počínaje výstupy z receptorů a konče specifickou korovou oblastí mozku (Boguszaková, 2010).

### 2.3.1 Základní principy vidění

Vnímání objektu je komplikovaný fyziologický proces. Jedná se o vjem světla a jeho intenzity, o barevné vidění (rozlišení vlnových délek světla), o formu světelných podnětů, o rozměry zrakového prostoru, o pohyb podnětu v prostoru atd. (Boguszaková, 2010).

Světlo proniká optickým prostředím oka – rohovkou, komorovou vodou, čočkou a sklivcem – a dopadá na sítnici. Světelné paprsky prostředím nejen procházejí, ale také se lámou přes pravidelně zakřivené plochy rohovky a čočky. Nejpřesněji vidíme předměty, jejichž paprsky dopadají na žlutou skvrnu – místo nejostřejšího vidění. Jedná se o centrální vidění. Dopadají-li paprsky mimo žlutou skvrnu, hovoříme o vidění periferním (Jančárová, 2004).

### **2.3.2 Rozlišování intenzity světla**

Vidění je podmíněno anatomickému rozložení fotoreceptorových buněk (tyčinek asi 130 mil, čípků asi 7mil.) na sítnici. Na vnějším okraji sítnice se nacházejí tyčinky a umožňují vidění za tmy. Čípky se soustředí v centrální části sítnice, zejména ve žluté skvrně. Čípky potřebují dostatečné množství světla, a proto fungují při denním osvětlení. Na základě vnímání světla a jeho intenzity rozlišujeme dva typy vidění – tzv fotopické a skotopické. Při fotopickém vidění, které se uplatňuje za denního světla, vidí člověk nejlépe přímou fixací, tedy přímým pohledem a zaostřením pozorovaného předmětu. Pozorovaný obraz tak dopadá do žluté skvrny. V noci uplatňujeme skotopické vidění a nejlépe vidíme periferií, tedy okrajovou částí zrakového ústrojí, resp. sítnice (Boguszaková, 2010).

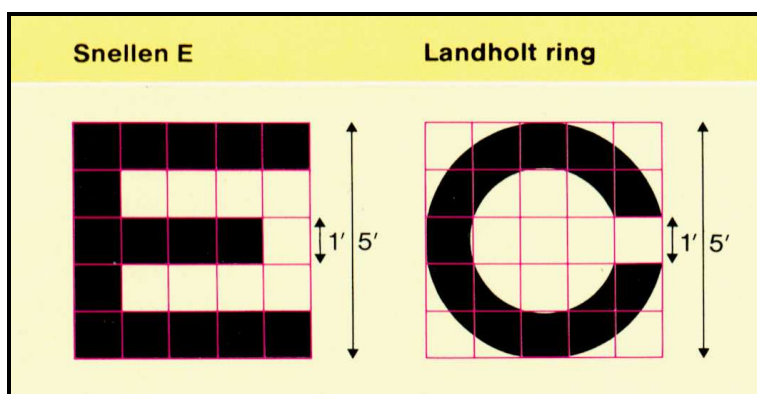
### **2.3.3 Barevné vidění**

Z fyzikálního hlediska barva neexistuje, jde jen o zrakový vjem, který je podmíněn vlnovou délkou světla. Lidské oko je citlivé na světelné paprsky v rozmezí 380 - 780 nm. Od různých předmětů se odráží určitá část spektra, dopadá do oka, kde způsobí podráždění světločivných buněk (čípků), které reagují na barvu. Pro barevné vidění je důležité osvětlení. Při skotopickém vidění (vidění za tmy), kdy fungují jen tyčinky, oko barvy nevnímá. Barvy vnímáme při dostatečném osvětlení, kdy se uplatňují čípky – tzv. fotopické vidění. V lidském oku existují tři druhy čípků lišící se barevnými pigmenty a citlivostí k vlnovým délkám, které určují jednotlivé barvy. Čípky vnímající červenou, zelenou a modrou barvu tedy zajišťují vnímání všech barev (modrou ve spektru 440-450 nm, zelenou 535-555 nm a červenou 570-590 nm). Podrážděním jen jednoho druhu čípku získáváme vjem základní barvy. Podrážděním dvou či všech tří typů vnímáme barevné odstíny a bílou až šedou barvu. Černou pak získáváme, pokud není podrážděný žádný ze tří druhů čípků (Anonymus 4, 2011).

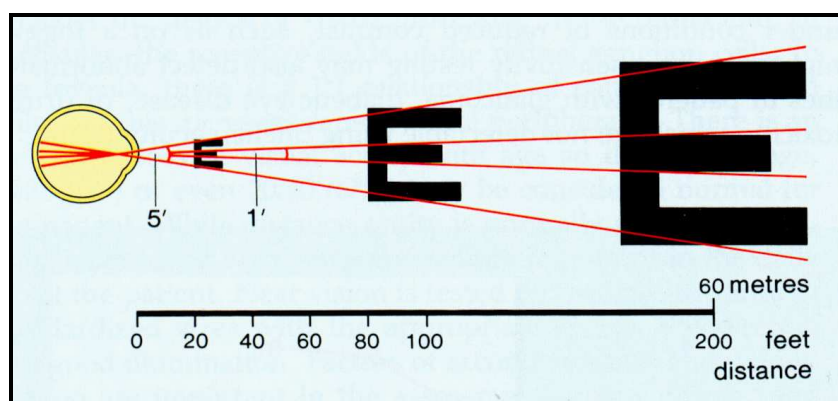
### **2.3.4 Zraková ostrost – rozlišování předmětů v prostoru**

Rozlišovací schopnost je obvykle definována jako minimální vzdálenost dvou bodů v prostoru, které v určité vzdálenosti oko rozezná. Paprsky vycházející z těchto bodů dopadají na sítnici a svírají úhel  $1'$  (Mráziková, 2009).

Zraková ostrost se nejčastěji měří pomocí Landoltova písmene C (Landoltova prstence) a Snellenových optotypů (viz obr. 5, 6). Každý z těchto vzorů obsahuje mezery, jejichž rozlišení je pro danou vzdálenost měřítkem rozlišovací schopnosti. Úhel, pod nímž se z předepsané vzdálenosti člověk vidí celé písmeno je 5' a detaily charakteristické k poznání písmene 1'. (Růžičková, 2011). Řada s nejmenšími písmeny má detaily o 1' rozlišitelné ze 4 m, řada s největšími písmeny ze 60 m. Zraková ostrost se obvykle vyšetřuje ze 6 m. (Boguszaková, 2010).



**Obr. 5:** Zraková ostrost – typy znaků používaných při zkouškách zrakové ostrosti (Růžičková, 2011)  
(vysvětlivky k obr. 5: zleva – Snellenův optotyp, Landoltův prsteneček)



**Obr. 6:** Zraková ostrost – Snellenův optotyp- ukázka paprsků vycházejících ze dvou bodů dopadajících na sítnici o úhlu 1' a 5' (Růžičková, 2011)

### **2.3.5 Prostorové vidění**

Zrak zprostředkovává trojrozměrné vnímání prostoru, tedy výšku, šířku a hloubku prostoru (Boguszaková, 2010). Pro dokonalé prostorové vidění je nezbytná bezchybná spolupráce obou očí. Velmi často nepřisuzujeme potíže vzniklé sníženou schopností prostorového vidění zraku, ale spíše našim dovednostem. Příkladem je snížená schopnost odhadu vzdálenosti při řízení, kdy si nejsme jistí při předjíždění, nebo parkování (Anonymus, 2010).

### **2.3.6 Vnímání pohybu**

Když člověk pozoruje určitý předmět a periferie sítnice zachytí něco, co by mohlo znamenat případné nebezpečí nebo určitou zajímavost, vyšle mozek impuls na přenesení pohledu na tento objekt. Okohybné svaly postaví oči do směru tak, aby obraz dopadl do centra a mohl být diferencován. Při posunutí obrazu na sítnici z oblasti nepřímého vidění do oblasti přímého vidění vzniká vjem pohybu.

Zrakové vjemy nevznikají v momentu podráždění sítnice, ale se zpožděním asi 0,1 s. Toto prodloužení se nazývá následný obraz a trvá tak dlouho, než zaniknou rozpadové produkty, které vznikly v sítnici při fotochemické reakci při působení světla. V souvislosti s tímto zpožděním se může vyskytnout stav, kdy člověk vnímá pohyb nepohybujících se předmětů a naopak pohybující se předměty registruje jako stojící. Například vidí měsíc pohybovat se směrem k mrakům, ale hned nato zase oblaka směrem k měsíci, podle toho, k čemu obrací pozornost. Na tomto principu se zakládá i kinematografie. Při střídání obrázků 25x za sekundu tak vnímáme pohyb (Boguszaková, 2010; Synek, Skorkovská, 2004).

### **2.3.7 Zrakové klamy**

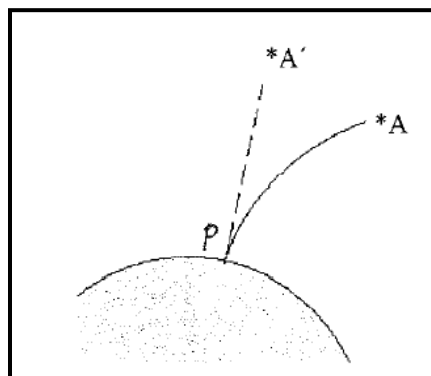
Pro bezpečnou jízdu je důležité nejen dobře vidět, ale správně rozpoznat, co vidíme a nepodlehnout optickým klamům (Anonymus 1, 2011). Lidské oko může v jistých případech interpretovat pozorované jevy mylně. Při zpracování daného vjemu mozkiem pak dochází k závěrům, které neodpovídají skutečnosti. Tyto zvláštní zrakové vjemy bývají souhrnně



označovány jako optické klamy. Podle příčiny jejich vzniku je lze rozdělit do tří hlavních skupin:

- a) klamy objektivní
- b) klamy fyziologické
- c) klamy psychologické

Do první skupiny, tj. mezi klamy *objektivní*, řadíme ty, které jsou vyvolány lomem a odrazem světla v atmosféře, jejíž hustota se spojitě mění. Jedná se tedy většinou o jevy tzv. atmosférické optiky, např. při pozorování hvězd, jak ukazuje obr. 7. Pozorovatel nalézající se v bodě P sleduje např. určitou hvězdu, která by se při neexistenci lomu světelných paprsků v atmosféře nacházela na nebeské klenbě v bodě A. Světelný paprsek procházející ovzduším shora dolů však postupuje do stále hustších vzduchových vrstev a lomí se proto ke kolmici. Pozorovatel potom vnímá danou hvězdu ve směru tečny vedené ke křivce trajektorie zakřiveného paprsku a vnímá hvězdu v bodě A' (Thanh, Smůla, 2005/2006).



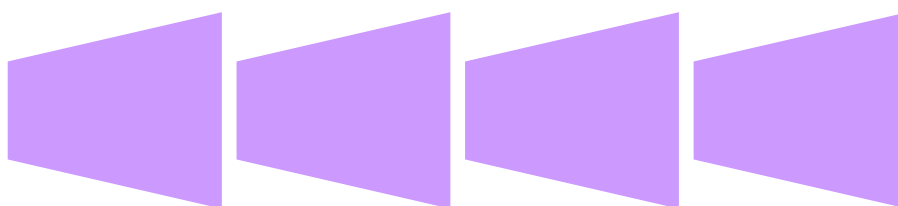
**Obr. 7:** Objektivní klam – pozorování hvězd (Thanh, Smůla, 2005/2006)

Do druhé skupiny, tzv. *fyziologických* klamů, patří klamy z iradiace, trvání vjemu a z kontrastu. Jev iradiace (Helmholtzův klam) je pro příklad uveden na obr. 8. Projevuje se tím, že světlé plochy na tmavém pozadí se zdají být větší než stejně velké tmavé plochy na světlém pozadí. Každý svítící bod totiž nepodráždí jen jedno jediné místo sítnice, ale celou přilehlou oblast.



**Obr. 8:** Fyziologický zrakový klam – iradiace (Helmholtzův klam) (Prokšová, 2001)

Do třetí skupiny tzv. *psychologických* klamů patří například klamy odhadu vzdálenosti a velikosti úhlů. Tyto klamy většinou vznikají z řady psychologických příčin při pozorování stejných předmětů z téže vzdálenosti a při stejném zorném úhlu. Na obr. 9 mají všechny lichoběžníky stejné rozměry. Přesto i při pozorném pohledu vzniká klam odhadu velikosti, kdy každý následující útvar se jeví menší než předchozí. Klam odhadu vzdálenosti bývá příčinou řady dopravních nehod, kdy řidiči za jasného počasí podcení vzdálenost druhého vozidla či naopak za mlhy nebo šera tuto vzdálenost přecení (Prokšová, 2001).



**Obr. 9:** Psychologický zrakový klam – odhad velikosti (Prokšová, 2001)

Optické klamy nejsou vlastně žádné klamy, ale výjimky, které demonstrují, v jakém rozsahu lidské oči a mozek zprostředkovávají okolní svět. Mezi dokonalostí zrakového vnímání a nervovými procesy je úzká souvislost. Celkový obraz okolního světa zprostředkovaný očima si člověk koriguje a doplňuje od prvních měsíců života informacemi získanými ostatními smysly. Proto např. navzdory převrácenému obrazu vytvořenému optickým systémem oka na sítnici výsledný vjem odpovídá „zkušenosti“ (je vzpřímený) (Boguszaková, 2010).

## 2.4 Simulátor

Podstatou simulace, čili imitace, je napodobení skutečné (reálné) věci, okolnosti, události nebo procesu. Simulace do jisté míry napodobuje významné charakteristiky chování fyzických či abstraktních systémů (Anonymus 2, 2011).

Simulace, ať již v oblasti informačních technologií, nebo v jiných oblastech lidské činnosti, představují žádaný obor v oblasti počítačových systémů. Počítačové simulace se využívají v mnoha odvětvích lidské činnosti a přispívají k efektivnímu plánování, vývoji a návrhu nejrůznějších aplikací. Jejich výhodou je bezpečné testování a simulování nebezpečných systémů, které by při reálných testech mohly mít nedozírné následky, nebo je jejich provedení příliš nákladné či nerealizovatelné (Pernica, 2009).

