

Univerzita Palackého v Olomouci

Filozofická fakulta

Katedra psychologie

**Vliv denní doby na reakční čas řidičů
v podmínkách reálného silničního provozu**

**The Influence of Day and Night on Drivers' Reaction
Time in Real Road Traffic Conditions**



Magisterská diplomová práce

Autor:

Bc. Lucie Formánková

Vedoucí práce:

prof. PhDr. Matůš Šucha, Ph.D.

Olomouc

2025

Místopřísežně prohlašuji, že jsem magisterskou diplomovou práci na téma: „Vliv denní doby na reakční čas řidičů v podmínkách reálného silničního provozu“ vypracovala samostatně, pod odborným dohledem vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V dne

Podpis

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucímu této diplomové práce, panu profesoru Matúšovi Šuchovi, díky němuž jsme mohli celý experiment zrealizovat. Děkuji za jeho odborné vedení, cenné rady a podporu v průběhu celého výzkumu.

Velké díky patří také mým kolegům, Mgr. Jakubu Štefcovi a Bc. Adéle Konečné MSc, kteří odvedli mnoho práce při plánování a realizaci experimentu a zároveň byli mojí oporou v celém procesu. Bez jejich spolupráce, energie a nasazení by tato studie nemohla vzniknout v této podobě.

Zároveň chci vyjádřit poděkování svým rodičům za jejich dlouhodobou podporu a důvěru. Děkuji jim za to, že mi umožnili věnovat se vysokoškolskému studiu, za zázemí, které mi poskytovali, i za povzbuzení v období psaní této diplomové práce.

Také bych ráda poděkovala Petřovi, který mě provází velkou částí života a významně přispěl k tomu, jaká jsem dnes. Děkuji mu za přátelství, podporu v náročných obdobích a nyní především za cenné metodické rady při tvorbě a analýze této studie.

Svoji upřímnou vděčnost chci vyjádřit Honzovi za lásku a dlouhodobou podporu během studia, za povzbuzení, trpělivost a pomoc při zvládnání každodenních povinností i velkých životních událostí. Děkuji mu také za to, že mi při psaní této diplomové práce věnoval svůj čas, trpělivě četl text a diskutoval se mnou případné nedostatky.

Srdečné poděkování patří také Ananké za podporu v závěrečné fázi studia, za lásku, novou energii do života a za to, že mi zpříjemnila mnoho náročných chvil spojených s dokončováním této práce. Děkuji jí také za pomoc s technickou úpravou a přehledností textu a za inspirativní podněty z oblasti gender studies, které mě vedly k hlubšímu zamyšlení nad jazykovou stránkou akademických prací.

Nakonec patří mé velké díky všem, kteří se experimentu zúčastnili a obětovali svůj cenný čas, někteří dokonce i svůj spánek. Vaše ochota a trpělivost byly pro vznik této práce nepostradatelné.

Obsah

Úvod	6
TEORETICKÁ ČÁST	9
1 Dopravní psychologie a psychologické faktory v dopravě	10
1.1 Kognitivní procesy při řízení	10
1.2 Pozornost při řízení	11
1.3 Vizuální vnímání a vliv prostředí při řízení	13
1.4 Vliv stresu na řízení	13
1.5 Individuální rozdíly v řízení	14
2 Reakční čas	16
2.1 Definice reakčního času	16
2.1.1 Terminologické rozlišení	16
2.1.2 Typy reakčního času	17
2.1.3 Fáze reakčního času	18
2.2 Modely reakčního času	19
2.3 Výzkumné přístupy ke zkoumání reakčního času řidičů	20
2.3.1 Simulované laboratorní prostředí	20
2.3.2 Kontrolované reálné prostředí	21
2.3.3 Skutečný silniční provoz	22
2.4 Využití eye-trackingu v dopravní psychologii	23
3 Distraktory	25
3.1 Kognitivní rozptýlení	25
3.2 Vizuální rozptýlení	26
3.3 Auditivní rozptýlení	27
3.4 Relevantní výzkumy reakčního času při kognitivní interferenci	29
4 Vliv denní doby na reakční čas	31
4.1 Únava	31
4.2 Světelné podmínky	32
4.3 Aplikace Yerkes–Dodsonova zákona na reakční čas	33
EMPIRICKÁ ČÁST	35
5 Výzkumný problém, cíle a hypotézy	36
5.1 Výzkumný problém	37
5.1.1 Cíle práce a hypotézy	37
6 Metodologický rámec výzkumu	40
6.1 Popis základního souboru a výběr účastníků	40
6.2 Výzkumný soubor	40
6.3 Příprava experimentu	41

6.3.1 Vybavení	42
6.3.2 Trasa experimentu	43
6.3.3 Intervenční situace a její provedení	45
6.3.4 Distrakce	47
6.3.5 Pilotní testování	48
6.4 Realizace experimentu	49
6.4.1 Administrativní zajištění	49
6.4.2 Úvodní fáze a pokyny pro řidiče	50
6.4.3 Průběh experimentální jízdy	51
6.5 Etika výzkumu	52
7 Sběr a zpracování dat	54
7.1 Průběh sběru dat	54
7.2 Synchronizace a výpočet reakčního času	55
8 Práce s daty a její výsledky	58
8.2 Deskriptivní statistika	60
8.3 Inferenční analýza a její výsledky	61
9 Diskuze	70
10 Závěr	75
11 Souhrn	76
Seznam použité literatury	79
Přílohy	97

Úvod

Podle WHO (2023) ročně na světových silnicích umírá asi 1,19 milionu lidí. Poranění v silniční dopravě jsou hlavní příčinou úmrtí u osob ve věku 5–29 let a více než polovina obětí jsou zranitelní účastníci provozu (pěší, cyklisté, motocyklisté) (World Health Organization, 2023)¹. V českém kontextu rok 2024 přinesl historická minima v závažných následcích nehod: 438 usmrcených a 1 609 těžce zraněných (BESIP, 2025). Přesto zůstala ambice Strategie BESIP nenaplněna, protože pro rok 2024 předpokládala maximálně 408 usmrcených; cíl se tedy nepodařilo splnit (BESIP, 2025). V souladu se zaměřením této práce stojí za pozornost, že u chodců byla nejčastější příčinou fatálních následků „nevěnování se řízení“, přičemž ministerstvo dopravy současně upozorňuje na rozptýlení telefonem a od 1. 1. 2024 platí přísnější sankce za držení telefonu v ruce (Centrum dopravního výzkumu, 2024).

V kontextu předcházení nehodám patří k ústředním determinantám bezpečnosti reakční čas řidiče, tj. časový interval mezi vznikem relevantního podnětu a zahájením adekvátní obranné reakce, např. brzdění či úhybný manévr (American Psychological Association [APA], 2018; Shinar, 2017). I relativně malé změny reakčního času řidičů mohou mít v reálném provozu podstatný dopad na délku brzdné dráhy, časové rezervy a výslednou závažnost následků.

Empirické poznatky minulých výzkumů ukazují, že reakční čas není stabilní veličina, ale citlivě se mění v závislosti na denní době, únavě, kognitivní zátěži a dalších aspektech. Noční řízení je typicky provázáno sníženou viditelností, častější ospalostí a oslněním protijedoucími světly. Současně také na člověka působí cirkadiánní a homeostatické mechanismy, které snižují bdělost a narušují pozornost (Åkerstedt & Wright, 2009; Horne & Reyner, 1995; Dinges, 1995; Van Dongen et al., 2003). Dalším významným, a zároveň běžným, faktorem je hands-free telefonní konverzace, která i bez manuální manipulace s telefonem vyvolává kognitivní distrakci, zužuje pozornost a prodlužuje reakční čas (Strayer & Fisher, 2016).

¹ Ve své diplomové práci používám nepřechylované tvary výrazů jako řidič, účastník provozu, chodec, cyklista apod. jako souhrnné označení pro oba rody (tedy i řidička, účastnice provozu, chodkyně, cyklistka).

Přestože je tato tematika rozsáhle studována v laboratorních podmínkách a jízdních simulátorech, výzkum reakčního času v reálném silničním prostředí zůstává omezený. Reálný silniční provoz však nabízí klíčový aspekt z hlediska ekologické validity. Interakce světelných podmínek, dopravního kontextu a přirozené kognitivní zátěže se může v provozu od laboratorních konfigurací významně lišit (srov. Bhagavathula et al., 2021). Tato práce usiluje o doplnění této mezery analýzou reakčního času při skutečné jízdě, a to s ohledem na denní vs. noční podmínky a přítomnost vs. nepřítomnost telefonického hovoru v podobě hands-free.

Cílem práce je prostřednictvím experimentu v reálném provozu kvantifikovat, jak denní doba a hands-free telefonní hovor ovlivňují reakční čas řidičů při náhlém výskytu chodce. Tato diplomová práce konkrétně měří reakční časy během čtyř scénářů: (a) denní jízda bez hovoru, (b) denní jízda s hovorem, (c) noční jízda bez hovoru a (d) noční jízda s hovorem. V návaznosti na literaturu porovnává rozdíly mezi těmito podmínkami a diskutuje jejich praktické implikace pro bezpečnost provozu, dopravní psychologii a forenzní analýzu.

Metodologicky staví na designu s opakovanými měřeními: každý účastník absolvoval všechny čtyři kombinace podmínek. Pořadí denní a noční jízdy bylo vyváжено (polovina účastníků začínala ve dne, polovina v noci). Přítomnost hovoru byla mezi účastníky v každé jízdě rovnoměrně střídaná, aby se minimalizovaly pořadové efekty. Reakční čas byl operacionalizován jako interval mezi vstupem figurantky do zorného pole řidiče a první zaznamatelnou motorickou odpovědí, která byla zaznamenána jako změna rychlosti nebo změna směru jízdy auta senzorem Shimmer 3 IMU, který se nacházel ve vozidle. Analyticky využívá lineární smíšené modely, které umožňují oddělit hlavní a interakční efekty a současně zohlednit vnitrosbjektovou korelaci (náhodné intercepty účastníků).

Přínosem práce je důraz na ekologickou validitu díky měření v reálném provozu, explicitní test interakce denní doby a kognitivní distrakce na reakční čas a využití modelování s náhodnými efekty pro přesnější odhad mezisubjektových rozdílů. Výsledky rozšíří poznání faktorů, které reakční čas v běžné dopravě zpomalují, a podpoří formulaci cílených doporučení pro prevenci rizikových situací v podmínkách snížené bdělosti a/nebo zvýšené kognitivní zátěže.

V rámci přípravy práce byl využit nástroj ChatGPT (OpenAI) k orientačnímu vyhledávání odborných článků, shrnování literatury a k návrhu dílčích částí kódu v prostředí R. Veškeré výstupy byly následně ověřeny, upraveny a metodologicky zpracovány autorkou práce.

TEORETICKÁ ČÁST

1 Dopravní psychologie a psychologické faktory v dopravě

Dopravní psychologie se zabývá člověkem v systému člověk–vozidlo–prostředí a má klíčovou roli v zajišťování bezpečnosti silničního provozu. Mezinárodní i národní statistiky dlouhodobě ukazují, že rozhodující podíl na vzniku dopravních nehod má lidský faktor, ať už jako primární příčina, nebo v interakci s technickými a environmentálními okolnostmi (BESIP, 2025; World Health Organization, 2023). Ani technicky špičkové vozidlo a kvalitně navržená infrastruktura samy o sobě bezpečí nezaručí; v rozhodujícím okamžiku je to vždy řidič, kdo v dané situaci vnímá, rozhoduje se a jedná (Šucha et al., 2013).