### 2.4.1 Obecné rozdělení simulátorů

1) podle účelu

2) podle typu

Podle účelu – pro výcvik (výuku)

- pro výzkum
- pro zábavu
- pro ověřování funkcí

Podle typu zařízení – letecké

- vozidlové
- vlakové
- speciální vozidla
- lékařské
- strojní
- a mnoho jiných (podle potřeby) (Anonymus 2, 2011)

Jelikož je chování řidiče při řízení vozidla jedním z hlavních předmětů mé diplomové práce, budu se dále zabývat jen tímto typem simulátoru.

## **2.4.2 Využití simulátoru pro výcvik**

Co se týče vozidlového simulátoru a jeho používání za účely výcviku (výuky), v mnoha autoškolách upřednostňují jízdy na simulátoru před jízdami a reálných podmínkách. Simulátor zajišťuje řidičům řízení v bezpečných podmínkách, bez stresu, s eliminovaným množstvím vnějších podnětů a vzniklé chyby řidiče nemají zdaleka tak závažné následky jako při reálném řízení (Anonymus 3, 2011).

## **2.4.3 Využití simulátoru pro výzkum**

Z hlediska výzkumu se využíváním simulátorů zabývají buď samotní výrobci vozidel, nebo také některé univerzity. Studie se zabývají obzvláště otázkou bezpečnosti účastníků silničního provozu, ale také komfortem zařízení vozidla. Mezi konkrétní experimenty patří např. pokles pozornosti řidičů při jízdě (Anonymus 2, 2011), reakce řidiče na vnější podnět (Rampasová, 2007), pohled řidiče při průjezdu zatáčkou (Akamatsu, 2001), rozdíly jízd na volné silnici a v tunelu (Příbyl, 2006) a mnoho jiných.

Existují studie, které provádějí experimenty pouze na simulátorech z důvodů již zmíněných (finanční náročnost či riziko ohrožení účastníků silničního provozu). Ale setkáme se i se studiemi, které ty samé experimenty provádí na simulátoru i v reálných podmínkách a někdy se dochází k odlišným výsledkům. Např. Mao (2009) ve svých studiích dochází k rozdílu mezi chováním řidiče při řízení na simulátoru a v reálných podmínkách. Ukazuje, že řidiči jezdí na simulátoru rychleji než na skutečných silnicích.

## **2.5 Eye-tracking**

Eye-tracking je výzkumná metoda, která se používá pro sledování pohybu očí člověka pomocí zařízení eye-tracker. Umožňuje zjistit, kam se člověk dívá, v jakém pořadí prochází pohledem zobrazené předměty, na jakou dobu kterým předmětům věnuje více pozornosti a naopak kterých si vůbec nevšimá (Bláha, 2011).

### **2.5.1 Využití eye-trackingu**

Eye-tracking se původně využíval v armádě, odkud se jeho využití rozšířilo do civilní sféry. Vylepšené verze snímačů očních pohybů můžeme najít v helmách vojenských pilotů.

Díky nim palubní počítač neustále ví, kam se pilot dívá a do těchto míst mu na čelní sklo promítá důležité informace. Využívá se i při zaměřování nepřátelských cílů (Hlavička, 2001). V civilní sféře se eye-tracking využívá v dopravě a ergonomii, virtuální realitě, očním lékařství (Klimesš, 2002), pro testování tiskovin a grafických návrhů, pro hodnocení reklamních materiálů a optimalizaci webových stránek (Kašpar, 2010). Pro mou diplomovou práci je podstatné sledování pohledu řidiče během jízdy. Pro měření v dopravě byl eye-tracking použit např. pro studii pohybu očí řidičů během jízdy ve městě a jejich reakce v různých situacích (Akamatsu, 2001), nebo pohled řidičů při průjezdu zatáčkami (Land, 1994) a mnoho dalších.

## 2.5.2 Typy eye-trackerů

V současné době existují na trhu dva typy eye-trackerů: remote eye-tracker (vzdálený), (obr. 10), a head-mounted eye-tracker (náhlavní) (obr. 11). U prvního typu eye-trackeru jsou kamery, jedna nebo více, snímající oko. Kamery jsou umístěné před testované osoby. Mohou být také integrované do monitoru počítače. Druhý typ eye-trackeru je odlišný tím, že testování musí mít na hlavě připevněné speciální zařízení připomínající přilbu (Pivec, 2005), nebo nedioptické brýle (Herink, 2005). Ať už se jedná o eye-tracker s přilbou nebo brýlemi, na obou zařízeních jsou upevněné dvě kamerky, jedna snímající oko a druhá scénu vpředu (Pivec, 2005). Pro měření v mé diplomové práci jsem použila druhý typ eye-trackeru – head-mounted eye-tracker - připomínající cyklistickou přilbu.



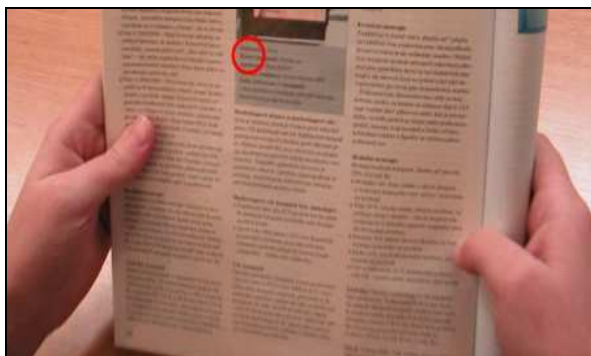
**Obr. 10:** Simulátor s remote eye-trackerem pod obrazovkou ([www.flickr.com](http://www.flickr.com))



**Obr. 11:** *Head-mounted eye-tracker – přilba (www.google.cz)*

### 2.5.3 Jak eye-tracker funguje

Základem celého systému jsou dvě kamerky a výklopné polopropustné zrcátko přichycené na přilbě (Klimeš, 2002). První kamera – infračervená – přes výklopné zrcadlo neustále snímá oko respondenta. Druhá – barevná – zabírá scénu před testovanou osobu. Za pomoci speciálního softwaru jsou data z kamer vyhodnocena v počítači (Herink, 2005). Výsledkem jsou datové výstupy (Kašpar, 2010) a videonahrávka testovaného materiálu, po kterém se pohybuje červené kolečko (obr. 12) (Herink, 2005), nebo kříž (Klimeš, 2002), ukazující přesnou polohu ostrého vidění respondenta (Herink, 2005).



**Obr. 12:** *Červené kolečko označující polohu ostrého vidění respondenta (Herink, 2005)*

### 3. Metodologie

V této práci se jedná se o studii, která se zabývá odpovědí zrakového analyzátoru během ladění autorádia při jízdě (paralelní úloha). Experiment se odehrával na automobilovém simulátoru a v automobilu v reálných podmínkách na trase o délce 38 km. Během jízdy byly snímány informace ze zrakového analyzátoru testovaných osob metodou eye-tracking. Ze simulátoru byly zaznamenávány informace přes počítačové propojení (rovinné souřadnice, rychlost, čas) a z automobilu pomocí navigace GPS. Výstupní data byla podrobena analýze. Měření probíhala ve spolupráci s Ústavem řídicí techniky a telematiky FD ČVUT.

#### 3.1 Místo konání experimentu

Experiment pro mou diplomovou práci probíhal na dvou místech. Prvním z nich byly prostory Společné laboratoře spolehlivosti systémů FD ČVUT v ulici Konviktská 20 Praha 1. Druhým místem byl samotný automobil v reálných podmínkách na stejné trase jako na simulátoru v laboratorních podmínkách. Jednalo se o trasu z Mladé Boleslavi přes Boseň, Kněžmost, Obrubce, Sukorady, Židněves a zpět do Mladé Boleslavi. Na obr. 13 je zobrazena trajektorie trasy pro tento okruh.



**Obr. 13:** Trajektorie trasy (zdroj: FD ČVUT)

## 3.2 Zkoumané osoby

Experimentu se zúčastnili dva probandi. Jednalo se o dva muže ve věku 25 let. Proband 1 vlastní řidičský průkaz od 21 let, tedy 4 roky. Za rok ujede průměrně 11 000 km. Proband 2 vlastní řidičský průkaz od 18 let, což je 7 let. Za rok ujede průměrně 25 000 km. U obou probandů bylo podmínkou vlastnit řidičský průkaz a být aktivním řidičem. Výběr testovaných osob byl založen na dobrovolnosti a ochotě spolupracovat. Na základě ústní dohody byly stanoveny podmínky, že ani jedna z testovaných osob nezatají žádné okolnosti, které by mohly mít na experiment nepříznivý vliv, např. nemoc, požití alkoholu, léků, které by mohly mít vliv na řízení, či jiných omamných a návykových látek. Pro bezpečné provedení experimentu bylo také nezbytné, aby oba dva řidiči byli odpočatí a předešlou noc si zajistili dostatečný počet hodin spánku, aby únava neměla negativní vliv na bezpečnost jízdy.

## 3.3 Organizace a průběh experimentu

Kvůli rozdílným požadavkům na organizaci a realizaci experimentu jsem zvolila následující postup činností:

1. Seznámení probandů s průběhem, cíly a podmínkami experimentu.
2. Vstupní test eye-trackeru na probandech.
3. Jízda na simulátoru.
4. Jízda v reálném provozu.

Před samotným experimentem bylo nezbytné provést tzv. předexperiment, tzn. oba dva probandi se dostavili na Dopravní fakultu a vyzkoušeli si, zda na nich přístroj eye-tracker funguje.

Měření bylo provedeno nejprve na simulátoru v laboratorních podmínkách. Oba dva probandi jeli v jeden den. Nejprve byl testován Proband I., poté Proband II. Před jízdou se musel eye-tracker nejprve kalibrovat, tzn. sjednotit pohled oka se scénou. Po úpravě sedadla – vyjmutí opěrky hlavy, která by probandy kvůli přilbě na hlavě omezovala, nastavení vzdálenosti sedadla od volantu, výšky sedadla a sklonu opěradla dle vlastních potřeb, připoutání tříbodovým bezpečnostním pásem, následovala zkušební jízda. Ta trvala individuálně, podle potřeb probandů. Zkušební jízda je nezbytná zejména proto, že obraz z virtuální reality se liší od obrazu skutečného (např. jas, kontrast, barvy) a také proto, že



z jízdy na simulátoru se u malého procenta lidí objevuje tzv. nemoc ze simulátoru (simulator sickness), se kterou mají pracovníci ČVUT zkušenosti. Teorie objasňující její příčiny říká, že oči se pohybují s cílem zachytit co možná nejlépe scénu virtuální reality, dochází při tom k dezorientaci nervového systému, neboť hlava se při pohybu očí nehýbe. Mezi důsledky patří bolesti hlavy, ospalost, závrať, zvracení, pocení (Wikipedia, 2011). Během zkušební jízdy si testovaní měli možnost několikrát úlohu vyzkoušet. Co se týče rychlosti během samotného experimentu, bylo doporučeno dodržovat dopravní předpisy, což znamená po rychlostní silnici 130 km/h, na silnicích I. a II. třídy 90 km/h a v obci 50 km/h, pokud dopravní značení nenařizovala jinak. Probandi si mohli zvolit, zda chtějí automatické či manuální ovládání převodovky. Oba dva si zvolili manuální ovládání převodovky, aby podmínky jízdy byly co nejvíce sjednoceny s jízdou v reálu. Pedály tak ovládali všechny tři – plyn, brzdu pravou nohou, spojku levou nohou.

Jízda na simulátoru trvala 29 min. Délka trasy byla 38 km. Během jízdy probandi prováděli jednotlivé úlohy, které jsem jim během jízdy diktovala. Úlohu konali probandi přibližně po 5 minutách a během jízdy ji 5x opakovali. Úloha byla vždy stejná, lišilo se však místo jejího konání. Probandi tedy přizpůsobovali styl jízdy podle daného místa. Lišila se doba trvání úlohy, doba sledování rádia, frekvence přepínání pohledu z vozovky na rádio a rychlost, kterou během úlohy jeli.

Úloha se skládala z následujících úkolů: zapnutí rádia

naladění třetí stanice

ladění hlasitosti na maximum a zpět na střed

vložení CD disku

nastavení 6. stopy

naladění bas na maximum

přepnutí zvuku do reproduktoru k řidiči

vrácení bas na původní úroveň

přepnutí zvuku zpět do obou reproduktorů

vyjmutí CD disku

vypnutí rádia

První úlohu konali na rychlostní silnici R10. Druhá úloha se konala na silnici II. třídy a částečně v obci. Třetí, čtvrtá i pátá úloha na silnici I. třídy. Čtvrtá úloha se konala opět částečně v obci. Během jízdy měli probandi na hlavě upevněný eye-tracker, který snímal

pohled jejich očí a scénu před nimi. Ze simulátoru pro nás byly nezbytné informace o rychlosti, rovinných souřadnicích  $x$ ,  $y$  a čas.

O týden později se konalo druhé měření, které se uskutečnilo také během jednoho dne. To však probíhalo ve skutečném automobilu v reálných podmínkách. Na simulátoru i v terénu jeli testovaní stejnou trasu. Jednalo se o okruh z Mladé Boleslavi přes Boseň, Kněžmost, Obrubce, Sukorady, Židněves a zpět do Mladé Boleslavi.

Měření v reálných podmínkách však bylo u Probanda II z technických důvodů předčasně ukončeno. Bohužel kvůli časové a finanční náročnosti se tuto jízdu nepodařilo zopakovat.

Kompletní jízdu v reálných podmínkách se podařilo změřit jen u Probanda I. Experiment probíhal stejně jako na simulátoru. Během jízdy konal na stejné trase proband ty samé úlohy. Na hlavě měl opět připevněný eye-tracker, který snímal scénu vpředu a jeho pohled. Data z automobilu jsme v tomto případě získali použitím GPS.

Rozdíl mezi jízdou na simulátoru a v terénu byl však v tom, že jízda v reálných podmínkách se konala v mnohem hustším provozu než na simulátoru. Při jízdě na simulátoru jeli navíc probandi sami, kdežto v reálných podmínkách vezli tři další osoby (Probanda II, technika a mě).

Během jízdy na simulátoru i v terénu probandi konali úlohu na stejném rádiu, které jsme z automobilu nechali vypojit a po uskutečnění měření v laboratoři jej nechali zapojit zpět. Automobil pro experiment poskytl k zapůjčení jeden z testovaných probandů. Jednalo se o Škodu Octavii 1,4 z roku 1999. Před jízdou v reálu bylo nezbytné zakoupit dálniční známku a nechat pojistit automobil, řidiče a ostatní osoby v automobilu. Co se týče realizace obou měření, měření na simulátoru bylo jednodušší. Experiment v reálu vyžadoval více příprav a celkově byl náročnější i pro řidiče.

### **3.4 Vymezení podmínek experimentu**

Část experimentu v rámci této práce se konala na simulátoru v laboratorních podmínkách. I když se jedná o moderní typ simulátoru, nelze na něm dosáhnout podmínek a situací plně srovnatelných s reálnými. Největší odlišnosti vytváří umělá scéna, nepřítomnost vibrací, pohybu automobilu, hluku a klimatických podmínek (Rampasová, 2007). Z těchto důvodů jsem se rozhodla druhou část experimentu provést v reálných podmínkách, abych

zjistila, do jaké míry se budou úkoly prováděné při jízdách v laboratorních a reálných podmínkách lišit.

Na simulátoru byly podmínky pro měření ideální v tom, že řidiči jeli v šeru bez slunečního svitu, takže sledování jejich pohledu pomocí eye-trackingu při jízdě a při konání úloh bylo ideální. V laboratorních podmínkách je možné si naprogramovat nejvhodnější klimatické podmínky pro daný experiment. V reálném provozu však podmínky ani počasí naplánovat nelze a zrovna v den mého měření bylo úplně jasno, což pro použití eye-trackingu není úplně ideální. Sluneční svit může způsobit odlesky, které znemožňují eye-trackeru oko zaměřit. Proto jsem se rozhodla porovnat z eye-trackeru pouze dobu trvání jednotlivých úloh na rádiu, počet pohledů na rádio a čas sledování rádia během úloh. Ze simulátoru bylo možné vyhodnotit např. i pohledy na tachometr a do zpětného zrcátka. Kdybychom měření v reálných podmínkách uskutečnili při jízdě za tmy, pro eye-tracking by to bylo vhodnější, ale na druhé straně by z videa nebyla vůbec vidět scéna. Probandi také pro mé měření s použitím eye-trackingu nesměli mít korekci zraku brýlemi či kontaktními čočkami, neboť i ty způsobují odlesky a tím znemožňují sledování oka eye-trackerem.

V laboratoři dále bylo možné zahájit počátek měření a jeho konec od nuly. V reálných podmínkách totéž uskutečnit nešlo, neboť začátek a konec se konal na připojovacím pruhu na zpoplatněné rychlostní silnici, takže úplné zastavení zde z bezpečnostních důvodů nebylo možné. Začátek měření se konal již v malé rychlosti. Jelikož i zakončení jízdy se mělo uskutečnit na stejném místě, tedy na připojovacím pruhu na již zmíněné rychlostní silnici, už jsme na ni znovu nenajížděli. Není možné se tam otáčet, tudíž jsme měření ukončili u nájezdu. Rozdíly jsou zaznamenány v grafu dráhy ve výsledcích.

## **3.5 Použité metody**

### **3.5.1 Simulátor**

Simulátor se v dnešní době často využívá pro různé studie a výzkumy. Měření na simulátoru představuje mnoho výhod, ale na druhou stranu i nevýhod. Z tohoto důvodu jsem se rozhodla, že experiment pro mou diplomovou práci vykonám ve dvou různých prostředích. Prvním z nich bylo měření v laboratorních podmínkách realizované na simulátoru DSRG Octavia II s projekcí typu CAVE se třemi projekčními plochami a stereovizí (Bouchner,

2011). Jedná se o simulátor lehkého typu, tzv. light simulator, a to proto, že jde pouze o kokpit vozidla (Piekník, 2011) (viz obr. 14, 15). Tento simulátor byl zprovozněn na konci roku 2010. Ovládací prvky jsou provedeny stejně jako u běžného automobilu. Na tomto simulátoru je možnost nastavení automatické převodovky. Získávání dat ze simulátoru probíhalo počítačovým propojením. Ve speciálním programu byly zaznamenávány údaje, ze kterých jsem následně vyhodnocovala výsledky. Výchozími daty pro mou diplomovou práci byly rovinné souřadnice  $x$ ,  $y$ , rychlost a čas. Virtuální okruh na simulátoru, který byl poskytnut pro experiment mé diplomové práce, byl zhotoven v roce 2008 pro účely jiného testování. Pro jeho výběr jsem se rozhodla proto, že byl vyvinut podle skutečné trasy. Na obr. 16 je zobrazena scéna tohoto virtuálního okruhu, na kterém se měření uskutečnila.



**Obr. 14:** Simulátor jízdy (foto:FD ČVUT)



**Obr. 15:** *Simulátor jízdy (foto:FD ČVUT)*



**Obr. 16:** *Scéna jízdy ze simulátoru (foto:FD ČVUT)*

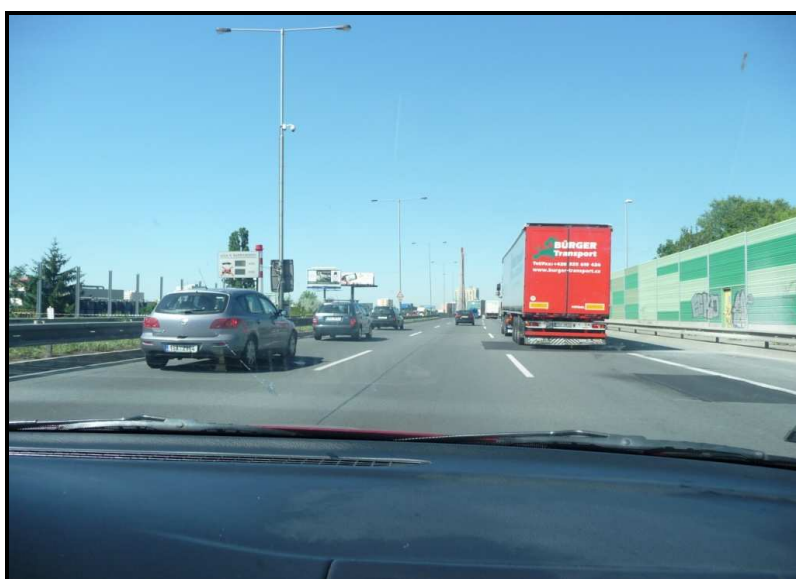
### **3.5.2 Automobil v reálných podmínkách**

Druhým prostředím pro můj experiment bylo taktéž vozidlo Škoda Octavia (1,4 z roku 1999) (obr. 17), ale tentokrát na trase ve skutečných podmínkách (obr. 18). Automobil byl vybaven manuální převodovkou, proto si oba probandi v předchozím měření na simulátoru zvolili také manuální řazení, aby podmínky ve vozidle pro obě měření zůstaly co nejvíce

podobné. V reálných podmínkách jsme potřebné údaje o vozidle (rychlost) a trase (rovinné souřadnice  $x$ ,  $y$ ) získali pomocí GPS.



**Obr. 17:** Automobil pro experiment v reálných podmínkách s řidičem před jízdou (foto:autor)



**Obr. 18:** Scéna z automobilu na silnici z Mladé Boleslavi v reálu (foto:autor)

### 3.5.3 Eye-tracking

Pro sledování pohybu očí řidičů při jízdě a během vykonávání paralelní motorické úlohy (ladění autorádia) jsem použila metodu eye-tracking. Jedná se o stopování zraku a jeho dráhy. Typ eye-trackeru, který jsem použila pro mé měření, se jmenuje head-mounted (náhlavní) eye-tracker od firmy SensoMotoric Instruments (SMI) a má označení iView X tm HED (Sýkora, 2011). Jedná se o zařízení připomínající cyklistickou přilbu. Na přilbě jsou upevněny dvě kamerky a výklopné polopropustné zrcátko (obr. 19, 20). Jedna kamerka snímá scénu vpředu a druhá zaměřuje přes polopropustné zrcátko oko testované osoby. Použití této metody je výhodné v tom, že z eye-trackeru lze získat datové záznamy a videozáznam (Kašpar, 2010).



**Obr. 19:** Řidič s eye-trackerem na hlavě (foto:autor)





**Obr. 20:** Řidič s eye-trackerem v automobilu před jízdou (foto:autor)

## **3.6 Zpracování dat**

### **3.6.1 Simulátor**

Data ze simulátoru byla nejprve exportována. Jednalo se o data určující pozici (rovinné souřadnice  $x$ ,  $y$ ) a rychlost. Data byla podrobena analýze v programech MS Excel 2007 a OriginPro 8.0.

### **3.6.2 GPS**

Data z GPS byla taktéž podrobena analýze v programech MS Excel 2007 a OriginPro 8.0. Snímací frekvence ze simulátoru, GPS a eye-trackeru byly jiné, proto pro jejich synchronizaci bylo nutné provést interpolaci dat na stejnou časovou osu. Tato operace byla provedena v programu OriginPro 8.0.



### **3.6.3 Eye-tracking**

Nejprve bylo nutné souřadnice získané z přístroje eye-tracker exportovat. Z analýzy videa bylo určeno, v jakých souřadnicích se oko probandů dívá vpřed, kdy na rádio, tachometr a do zpětného zrcátka. Poté bylo v programu MS Excel 2007 naprogramováno automatické načítání času pomocí podmínek, kdy se oko probandů do určitých oblastí dívá. Poté byly vypočítány časové frekvence a délky pohledu oka na rádio. Toto automatické vyhodnocení jsem použila pouze pro vyhodnocení dat z eye-trackeru při jízdě na simulátoru. Vyhodnocení jízdy v reálných podmínkách tímto způsobem nebylo možné, neboť kvůli odleskům způsobeným slunečním svitem nemohl eye-tracker zaměřit oko po celou dobu měření. Kurzor se proto často dostával na začátek souřadnicového systému do bodu 0. Vyhodnocení časové frekvence a délky pohledu z terénu jsem proto vykonala analýzou videa v programu Media Player Classic. Další analýzou videa z eye-trackeru v programu BSplayer jsem vyhodnotila časy konání jednotlivých úloh.

### **3.6.4 Výpočet rychlostí**

Rychlost jízdy na simulátoru i v reálných podmínkách jsem rozdělila na následující segmenty: průměrné rychlosti během vykonávání jednotlivých úloh (úloha 1-5), průměrná rychlost na rychlostní silnici R10, průměrná rychlost v obcích a průměrná rychlost na silnicích I. a II. třídy. Z analýzy videa z eye-trackeru v programu BSplayer jsem získala časové údaje o dílčích segmentech. K časovým údajům jsem si v programu MS Excel 2007 z již zpracovaných dat zjistila odpovídající rychlosti a aritmetickým průměrem jsem vypočítala průměrné rychlosti v požadovaných úsecích.

## 4. Výsledky

Pro lepší orientaci ve výsledcích jsem se rozhodla popsat je v dílčích podkapitolách. Nejprve popisují výsledky získané eye-trackerem při jízdě probandů na simulátoru a následně v terénu, pak výsledky získané ze samotného automobilu na simulátoru a poté z automobilu v terénu. V měření na simulátoru srovnávám výsledky Probanda I a Probanda II. Z technických důvodů se však měření v terénu podařilo dokončit jen u Probanda I. Data získaná z měření v terénu porovnávám tedy jen u Probanda I.

I když u Probanda II došlo k závadám až v průběhu druhé úlohy, rozhodla jsem se jeho údaje z první úlohy neuvádět, neboť nejsou tato data považována za validní a tudíž nejsou zahrnuta v celkovém hodnocení.

### 4.1 Délka jednotlivých úloh na simulátoru

V této podkapitole porovnávám výsledky Probanda I a Probanda II v jízdách na simulátoru. Konkrétně srovnávám časy, během kterých zvládli vykonat jednotlivé úlohy. K těmto výsledkům jsem dospěla analýzou videozáznamu eye-trackeru.

**Tab. 1:** Časy trvání jednotlivých úloh probandů I a II na simulátoru

Úlohy	Čas trvání jednotlivých úloh	
	Proband I Simulátor	Proband II Simulátor
Úloha 1	2 min 33 s	1 min 37 s
Úloha 2	1 min 38 s	1 min 42 s
Úloha 3	1 min 51 s	1 min 34 s
Úloha 4	1 min 17 s	1 min 28 s
Úloha 5	1 min 20 s	1 min 26 s

Z tabulky č. 1 vyplývá, že na simulátoru trvala Probandovi I nejdéle úloha 1 a nejkratší dobu úloha 4. Probandovi II trvala nejdéle úloha 2 a za nekratší dobu zvládl úlohu 5. Průměrná doba plnění úloh u Probanda I byla 1 min 44 s a u Probanda II 1 min 33 s. Z toho plyne, že průměrná doba plnění úloh se u Probandů lišila o 11 s. U Probanda I si však můžeme všimnout, že časy plnění úloh byly značně nevyrovnané. U Probanda II lze vidět menší rozdíly mezi dobami trvání jednotlivých úloh. Mezi nejkratším a nejdelším časem

Probanda I, tedy mezi úlohami 1 a 4, je rozdíl 1 min 16 s. U Probanda II je rozdíl mezi nejkratším a nejdelším časem, tedy mezi úlohami 2 a 5, pouze 16 s. Z celkové doby jízdy strávil Proband I laděním rádia 8 min 39 s a Proband II 7 min 47 s. Proband II tedy věnoval ladění rádia o 52 s méně než Proband I.

## 4.2 Porovnání délek úloh na simulátoru a v terénu

Z analýzy videa eye-trackeru byly získány následující výsledky uvedené v tab. 2.