Z tohoto důvodu přistupuje dopravní psychologie k bezpečnosti systémově. Zahrnuje výběr a výcvik řidičů, jejich další vzdělávání, intervenci a rehabilitaci po odebrání řidičského oprávnění, ale také optimalizaci pracovního režimu, zejména u profesionálních řidičů. Nedílnou součástí je posuzování psychické způsobilosti k řízení a volba adekvátních diagnostických metod, například při práci s rizikovými řidiči (Khan, 2012; Šucha et al., 2013). Dopravní psychologie se rovněž zabývá dopady nových technologií ve vozidle (asistenční systémy, informační a komunikační technologie) a charakteristikami dopravního prostředí, od vizuální reklamy až po konstrukci a uspořádání komunikací (Vilchez et al., 2024).

1.1 Kognitivní procesy při řízení

Řízení je komplexní kognitivní úloha zahrnující percepci, pozornost, pracovní paměť, exekutivní funkce a motorické plánování. Aby bylo možné bezpečně řídit, musí řidič tyto funkce efektivně koordinovat (Pergantis et al., 2024). Automatizace některých činností umožňuje vykonávat složité úkoly, například řízení vozidla, bez nadměrného kognitivního zatížení. Po nácvičku probíhají automatizované procesy bez vědomé kontroly a s minimálními nároky na kapacitu, zatímco kontrolované procesy vyžadují vědomou pozornost a jsou omezeny kapacitou krátkodobé paměti (Charlton & Starkey, 2011; Schneider & Shiffrin, 1977). Stabilita automatizace přitom platí zejména při konzistentním mapování (stejně podněty vyžadují stále stejné reakce a nefungují jako distraktory), pokud se však role podnětů podle kontextu mění (variabilní mapování), zpracování se vrací k řízené kontrole (Schneider & Shiffrin, 1977).

V kontextu řízení to znamená, že při jízdě po dálnici s nízkou dopravní intenzitou řidič častěji spoléhá na automatizované reakce, což uvolňuje kapacitu pozornosti pro jiné činnosti, ale zároveň může zvýšit riziko přehlédnutí kritických podnětů (Tarkowski et al., 2022; viz též Charlton & Starkey, 2011). Naopak proměnlivé či komplexní podmínky, například hustý městský provoz, neznámá trasa/prostředí, zhoršená viditelnost (tma, déšť, mlha) nebo dočasné změny organizace dopravy, kladou vyšší nároky na řízené (kontrolované) zpracování a situační uvědomění. V takových situacích roste mentální zátěž a klesá detekce periferních podnětů (Wood, 2020; Öztürk, et al., 2023).

Míra automatizace a vnímaná mentální zátěž se navíc liší podle řidičské zkušenosti: začínající řidiči v komplexnějších scénách vykazují vyšší kognitivní nároky než zkušení a více spoléhají na kontrolované zpracování (Paxion et al., 2014).

Šucha et al. (2013) řadí mezi posuzované kognitivní funkce i paměť. Pro bezpečné vedení vozidla je klíčová především pracovní paměť, která je potřebná pro krátkodobé udržení a aktualizace informací relevantních pro situaci (poloha ostatních vozidel, pravidla situace, plánovaný manévr).

1.2 Pozornost při řízení

Pozornost představuje mechanismus alokace omezených kognitivních zdrojů mezi současně probíhající úkoly (Kahneman, 1973). V řízení vozidla plní pozornost roli selektivního filtru i „pohonné jednotky“ mentálního úsilí, umožňuje vybrat relevantní podněty, udržet bdělost v čase a přesměrovat mentální kapacitu tam, kde je v daném okamžiku nejpotřebnější (Kahneman, 1973; Wickens, 2008). Z hlediska funkce se obvykle rozlišuje selektivní pozornost (výběr klíčových podnětů a potlačení rušivých informací), rozdělená pozornost (současné zvládnání více činností, tzv. multitasking) a udržovaná pozornost (dlouhodobé sledování prostředí a připravenost reagovat). Všechny tři složky jsou pro bezpečné řízení nezbytné, protože podporují situační povědomí, zahrnující vnímání, porozumění a predikci vývoje dopravní situace (Endsley, 1995).

Kahnemanův model omezené kapacity tak poskytuje potenciální vysvětlení, proč multitasking v řízení nevyhnutelně vede ke zhoršení ve výkonu: pokud dvě činnosti čerpají z téhož zdroje, jejich souběh zvyšuje latence a chybovost (Kahneman, 1973). Tento princip je

v dopravní psychologii dále rozpracován ve více-zdrojové teorii (Multiple Resource Theory), která ukazuje, že interferenci vyvolává zejména soutěž o stejnou modalitu, kód či fázi zpracování (např. současné vizuálně-manuální úkoly) (Wickens, 2008). Empiricky je tento mechanismus dobře doložen v laboratorních i simulačních studiích, kterými se budeme zabývat dále v textu (Caird et al., 2008; Horrey & Wickens, 2006; Strayer & Johnston, 2001).

Další klíčovou oporu nabízí Kahnemanovo rozlišení rychlého a pomalého myšlení: Systém 1 (rychlý, automatický) umožňuje plynulé provádění zautomatizovaných prvků jízdy, zatímco Systém 2 (pomalý, kontrolovaný) je nutný při nových, komplexních nebo proměnlivých situacích, kdy je třeba vědomé uvažování a flexibilní rozhodování (Kahneman, 2011). V provozu se proto výkon odvíjí od toho, nakolik lze spoléhat na automatizované rutiny a nakolik je potřeba řízení vědomé pozornosti. Jak ukazují klasické práce o automatizaci a kontrole, přechod do náročných či neznámých podmínek (variabilní mapování) opět zvyšuje nároky na řízené procesy a potřebu pozornosti (Schneider & Shiffrin, 1977).

Specifickou výzvou pro udržovanou pozornost je monotonie prostředí. Při dlouhé, podnětově chudé jízdě se projevuje tzv. vigilance decrement, tedy postupný pokles bdělosti a detekčního výkonu v čase (Mackworth, 1948; Warm et al., 2008). V kontextu řízení to znamená, že se zpomaluje zachycení vzácných, ale kritických událostí a roste rozptyl reakčních časů. Simulační studie z dopravní psychologie ukazují, že monotónní scéna (např. dlouhé úseky dálnice) snižuje aktivaci a vede k pomalejším reakcím i více chybám, nezávisle na tom, zda se subjekt cítí bdělý (Thiffault & Bergeron, 2003). V praxi se navíc přidává únava, která dále oslabuje pozornost a zvyšuje latence reakcí (Warm et al., 2008). Tyto jevy jsou v souladu s Kahnemanovým pojetím mentálního úsilí: když zdroj pozornosti slábně (nízký arousal, únava), klesá dostupný „výkonový rozpočet“ pro sledování prostředí a včasné rozhodování (Kahneman, 1973).

1.3 Vizuální vnímání a vliv prostředí při řízení

Bezpečné řízení závisí na schopnosti rychle a přesně rozpoznávat a interpretovat vizuální podněty v dopravním prostředí. Kvalita tohoto zpracování se přímo promítá do délky reakčního času. Detekce chodců je typickým případem, kde se projevív všechny fáze vizuálního

zpracování. Řidič musí nejen zaznamenat přítomnost chodce, ale také adekvátně odhadnout jeho záměr vstoupit do vozovky. Zpoždění v těchto procesech vede bezprostředně k prodloužení reakčního času a vyššímu riziku kolize (Bourquin et al., 2014; Lehsing et al., 2019; Räsänen & Summala, 1998). Schopnost včasné identifikace a anticipace rizik (hazard perception) představuje jádro situační pozornosti řidiče. Zkušenější řidiči díky širšímu funkčnímu zornému poli, efektivnějším strategiím skenování a lepší extrakci periferních vodítek rychleji rozpoznávají hrozby v dopravě a přesněji předpovídají jejich vývoj (Crundall et al., 1999; Horswill & McKenna, 2004; Konstantopoulos et al., 2010).

Environmentální podmínky pak ovlivňují reakční čas jednak přímým omezením vizuální informace (snížená viditelnost při mlze, dešti či oparu), a jednak zvýšením kognitivních nároků v důsledku složité scény. Omezená viditelnost prodlužuje dobu nutnou k detekci a odhadu vzdálenosti, čímž může dojít ke zvýšení reakčního času (Abdel-Aty et al., 2011; Gao et al., 2019), a nepříznivé povětrnostní podmínky či zvýšená vizuální složitost na silnici dále zvyšují pravděpodobnost opožděné reakce a z toho plynoucí potenciální nehody (Saha et al., 2016; Weng et al., 2013). Intervence zaměřené na zvýšení viditelnosti chodců a zjednodušení vizuální informace (například předběžné značení, zvýrazněné přechody nebo blikající indikátory) prokazatelně zkracují dobu detekce a mohou přispět ke snížení reakčního času v rizikových situacích (Lantieri et al., 2020; Muley et al., 2019).

1.4 Vliv stresu na řízení

Stres ovlivňuje výkon řidiče prostřednictvím fyziologických a kognitivních mechanismů, které mají přímý dopad na reakční čas. Zvýšený stres se může projevat fyziologicky (např. zvýšená srdeční frekvence) a kognitivně (zúžení pozornosti, zhoršení exekutivního řízení), což vede k pomalejší a méně adaptivní reakci na nečekané podněty v dopravním prostředí (Antoun et al., 2017; Sun & Dong, 2022). Experimentální práce a simulace ukazují, že vystavení akutnímu stresu vede ke zvýšení četnosti nevhodných či opožděných reakcí v kritických situacích a k vyššímu riziku kolize (Lee & Winston, 2016; Li et al., 2020).

Současně je třeba zdůraznit, že účinek stresu není jednotný, individuální rozdíly (zkušenost, odolnost, momentální psychický stav) modifikují, jak silně se stres projeví v chování řidiče. Öz et al. (2010) poukazují na to, že profesionální řidiči mohou v některých situacích stres lépe kompenzovat, avšak u části jedinců vede zvýšený stres k riskantnějším rozhodnutím a zhoršené kontrole.

Z praktického hlediska je důležité uvažovat o interakci stresu s jinými faktory zkoumanými v této práci. Například v podmínkách snížené viditelnosti nebo při současném kognitivním rozptýlení (hands-free hovory) může stres dále vyčerpat kognitivní zdroje a znásobit efekt zpomalení reakce. Proto v empirické části práce sledují kombinovaný vliv denní doby a distrakcí na reakční čas, přičemž stres je považován za potenciální moderátor těchto vztahů.

1.5 Individuální rozdíly v řízení

V souladu se systémovým rámcem Šuchy et al. (2013) se bezpečnost na silnici neodvíjí pouze od podmínek prostředí či techniky, ale i od trvalejších charakteristik řidiče. Interindividuální variabilita se projevuje v rychlosti percepčně-motorického zpracování, ve schopnosti anticipovat hrozby i v dlouhodobě stabilních osobnostních tendencích, které ovlivňují styl jízdy. Tyto rozdíly zároveň vysvětlují, proč stejné situační zatížení (např. jízda v noci nebo během telefonického hovoru) nevede u všech řidičů ke stejnému zpomalení reakcí.

Z hlediska osobnosti se opakovaně ukazuje, že vyšší svědomitost a přívětivost souvisejí s bezpečnějším chováním na silnici, zatímco neuroticismus a vyhledávání vzrušení (sensation seeking) bývají spojeny s porušováním pravidel a rizikovými manévry (Clarke & Robertson, 2005; Faílde-Garrido et al., 2023; Jonah, 1997). Důležitou roli hraje také emoční reaktivita za volantem. Lidé s vyšší tendencí k hněvivým reakcím a s nižší přívětivostí častěji volí agresivní styl jízdy a dopouštějí se více přestupků. Vliv osobnosti se může přenášet přes postoje k bezpečnosti a navyklym strategiím řízení (Dahlen et al., 2012; Dahlen et al., 2005; Deffenbacher et al., 1994; Ulleberg & Rundmo, 2003). Tyto rysy samy

o sobě nevytvářejí jednoznačné nebezpečí na silnici, ale v kombinaci s vysokými nároky na pozornost a rozhodování zvyšují pravděpodobnost neadekvátní reakce.