**Tab. 2:** Časová identifikace jednotlivých úloh Probanda I na simulátoru a v terénu

Úlohy	Čas trvání jednotlivých úloh	
	Proband I Simulátor	Proband I Terén
Úloha 1	2 min 33 s	1 min 38 s
Úloha 2	1 min 38 s	1 min 33 s
Úloha 3	1 min 51 s	3 min 06 s
Úloha 4	1 min 17 s	1 min 33 s
Úloha 5	1 min 20 s	1 min 37 s

Porovnáním úloh u Probanda I na simulátoru a v terénu vidíme, že nejdéle mu trvala úloha 3 provedená v terénu. To bylo zapříčiněno špatným odbočením. Proband I se pak musel na silnici otočit a najet opět na správnou trasu. Proto jsem se rozhodla úlohu 3 v terénu se simulátorem neporovnávat. Pro odlišení je tedy v tabulce označena červeně. Jde ale o názornou ukázkou toho, k čemu v reálných podmínkách při jízdě běžně dochází.

Nejdéle plnil Proband I na simulátoru úlohu 1 a v terénu také úlohu 1. Nejkratší dobu strávil Proband I na simulátoru úlohou 4, v terénu taktéž úlohou 4 a úplně stejný čas věnoval i úloze 2. Průměrná doba konání úloh na simulátoru u Probanda I činila 1 min 42 s a v terénu 1 min 35 s. Z tabulky je dále patrné, že Proband I měl mezi jednotlivými úlohami na simulátoru mnohem větší časové rozdíly, zatímco úlohy v terénu byly z hlediska doby trvání vyrovnanější. Rozdíl mezi nejdelším a nejkratším časem, tedy mezi úlohami 1 a 4 na simulátoru, byl 1 min 16 s. V terénu představoval rozdíl mezi nejdelší a nejkratší dobou plnění úloh, tedy úlohami 1 a 2 či 4, pouze 5 s. Z celkové doby jízdy strávil na simulátoru Proband I laděním rádia 6 min 48 s a v terénu 6 min a 21 s. Rozdíl v délce ladění rádia u Probanda I na simulátoru a v terénu je tak 27 s.

### 4.3 Četnost pohledů na rádio během úloh na simulátoru

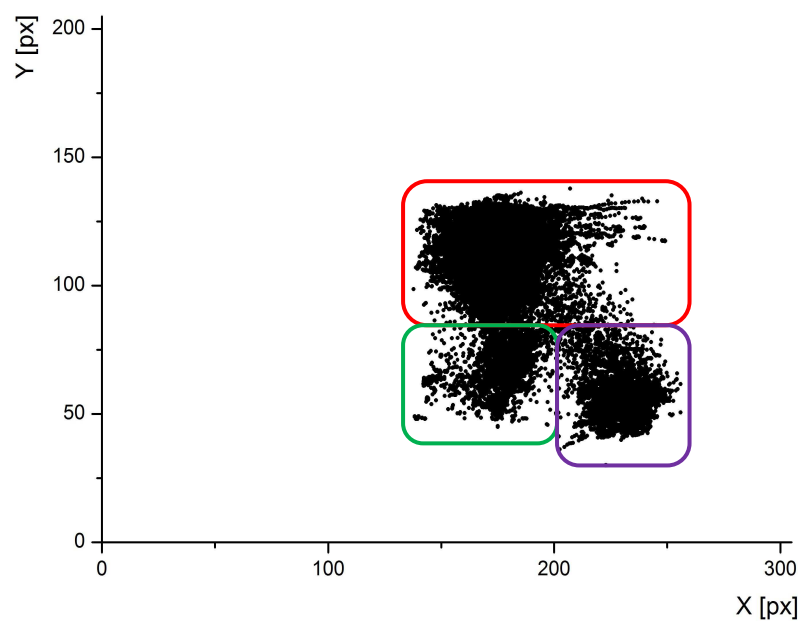
Tab. 3: Počty pohledů na rádio během jednotlivých úloh Probandů I a II na simulátoru

Úlohy	Počet pohledů na rádio při úloze	
	Proband I Simulátor	Proband II Simulátor
Úloha 1	48	47
Úloha 2	37	51
Úloha 3	46	39
Úloha 4	38	43
Úloha 5	42	41

Z tabulky 3 vyplývá, že nejvyšší počet pohledů na rádio během úlohy na simulátoru u Probanda I činil 48. Jedná se o úlohu 1. Plnění této úlohy mu také trvalo nejdéle. U Probanda II je nejvyšší počet pohledů na rádio 51 při úloze 2. I u něj koresponduje nejvyšší počet pohledů na rádio s nejdelším časem plnění úlohy. Nejnižší počet pohledů na rádio během úloh u Probanda I je 37 a to při úloze 2, ta mu však nejkratší dobu netrvala. Proband II dosáhl nejnižšího počtu pohledů na rádio, tedy 39, při úloze 3. Ale ani on během této úlohy s nejnižším počtem pohledů nejkratšího času nedosáhl. Celkový počet pohledů na rádio u Probanda I je 211 a u Probanda II 221. Celkově Proband II učinil na rádio během všech pěti úloh o 10 více pohledů než Proband I. Časové výsledky úloh jsou však opačné. Proband I strávil úlohami více času než Proband II.

### 4.4 Identifikace zrakového analyzátoru na simulátoru

Na obrázku 21 a 22 jsou zobrazeny grafy, které zachycují pohledy očí probandů během jízdy na simulátoru. Pro snazší porozumění grafů jsem pohledy očí probandů rozdělila do tří oblastí: pohled na scénu vpředu, pohled na tachometr, pohled na rádio. Jelikož se u Probanda II vyskytl zajímavý jev, i když v běžné praxi zcela samozřejmý, zvolila jsem ještě čtvrtou oblast zájmu: pohled do zpětného zrcátka, což ukazuje obr. 22. Z obrázku 21 je patrné, že Proband I se do zpětného zrcátka za celou dobu jízdy nepodíval ani jedenkrát. I přesto, že nemohu poskytnout stejné grafické zobrazení pohledů Probanda I z terénu, z analýzy videa je vidět, že při jízdě v reálných podmínkách Proband I zrcátka používal. Na obr. 23 a 24 jsou další ukázky získané z eye-trackeru během měření.



**Obr. 21:** Graf z eye-trackeru zobrazující pohledy oka Probanda I na simulátoru

Vysvětlivky k obrázku 21:

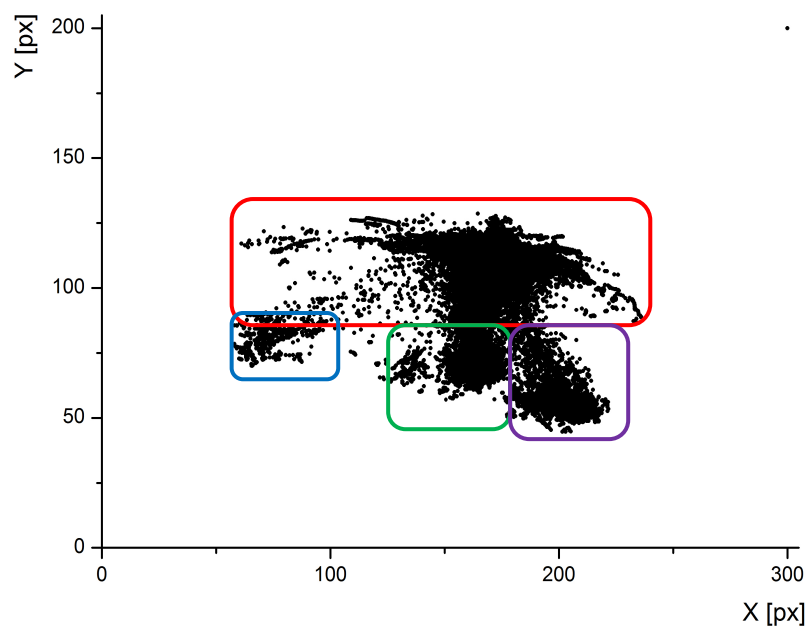
osa x ... rozsah horizontálních pohledů oka v pixelech

osa y ... rozsah vertikálních pohledů oka v pixelech

— ... pohled na scénu vpředu

— ... pohled na tachometr

— ... pohled na autorádio



**Obr. 22:** Graf zobrazující pohledy oka Probanda II na simulátoru

Vysvětlivky k obrázku 22:

osa x ... rozsah horizontálních pohledů oka v pixelech

osa y ... rozsah vertikálních pohledů oka v axelech

— ... pohled na scénu vpředu

— ... pohled na tachometr

— ... pohled na autorádio

— ... pohled do zpětného zrcátka



**Obr. 23:** Ukázka videozáznamu z eye-trackeru z jízdy na simulátoru

Vysvětlivky k obrázku 23: Červený kříž na obrázku označuje místo, kam se řidič dívá.



**Obr. 24:** Ukázka videozáznamu z eye-trackeru z jízdy v terénu

Vysvětlivky k obrázku 24:

Červený kříž na obrázku označuje místo, kam se řidič dívá.

#### 4.5 Porovnání četnosti pohledů na rádio na simulátoru a v terénu

**Tab. 4:** Počty pohledů na rádio během jednotlivých úloh Probanda I na simulátoru a v terénu

Úlohy	Počet pohledů na rádio při úloze	
	Proband I Simulátor	Proband I Terén
Úloha 1	48	41
Úloha 2	37	38
Úloha 3	46	---
Úloha 4	38	41
Úloha 5	42	32

Z tabulky 4 vidíme, že u Probanda I byl nejvyšší počet pohledů na rádio na simulátoru 48 a to při úloze 1, kdežto v terénu činil nejvyšší počet pohledů na rádio 41, kterého dosáhl Proband I během úlohy 1 a zároveň úlohy 4. Naopak nejnižšího počtu, tedy 37, dosáhl Proband I na simulátoru při úloze 2, ale v terénu dosáhl počtu ještě nižšího a to 32 při úloze 5. Z tabulky dále vidíme, že ne vždy byl počet pohledů na rádio v terénu nižší než na simulátoru. Nižšího počtu dosáhl Proband I v terénu při úloze 1 a 5, při úloze 1 byl počet nižší o 7 a u úlohy 5 o 10 pohledů, což je zároveň nejvyšší rozdíl v počtu pohledů na rádio. Naopak v terénu měl Proband I vyšší počet pohledů při úloze 2 a 4, při úloze 2 se počet pohledů lišil pouze o 1 pohled, což činí nejmenší rozdíl. Při úloze 4 byl počet vyšší o 3 pohledy. Na

simulátoru se tedy Proband I na rádio podíval celkem 165 krát a v terénu 152 krát. Je tedy patrné, že v terénu byl počet pohledů na rádio při ladění nižší než na simulátoru, a to přesně o 13 pohledů. V průměru se Proband I na simulátoru podíval na rádio vícekrát než v terénu, na simulátoru 41 krát a v terénu 38 krát. Vše je opět počítáno bez úlohy 3 z již zmíněných důvodů.

#### 4.6 Délka sledování rádia během úloh na simulátoru

Další výsledky získané z eye-trackeru (viz. kapitola 3.6.3) jsou uvedeny v tabulce 5.

**Tab. 5:** Časy sledování rádia při jednotlivých úlohách obou probandů na simulátoru (zaokrouhleno na sekundy)

Úlohy	Doba sledování rádia během jednotlivých úloh	
	Proband I Simulátor	Proband II Simulátor
Úloha 1	34 s	40 s
Úloha 2	23 s	35 s
Úloha 3	34 s	21 s
Úloha 4	27 s	29 s
Úloha 5	28 s	26 s

Z tabulky 5 je patrné, že obě testované osoby nejdéle sledovaly rádio během úlohy 1, což je zajímavý jev, neboť právě úloha 1 se konala na rychlostní silnici a byla provedena za nejvyšší rychlosti ze všech pěti úloh. U Probanda I si můžeme všimnout časové shody v úloze 1 a 3. U Probanda II vidíme, že jeho nejdelší čas je ještě o 6 s delší než u Probanda I. Nejkratší doby sledování rádia dosáhl Proband I při úloze 2, kdežto Proband II při úloze 3, což je ještě o 2 s méně než nejkratší doba Probanda I. Dále je patrné, že se probandi ani v jedné úloze z tohoto hlediska neshodují. Nejvyššího rozdílu dosahují v úloze 3 a to o 13 s, naopak v úloze 4 a 5 se jejich časy přiblížily nejvíce, v obou případech je rozdíl pouze 2 s. Zajímavý je dále rozdíl mezi nejdelším a nejkratším dobou sledování rádia jedním probandem při plnění jeho úloh. U Probanda I si můžeme všimnout, že rozdíl mezi nejdelším a nejkratším časem je 11s, jedná se o rozdíly mezi úlohou 1 či 3 a úlohou 2. Zatímco u Probanda II je tento rozdíl mnohem větší, činí totiž 19 s. V jeho případě se jedná o úlohu 1 a úlohu 3. Co se týče průměrných hodnot, u Probanda I je průměrná doba sledování rádia během jedné úlohy 29 s a u Probanda II tato hodnota činí 30 s. Rozdíl je nepatrný, pouze 1 s. Z celkové jízdy strávil



Proband I sledováním rádia během úloh 2 min 26 s a Proband II 2 min 31 s, z čehož vyplývá, že Proband II sledoval rádio o 5 s déle než Proband I.

#### 4.7 Porovnání délek sledování rádia na simulátoru a v terénu

Analýzou videozáznamu z eye-trackeru z jízdy v reálných podmínkách jsem dospěla k výsledkům zobrazených v tabulce 6.

**Tab. 6:** Časy sledování rádia při jednotlivých úlohách Probanda I na simulátoru a v terénu (zaokrouhleno na sekundy)

Úlohy	Doba sledování rádia během jednotlivých úloh	
	Proband I Simulátor	Proband I Terén
Úloha 1	34 s	33 s
Úloha 2	23 s	25 s
Úloha 3	34 s	---
Úloha 4	27 s	28 s
Úloha 5	28 s	19 s

Při porovnání časů sledování rádia během jízdy Probanda I na simulátoru a v terénu jsem zjistila, že i v terénu sledoval rádio nejdelší dobu při úloze 1, která, jak jsem se již zmínila, probíhala při nejvyšší rychlosti. I přesto, že úloha 1 trvala Probandovi I v terénu nejdelší dobu, sledování rádia bylo o 1 s kratší než na simulátoru. Naopak nejméně sledoval na simulátoru rádio při úloze 2, zatím co v terénu dosáhl nejkratšího času při úloze 5. Z tabulky dále vyplývá, že v pouze dvě ze čtyř úloh trvaly Probandovi I kratší dobu v terénu než na simulátoru. Za kratší dobu vykonal v terénu úlohu 1 a 5. Jak jsem již zmínila, v úloze 1 dosáhl rozdílu 1 s, zatím co v úloze 5 byl rozdíl mnohem větší, 9 s. Úlohu 2 a 4 zvládl v kratším čase vykonal na simulátoru. Navzdory tomu, že pouze dvě úlohy vykonal v kratším čase v terénu než na simulátoru, je vidět, že tyto rozdíly byly velice malé. Pokud porovnáme úlohu 2, vidíme, že na simulátoru mu sledování trvalo o 2 s méně než v terénu, a při srovnání úlohy 4 je rozdíl ještě zanedbatelnější, pouze 1 s. Rozdíl mezi nejdelším a nejkratším časem, tedy mezi úlohou 1 a 2 Probanda I na simulátoru, je 11 s a v terénu je tento rozdíl 14 s. Zde se jedná o úlohu 1 a 5. Celkem Proband I na simulátoru strávil sledováním rádia (bez úlohy 3) 1 min 52 s a v terénu 1 min 45 s, z čehož vyplývá, že celkově rádio sledoval v terénu o 7 s méně než na simulátoru. Průměrný čas sledování rádia při jednotlivých úlohách Probanda I na

simulátoru je 28 s a v terénu 26 s, čili o 2 s méně než na simulátoru. I když sledování rádia v terénu nebylo kratší ve všech případech, průměrné a celkové hodnoty ukazují kratší sledování rádia v terénu než na simulátoru.

#### 4.8 Identifikace rychlostí na simulátoru

Po exportování dat ze simulátoru a po výpočtech v programu MS Excel jsem sestavila následující tabulku, ve které lze přehledně porovnat průměrné rychlosti, kterými jely testované osoby během jednotlivých úloh.

**Tab. 7:** Průměrné rychlosti probandů během úloh na simulátoru (zaokrouhleno na km/h)

Úlohy	Průměrné rychlosti při jednotlivých úlohách	
	Proband I Simulátor	Proband II Simulátor
Úloha 1	96 km/h	115 km/h
Úloha 2	65 km/h	58 km/h
Úloha 3	71 km/h	74 km/h
Úloha 4	60 km/h	61 km/h
Úloha 5	63 km/h	82 km/h

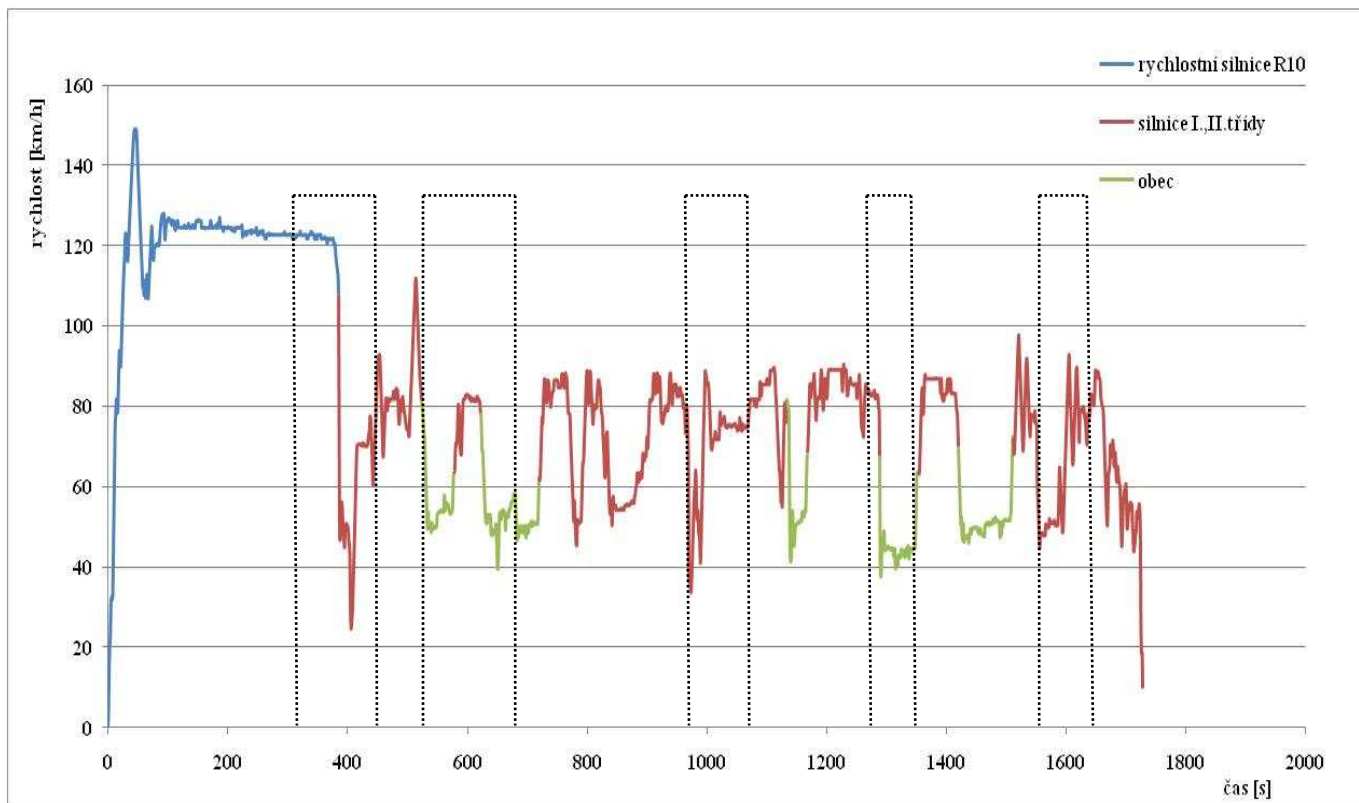
Jak jsem již výše zmiňovala, úloha 1 se konala při jízdě na rychlostní silnici R 10, kde je stejně jako na dálnici nejvyšší povolená rychlost až 130 km/h, tudíž během této úlohy probandi dosahovali nejvyšší rychlosti, což tabulka 7 potvrzuje. U Probanda I si můžeme všimnout podstatně nižší nejvyšší rychlosti během úlohy 1 než u Probanda II. Takto velký rozdíl byl zapříčiněn tím, že Proband I nestihl úlohu dokončit ještě před sjezdem z rychlostní silnice, tudíž při zatáčení na sjezdu prudce zpomalil a úlohu mohl dokončit až po ukončení prudké zatáčky, kde už však nejvyšší povolená rychlost byla 90 km/h. Nejnižší rychlostí jel Proband I při úloze 4, kde se také rychlosti Probanda I a II lišily nejméně, Proband I jel pouze o 1 km/h pomaleji než Proband II. Proband II však během této úlohy nejnižší rychlosti nedosáhl, nejpomaleji jel při úloze 2. Zajímavého jevu jsem si dále všimla, když jsem spočítala největší rozdíl mezi rychlostmi Probanda I a Probanda II (úloha 1), přičemž dosáhli rozdílu 19 km/h a k úplně stejnému rozdílu dospěli i v úloze 5, v obou případech jel rychleji Proband II. Rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší rychlostí u Probanda I, čili mezi úlohami 1 a 4, je 36 km/h. U Probanda II je tento rozdíl mnohem větší, 57 km/h a to mezi úlohami 1 a 2. Po

zprůměrování rychlostí při jednotlivých úlohách jsem dospěla k výsledku, že Proband I jel rychlostí 71 km/h a Proband II 78 km/h, tudíž Proband II jel během ladění rádia v průměru o 7 km/h rychleji.

**Tab. 8:** Průměrné a nejvyšší rychlosti probandů během jízdy na simulátoru (zaokrouhлено na km/h)

	<b>Proband I Simulátor</b>	<b>Proband II Simulátor</b>
<b>Průměrná rychlost na R 10</b>	119 km/h	115 km/h
<b>Průměrná rychlost v obcích</b>	52 km/h	48 km/h
<b>Průměrná rychlost na silnici I. a II. třídy</b>	74 km/h	77 km/h
<b>Celková průměrná rychlost</b>	80 km/h	80 km/h
<b>Nejvyšší rychlost</b>	149 km/h	131 km/h

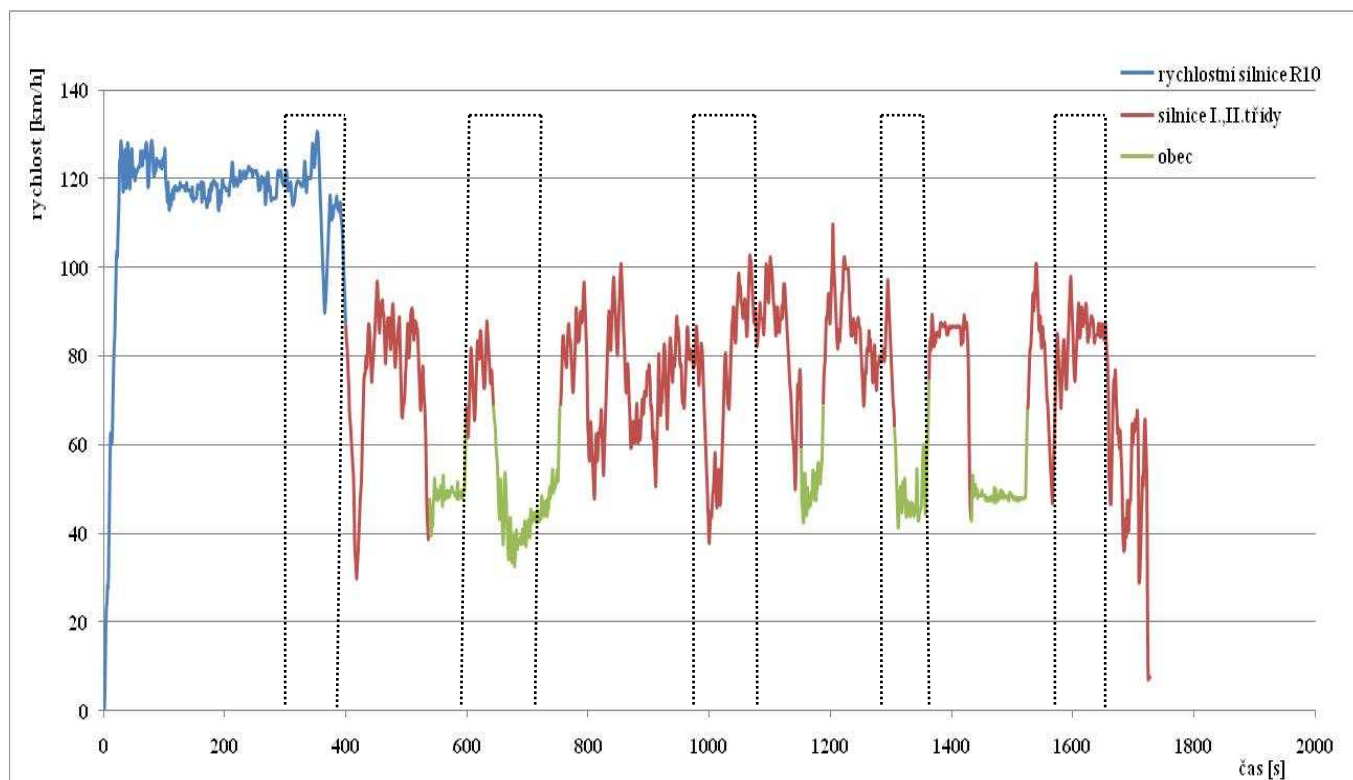
Jelikož jsem během výpočtů rychlostí dospěla k zajímavým údajům, rozhodla jsem se je zaznamenat v tabulce 8. Pro lepší přehlednost rychlostí jsem se rozhodla jízdu rozčlenit do tří hlavních segmentů: rychlostní silnice R 10, obce a silnice I. a II. třídy, dále jsem do tabulky začlenila i celkovou průměrnou rychlost z celé jízdy a nejvyšší dosaženou rychlost. Z tohoto rozdělení je patrné, že Proband I jel na rychlostní silnici R 10 v průměru o 4 km/h rychleji než Proband II. V posledním řádku, kde uvádím nejvyšší dosaženou rychlost jízdy a této rychlosti dosáhli oba probandi právě na rychlostní silnici R 10, si můžeme všimnout, že i nejvyšší rychlostí jel Proband I. Této rychlosti však dosáhl jen na malý okamžik, pravděpodobně z nedbalosti. I v obci dosahoval Proband I vyšší rychlosti než Proband II a to opět o 4 km/h. Na silnici I. a II. třídy tomu bylo naopak, Proband II jel o 3 km/h rychleji. Velice zajímavý výsledek nám poskytuje údaj o celkové průměrné rychlosti, které Probandi dosáhli během celého měření. Oba Probandi jeli průměrně stejnou rychlostí 80 km/h. I když je ze tří prvních údajů o rychlosti patrné, že ve dvou případech jel rychleji Proband I (na silnici R 10 a v obcích), dosahují stejné průměrné rychlosti proto, že právě Proband II jel rychleji po silnicích I. a II. třídy a po těchto silnicích se jela největší část celé jízdy.



**Obr. 25:** Graf rychlosti Probanda I na simulátoru

Vysvětlivky k obr. 25: Graf zobrazující rychlost v km/h v závislosti na čase v sekundách Probanda I na simulátoru. Na časové ose jsou černou čerchovanou čarou vyznačeny časové úseky jednotlivých úloh.

Na obrázku 25 jsem graficky znázornila rychlost Probanda I v závislosti na čase na simulátoru. Pro lepší porozumění grafu jsem rychlost v segmentech rychlostní silnice, silnice I. a II. třídy a obec barevně rozlišila. Modrou barvou je označena rychlost po rychlostní silnici R10, červenou barvou rychlost po silnicích I. a II. třídy a zelenou barvou rychlost při jízdě v obcích. Místa, ve kterých probandi konali jednotlivé úlohy, jsem označila černou čerchovanou čarou.



**Obr. 26:** Graf rychlosti Probanda II na simulátoru

Vysvětlivky k obr. 26: Graf zobrazující rychlost v km/h v závislosti na čase v sekundách Probanda II na simulátoru. Na časové ose jsou černou čerchovanou čarou vyznačeny časové úseky jednotlivých úloh.