Aktuální zjištění navíc ukazují, že právě řídičský hněv představuje klíčový psychosociální mechanismus, jímž se osobnostní dispozice promítají do rizikového řízení a dopravních deliktů (Faílde-Garrido et al., 2023).

K interindividuální variabilitě významně přispívají i rozdíly v základní rychlosti zpracování a ve věku. U dospělé populace se stabilně projevují individuální rozdíly v jednoduchém i výběrovém reakčním čase a s přibývajícím věkem se interindividuální rozptyl i průměrná latence zvyšují (Der & Deary, 2006). Z praktického hlediska to znamená, že stejné vizuálně-kognitivní zatížení (např. v noci) bude u některých řidičů vyžadovat delší čas na detekci a volbu reakce.

K variabilitě dále přispívají rozdíly mezi pohlavími, které se projevují jak v základním výkonu, tak v přijímaných strategiích řízení. Ačkoliv muži často vykazují mírně kratší reakční časy v laboratorních podmínkách, rozdíly v bezpečnosti primárně plynou z rozdílných postojů k riziku. Systematický přehled Harb & Jovanis (2018) ukazuje, že řidiči mají tendenci páchat více dopravních přestupků (violations), jako je překračování rychlosti a agresivita (což souvisí i s vyšším sensation seeking), zatímco řidičky se dopouštějí více chyb (errors) pramenících z problémů s pozorností a úsudkem. Tyto behaviorální rozdíly v konečném důsledku ovlivňují typ a frekvenci nehod, do kterých jsou zapojeni.

Ani z hlediska bdělosti neplatí, že spánková deprivace ovlivňuje všechny jedince stejným způsobem. Reakce na nedostatek spánku a noční bdění se mezi jednotlivci výrazně liší, přičemž tyto rozdíly bývají poměrně stabilní a označují se jako tzv. trait-like vulnerability. U některých osob dochází již při mírné spánkové deprivaci k výraznému zpomalení psychomotorického tempa a zvýšené variabilitě výkonu, zatímco jiní jedinci zůstávají relativně odolní vůči negativním dopadům nedostatku spánku (Van Dongen et al., 2003; Van Dongen & Belenky, 2009).

2 Reakční čas

Řidiči se během jízdy setkávají s celou řadou neočekávaných situací, které vyžadují jejich okamžitou reakci, ať už jde o náhlé zabrzdění předchozího vozidla, vstup chodců na vozovku mimo přechody, nebo nečekané objevení se zvěře na silnici. V těchto kritických momentech rozhoduje o bezpečnosti řidiče a ostatních účastníků silničního provozu rychlost jeho reakce (Green, 2000; Šucha et al., 2013). Schopnost rychle a adekvátně reagovat zahrnuje komplexní interakci kognitivních, percepčních a motorických procesů (Green, 2000; Ratcliff et al., 2016).

Tato kapitola poskytuje systematický přehled současných poznatků o reakčním času v kontextu řízení motorových vozidel, jeho definici, teoretické modely a různé pohledy na rozdělení fází reakčního času.

2.1 Definice reakčního času

Reakční čas (*reaction time*, RT) je definován jako časový interval mezi objektivním vznikem podnětu vyžadujícím reakci a zahájením motorické odpovědi na tento podnět (Ratcliff & McKoon, 2008). V kontextu řízení motorových vozidel je reakční čas specificky chápán jako doba od vzniku objektivního nebezpečí do okamžiku zahájení úhybného manévru, například stlačení brzdy nebo stržení volantů (Green, 2000).

2.1.1 Terminologické rozlišení

V odborné literatuře se setkáváme s několika souvisejícími termíny:

Reakční čas (*reaction time*) označuje interval od prezentace/objektivně definovaného počátku podnětu do zahájení reakce, zahrnující percepční, kognitivní a iniciačně-motorické procesy (např. Deary et al., 2011; Whelan, 2008).

Reakční doba (*response time*) bývá v psychologii často používána zaměnitelně s *reaction time*, jak uvádí i APA Dictionary of Psychology (American Psychological Association, 2018).

Percepčně-reakční čas (*perception-reaction time*, PRT) zdůrazňuje komplexnost procesu zahrnujícího percepční zpracování, kognitivní vyhodnocení a motorickou realizaci reakce. Francis et al. (2020) upozorňují, že v praxi, zejména ve forenzní oblasti, byl PRT často nesprávně aplikován jako pevná hodnota, ačkoli se ve skutečnosti významně liší v závislosti na řidiči, kontextu i charakteru podnětu.

Reakční doba brzdění (*brake reaction time*, BRT) představuje specifický typ reakčního času měřený od vzniku brzdného podnětu do aplikace tlaku na brzdový pedál (Šucha et al., 2013).

Čas úplného zastavení (*total stopping time*) zahrnuje reakční dobu brzdění plus skutečnou dobu brzdění do úplného zastavení vozidla, což je ovlivněno technickými parametry vozidla, rychlostí jízdy a stavem vozovky (Drozdziel et al., 2020).

V české dopravně-psychologické literatuře se však někdy rozlišuje reakční čas (*reaction time*) jako interval od registrace podnětu do zahájení reakce, zatímco reakční doba (*response time*) označuje širší interval od vzniku podnětu (bez ohledu na jeho registraci) do reakční činnosti; viz přehled v (Šucha, 2013). V jiné literatuře se však *reaction time* a *response time* často používají zaměnitelně (APA Dictionary of Psychology, 2018; Whelan, 2008). Abychom předešli nejasnostem, v této práci přijímáme doménové vymezení, kde reakční čas od objektivně rozpoznatelného počátku nebezpečí do zahájení obranného manévru (Tarkowski et al., 2022) a operačně jej měříme jako interval od vstupu figuranta do zorného pole do počátku obranného manévru detekovaného v sensorovém modulu.

2.1.2 Typy reakčního času

Reakční čas lze rozdělit do několika kategorií podle povahy podnětu a požadované reakce. Nejčastěji se v odborné literatuře uvádí dělení na jednoduchý a složený reakční čas. Tato klasifikace vychází z toho, jak náročné je pro jedince podnět rozpoznat, zpracovat a rozhodnout se pro odpovídající reakci. **Jednoduchý reakční čas** se vztahuje k situacím s jasně definovaným podnětem a jednoznačnou reakcí. Tento typ reakce se vyskytuje v experimentálních podmínkách nebo při velmi rutinních úkonech během řízení (Deary et al., 2011). **Složený (výběrový) reakční čas** (*choice reaction time*) představuje

komplexnější proces vyžadující rozhodování mezi více alternativami. V reálném silničním provozu se řidiči prakticky vždy setkávají se složeným reakčním časem, protože musí vyhodnotit situaci, vybrat vhodnou reakci a koordinovat motorickou odpověď (Šucha et al., 2016).

2.1.3 Fáze reakčního času

Výzkum reakčního času (RT) ukazuje, že proces zahrnuje více dílčích složek a lze jej rozdělit různými způsoby.

Chitnis et al. (2021) rozlišují u brzdě reakce percepční fázi – od zaznamenání podnětu po zahájení reakce (perception-reaction time) – a motorickou fázi, tedy pohyb nohy k brzdě (movement time). Souhrnně tyto fáze tvoří celkový čas brzdě reakce (total brake response time).

Podle Shinar (2017) je klíčovou první fází percepce a selektivní pozornost, v jejímž rámci řidič rozhoduje, kterým podnětům přisoudí význam. Toto vyhodnocení probíhá na základě kombinace vnějších podnětů a očekávání a vede k rozhodnutí, zda podnět představuje nebezpečí a jak na něj reagovat. Proces vrcholí motorickou akcí, která opět otevírá nové kolo percepčně-reakční smyčky.

Zhuk et al. (2015) využili systém NeuroCom complex a popsali čtyři komponenty RT: příjem informací do mozkové kůry, detekci a rozpoznání podnětu, rozhodovací proces a fyzickou motorickou reakci.

Délka jednotlivých fází RT je navíc ovlivněna časem dne. Studie Åkerstedta et al. (2001) ukazuje, že během nočního řízení dochází k prodloužení reakční doby v důsledku útlumu pozornosti a zpomalení kognitivních procesů. Tyto vlivy se mohou kombinovat s monotónním prostředím nočních silnic a zvyšovat riziko nehody (Dmochowski & Norcia, 2015).

2.2 Modely reakčního času

Zatímco fázové přístupy popisují jednotlivé kroky reakce, moderní kognitivní psychologie a neurovědy nabízejí modely, které vysvětlují dynamiku rozhodování a variabilitu délky reakčního času.

Tradiční sekvenční modely vzorkování (*sequential sampling models*, zkratkou *SSMs*) předpokládají, že reakční čas je výsledkem po sobě jdoucích fází: zakódování podnětu, akumulace důkazů a následné motorické reakce (Bogacz et al., 2006; Gold & Shadlen, 2007; Heekeren et al., 2008; Ratcliff & McKoon, 2008). Tento přístup dobře vysvětluje binární rozhodnutí, například „Brzdit“ versus „Nebrzdit“.

Empirická data však ukazují, že v reálném provozu nejsou percepční, rozhodovací a motorické procesy striktně oddělené. EEG studie Dmochowski a Norcia (2015) podporuje tzv. *continuous-flow paradigm*, podle něhož akumulace důkazů a motorické plánování probíhají paralelně. Díky tomu je reakce řidiče rychlejší a flexibilnější.

Nejrozšířenějším kvantitativním přístupem je *Drift Diffusion Model (DDM)*, který popisuje akumulaci důkazů až do dosažení rozhodovacího prahu (Ratcliff et al., 2016; Ratcliff & Smith, 2018). Model pracuje s několika klíčovými parametry. Prvním je *drift rate*, tedy rychlost sběru informací, která odráží efektivitu zpracování podnětu. Druhým je *boundary separation*, představující míru jistoty, jež je nutná k přijetí rozhodnutí. Dále navazuje *starting point bias*, počáteční zkresení preferující jednu z možností ještě před zahájením akumulace důkazů. Posledním parametrem je *non-decision time*, který zahrnuje percepční a motorické procesy probíhající mimo samotné rozhodování, například čas potřebný k detekci podnětu nebo k zahájení motorické reakce.

V kontextu řízení tyto parametry vysvětlují rozdíly v rychlosti a přesnosti reakcí na kritické podněty (např. horší viditelnost → nižší *drift rate*, opatrnější styl → širší *boundary separation*). Přestože některé jízdní situace lze modelovat jako binární rozhodnutí (např. krizové brzdění), většina vyžaduje kontinuální adaptaci na dynamické podmínky. Kontinuální modely proto lépe vystihují proměnlivost reakční doby řidičů a jejich schopnost přizpůsobit se neočekávaným změnám prostředí.

2.3 Výzkumné přístupy ke zkoumání reakčního času řidičů

Zkoumání reakčního času řidičů probíhá v různorodých výzkumných prostředích, která se liší mírou realismu a kontrolovatelností podmínek. Výzkumné přístupy k měření reakčního času řidičů lze chápat jako kontinuum, na jedné straně stojí vysoce kontrolované laboratorní simulace, na straně druhé studie v běžném provozu. Mezi nimi se nacházejí experimenty v částečně kontrolovaném prostředí, jako jsou testovací dráhy nebo uzavřená parkoviště (Jurecki & Stańczyk, 2011; McGehee et al., 2000). Následující přehled shrnuje klíčové typy výzkumných prostředí a ilustruje je konkrétními studiemi.

2.3.1 Simulované laboratorní prostředí

Jízdní simulátory představují nástroj s vysokou mírou kontroly nad proměnnými a standardizací podmínek. Umožňují bezpečné opakování kritických situací a detailní měření jednotlivých složek reakce, včetně mentální reakce, motorické odpovědi dolních končetin a celkové psychomotorické odezvy. Na druhou stranu však mohou postrádat ekologickou validitu běžného provozu (Jurecki & Stańczyk, 2011).