Na obrázku 26 je zobrazeno grafické znázornění rychlosti v závislosti na čase Probanda II na simulátoru. Barevné rozlišení je totožné s obr. 25.

#### 4.9 Porovnání rychlostí na simulátoru a v terénu

**Tab. 9:** Průměrné rychlosti Probanda I na simulátoru a v terénu během úloh (zaokrouhлено na km/h)

Úlohy	Průměrné rychlosti při jednotlivých úlohách	
	Proband I Simulátor	Proband I Terén
Úloha 1	96 km/h	95 km/h
Úloha 2	65 km/h	55 km/h
Úloha 3	71 km/h	---
Úloha 4	60 km/h	53 km/h
Úloha 5	63 km/h	66 km/h

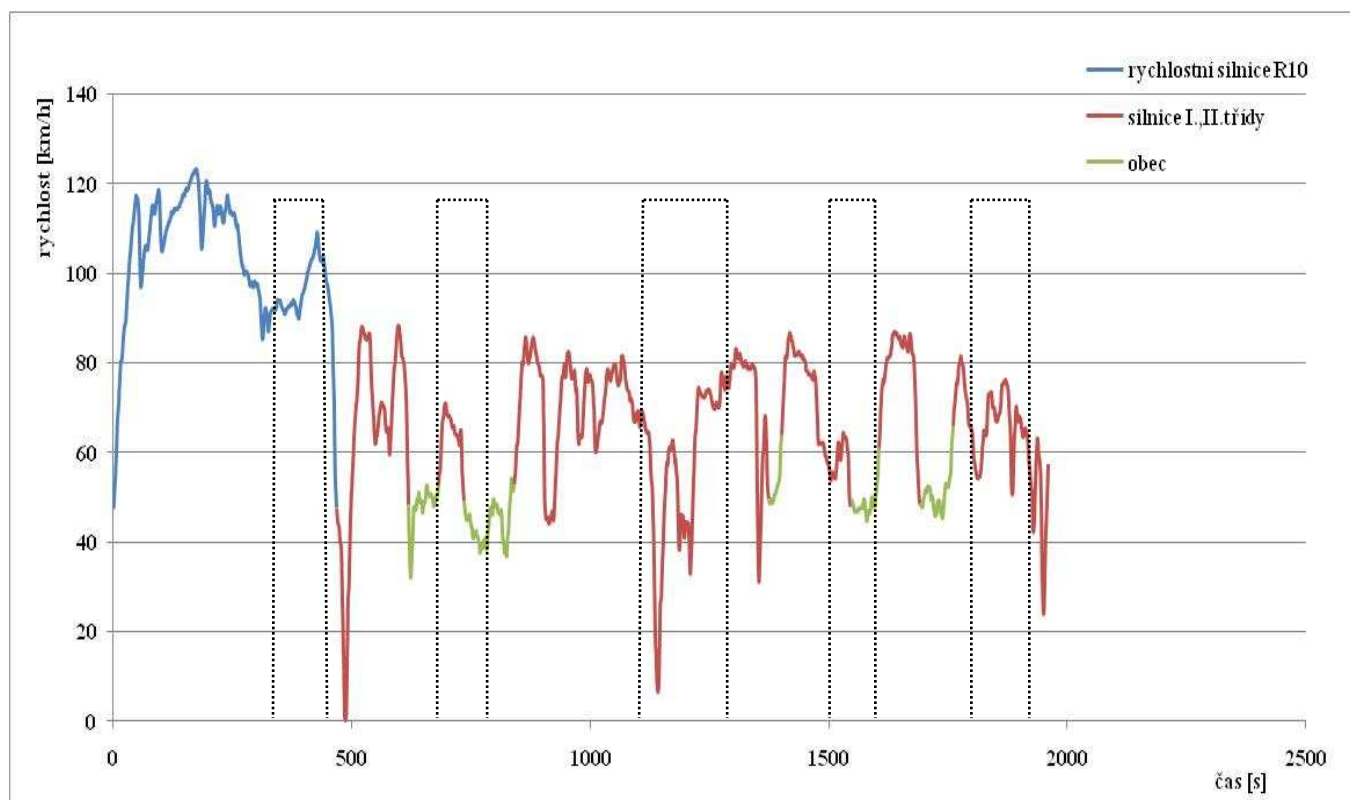
Při porovnání rychlostí Probanda I při jízdě na simulátoru a v terénu (viz. tabulka 9) jsem zjistila, že na simulátoru byla úloha 1 vykonána při nejvyšší rychlosti, v terénu jel Proband I taktéž nejrychleji při úloze 1, přesto nižší rychlostí než na simulátoru a to o 1 km/h. Úlohu 1 Proband I na simulátoru nestačil dokončit na rychlostí silnici R 10, jak jsem se již zmínila výše, proto je do jeho průměrné rychlosti započteno i velké zpomalení na sjezdu a tudíž se domnívám, že pokud by úlohu stačil dokončit ještě před sjezdem, jako zvládl při jízdě v terénu, tento rozdíl by byl mnohem větší. K tomu však nedošlo. K další shodě došlo v nejnižší rychlosti. Nejnižší rychlosti dosáhl Proband I na simulátoru i v terénu při úloze 4. I v tomto případě jel však pomaleji v reálných podmínkách. Během této úlohy jel Proband I o 7 km/h rychleji než v terénu. Pokud se podíváme na úlohu 2, zjistíme, že i zde byla rychlost nižší v terénu než na simulátoru a to o 10 km/h. V jediné úloze, úloze 5, jel Proband I rychleji v terénu než na simulátoru. Zde se rychlost liší o 3 km/h. Ve třech úlohách ze čtyř jel Proband I pomaleji v terénu než na simulátoru. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší rychlostí při plnění úloh, v obou případech jde o úlohu 1 a 4, je na simulátoru 36 km/h a v terénu 42 km/h. Pokud zprůměruji rychlosti během všech čtyř úloh, na simulátoru plnil Proband I úlohy v průměrné rychlosti 71 km/h a v reálných podmínkách 67 km/h (výsledky opět nezahrnují úlohu 3). Vidíme, že i průměrnou rychlostí jel Proband I během úloh o 4 km/h pomaleji v terénu než na simulátoru.

**Tab. 10:** Průměrné a nejvyšší rychlosti jízdy Probanda I na simulátoru a v terénu (zaokrouhleno na km/h)

	<b>Proband I Simulátor</b>	<b>Proband I Terén</b>
<b>Průměrná rychlost na R 10</b>	119 km/h	102 km/h
<b>Průměrná rychlost v obcích</b>	52 km/h	48 km/h
<b>Průměrná rychlost na silnici I. a II. třídy</b>	74 km/h	67 km/h
<b>Celková průměrná rychlost</b>	80 km/h	72 km/h
<b>Nejvyšší rychlost</b>	149 km/h	123 km/h

Tabulku 10 jsem rozčlenila do stejných segmentů jako tabulku 8, abych rychlost Probanda I na simulátoru a v terénu mohla lépe porovnat. Zjistila jsem, že ve všech třech

hlavních segmentech (rychlostní silnici R10, v obcích a na silnicích I. a II. třídy) jel na simulátoru rychleji než v reálných podmínkách. Na rychlostní silnici R 10 jel na simulátoru o 17 km/h rychleji než v terénu. V obcích jeho průměrná rychlost nepřesáhla 50 km/h, kdežto na simulátoru ji o 2km/h překročil. Na silnicích I. a II. třídy jel v terénu o 7 km/h pomaleji než na simulátoru. I celková průměrná rychlost jízdy Probanda I byla v terénu nižší než na simulátoru, a to o 8 km/h. Největšího rozdílu však Proband I dosáhl v nejvyšší rychlosti. Na simulátoru dosáhl nejvyšší rychlosti o 26 km/h více než v terénu.



**Obr. 27:** Graf rychlosti Probanda I v reálných podmínkách

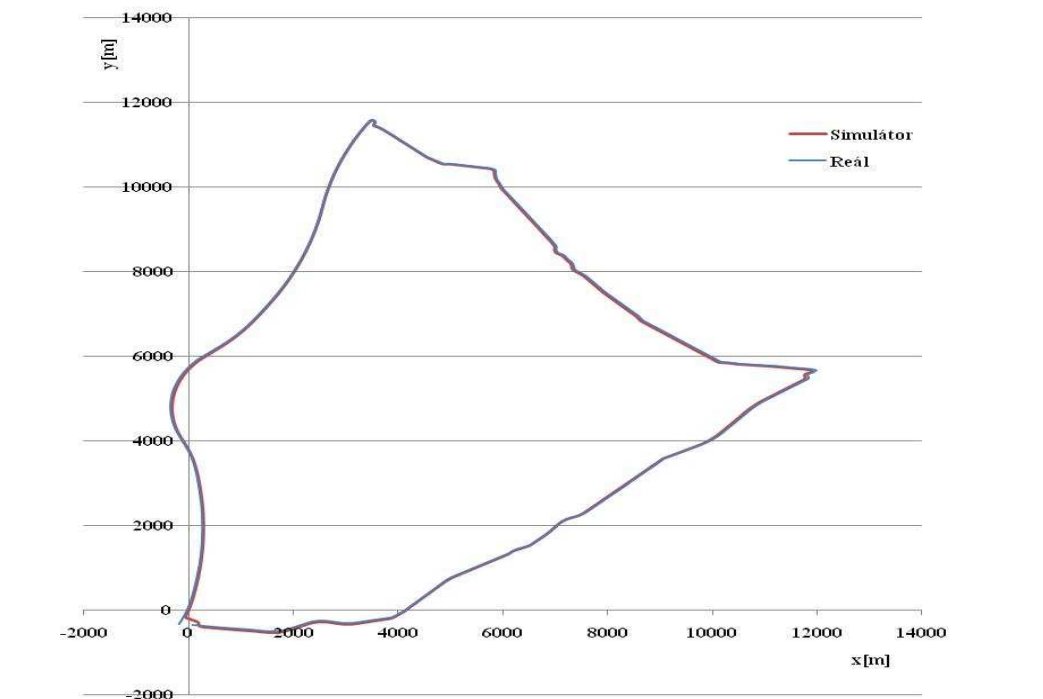
Vysvětlivky k obr. 27: Graf zobrazující rychlost v km/h v závislosti na čase v sekundách Probanda I v terénu. Na časové ose jsou černou čerchovanou čarou vyznačeny časové úseky jednotlivých úloh.

Obrázek 27 znázorňuje rychlost Probanda I v reálných podmínkách. Z grafu si můžeme všimnout, že např. rychlost během jízdy na rychlostní silnici R10 je na simulátoru mnohem vyrovnanější než v reálných podmínkách. V reálných podmínkách rychlost v tomto úseku často kolísá, neboť Proband I musel styl jízdy přizpůsobovat okolnímu provozu a podmínkám. Např. ve 484. sekundě, po sjezdu z rychlostní silnice R10, se dostal na nulovou rychlost, a to proto, že na křižovatce dával přednost vozidlu. Na simulátoru se žádná podobná

situace nevyskytovala. V 1141. sekundě vidíme další případ běžný z praxe, kdy se rychlost Probanda I dostala na 7 km/h. V tomto případě jde o špatné odbočení a následné otáčení, které uvádím již výše. Jde právě o místo během úlohy 3, a proto ji ve výsledcích neuvádím. Nicméně na grafu jsem úlohu 3 pro ukázkou zaznamenala.

## 4.10 Dráha

Po exportování dat získaných ze simulátoru a GPS můžeme na obrázku 28 vidět, že informace o poloze ze simulátoru poskytují naprosto identické údaje, které jsme získali z GPS. Dráhu z jízdy na simulátoru jsem označila červenou barvou a dráhu z jízdy v reálných podmínkách modrou barvou. Dráhy se překrývají ve všech místech, až na malé místo okolo bodu 0. To bylo zapříčiněno tím, že začátek i konec měření se konal na připojovacím pruhu rychlostní silnice, proto v reálných podmínkách nebylo možné v tomto místě z bezpečnostních důvodů vozidlo zastavit a tak jsme tímto místem projeli v nízké rychlosti. V konečném bodě je také vidět, že jsme až do počátečního bodu nedojeli. Důvodem bylo to, že jsme se nevydali po nájezdu zpět na připojovací pruh na silnici R10, ale projeli jsme pod mostem, kde jsme měření ukončili.



**Obr. 28:** Graf dráhy na simulátoru a v reálu (na osách x a y jsou uvedeny vzdálenosti v metrech)



## 5. Diskuze

Z výsledků časového rozlišení jednotlivých úloh na simulátoru, tedy dob trvání jednotlivých úloh, plyne, že nejdelší dobu trvala Probandovi I úloha 1, kterou vykonal v čase 2 min 33s. Proband II vykonal v nejdelším čase úlohu 2, doba této úlohy byla 1 min 42s. Nejkratší dobu strávil Proband I úlohou 4 v čase 1 min 17s, Proband II úlohou 5 za 1 min 26s. Doby trvání úloh u Probanda I tedy kolísaly v časovém rozmezí 1 min 16s, zatímco Proband II nedosáhl rozdílu mezi nejdelší a nejkratší dobou úloh více než 16 s. V průměru věnoval Proband I jedné úloze 1 min 44s, Proband II 1 min 33s. Z celé jízdy strávil Proband I laděním rádia 8 min 39 s. U Probanda II je i celkový čas ladění rádia kratší, pouze 7 min 47 s. Tyto údaje vypovídají o tom, že časy Probanda I byly značně kolísavé a rozdíly mezi jednotlivými úlohami nevyrovnané. Úlohy Probanda II byly mnohem vyrovnanější a rozdíly výrazně nižší. Počet najetých kilometrů a také délka praxe v řízení ukazují, že Proband II je zkušenější řidič než Proband I. Domnívám se, že je to také důvod, proč jsou jeho výsledky tak vyrovnané. Během let praxe v řízení vozidel řidič sbírá zkušenosti a časem se celý proces zautomatizuje, proto pro něj bylo jednodušší vykonávat tuto paralelní motorické úlohy a zvládl je i v kratším čase. Automatizaci procesu s nárůstem řidičských zkušeností potvrzuje ve své studii i Trnka (2006).