Jedna ze studií, která využila simulované laboratorní prostředí je studie autorů Baldo et al. (2020). Tito autoři využili počítačový simulátor a zkoumali, jaký vliv bude mít hands-free hovor na reakci při vstupu chodce do vozovky. Situace vstupu chodce do vozovky na simulaci byla předem skriptována na tři sekundy před potenciálním zasažením chodce autem, přičemž ostatní vozidla nebyla ve scénáři přítomna, aby se eliminoval vliv provozu. Analýza ukázala, že řidiči zapojení do hovoru jeli pomaleji, ale začínali brzdit z kratší vzdálenosti a jejich rychlost byla méně stabilní.

Dalším příkladem je studie Čulíka et al. (2022), která plně využila klíčovou výhodu simulátorů, kterou je možnost zkoumat nebezpečné a nelegální chování v bezpečném prostředí. Výzkum se zaměřil na mladé řidiče do 26 let a zkoumal, jaký vliv má na jejich reakční čas pohlaví, řidičská praxe a především požití alkoholu. Třicet účastníků bylo v simulátoru nákladního vozidla vystaveno nečekané překážce v podobě zvířete vbíhajícího na silnici. Zatímco všichni řidiči absolvovali jízdu za střízliva, vybraná podskupina deseti řidičů opakovala experiment i po konzumaci stanoveného množství alkoholu. Reakční časy řidičů

pod vlivem alkoholu byly statisticky významně delší ve srovnání s jejich výkonem za střízliva. Tato studie tak názorně demonstruje, jak simulátory umožňují eticky a bez rizika, zkoumat faktory, jejichž testování v reálném provozu by bylo nepřijatelné.

Simulované prostředí je obzvláště cenné pro zkoumání vlivu distrakce řidiče. Například studie Haque a Washington (2014) ukázala, že při telefonní konverzaci v simulované situaci s brzdícím vozidlem byla reakční doba mladých řidičů o více než 40 % delší oproti jízdě bez distrakce. Navazující výzkum (Haque & Washington, 2015) navíc odhalil, že distrakce vedla nejen k prodloužené reakci, ale i k prudšímu brzdění, což může představovat sekundární riziko pro vozidla jedoucí vzadu.

Metodologicky cenným příkladem je studie Papantoniou et al. (2016), která využívala simulátor na nasimulování různých scénářů prostředí (městské vs. venkovské oblasti), v kombinaci s odlišnou intenzitou dopravy. Významnou předností tohoto designu byla nejen možnost porovnat reakční časy napříč typy prostředí, ale také sledovat, jak se účinky distrakce (telefonní hovor, rozhovor se spolujezdcem) liší v závislosti na hustotě provozu. Intervenční situací bylo zvíře přecházející cestu a míč, za kterým běží dítě. Do studie bylo zařazeno 95 řidičů různého věku a pohlaví, což umožnilo zachytit i populační variabilitu.

2.3.2 Kontrolované reálné prostředí

Mezi simulovanými a skutečnými podmínkami stojí experimenty v tzv. kontrolovaném reálném prostředí. Jedná se například o uzavřená parkoviště (Drozdziel et al., 2020) a testovací dráhy (McGehee et al., 2000; Jurecki & Stańczyk, 2011). Tyto studie využívají skutečných vozidel a přirozeného osvětlení, také na řidiče působí reálné fyzikální síly, ale zachovávají vysokou míru kontroly nad situací, jelikož zde nejedí další vozidla jako v běžném provozu.

McGehee et al. (2000) provedli validační studii, v níž porovnali shodný scénář náhlého vjetí vozidla do křižovatky na simulátoru a na testovací dráze („figure-8“ okruh s opakovanými průjezdy křižovatkou, finálně s maketou vozidla vtaženou do jízdního pruhu). Pro primární metriky našli statistickou ekvivalenci mezi oběma prostředími: „celkový brzdný reakční čas“ (definovaný jako interval od začátku uvolnění plynu do maxima brzdě aplikace) činil přibližně 2,2 s na simulátoru a 2,3 s na dráze; čas do počátečního natočení volantu byl

1,64 s vs. 1,67 s. Naopak čas do uvolnění plynu se lišil (0,96 s simulátor vs. 1,28 s dráha), což autoři vysvětlují metodickými rozdíly (opakované průjezdy „neaktivní“ křižovatkou, sekundární úkol udržování rozestupu a technická latence při spuštění makety). Klíčové je, že následné motorické reakce po uvolnění plynu zůstaly mezi prostředími srovnatelné.

Drozdziel et al. (2020) měřili reakční časy v kontrolovaném reálném prostředí na uzavřeném parkovišti u stadionu Arena Lublin v Polsku. 15 aktivních řidičů (držitelé řidičského průkazu po dobu 2–11 let) jelo ve skutečném autě rychlostmi okolo 40 km/h bez ostatního provozu; spolujezdec náhodně spouštěl složený světelný signál (LED; červená = brzdít, zelená = ignorovat). Z dvou synchronních kamer (1080p/30 fps) se snímek po snímku určoval čas percepce (tr1: rozsvícení červené → první pohyb nohy) a čas přesunu nohy (tr3: první pohyb → přiložení na brzdu); jejich součet tvořil celkovou reakci. Výsledky ukázaly, že průměrná celková reakce činila 0,680 s (SD = 0,145; min = 0,433; max = 1,167), tr1 0,416 s (0,20–0,867) a tr3 0,265 s (0,133–0,633); bez vztahu k délce držení řidičského průkazu. Autoři dodávají, že i přes komplexní podnět vychází průměr na dolní hranici často uváděných hodnot, což připisují metodice a složení vzorku.

2.3.3 Skutečný silniční provoz

Studie realizované přímo v běžném silničním provozu přinášejí nejvyšší míru ekologické validity. Umožňují zachytit vliv reálných podmínek, nepředvídatelných podnětů a komplexních psychologických faktorů. Tento přístup však často naráží na metodologické výzvy spojené s kontrolou proměnných a zajištěním bezpečnosti.

Zhuk et al. (2017) ukazují, že v terénu jsou reakce výrazně delší než v laboratoři: průměrná jednoduchá reakce byla v reálu 1,19 s (vs. 0,773 s v laboratoři) a komplexní reakce dosahovala 2,43 s (vs. 1,92 s v laboratoři); nejrychlejší skupina řidičů (26–40 let) dosáhla v reálu 1,37 s a u starší skupiny stoupaly časy až ke 2,43 s. (Pro upřesnění, v jejich protokolu byla operacionalizovaná jednoduchá reakce jako izolovaný vizuální signál s jedinou požadovanou odezvou a komplexní reakce jako vícekrokové zpracování scény včetně volby reakce).

Reálný provoz také umožňuje zkoumat vliv přirozených distrakcí. Z českého prostředí lze uvést např. výzkum Černožské (2017), která v reálném provozu využila technologii eye-trackingu a zjistila, že při konzumaci jídla za jízdy se reakční čas prodloužil z 0,716 s na 0,978 s.

Dále například Al-Darrab et al. (2009) provedli silniční experiment s 27 mladými řidiči (22–24 let) v reálném provozu a ve vnitrosubjektovém plně faktoriálním designu: vzdálenosti vozidel 10/15/20 m × délky hovoru 30/60/90 s × den/noc (celkem 18 kombinací, 3 replikace, náhodné pořadí). Scénář byl následující: dvě vozidla v jízdě „car-following“; řidič zadního vozu během hovoru reagoval na náhlé rozsvícení brzdových světel vedoucího vozu. Reakční čas byl definován jako interval od rozsvitu brzdového světla do přiložení nohy na brzdu (detekováno pomocí kontrolní lampy a videozáznamu), měřeno po snímcích. Hlavní výsledek byl, že nejvíce RT prodlužovala délka hovoru, dále denní doba (v noci delší RT než ve dne), přičemž interakce délka hovoru × den/noc byla výrazná; rozestup se jako hlavní efekt neukázal významný, ale vstupoval do interakcí. Rozsah RT napříč kombinacemi byl 0,06 až 0,90 s; např. při 90 s hovoru v noci a 20 m rozestupu se pohyboval průměrný reakční čas okolo 0,79 s, zatímco při 30 s hovoru ve dne a 20 m rozestupu šlo zhruba o 0,10 s reakci, tedy delší hovory obecně vedly k delším RT, zejména v noci.

2.4 Využití eye-trackingu v dopravní psychologii

Eye-tracking umožňuje detailní sledování pohybů očí s vysokou časovou i prostorovou přesností. Měří zejména fixace (krátká zastavení pohledu, kdy probíhá zpracování vizuální informace) a sakády (rychlé přesuny pohledu mezi fixacemi). Analýza těchto parametrů poskytuje vhled do alokace vizuální pozornosti, strategií prohledávání scény a rozhodování řidiče. (Duchowski, 3. vyd., 2017; Wade & Tatler, 2005.)

Z technologického hlediska jsou současné eye-trackery založeny nejčastěji na infračerveném osvětlení a detekci polohy rohovkového odlesku vůči zornici. Tyto systémy umožňují měřit směr pohledu v reálném čase s přesností na zlomky stupně zorného pole a se snímkovací frekvencí v desítkách až stovkách Hz (podle typu zařízení a scénáře), což je zásadní pro analýzu rychlých sakád (Carter & Luke, 2020; Holmqvist et al., 2011).

V dopravní psychologii představuje eye-tracking významný nástroj pro zkoumání vizuální pozornosti řidiče. Již klasické studie ukázaly, že distribuce fixací se liší v závislosti na zkušenostech řidiče, začínající řidiči věnují pozornost užšímu zornému poli a více času tráví sledováním prostoru přímo před vozidlem, zatímco zkušení řidiči projevují širší vizuální skenování dopravní scény (Crundall et al., 1999). Tyto rozdíly mají zásadní význam pro schopnost anticipace a prevence kolizních situací (Underwood, 2007).

Další oblastí aplikace je zkoumání kognitivní zátěže a distraktorů. Při souběžném vykonávání sekundárních úkolů (např. telefonování, práce s navigací) se mění distribuce fixací i doba věnovaná klíčovým prvkům dopravního prostředí. V on-road studii Recarte & Nunes (2000) se ukázalo, že verbální i prostorově-imaginativní sekundární úkoly vedou k delším fixacím a nižší frekvenci pohledů do zpětných zrcátek, tedy k omezení monitorování klíčových prvků dopravní scény.

Eye-tracking je rovněž zásadní při výzkumu detekce podnětů a reakčního času. Díky přesnému časování lze určit okamžik, kdy se relevantní podnět (např. chodec vstupující do vozovky) poprvé objeví v řidičově zorném poli a kdy je na něj zaměřena první fixace. Tento moment představuje začátek vizuální detekce, od kterého lze měřit latenci motorické reakce (např. brzdění nebo vyhybací manévr). Přesné rozlišení mezi fází vizuální percepce a motorickou odezvou je klíčové pro porozumění celému rozhodovacímu procesu řidiče (Crundall et al., 1999; Underwood, 2007).

Význam eye-trackingu v dopravním výzkumu potvrzují i novější přehledy. Například Zhang et al. (2023) shrnují, že moderní přístupy stále více kombinují eye-tracking s dalšími senzory (např. měření srdeční variability, EEG nebo akcelerometry), čímž umožňují detailnější pochopení komplexního chování řidiče. Pro oblast distrakcí použití eye-trackingu systematicky mapuje Cvahte Ojsteršek & Topolšek (2019) a zdůrazňuje, že eye-tracking dnes funguje jako opěrná technologie, která umožňuje přesně sledovat změny pohledu napříč typy rozptýlení a kontexty.