Další údaje, které se pojí s první hypotézou, se týkají četnosti pohledů na rádio během paralelní motorické úlohy. Podle Stafforda a Webba (2008) se zkušenost řidiče při jízdě vozidlem také promítne, a to v tom smyslu, že méně zkušení řidiči mají menší pole periferního vidění. Zkušenější řidiči vnímají periferním viděním v širším rozsahu. Zde však docházím oproti mým předpokladům k odlišným výsledkům. Domnívala jsem se, že počet pohledů na rádio během jeho ladění bude u zkušenějšího řidiče nižší. Právě kvůli schopnosti vnímat předměty širším periferním viděním by nemusel pohled od vozovky na rádio tolikrát odvracet. Z výsledků je patrné, že se můj předpoklad nepotvrdil. Nižší počet pohledů na rádio během úloh se u zkušenějšího řidiče, tedy u Probanda II, vyskytuje ve třech úlohách z pěti. Konkrétně se jedná o úlohu 1, 3, 5. V úloze 2 a 4 dosáhl nižšího počtu Proband I. Přestože u tří úloh se můj předpoklad potvrzuje, celkové a průměrné údaje jednoznačnost předpokladu vyvracejí. Celkový počet odvrácení pohledu od vozovky na rádio během úloh je u Probanda I 211 a u Probanda II 221, takže i průměrně dosáhl Proband I nižšího počtu pohledů na rádio, Proband I 42 a Proband II 44.

Zajímavý jev se vyskytl i ve výsledcích doby sledování rádia během jeho ladění. I zde jsem předpokládala opačný výsledek, že zkušenější řidič bude sledovat rádio během úlohy kratší čas. Z pěti úloh sledoval Proband II rádio jen ve dvou případech kratší dobu než Proband I. Z celkové doby jízdy sledoval Proband I během úloh rádio po dobu 2 min 26 s, kdežto Proband II o 5 s déle, čili 2 min 31 s. Průměrná doba sledování rádia se sice lišila jen o 1 s, ale opět byla vyšší u Probanda II (30s).

První hypotéza se tak potvrdila jen z poloviny. Zkušenější řidič vykonal paralelní motorické úlohy během jízdy v kratších časech než druhý méně zkušený řidič. Z hlediska četnosti pohledů na rádio během úloh se však tvrzení úplně nepotvrdila.

Co se týče rozdílů mezi Probandem I a II na simulátoru z hlediska jejich pohledů během jízdy, z obr. 21 a 22 viz kapitola 4.4 je vidět, že Proband I sledoval pouze scénu vpředu, rádio a tachometr. U Probanda II jsem zaznamenala i pohledy do zpětného zrcátka a také při sledování scény vpředu se jeho oči pohybovaly ve větším rozpětí než u Probanda I. U Probanda I jsou body zobrazující pohled jeho očí více nahuštěny v užším rozptylu.

Má druhá hypotéza se zakládá opět na předpokladu významnosti zkušeností řidiče v dopravě, což potvrzuje i Trnka (2006). Ten uvádí, že styl jízdy nezávisí pouze na kognitivních schopnostech jedince, ale zejména na zkušenostech a délce praxe v řízení motorových vozidel. Také kvůli již zmíněné automatizaci v procesu řízení se domnívám, že Proband II pojedje plynuleji a výkyvy v rychlostech jeho jízdy budou nižší než u řidiče s kratší praxí. Přehledné srovnání lze provést z obr. 25 a 26 viz. kapitola 4.8, na kterých jsou zobrazeny grafy rychlostí jízdy Probanda I a Probanda II na simulátoru. Za zmínku stojí první velké vychýlení rychlosti u Probanda I na začátku jízdy po rychlostní silnici, kdy dosáhl rychlosti až 149 km/h, a druhé vychýlení, kdy dosáhl rychlosti 111 km/h. Tento jev si lze možná vyložit tak, že na simulátoru je obtížnější odhadnout rychlost jízdy než ve skutečném vozidle. Absence vibrací a nedostatečná zvuková odezva neposkytují řidiči informace o skutečné situaci jako v reálu (Rampasová, 2007). Ovládání simulátoru je také citlivější než ovládání skutečného vozidla, což může být také důvodem vzniklých odchylek. Pominu-li však tato dvě větší vychýlení rychlosti u Probanda I, větší kolísání rychlosti je patrnější u Probanda II. Proband II například také v několika místech překročil povolenou rychlost a dostal se na rychlosti okolo 100 km/h i výše. Z měření tedy vyplývá, že ne vždy musí být délka praxe v řízení vozidel a počet ujetých kilometrů parametry přímo úměrné vyrovnané bezpečné jízdě.

Ve své třetí hypotéze jsem se domnívala, že testované osoby vykonají paralelní motorické úlohy na simulátoru v kratším čase než v reálu a četnost pohledů na rádio při nich

bude nižší. Domnívám se, že i když se testované osoby na simulátoru snaží jezdit stejným stylem jako v reálu, odlišnosti se objeví. Na simulátoru během jízdy podvědomě ví, že vozovku nemusí sledovat tak pozorně jako v reálu, dále také proto, že na simulátoru není provoz v takové míře jako v reálu. V reálu je provoz větší a pro jízdu je třeba více pozornosti, protože informací z okolí je více a jejich nedostatečné vnímání a vyhodnocení je v terénu z hlediska bezpečnosti závažnější. V reálných podmínkách měli jet opět oba probandi. Proband I se měření účastnil až do konce, ale u Probanda II došlo k předčasnému ukončení z technických důvodů během druhé úlohy. (Počítačové napájení z automobilu nebylo dostačující a došlo k vybití baterií u počítačů). Z časových důvodů se již měření nepodařilo zopakovat. Jízdu Proband II dokončil, ale jeho data se nezaznamenávala, takže pro porovnání simulátoru s reálem jsem použila pouze údaje o Probandovi I. Z výsledků je patrné, že během třetí úlohy Probanda I došlo ke špatnému odbočení. Musel se otáčet a najet zpět na správnou trasu. Rozhodla jsem se tedy tuto třetí úlohu se simulátorem neporovnávat, neboť data nepovažuji za validní. Při srovnání čtyř úloh Probanda I na simulátoru a v terénu jsem zjistila, že úlohu 1 a 2 vykonal Proband I v reálu v kratším čase, ale úlohu 3 a 4 mu naopak trvaly v terénu déle. Zajímavé je, že v terénu dosáhl Proband I mnohem menšího rozdílu mezi jednotlivými úlohami než na simulátoru. Rozdíl mezi nejdelší a nejkratší dobou úloh na simulátoru je 1 min 16 s, ale v terénu pouze 5 s. Dále je zajímavé, že v obou prostředích vykonal Proband I v nejdelším čase úlohu 1, která se odehrávala na rychlostní silnici R 10 a zároveň při nejvyšší rychlosti, přesto s ní měl Proband I na simulátoru větší nesnáze než v terénu. Z hlediska průměrných hodnot, na simulátoru trvala Probandovi I jedna úloha 1 min 42 s, ale v terénu méně, 1 min 35 s. Z celkové jízdy strávil Proband I také kratší dobu vykonáváním úlohy v terénu než na simulátoru. Na simulátoru vykonal úlohy za 6 min 48 s. V terénu se věnoval úlohám 6 min 21 s. Je patrné, že z celkových a průměrných hodnot se moje predikce, že v terénu vykoná úlohy v kratším čase, potvrzuje.

V další části třetí hypotézy se domnívám, že četnost pohledů na rádio během paralelní motorické úlohy bude v reálu nižší než na simulátoru. Z výsledků vyplývá, že v terénu Proband I sledoval rádio méněkrát ve dvou úlohách, v úloze 1 a 5, ale v úloze 2 a 4 byla četnost pohledů nižší na simulátoru. Mé domněnky úplně potvrzují až průměrné a celkové údaje. Průměrný počet pohledů na rádio v terénu během jedné úlohy byl 38 a na simulátoru 41. Za celou jízdu, tedy během čtyř úloh, se Proband I v terénu podíval na rádio 152 krát a na simulátoru 165 krát. Co se týče doby sledování rádia během úloh, průměrné a celkové hodnoty ukazují, že v terénu Proband I sledoval rádio během jedné úlohy 26 s a na simulátoru

28 s. V terénu z celé jízdy strávil sledováním rádia 1 min 45 s a na simulátoru více, 1 min 52 s. Pokud budu uvažovat průměrné a celkové údaje pro porovnání Probanda I na simulátoru a v reálu, moje hypotéza, že v reálu provede proband paralelní motorické úlohy v kratším čase než na simulátoru a že četnost pohledů na rádio během úloh bude nižší, se tedy potvrdila.

Další odlišností, kterou jsem zaznamenala mezi Probandem I na simulátoru a v terénu z hlediska oblastí pohledů je, že na simulátoru vůbec nepoužíval zpětné zrcátko (viz. obr. 21 kapitola 4.4), i když z terénu nemám k dispozici grafický záznam získaný z eye-trackeru, z videozáznamu je patrné, že v reálu zrcátka používal. V reálu byly situace na silnici jiné, zejména na rychlostní silnici, kde některá vozidla předjížděl, na silnicích I. a II. i v obcích byla např. stojící vozidla, která musel objíždět, nebo během celé jízdy sledoval provoz za sebou, takže v reálu pro tyto činnosti zrcátko používal. Na simulátoru si byl jistý, že za ním žádný automobil nepojede, takže Proband I na simulátoru pohled do zpětného zrcátka nepovažoval za potřebný.

V poslední stanovené hypotéze se domnívám, že průměrná rychlost jízdy bude v reálu nižší než na simulátoru. Anonymus 3 (2011) uvádí, že simulátor zajišťuje řidičům řízení v bezpečných podmínkách, bez stresu, s eliminovaným množstvím vnějších podnětů a vzniklé chyby řidiče nemají zdaleka tak závažné následky jako při reálném řízení. Dále tuto hypotézu zakládám na skutečnosti, že řidič během jízdy na simulátoru byl sám, kdežto při jízdě v reálu byl ve vozidle zodpovědný za další tři osoby. Pokud se tedy podíváme na výsledky rychlosti během jednotlivých úloh Probanda I, je patrné, že ve třech úlohách ze čtyř jel v terénu pomaleji než na simulátoru, a to při úloze 1, 2, a 3. Úlohu 4 vykonal Proband I ve vyšší rychlosti v terénu než na simulátoru. Na simulátoru jel nejvyšší rychlostí během úlohy 1, jak už jsem se zmínila výše, i v terénu tuto úlohu vykonal při nejvyšší rychlosti ze všech čtyř úloh. I když výsledky ukazují, že na simulátoru jel během této úlohy jen o 1 km/h rychleji než v terénu, domnívám, že tento rozdíl by byl mnohem větší, kdyby Proband I na simulátoru zvládl tuto úlohu dokončit ještě na rychlostní silnici. Protože se tak ale nestalo, při sjíždění z této silnice výrazně zpomalil a úlohu tak dokončoval v mnohem nižší rychlosti, což se podle mě právě ve výsledku ukázalo. Pokud opět zprůměruji rychlosti jízdy během všech čtyř úloh, docházím k výsledku, že na simulátoru plnil Proband I úlohy v rychlosti 71 km/h a v reálu 67 km/h. Během úloh jel tedy Proband I v terénu pomaleji než na simulátoru. O rychlosti jízdy v terénu a na simulátoru je dále vidět (tab. 10 kapitola 4.9), že v úsecích rychlostní silnice R10, silnice I. a II. třídy a obce, jel Proband I v terénu vždy pomaleji než na simulátoru. Dále je vidět, že i celková průměrná rychlost během jízdy včetně úloh je v terénu 72 km/h a na

simulátoru 80 km/h, takže opět jel Proband I v terénu pomaleji než na simulátoru. Zajímavé je také srovnání nejvyšší dosažené rychlosti během jízdy. Na simulátoru u Probanda I dosáhla rychlost až 149 km/h, v terénu je i tato rychlost nižší než na simulátoru a to 123 km/h. Z hlediska porovnání rychlosti na simulátoru a v terénu se potvrzuje moje hypotéza, že rychlost jízdy v reálu bude nižší než na simulátoru. Rychlejší jízdu na simulátoru než v terénu uvádí i Mao (2009).

Z grafů o rychlosti jízdy Probanda I (obr. 25 kapitola 4.8, obr. 27 kapitola 4.9) je nejzajímavější rozdíl v jízdě po rychlostní silnici R10, kdy na simulátoru, až na jedno větší vychýlení, je jízda poměrně plynulá, kdežto rychlost v terénu mnohem víc kolísala, což bylo zapříčiněno právě hustotou dopravního provozu a přizpůsobování rychlosti vzniklým situacím. Dále je z grafů vidět, že během jízdy na simulátoru se proband I nedostal ani jednou na nulovou rychlost. V případě jízdy v reálu ve 484. sekundě vidíme, že rychlosti 0 km/h dosáhl a to proto, že dával přednost vozidlu na křižovatce. Jedná se tedy o názornou ukázkou běžné situace z jízdy v reálných podmínkách. Další podobná situace se vyskytla v 1141. sekundě, zde jde právě o případ špatného odbočení a otáčení na silnici. Rychlost v tomto případě klesla na 7 km/h.

Co se týká samotné trasy, kterou jsme jeli, z grafického záznamu na obr. 28 je vidět, že trasa na simulátoru je totožná s trasou v reálu. Odlišnosti se vyskytují pouze v bodě 0. To bylo zapříčiněno tím, že začátek i konec jízdy se konal na připojovacím pruhu rychlostní silnici R10, takže v reálných podmínkách z bezpečnostních důvodů v tomto bodě nebylo možné vozidlo úplně zastavit. Bod 0 jsme tedy projížděli v nízké rychlosti. Na konci experimentu jsme znovu na rychlostní silnici R10 nenajížděli a měření jsme tak ukončili pod nájezdem, což je z grafu také vidět. Nicméně tyto dvě drobné odlišnosti jsem nepovažovala za zásadní, neboť se domnívám, že na celkové výsledky vliv neměly.

Situace v reálných podmínkách obnáší svá úskalí a není možné všechny podmínky a situace naplánovat jako na simulátoru. Otázka však je, které z těchto dvou prostředí je pro experiment výhodnější. Z hlediska bezpečnosti, možnosti opakování měření je experiment na simulátoru výhodnější, ale jelikož jsou na simulátoru eliminovány vnější podněty (Anonymus 3, 2011), nelze na simulátoru dosáhnout identických podmínek jako v reálu.