3 Distraktory

Distrakce označuje odklonění pozornosti řidiče od činností nezbytných pro bezpečné vedení vozidla, vyvolané vnitřními či vnějšími podněty (World Health Organization, 2015). Z hlediska mechanismu se obvykle rozlišují tři klíčové kategorie: vizuální (odklon zraku od vozovky), manuální (odklon rukou od ovládacích prvků) a kognitivní neboli mentální (odklon myšlení od řízení) (Regan et al., 2011; Wickens, 2002). Některé přehledy navíc vyčleňují auditivně-percepční podněty (např. vyzvánění, notifikace); tyto stimuly však samy o sobě nepůsobí negativně, stávají se problematickými tehdy, když vyvolají kognitivní zpracování soutěžící o centrální kapacity pozornosti a pracovní paměti (European Road Safety Observatory, 2018; Strayer & Fisher, 2016). Důsledkem je zhoršení situačního povědomí, narušení vizuálního skenování a prodloužení reakčního času, přičemž velikost efektu závisí na náročnosti sekundárního podnětu a složitosti dopravní situace (Caird et al., 2008; Strayer & Fisher, 2016). Již malé zdržení reakce (např. o 0,3 sekundy) může při 50 km/h znamenat ujetí o přibližně 4 metry navíc, což dramaticky zvyšuje riziko kolize (Karthaus et al., 2021).

3.1 Kognitivní rozptýlení

Kognitivní distrakce zhoršuje výkon při řízení tím, že soutěží o centrální pozornostní a pracovní paměťové kapacity řidiče. V praxi se to projevuje prodloužením reakčního času, užším zaměřením pohledu a zhoršením včasného rozpoznání nebezpečných situací. Metaanalýzy a experimentální studie konzistentně ukazují, že již samotná konverzace (i bez nutnosti držet telefon) zpomaluje reakce řidiče a zvyšuje chybovost v detekci relevantních podnětů (Caird et al., 2008; Horrey & Wickens, 2006; Strayer & Fisher, 2016). Například hands-free telefonní hovor působí především jako kognitivní, nikoli pouze auditivní distrakce, i když má řidič volné ruce a dívá se na vozovku, mentální procesy spojené s konverzací konkurují řízení a narušují situační povědomí podobně silně jako hovor s telefonem v ruce (Caird et al., 2008; Horrey & Wickens, 2006; Strayer & Johnston, 2001).

Na úrovni chování vede kognitivní zátěž k užšímu „vizuálnímu tunelu“ a omezenému skenování okolí: klesá počet sakád (rychlých očních pohybů) a rozmanitost fixací, což oslabuje včasné zachycení hrozeb na periferních částech zorného pole

(Recarte & Nunes, 2000, 2003). Řidiči, kteří jsou mentálně rozptýleni, mívají delší délku pohledů upřených na střed vozovky a menší frekvenci kontrolování zrcátek či okrajů silnice (European Road Safety Observatory, 2015). Neurozobrazovací výzkum navíc ukazuje, že paralelní jazykové zpracování během řízení snižuje dostupné kapacity pro prostorově-vizuální kontrolu. Při souběžné konverzaci se část mozkových zdrojů přesouvá do jazykových a prefrontálních oblastí na úkor zadních (okcipitálních/parietálních) oblastí zodpovědných za vizuální pozornost a vedení vozidla. Kombinace uvedených efektů se pak projeví pomalejší reakcí na náhle se objevující podněty a méně přesným odhadem rizika. Za zmínku také stojí, že k poklesu aktivace mozkových center bdělosti může docházet i bez zjevných změn jízdniho chování, takže řidič si nemusí zhoršení svého stavu vůbec uvědomovat (Schweizer et al., 2013).

Z hlediska bezpečnosti je důležité, že typ telefonování (držení telefonu vs. hands-free) nebývá tak určující jako samotná mentální náročnost rozhovoru a složitost dopravní situace (Horrey & Wickens, 2006; Strayer & Fisher, 2016). Literární přehledy opakovaně dokumentují prodloužení reakčního času a zhoršené vnímání rizik (hazard perception) i u hands-free hovorů (Caird et al., 2008; Strayer & Fisher, 2016). Negativní účinek bývá výraznější u méně zkušených řidičů (Horrey & Wickens, 2006). Na druhé straně hraje roli kontext: konverzace se spolujezdcem obvykle zatěžuje kognitivní kapacity méně než telefonát, protože spolujezdec sdílí situaci na silnici a dokáže spontánně přizpůsobit tempo hovoru aktuálním požadavkům řízení (Drews et al., 2008). Přesto ani interakce se spolujezdcem nemusí být za náročných podmínek zcela bezpečná, i ona může v kritických situacích snižovat řidičův výkon, takže ji nelze považovat za univerzálně „bezpečnou“ alternativu telefonování.

3.2 Vizuelní rozptýlení

Vizuální rozptýlení pozornosti při řízení je kritickým faktorem, který významně zhoršuje reakční dobu a celkový výkon při řízení. Dopad rozptylování zraku přesahuje pouhé zpoždění reakčního času; ovlivňuje také situační povědomí řidičů. Vizuelní rozptýlení může bránit vnímání kritických informací o vozovce, jako jsou dopravní schéma a vzdálenost od ostatních vozidel, které jsou nezbytné pro bezpečnou jízdu (Endsley, 1995/2017; Rogers et al., 2011). Podle Endsleyho teorie je soustředěné vizuelní vnímání základem pro situační povědomí vyšší úrovně a jakékoli narušení vizuelní pozornosti může vést ke kaskádě

chyb v úsudku a rozhodování (Endsley, 1995; Rogers et al., 2011). Řidiči, kteří se věnují sekundárním vizuálním úkolům, jako je například sledování telefonu nebo nastavování navigačních systémů ve vozidle, navíc často vykazují horší udržování jízdního pruhu a zvýšenou variabilitu v chování při řízení, což svědčí o zhoršené kontrole nad vozidlem (Kaber et al., 2012).

Výzkum využívající funkční magnetickou rezonanci ukázal, že multitasking při řízení může snížit aktivaci v oblastech mozku zodpovědných za vizuální zpracování. Když se řidič snaží věnovat více úkolům najednou, dochází k oslabení činnosti zadních (okcipitálních a parietálních) mozkových oblastí, které mají na starosti zrakovou pozornost a prostorovou orientaci, a naopak se zvyšuje aktivace prefrontálních oblastí spojených s řízením druhotného úkolu. To vede ke snížení bdělosti a pozornosti věnované samotnému řízení (Schweizer et al., 2013).

Povaha zrakových rozptýlení se navíc může značně lišit, od jednoduchých úkonů, jako je nastavení rádia, až po složitější činnosti, jako je interakce s multifunkčními displeji či čtení textových zpráv. Každý typ rozptýlení má jiný vliv na výkonnost řidiče; čím větší má typ rozptýlení vizuálně-kognitivní nároky, tím výraznější je jeho dopad na zhoršení ovládání vozidla a prodloužení reakčního času řidiče (Liang et al., 2024). Naturalistická studie (Dingus et al., 2016) navíc ukazují, že vizuálně-manuální úkony (zejména texting) významně zvyšují riziko kolize či „near-miss“ událostí v reálném provozu.

3.3 Auditivní rozptýlení

Na rozdíl od čistě vizuálních podnětů, které odvádějí zrak řidiče mimo vozovku, mohou auditivní distraktory narušit řízení i tehdy, pokud zrak zůstává soustředěn vpřed. Je důležité poznamenat, že auditivní podněty, jako jsou hands-free hovory, představují nejen auditivní, ale i významné kognitivní rozptýlení, jelikož vyžadují mentální zpracování obsahu a vedení rozhovoru během řízení. Zařízení s hands-free jsou často uváděna na trh jako bezpečnější alternativa mobilních telefonů držených v ruce během řízení, nicméně výzkumy ukazují, že stále představují významné riziko v důsledku rozptýlení kognitivních funkcí. Systémy hands-free sice umožňují řidičům držet ruce na volantu, ale neeliminují kognitivní zátěž spojenou se zapojením do hovoru. Studie a meta-analýzy ukazují srovnatelný pokles výkonu při hovoru přes hands-free i při držení telefonu (Strayer & Johnston, 2001;

Horrey & Wickens, 2006; Caird et al., 2008). Přehledy a metaanalýzy neshledávají u hands-free oproti handheldu jednoznačný bezpečnostní přínos. Důvodem je právě skutečnost, že konverzace (ať už s telefonem v ruce či bez) odvádí mysl řidiče od řízení, hands-free zařízení tedy neeliminuje kognitivní distrakci a nezabraňuje souvisejícím pochybením (National Safety Council, 2012).

Například Baldo et al. (2020) zjistili, že telefonování prostřednictvím hands-free během simulované jízdy vedlo k opožděné reakci na chodce a agresivnějšímu brzdění ve srovnání se situací bez hovoru. Podobně Bellinger et al. (2009) publikovali výsledky, v nichž se reakční čas při telefonním hovoru prodloužil. Zajímavým zjištěním bylo, že doba mezi uvolněním plynového pedálu a sešlápnutím brzdy se při telefonování naopak zkrátila, řidiči zřejmě anticipovali své zpoždění reakce vlivem hovoru a snažili se ho kompenzovat rychlejším přesunem nohy na brzdu. Tato kompenzační strategie však nikdy nemůže plně vyvážit celkové zhoršení reakčního času a může vést k prudším manévřům (Strayer & Fisher, 2016).

Další studie (Choudhary & Velaga, 2017) rozlišovala mezi jednoduchou a komplexní konverzací během řízení. Autoři zjistili, že komplexní rozhovor prodloužil reakční čas řidiče téměř na dvojnásobek oproti plně soustředěné jízdě, zatímco u jednoduchého hovoru bylo zpomalení méně výrazné. Papantoniou et al. (2016) a Consiglio et al. (2003) svými výzkumy taktéž podporují, že různé typy distrakcí (hands-free hovor, hovor s držením telefonu, psaní textovek) mají odlišný dopad na reakční čas řidičů, kdy složitější či více pozornost vyžadující úkoly vedou k většímu zpomalení reakcí než ty jednodušší. Přitom však stále platí, že handsfree i tzv. handheld (telefonování s mobilem v ruce) má podobné dopady na reakční čas.

Přestože většina výzkumů zdůrazňuje negativní dopady auditivního (zejména konverzačního) rozptýlení na výkonnost řidiče, některé studie naznačují, že v určitých situacích může mít poslech zvuku (zejména hudby) naopak podpurný efekt. Například v monotónních či únavových podmínkách může vhodná auditivní stimulace pomoci zvýšit bdělost řidiče a oddálit nástup tzv. pasivní únavy. May a Baldwin (2009) uvádějí, že při pasivní únavě (kdy řidič vykonává dlouho monotónní činnost a začne ztrácet pozornost) může jednoduchý zvukový podnět působit jako prostředek k udržení pozornosti. Podobně

Ůnal et al. (2012) zjistili, že ačkoli hlasitá hudba zvyšuje mentální zátěž řidiče, poslech vhodně zvolené hudby v experimentu nezhoršil výkon při řízení, v některých scénářích dokonce vedl ke zlepšení některých ukazatelů jízdy. Autoři tento paradoxní jev interpretují jako kognitivní kompenzační strategii, kde si řidiči jsou vědomi dodatečné zátěže z hudby a aktivně upravují své mentální úsilí tak, aby zvládli nároky dopravní situace (Ůnal et al., 2012). Tyto poznatky ukazují, že účinek auditivních podnětů není univerzálně negativní, ale může se lišit v závislosti na typu a intenzitě podnětu, na aktuálním psychickém stavu řidiče i na charakteru jízdního prostředí.