## 6. Závěr

V dnešní době s přibývajícím automobilovou dopravou stráví člověk v roli řidiče až hodiny jízdy. Automobily jsou vybavovány moderními zařízeními, která řidiči řízení vozidla usnadňují a zpříjemňují. Součástí téměř každého automobilu je i autorádio, které řidiči na cestách často poslouchají. Ladění rádia je činnost, která sice odpoutává řidičovu pozornost od dění na silnici, ale nebylo prokázáno, že by tato činnost byla příčinou dopravních nehod, jako například telefonování, a zakázáno tak není. V průběhu praxe se samotné řízení stává automatickým. Stejně tak jiné činnosti, např. právě ladění autorádia, které člověk často opakuje, se po nějakém čase zautomatizují.

Z experimentu se potvrzuje, že délka praxe se podílí na snadnějším vykonání paralelních motorických úloh během řízení v tom smyslu, že délka vykonání úloh na simulátoru byla vyrovnanější u zkušenějšího řidiče než u méně zkušeného řidiče. Přesto že se řidiči, který ujede ročně více kilometrů, podařilo uskutečnit úlohy v kratším čase, počet odvrácení pohledů od vozovky při úlohách nižší nebyl. Předpoklad o schopnosti zkušených řidičů vnímat okolí v širším zorném poli platí pro vnímání vnějších podnětů a souvisí se schopností je správně a včas vyhodnotit a předejít možným nehodám. Při vykonávání paralelní motorické úlohy se však tento předpoklad nepotvrdil. Délka praxe v řízení přináší kladné, ale i záporné stránky. Kladné stránky souvisejí s kratším časem vykonání paralelní motorické úlohy při jízdě, avšak negativní stránka se odráží na samotném stylu jízdy. U zkušenějšího řidiče jsem zaznamenala vyšší výkyvy v rychlostech jízdy. Je však těžké říct, zda tato odlišnost je skutečně způsobena délkou praxe. Méně zkušený řidič jede obvykle opatrněji, takže nepřekračuje rychlost a také často rychle nezpomaluje. Na druhou stranu víme, že na simulátoru se řidičům obtížně odhaduje rychlost, takže nelze přesně určit, který z těchto důvodů byl právě příčinou odlišných rychlostí pro mé probandy.

Experiment dále ukazuje, že z hlediska rozdílů jízdy na simulátoru a v reálných podmínkách se vyskytuje řada odlišností. Na simulátoru se řidič cítí bezpečněji, a proto s vykonáváním paralelní motorické úlohy nespěchá. Na simulátoru strávil s úlohami více času než v terénu, i četnost pohledů na rádio byla na simulátoru vyšší než ve skutečném vozidle. Řidič si na simulátoru dále uvědomuje skutečnost, že hustota provozu není taková jako v reálu a že nemůže svým jednáním nikoho ohrozit, a stejně tak on nemůže být ohrožen jinými účastníky provozu. Při jízdě v reálu řidič čelí různým situacím, které se při jízdě na simulátoru nevyskytují, neboť nejsou naprogramované. V reálných podmínkách tyto skutečnosti

neovlivníme a řidič je musí řešit. S hustotou provozu v reálných podmínkách souvisí i rozdíl v rychlostech, který je z měření patrný. Při jízdě na simulátoru se řidič nevyhýbá žádným překážkám na vozovce, ani nepředjíždí pomalejší vozidla, a je si vědom již zmíněného bezpečí. V reálných podmínkách rychlost přizpůsobuje daným podmínkám, nese zodpovědnost za následky způsobené jeho jednáním, a proto je rychlost jízdy v reálu nižší než na simulátoru.

V současné době u nás mnoho experimentů provedených ve skutečném prostředí neexistuje, často se upřednostňují měření v laboratorních podmínkách. Pokud však experiment nehrozí nebezpečím a neobnáší extrémní finanční náklady, myslím, že do budoucna by podobných experimentů mělo být více. Domnívám se totiž, že tato dvě různá prostředí jsou odlišná, nepodávají identické výsledky a proto je třeba výsledky z nich porovnávat a kombinovat.

## 7. Seznam literatury

ANONYMUS 1, 2011, *Psychologické aspekty v dopravním provozu*. [cit. 2011-08-20]  
<http://k622.fd.cvut.cz/lecture/un/prez/05.pdf>.

ANONYMUS 2, [cit. 2011-07-28]  
<http://www.xvrg.cz/phprs/storage/download/kozumplik/Diplomka.pdf>.

ANONYMUS 3, 2011, *Driving Simulator Benefits*. [cit. 2011-07-28].  
<http://www.driversafety.com.au/p-driving-simulator-benefits-25.aspx>.

ANONYMUS 4, 2011, [cit. 2011-06-07]. <http://www.videni.cz/zrak/videni/29-barevne>.

ANONYMUS 5, 2011, Oční centrum Pardubice., [ cit. 2011-02-27]. <http://klinika.ocni-centrum.eu/odborne-clanky/stavba-oka.html>.

ANONYMUS, 2010, OPTIKA-RICHTER, *Prostorové vidění.*, [ cit. 2011-02-27].  
<http://www.optika-richter.cz/mereni-zraku/prostorove-videni/>.

AKAMATSU, M., OKUWA, M., FUNAKAWA, M., KITAJIMA, M., ONUKI, M. *Whole-View Driving Simulator For Measuring Driving Behavior In Town Environment*, 2001, [cit. 2010-11-27] [http://idisk.mac.com/mkitajima-Public/english/papers-e/DSC2001\\_aka\\_paper.pdf](http://idisk.mac.com/mkitajima-Public/english/papers-e/DSC2001_aka_paper.pdf).

BLÁHA, T., *Oční kamera*, 2011, [cit. 2011-07-29]  
[http://www.eyetracker.cz/ocni\\_kamera.html](http://www.eyetracker.cz/ocni_kamera.html).

BOGUSZAKOVÁ, J., *Zrak a vidění, Vybrané kapitoly z fyziologie zraku*, 2010, [cit. 2011-08-07] [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=23169](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=23169).

BOUCHNER, P., 2011, ústní sdělení.

HAVLÍK, K., *Psychologie pro řidiče*, Praha, 2005.

HERINK, O., *Oční kamera*, 2005, *Oko si žije vlastním životem*, 2005. [cit. 2011-08-01],  
[www.stance.cz/tiskove\\_stredisko/files/35/Clanek\\_ocni\\_kamera.doc](http://www.stance.cz/tiskove_stredisko/files/35/Clanek_ocni_kamera.doc), [cit. 2011-08-10]  
<http://strategie.e15.cz/rozhovor/ondrej-herink-oko-si-zije-vlastnim-zivotem-413680>.

HLAVIČKA, M., *Co je eye-tracking*, 2001, [cit. 2011-07-29]  
<http://www.sovavsiti.cz/c01312.html>.



HUML, S. *Má být penalizováno handsfree telefonování za jízdy?* 2011[cit. 2011-07-28], <http://www.humlstanislav.cz/snemovna/komentare/ma-byt-penalizovano-handsfree-telefonovani-za-jizdy/>.

CHLOUPKOVÁ, T., *Fyziologické principy procesu vidění – tvorba a vnímání obrazu*, Brno 2007. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity v Brně. Vedoucí práce Eva Janoušková. [http://is.muni.cz/th/77811/prif\\_m/Diplomova\\_prace.txt](http://is.muni.cz/th/77811/prif_m/Diplomova_prace.txt)

JANČÁROVÁ, H., *Vyšetření zrakové ostrosti – vizu u dětí*. Pro sestry, s. 155. Brno, 2004. [cit. 2011-07-11]. <http://www.solen.cz/pdfs/ped/2004/03/11.pdf>

JIRČÍK, K., *Psychologické aspekty výuky a výcviku SOŠ, SOU a AŠ*, Brno 2011, Diplomová práce na Pedagogické fakultě Masarykovy univerzity v Brně. Vedoucí práce Josef Pecina. [http://is.muni.cz/th/200182/pedf\\_m/Dipl.\\_prace.doc.txt](http://is.muni.cz/th/200182/pedf_m/Dipl._prace.doc.txt)

KAŠPAR, J., *Marketingové využití oční kamery*, 2010, [cit. 2011-07-11]. <http://www.eyetracking.cz/sluzby.php>,

KLIMEŠ, J., *Využití Oční kamery ve výzkumu reklamních materiálů*, 2002, [cit. 2011-06-01]. <http://klimes.mysteria.cz/clanky/psychologie/okkody/>.

KRATOCHVÍLOVÁ, I., *Anatomie lidského oka*, Olomouc 2008, [cit. 2010-03-01]. [http://atraktivnibiologie.upol.cz/?stranka=studentske\\_ppt](http://atraktivnibiologie.upol.cz/?stranka=studentske_ppt).

LAND, M. F., LEE, D.N., *Where we look when we steer*, *Nature* 369, 742 – 744, 1994, [cit. 2010-11-28]. <http://www.nature.com/nature/journal/v369/n6483/abs/369742a0.html>.

MAO, Z., YAN, X., ZHANG, H., WU, Ch., *Driving Simulator Validation for Drivers' Speed Behavior*, 2009, [cit. 2011-07-28]. <http://cedb.asce.org/cgi/WWWdisplay.cgi?174971>.

MLČOCH, Z., *Bezpečná jízda vozidlem a co pro ni můžeme udělat my jako řidiči?*, 2009. [cit. 2009-10-03]. [http://www.zbynekmlcoch.cz/info/auto-moto/bezpecna\\_jizda\\_vozidlem\\_a\\_co\\_pro\\_ni\\_muzeme\\_udelat\\_my\\_jako\\_ridici\\_.html](http://www.zbynekmlcoch.cz/info/auto-moto/bezpecna_jizda_vozidlem_a_co_pro_ni_muzeme_udelat_my_jako_ridici_.html) .

MRÁZIKOVÁ, E., *Citlivost na kontrast*, Brno, 2009, Bakalářská práce na Lékařské fakultě Masarykovy univerzity v Brně. Vedoucí diplomové práce Sylvie Petrová. [ cit. 2011-02-27], [is.muni.cz/th/214904/lf\\_b/BAKALARKA..doc](http://is.muni.cz/th/214904/lf_b/BAKALARKA..doc)

NOVÁK, M., PŘENOSIL, V., SVÍTEK, M., VOTRUBA, Z. *Problémy spolehlivosti, životnosti a bezpečnosti systémů*. Praha 2005.

PERNICA, L. *3D autoškola*, Brno, 2009. Diplomová práce na Fakultě informačních technologií Vysokém Učení Technickém v Brně. Vedoucí diplomové práce Petr Chudý. [ cit. 2011-07-27]. <http://www.fit.vutbr.cz/study/DP/rpfile.php?id=7094>.

PIEKŇÍK, R., 2011, ústní sdělení.

PIVEC, M., TRUMMER, CH., PRIPFL, J., *Eye-Tracking Adaptable e-Learning and Content Authoring Support*, *Informatica 30*, 83–86, 2006, [cit. 2011-08-01].

[http://www.informatica.si/pdf/30-1/07\\_pivec-eye-tracking%20adaptable%20e-learning%20and...pdf](http://www.informatica.si/pdf/30-1/07_pivec-eye-tracking%20adaptable%20e-learning%20and...pdf).

PROKŠOVÁ, J., *Optické klamy a teorie barevného vidění*, 2001, [cit. 2011-08-07] [www.kof.zcu.cz/st/sm/fpv/doplnek\\_syl1.doc](http://www.kof.zcu.cz/st/sm/fpv/doplnek_syl1.doc)

PŘIBYL, P., VYSOKÝ P., NOVÁK, M., *Analýza jízdy řidiče v tunelu a na volné komunikaci*, 15. roč., č.3/2006, [cit. 2001-07-28]. <http://www.ita-aites.cz/files/tunel/2006/3/tunel-0603-9.pdf>.

RAMPASOVÁ, M., *Zátěžová monotonie, pohybová deprivace a jejich důsledky u těhotných a netěhotných řidiček*. Praha, 2007. Diplomová práce na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy. Vedoucí diplomové práce Karel Jelen.

RŮŽIČKOVÁ, E., *Praktická výuka*, Oční klinika 1.LF UK v Praze, 2011. [cit. 2011-08-20]. <http://www.google.cz/search?hl=cs&source=hp&q=landoltovo+p%C3%ADsmeno&btnG=Hledat+Googlem&aq=f&aqi=&aql=&oq=>.

*Simulation sickness*, [cit. 2011-08-07] [http://en.wikipedia.org/wiki/Simulation\\_sickness](http://en.wikipedia.org/wiki/Simulation_sickness).

STAFFORD, T., WEBB, M., *Mind hacks - Experienced drivers perceive the road differently*, 2008, [cit. 2011-08-15]. <http://mindhacks.com/2008/08/22/experienced-drivers-perceive-the-road-differently/>

SÝKORA, O., 2011, ústní sdělení.

SYNEK, S., SKORKOVSKÁ, Š., *Fyziologie oka a vidění*, Grada 2004

THANH, N.,P., ŠMŮLA, P., *Optické klamy*, Praha 2005/2006, [cit. 2011-08-10]. [www.gvp.cz/fyzika/download/optklm.doc](http://www.gvp.cz/fyzika/download/optklm.doc)

TRNKA, L., *Neverbální komunikace mezi řidiči -- rozdíl mezi začátečníky a zkušenými řidiči*, Brno 2006, Diplomová práce na Fakultě sociálních studií Masarykovy univerzity v Brně. Vedoucí práce Stanislav Ježek. [cit. 2011-08-15]. [http://is.muni.cz/th/82561/fss\\_b/bcPSY.txt](http://is.muni.cz/th/82561/fss_b/bcPSY.txt).

<http://www.google.cz/search?q=eye+tracking+head+iview&um=1&hl=cs&biw=1259&bih=576&tbm=isch&ei=IHsyTpHUDMKXOsLWjfML&sa=N&start=0&ndsp=20>, [cit. 2011-07-10].

<http://www.flickr.com/photos/smieyetracking/page3/>, [cit. 2011-07-02].