3.4 Relevantní výzkumy reakčního času při kognitivní interferenci

Jedním z nejznámějších experimentů demonstrujících vliv kognitivní interference na reakční čas je Stroopův test. J. R. Stroop (1935) v původní studii nechal účastníky pojmenovávat barvy inkoustu, jimiž byla vytištěna barevná slova, a porovnával podmínku, kdy slovo označovalo jinou barvu (inkongruentní podnět), s kontrolní podmínkou bez interference. Výsledky ukázaly, že pojmenování 100 barev v inkongruentní podmínce trvalo v průměru o 47 sekund déle než v kontrolní skupině, což představovalo v daném kontextu prodloužení času o 74 %. Tento Stroopův efekt ilustruje, jak automatizované čtení slov zpomaluje reakci v důsledku konkurenčního působení dvou úloh (čtení vs. pojmenování barvy). Zjištění J. R. Stroopa bylo replikováno mnohokrát a položilo základ zkoumání selektivní pozornosti a inhibice, účastníci jsou konzistentně pomalejší a méně přesní při určování barvy inkoustu, pokud tištěné slovo nese jiný význam, než když je v souladu. Například Eriksen a Eriksen (1974) popisují, že inkongruentní podněty vedou k prodloužení průměrné reakční doby oproti podnětům kongruentním či neutrálním, protože zvyšují kognitivní zátěž spojenou s výběrem správné odpovědi ze soupeřících informací (Eriksen & Eriksen, 1974). Tento jev poskytuje teoretický rámec pro chápání interferencí i v dalších kontextech mimo laboratorní úlohy.

Rušivé podněty při řízení vozidla, jako je například telefonický rozhovor má podobný interferenční efekt, což lze sledovat ve výzkumech zaměřených na distrakci řidičů. Například Consiglio et al. (2003) realizovali experiment simulující brzdění na laboratorním zařízení (účastníci uvolňovali pedál akcelérátoru a sešlapávali brzdu na signál rozsvícení brzdového světla). Soubor tvořilo 22 osob a byly porovnávány podmínky bez rozptýlení, s poslechem

rádia, s konverzací se spolujezdcem a s telefonním hovorem (ručním i hands-free). Konverzace, ať už vedená osobně, nebo telefonicky, významně zpomalila reakční čas brzdění oproti jízdě bez sekundárního úkolu. Telefonování za jízdy vedlo k prodloužení doby reakce; podle dat Consiglia a kolektivu, až o cca 19 %. Toto zpoždění odpovídá přibližně 0,2–0,3 sekundy prodlevy, což se shoduje s výsledky dalších výzkumů i metaanalýz, například Caird et al. (2008) uvádějí v průměru 0,25 s zpoždění reakce vlivem telefonování.

Konverzace se spolujezdcem přitom nezasahuje všechny řidiče stejně. Simulační studie s 42 účastníky porovnála jízdu bez hovoru, s jednoduchou a komplexní konverzací a sledovala reakční čas, rychlost a vzdálenost od středové čáry na horské venkovské silnici ve dne. Konverzace zhoršila výkon napříč metrikami (nejvíce rychlost) a velikost účinku se liší podle věku, pohlaví a zkušenosti řidiče. To podporuje tezi, že kognitivní zátěž z hovoru má interakční povahu, kde s rostoucí náročností rozhovoru a/nebo náročností řízení roste i dopad na reakční čas a kontrolu vozidla (Nathanail et al., 2014).

4 Vliv denní doby na reakční čas

Denní doba významně ovlivňuje schopnost řidičů rychle a adekvátně reagovat na dopravní situace. Reakční čas je klíčovým ukazatelem bezpečnosti na silnicích a jeho délka se liší mezi denním a nočním řízením. Zatímco za dne napomáhá rychlému zpracování vizuálních podnětů lepší viditelnost a obvykle nižší míra únavy, noční jízda přináší specifické výzvy — sníženou viditelnost, oslnění protijedoucími světly a zvýšenou ospalost. Tyto faktory se promítají do delšího reakčního času a vyššího rizika nehody. (Åkerstedt & Wright, 2009; Horne & Reyner, 1995).

Kromě okamžitých světelných podmínek je zásadní rozlišit dva biologické mechanismy, které formují bdělost a kognitivní výkon v průběhu dne: cirkadiánní rytmus a homeostatický tlak spánku. Cirkadiánní systém určuje pravidelné denní oscilace bdělosti (s minimem bdělosti typicky v časném ranním okně), zatímco homeostatický tlak narůstá s délkou bdění a vede k progresivní degradaci pozornosti a zvýšení reakčního času s každou další hodinou bez spánku (Dinges, 1995; Van Dongen et al., 2003; Valdez et al., 2012). Vzájemné působení těchto mechanismů, např. dlouhé bdění v období cirkadiánního minima, je často zdrojem výrazných poklesů výkonu při nočním řízení (Anund et al., 2017).

4.1 Únava

Únava je zásadní determinant bdělosti a kognitivního výkonu v řízení a přímo ovlivňuje délku reakčního času při řešení kritických dopravních podnětů. V praxi ji ovlivňují dva vzájemně působící mechanismy, jimiž jsou homeostatický tlak na spánek (akumulovaný spánkový dluh) a cirkadiánní rytmus bdělosti. Když je současně vysoký spánkový tlak a cirkadiánní bdělost na minimu (typicky v časných ranních hodinách), klesá schopnost udržet pozornost, narůstá pravděpodobnost mikrosnávků a prodlužuje se reakční čas, což má přímé bezpečnostní dopady v řízení. Empiricky je riziko incidentů v těchto hodinách významně vyšší. (Åkerstedt et al., 2001; Valdez et al., 2012).

Experimentální studie systematicky ukazují, že akumulovaná doba bdění a nedostatek spánku vedou ke zhoršení psychomotorických funkcí relevantních pro řízení, například k poklesu rychlosti reakce, zvýšení variability reakcí a horšímu situačnímu povědomí.

Delší noční jízda či řízení po noční směně zvyšují frekvenci téměř-kolizních událostí a snižují schopnost včasné detekce chodců či jiných objektů. Studie na řidičích i v simulátorech rovněž ukazují značnou individuální variabilitu v odolnosti vůči spánkovému tlaku (Huang et al., 2019; Jiao et al., 2022; Lee et al., 2015; Liu et al., 2011; Phipps-Nelson et al., 2010).

Únava navíc interaguje se situačními faktory: monotónní provoz, nízká vizuální stimulace a environmentální podmínky (např. nízkofrekvenční hluk) zvyšují rychlost poklesu bdělosti a tím i prodlužují reakční čas. V kombinaci s noční tmou nebo oslněním protijedoucími světly se zhoršuje schopnost včasné detekce a odhadu vzdálenosti chodců. Tyto situační modulátory proto zesilují negativní efekt únavy na výkon. (Anund et al., 2015; Thiffault & Bergeron, 2003; Gao et al., 2019).

4.2 Světelné podmínky

Světelné podmínky zásadně ovlivňují bezpečnost řízení, protože mění množství a kvalitu vizuálních informací dostupných řidiči a tím i délku reakčního času při zpracování kritických podnětů, jako je objevení chodce. Klíčové aspekty jsou celková viditelnost (luminance), kontrast mezi chodcem a pozadím, oslnění (glare) a spektrální složení osvětlení, přičemž každý z těchto faktorů může samostatně i v interakci s dalšími elementy prodlužovat dobu detekce a rozhodování. (Ahlström et al., 2017; Gao et al., 2019).

Výzkumy ukazují, že lepší osvětlení vozovky a zvýraznění přechodů zkracují dobu, za kterou řidič rozpozná chodce, a tím snižují reakční čas a riziko konfliktu. Praktická opatření, která zvyšují viditelnost chodců (například cílené osvětlení přechodu, reflexní prvky na oblečení chodců nebo kontrastní povrch přechodu), se ukazují jako účinná zejména za snížené viditelnosti. (Bhagavathula et al., 2021; Muley et al., 2019; Ziólkowski, 2021).

Zrakové funkce řidiče výrazně závisí na hladině osvětlení. Za dne (fotopické podmínky, $> \sim 3 \text{ cd/m}^2$) dominuje činnost čípků s dobrou ostrostí a barevným vnímáním. Ve velmi tmavém prostředí (skotopické, $< \sim 0,01 \text{ cd/m}^2$) dominují tyčinky, které mají specifikum nízké ostrosti a absence barevného vnímání. Mezopické podmínky ($\sim 0,01\text{--}3 \text{ cd/m}^2$) leží mezi nimi a jsou typické pro soumrak a běžné noční silniční osvětlení (Wood, 2019). V mezopii dochází k Purkyňovu posunu (posun citlivosti ke kratším vlnovým

délkám), klesá kontrastní citlivost, zraková ostrost i barevné rozlišování a roste náchylnost k oslnění; výsledkem je horší vizuální detekovatelnost chodců a kratší detekční vzdálenosti, zejména při nízkém kontrastu oděvu a pozadí (Plainis & Murray, 2002; Wood, 2020). Účinky snížené luminance se dále zhoršují oslněním od protijedoucích světlometů a bodových zdrojů a zesilují je i individuální faktory, jako nezkorigované zrakové vady či vyšší věk (Kimlin et al., 2019). Zvýšené riziko opožděné detekce chodců v noci tak často plyne z kombinace nízké luminance a oslnění, nikoli pouze z luminance samotné (Harris et al., 2023). Opatření zvyšující viditelnost a kvalitu osvětlení, např. kvalitní osvětlení přechodů a reflexní prvky, prokazatelně zkracují detekční i reakční časy (Bhagavathula et al., 2021).

Nízká viditelnost navíc zesiluje negativní dopad kognitivního rozptýlení: pokud je primární vizuální úloha (sledování vozovky a hledání chodců) složitější kvůli šeru, mlze nebo dešti, přidání sekundárního kognitivního úkolu (např. hands-free konverzace) způsobí relativně větší nárůst reakčního času než za dobrého světla. Jinými slovy, snížené světelné podmínky a distrakce interagují a vzájemně se zesilují, což je důležité zohlednit při interpretaci rozdílů mezi denními a nočními měřeními. (Gao et al., 2019; Strayer & Fisher, 2016).

4.3 Aplikace Yerkes–Dodsonova zákona na reakční čas

Yerkes–Dodsonův zákon popisuje vztah mezi úrovní aktivace (arousal) a výkonem jedince ve tvaru obráceného U; výkon je tedy nejlepší při střední úrovni aktivace a klesá při příliš nízké či příliš vysoké aktivaci (Yerkes & Dodson, 1908). Tento vztah se někdy konkretizuje pomocí dvou profilů výkonu: „underload“ profil odpovídá nízké aktivaci, často spojené s monotónností nebo únavou, a vede k pasivitě, nižší ostražitosti a pomalejším reakcím, naproti tomu „overload“ profil charakterizuje nadměrné zatížení pozornosti nebo stres, kdy již kognitivní kapacita nestačí sledovat relevantní podněty, což se rovněž projevuje poklesem výkonu (Hockey, 1997; Ůnal et al., 2013). Původní experiment se zabýval rychlostí osvojování návyku u myši v závislosti na síle elektrického stimulu, avšak princip byl postupně zobecněn i na lidské kognitivní a výkonnostní procesy (Teigen, 1994).

V dopravní psychologii lze tento rámec aplikovat na vysvětlení rozdílů v reakčním čase v závislosti na denní době a na situacích s různou mírou vnější stimulace.

Například v noci může být hladina aktivace příliš nízká v důsledku snížené senzorické stimulace, monotónnosti jízdniho prostředí a útlumu pozornosti vyvolaného cirkadiánními rytmy. Tento pokles úrovně aktivace se obvykle promítá ve formě delšího reakčního času (Behrens et al., 2019; Haire et al., 2012; McHill & Wright, 2019).

Monotónnost prostředí hraje v tomto kontextu specifickou roli: dlouhodobé řízení v jednotvárném prostředí vede k postupnému poklesu bdělosti a ke snížení efektivní alokace pozornosti, což empiricky koreluje s nárůstem téměř-kolizních situací a s prodloužením reakčního času (Seen et al., 2010). Z hlediska Yerkes–Dodsonova zákona tak monotónnost posouvá řidiče do levé části křivky (příliš nízká aktivace), a proto zhoršuje výkon. Naopak mírné zvýšení mentální stimulace, například nenáročná konverzace nebo jiná nízkonáročná forma aktivace, může udržet řidiče v optimálním pásmu aktivace a částečně kompenzovat účinky monotónnosti, pokud není překročena hranice kognitivního přetížení (McHill & Wright, 2019; Pouliou et al., 2023; Ůnal et al., 2013).

Mírné zvýšení aktivace, například prostřednictvím konverzace na jednoduché téma, může tedy v určitých situacích pomoci udržet řidiče ve stavu optimální bdělosti. Například Ůnal et al. (2013) uvádějí, že poslech hudby v monotónních dopravních podmínkách může zvýšit mentální aktivaci a podpořit udržení pozornosti. Podobně Pouliou et al. (2023) zjistili, že někteří řidiči vykazovali zlepšení reakčního času při mírné psychické zátěži v podobě sekundárního úkolu, pravděpodobně díky adaptivním regulačním mechanismům nebo individuální optimální úrovni aktivace.

Je tedy možné, že v určitých monotónních nebo nočních situacích lehká distrakce nevede nutně k poklesu výkonu, ale naopak pomáhá udržet řidiče v optimálním pásmu aktivace. Nicméně míra tohoto efektu je značně individuální a závisí na mnoha faktorech, např. na únavě, zkušenosti řidiče či náročnosti sekundární úlohy, takže nelze obecně tvrdit, že distrakce vždy působí pozitivně (McHill & Wright, 2019).

EMPIRICKÁ ČÁST

5 Výzkumný problém, cíle a hypotézy

Empirická část této práce navazuje na poznatky shrnuté v teoretické části, která se věnovala dopravní psychologii a faktorům ovlivňujícím reakční čas řidiče. Byly zde popsány psychologické a kognitivní procesy při řízení, význam pozornosti a její omezené kapacity, vliv únavy a cirkadiálních rytmů, role světelných podmínek při denním a nočním řízení, stejně jako vlivy prostředí a stresu. Pozornost byla věnována také distraktorům, a to jak kognitivním, vizuálním, tak auditivním, jejichž přítomnost může vést ke zpomalení reakce a zvýšení rizika dopravní nehody. V neposlední řadě byla diskutována samotná struktura reakčního času, jeho jednotlivé fáze a způsoby měření, včetně využití moderních metod jako je eye-tracking.

Empirická část práce ověřuje, jak se v reálném silničním provozu projevují hlavní faktory popsané v teoretické části: denní doba (den vs. noc) a distrakce (handsfree telefonní hovor vs. žádný hovor). Cílem je kvantifikovat hlavní efekty těchto faktorů a zjistit, zda se vzájemně ovlivňují — tedy zda efekt handsfree hovoru závisí na tom, zda řidič jede ve dne nebo v noci. Experiment simuluje neočekávanou situaci (figurant vstupující do vozovky) a měří reakční čas od vstupu figuranta do vozovky po motorickou reakci řidiče. Pro přesné určení okamžiku detekce byly využity eye-tracker brýle; reakční čas je definován jako doba od vstupu figuranta do zorného pole řidiče po iniciální změnu rychlosti či směru jízdy automobilu. Tento metodologický přístup umožnil nejen sledovat prosté zpomalení či zastavení vozidla, ale i detailněji analyzovat proces vizuální detekce a následné motorické odpovědi. Na základě takto získaných dat bylo možné porovnat reakční časy mezi jízdami denními a nočními a zároveň sledovat vliv přítomnosti distraktorů.

5.1 Výzkumný problém

Reakční čas řidiče představuje jeden z klíčových parametrů při hodnocení situací předcházejících dopravním nehodám, a to jak pro účely zvyšování bezpečnosti silničního provozu, tak i v rámci právního rozhodování (Tarkowski et al., 2022; Drożdziel et al., 2020). Přestože je reakční čas považován za zásadní ukazatel při analýze nehodových situací, jeho hodnoty se mohou výrazně lišit v závislosti na vnějších podmínkách a faktorech ovlivňujících pozornost řidiče (Prasolenko, 2020; Duncliffe et al., 2019; Gao et al., 2015; Zhuk et al., 2017).

V České republice vzniklo několik odborných studií věnujících se reakčnímu času řidičů, avšak většina z nich byla realizována v simulačních či jinak kontrolovaných podmínkách. Výzkumy systematicky zaměřené na reakční čas v reálném silničním provozu jsou spíše výjimečné. K českým pracím patří například diplomová práce Boreckého (2018), zaměřená na reakce řidičů v krizových situacích bez asistence bezpečnostních systémů v simulačním prostředí. Kombinaci měření reakčního času a fyziologických ukazatelů představuje studie Bucsuházy et al. (2019), která se soustředila na svalovou aktivitu při brzdění a vyhybacích manévrech. Ve své dizertační práci využila Bucsuházy (2020) eye-tracking k analýze vizuální pozornosti řidiče v reálném provozu a zkoumala vliv různých typů vizuálních distrakcí.

Mezinárodní výzkum ukazuje, že složitost jízdnicích scénářů, podmínky prostředí a světelné podmínky mají významný vliv na chování řidiče i délku jeho reakční doby (Liu et al., 2011; Drożdziel et al., 2020). Jurecki (2019) například upozorňuje, že v reálných dopravních situacích bývá reakční čas delší než v laboratorním prostředí, zejména při nouzových manévrech. Podle Åkerstedta et al. (2001) a dalších autorů (Bhagavathula et al., 2021; Lee et al., 2015) se reakční čas navíc významně mění v závislosti na denní době a přítomnosti rušivých faktorů.

5.1.1 Cíle práce a hypotézy

Z výše uvedeného vyplývá potřeba hlubšího zkoumání reakčního času řidičů v reálných silničních podmínkách, a to zejména ve vztahu k denní a noční době. Cílem této

práce je prostřednictvím experimentálního výzkumu přispět k porozumění vlivu denní doby a přítomnosti distrakce na reakční čas řidičů v běžném provozu. Na základě toho byly formulovány následující dílčí cíle:

1. Změřit reakční časy řidičů v reálném silničním provozu
 - ve dne bez přítomnosti distraktoru,
 - ve dne s přítomností distraktoru,
 - v noci bez přítomnosti distraktoru,
 - v noci s přítomností distraktoru.
2. Analyzovat rozdíly v reakčních časech mezi denní a noční dobou
 - v podmínkách bez záměrného distraktoru,
 - v podmínkách se záměrným distraktorem.
3. Aplikovat lineární smíšené modely (LMM), které umožňují přesnější odhad hlavních a interakčních efektů díky zohlednění vnitrosubjektové korelace – tedy skutečnosti, že každý účastník má odlišnou výchozí úroveň reakčního času (intercept) a začíná z jiné pozice.
4. Porovnat získaná data s výsledky dostupných studií a přispět k rozšíření poznatků o reakčním čase řidičů v českém prostředí.

Formulace hypotéz vychází z poznatků uvedených v teoretické části. Dosavadní výzkumy ukazují, že reakční čas řidičů je systematicky delší v noci než ve dne, a to zejména vlivem cirkadiánních rytmů a únavy (Åkerstedt et al., 2001; Bhagavathula et al., 2021). Přítomnost telefonického hovoru byla v řadě studií identifikována jako významný distraktor, který prodlužuje reakční čas (Caird et al., 2008; Horrey & Wickens, 2006; Lee et al., 2015). Pokud jde o vzájemný vztah denní doby a distrakce, lze vycházet z Yerkes–Dodsonova zákona, podle něhož mírná úroveň stimulace může vést k lepšímu výkonu. To naznačuje, že v podmínkách snížené bdělosti během noční jízdy nemusí mít hovor tak výrazný negativní účinek na reakční čas jako ve dne, kdy je výkonnostní hladina již optimální a dodatečná zátěž vede spíše k jejímu zhoršení. Vzhledem k tomu, že empirické doklady pro konkrétní moderovaný vzorec účinku hovoru jsou heterogenní, formulujeme H3 nesměrově a testujeme dvoustranně.

Na základě těchto teoretických východisek byly formulovány následující hypotézy:

H1 (hlavní efekt denní doby): Reakční čas řidičů bude v noci delší než ve dne (při absenci záměrného distraktoru).

H2 (hlavní efekt distrakce): Přítomnost záměrného distraktoru, v podobě handsfree hovoru, povede k prodloužení reakčního času ve srovnání se situací bez distrakce.

H3 (interakce): Účinek handsfree hovoru na reakční čas se liší mezi dnem a nocí.

V rámci definovaných hypotéz jsou proměnné konkretizovány následujícím způsobem:

Reakční čas je chápán jako „časový interval mezi okamžikem, kdy se objeví faktor, který lze objektivně identifikovat jako počátek situace ohrožující bezpečnost, tj. zahájení stavu nouze, a momentem, kdy řidič zahájí obranné manévry“ (Tarkowski et al., 2022, s. 66).

Záměrný distraktor v tomto výzkumu představuje telefonický hovor uskutečněný prostřednictvím bezdrátové technologie Bluetooth, kdy druhá osoba není fyzicky přítomna ve vozidle. Oproti tomu stav bez přítomnosti distraktoru se vyznačuje tím, že řidič není při měření reakčního času cíleně vyrušován žádnými vnějšími podněty. Jako synonymum situace s nebo bez použití záměrného distraktoru uvádíme též situaci s distrakcí či bez distrakce. V textu jsou dále používány také označení „s distrakcí“ a „bez distrakce“ jako synonymní k popsaným experimentálním podmínkám se záměrným distraktorem či bez záměrného distraktoru.

Den je definován jako období, které trvá od východu slunce až do jeho západu, zatímco noc je chápána jako období s omezenou viditelností, která nastává po západu slunce a končí při východu slunce.

6 Metodologický rámec výzkumu

Pro testování hypotéz byl realizován kvantitativní experimentální výzkum, kdy každý účastník absolvoval všechny čtyři podmínky (den/noc × bez/s hovorem). Pořadí scénářů bylo randomizováno a vyváženo mezi účastníky (counterbalancing) tak, aby se minimalizovaly pořadové efekty. Reakční časy byly měřeny v reálném silničním provozu během předem definovaných jízdních scénářů, v nichž figurant neočekávaně vstoupil do vozovky. Pro měření okamžiku vizuální detekce byly použity eye-tracker brýle, které zaznamenávaly čas, kdy figurant vstoupil do zorného pole účastníka; reakční čas byl operacionalizován jako interval od vstupu figuranta do zorného pole do první zaznamatelné motorické odpovědi (změna rychlosti nebo směru jízdy).

6.1 Popis základního souboru a výběr účastníků

Základní soubor této studie tvořili řidiči s platným řidičským oprávněním, kteří měli zkušenosti s řízením minimálně jeden rok a byli ve věkovém rozmezí 19 až 65 let. Toto věkové rozpětí bylo zvoleno na základě výzkumů, které ukazují, že reakční doba se u řidičů ve vyšším věku postupně prodlužuje, což by mohlo ovlivnit výsledky analýzy (Prasolenko, 2020).

Kromě délky praxe a věku bylo další kritérium pravidelné řízení minimálně jednou týdně. Také se výběr populace zúžil na řidiče, kteří nepotřebují k řízení dioptrické brýle, nebo mohou používat kontaktní čočky, kvůli eyetracker brýlím. Výběr účastníků probíhal metodou dobrovolnosti a "sněhové koule".

6.2 Výzkumný soubor

Výzkumný soubor tvořilo celkem 14 řidičů, z toho 11 mužů (79 %) a 3 ženy (21 %) v průměrném věku 36 let ($min = 20$, $max = 58$) a s průměrnou délkou řidičských zkušeností 18 let ($min = 2$, $max = 40$). Polovina participantů (7 mužů) byla tvořena řidiči, kteří řídili pravidelně každý všední den, především za účelem dojíždění do práce. Druhou polovinu (4 muži, 3 ženy) tvořili řidiči, kteří se věnovali řízení alespoň jednou týdně ale méně než každý den. Tyto charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 1.

Aby nedošlo ke zkreslení výsledků výzkumu, účastníci nebyli od začátku informováni o skutečném účelu studie. Místo toho jim bylo řečeno, že experiment slouží k testování

a kalibraci eyetracking brýlí v reálném silničním provozu. Tím se zajistilo, že jejich chování nebude ovlivněno vědomím o měřeném reakčním čase.

Tabulka 1: Charakteristika výzkumného souboru

Řidič	Pohlaví	Věk (Roky)	Zkušenost (Roky)	Frekvence řízení
1	Muž	49	31	Denně
2	Muž	36	18	Denně
3	Muž	44	26	Denně
4	Muž	53	35	Denně
5	Muž	25	7	Týdně
6	Muž	25	7	Týdně
7	Žena	20	2	Týdně
8	Muž	45	27	Denně
9	Muž	58	40	Denně
10	Muž	23	5	Týdně
11	Muž	53	35	Denně
12	Žena	23	5	Týdně
13	Žena	24	6	Týdně
14	Muž	25	7	Týdně

6.3 Příprava experimentu

Před samotným sběrem dat bylo nezbytné důkladně naplánovat a připravit experimentální proceduru tak, aby odpovídala požadavkům na ekologickou validitu, bezpečnost, technickou proveditelnost a metodologickou přesnost. V této kapitole je popsán výběr a konfigurace technického vybavení, specifikace trasy, návrh intervenčních situací, způsob indukce kognitivní distrakce a pilotní testování celého výzkumného postupu. Cílem bylo vytvořit realistické silniční podmínky, které umožní spolehlivé a opakovatelné měření reakčního času řidiče při náhlém výskytu chodce, a to za různých podmínek, vždy však s ohledem na bezpečnost všech zúčastněných.

6.3.1 Vybavení

Součástí experimentu byla technická zařízení, která zahrnovala experimentální vozidlo, eyetracker brýle Tobii Pro Glasses 2 a senzor Shimmer3 200g IMU. Všechna tato zařízení byla zapůjčena z Katedry psychologie Filozofické fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

Pro tento výzkum bylo použito experimentální vozidlo Ford Focus z roku 2019, které je k dispozici pro výzkumné účely na Katedře psychologie UP. Vozidlo je znázorněno na obrázku 1. Důležitou součástí vybavení byly také eyetracker brýle, které měli účastníci nasazené během experimentu (ilustrativně viz obrázek 2). Tyto brýle sloužily k monitorování zorného pole účastníků a pořizování videozáznamu z jejich perspektivy. V experimentu jsme však nevyužili detailní analýzu směru pohledu, fixací či sákad, ale především jsme identifikovali moment, kdy figurant vstoupil do vozovky, tedy kdy vstoupil do zorného pole řidiče. Tento okamžik jsme následně synchronizovali s daty fyzické reakce řidiče.

K synchronizaci a analýze dat z brýlí byl použit software Tobii Pro Lab. Zařízení Shimmer3 200g IMU bylo umístěno na palubní desce vozu a sloužilo ke sběru kinetických dat v reálném čase prostřednictvím akcelerometru a gyroskopu. Gyroskop monitoroval změny pohybu, což v našem experimentu umožnilo sledovat například změnu směru jízdy (stržení volantu), zatímco akcelerometr zaznamenával změny rychlosti, tedy čas zahájení brzdění vozu.

Data z obou zařízení byla poté synchronizována, což umožnilo přesně určit časový interval mezi vizuálním zjištěním figuranta (díky eyetracker brýlím) a začátkem reakce řidiče (díky senzoru značky Shimmer). Tento postup nám umožnil objektivně změřit reakční čas řidiče v reálných podmínkách.

Obrázek 1: Experimentální auto Ford Focus katedry psychologie UP



Zdroj: fotografie spolupracovnice

Obrázek 2: Eyetracker brýle Tobii Pro Glasses 2 katedry psychologie UP



Zdroj: Katedra psychologie FF UPOL

6.3.2 Trasa experimentu

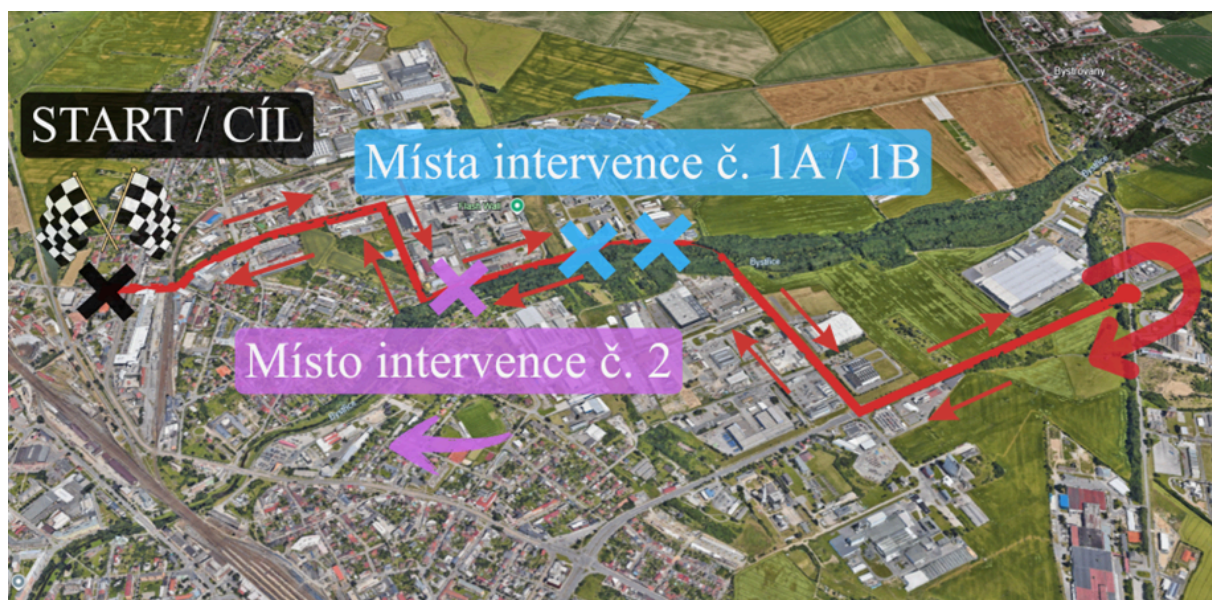
Trasa experimentu byla pečlivě plánována s ohledem na zákonné požadavky, požadavky pro zapůjčení vozu a bezpečnost všech zúčastněných. Při návrhu a realizaci trasy jsme dbali na to, aby celý experiment probíhal v souladu se zákonem č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích, konkrétně s § 54, který upravuje pravidla pro přecházení chodců přes vozovku. Intervence figurantky probíhaly mimo přechod pro chodce, a to vždy ve vzdálenosti větší než 50 metrů od nejbližšího vyznačeného přechodu, křižovatky s řízeným provozem nebo jiného vyznačeného místa pro přecházení. Zároveň figurantka vozovku fyzicky nepřecházela, ale pouze vizuálně naznačila úmysl vstoupit do vozovky, čímž nedošlo k jejímu faktickému vstupu před blížící se vozidla. Tím bylo zajištěno, že nedošlo k ohrožení řidiče ani k přímému porušení pravidel uvedených v § 54 odst. 2 a 3 citovaného zákona.

Experiment probíhal výhradně na území katastrálního území statutárního města Olomouce, pro snížení administrativní zátěže výpůjčky vozidla. Byly vybrány úseky komunikací s nízkou intenzitou provozu, které však byly stále běžně využívány řidiči. Tato volba umožnila zachovat podmínky reálného silničního prostředí, a zároveň minimalizovala riziko ohrožení dalších účastníků silničního provozu.

Délka jednotlivých jízd byla stanovena na minimálně 15 minut, aby bylo možné účinně sledovat vliv intervenčních momentů a zároveň dodržet dostatečný časový rozestup mezi jednotlivými zásahy. Na trase byla vytipována tři místa pro zásah figurantky, která se mezi nimi mohla pohybovat s dostatečnou časovou rezervou. Tato místa byla situována v úsecích s povolenou maximální rychlostí 50 km/h, čímž byla zajištěna adekvátní reakční doba pro řidiče i bezpečné provedení simulovaného vstupu chodce do vozovky.

Vybraný experimentální okruh, jak je zobrazen na obrázku 3, se nacházel v industriální části Olomouce. Jeho celková délka dosahovala přibližně 8,5 kilometru. Výchozím a konečným bodem bylo parkoviště supermarketu Lidl na ulici Sladovní, kde dostali účastníci od jednoho z kolegů úvodní instrukce. Trasa vedla ulicemi Na Zákopě a U Panelárny, poté na ulici Libušina, kde byly naplánovány intervenční místa, jež budou podrobněji popsána v další kapitole. Ulice Libušina ústí na silnici 1. třídy číslo 35 s povolenou rychlostí 70 km/h, kde se řidiči na nejbližším kruhovém objezdu otáčeli a vraceli zpět po stejné trase. V blízkosti intervenčních bodů na ulici Libušina byl minimální výskyt chodců a provoz byl nízký.

Obrázek 3: Trasa jízdního okruhu



Zdroj: <https://earth.google.com/studio/>

6.3.3 *Intervenční situace a její provedení*

Pro potřeby experimentu byla jako intervenční situace zvolena simulace potenciální srážky s chodcem mimo přechod pro chodce. Cílem bylo navodit situaci, která co nejdříve odpovídá reálným podmínkám provozu a zároveň umožňuje bezpečné a standardizované měření reakčního času řidiče. Tento typ intervence se v odborné literatuře osvědčil jako jeden z nejúčinnějších způsobů, jak spolehlivě vyvolat defenzivní reakci řidiče na vznikající nebezpečí (Papantoniou et al., 2016; Drożdziel et al., 2020; Zhang et al., 2016).

Alternativně byly při návrhu metodiky zvažovány i další scénáře, jako např. vhození míče do vozovky (Papantoniou et al., 2016), reakce na výstražné LED světlo uvnitř kabiny vozidla (Drożdziel et al., 2020), nebo reakce na brzdění vedoucího vozidla v jízdním simulátoru (Fitzpatrick et al., 2012). Nakonec však byla zvolena varianta s figurantkou, která simulovala vstup do vozovky zpoza překážky, neboť nejlépe odpovídala kritériím ekologické validity a realističnosti v reálném provozu (viz též Zhang et al., 2016; Haque & Washington, 2014).

Figurantka během jízdy vyšla ze skrytého místa (např. za keřem či zdí) v okamžiku, kdy se experimentální vozidlo přiblížilo k určenému bodu. Nepřecházela však skutečně vozovku, pouze věrohodně imitovala úmysl vstoupit do její dráhy, aby vyvolala nutnost rychlé řidičovy reakce (brzdění nebo úhybný manévr). Každé místo zásahu bylo označeno tzv. spouštěcím bodem, referenčním bodem umístěným na vozovce (např. lepící páskou), jehož dosažení vozidlem bylo signálem k zahájení figurantčina výstupu.

Celkem byla pro intervenci využita tři místa nacházející se v ulici Libušina s povolenou rychlostí 50 km/h. Místa byla vybrána tak, aby podporovala náhlé a nepředvídatelné objevení se chodce. Dvě situace (obrázky 4, 5 a 6) simulovaly výběh z lesní cesty zpoza keře, třetí místo (obrázky 7 a 8) představovalo výstup chodce zpoza zděného oplocení. Pro snížení předvídatelnosti byl každý účastník experimentu vystaven mírné variaci v lokaci intervence, při první jízdě došlo k zásahu v bodě 1A, při druhé v bodě 1B (přibližně 100 metrů vzdálený), bez ohledu na to, zda jízda probíhala ve dne či v noci.

Obrázek 4: Místo intervence č. 1A



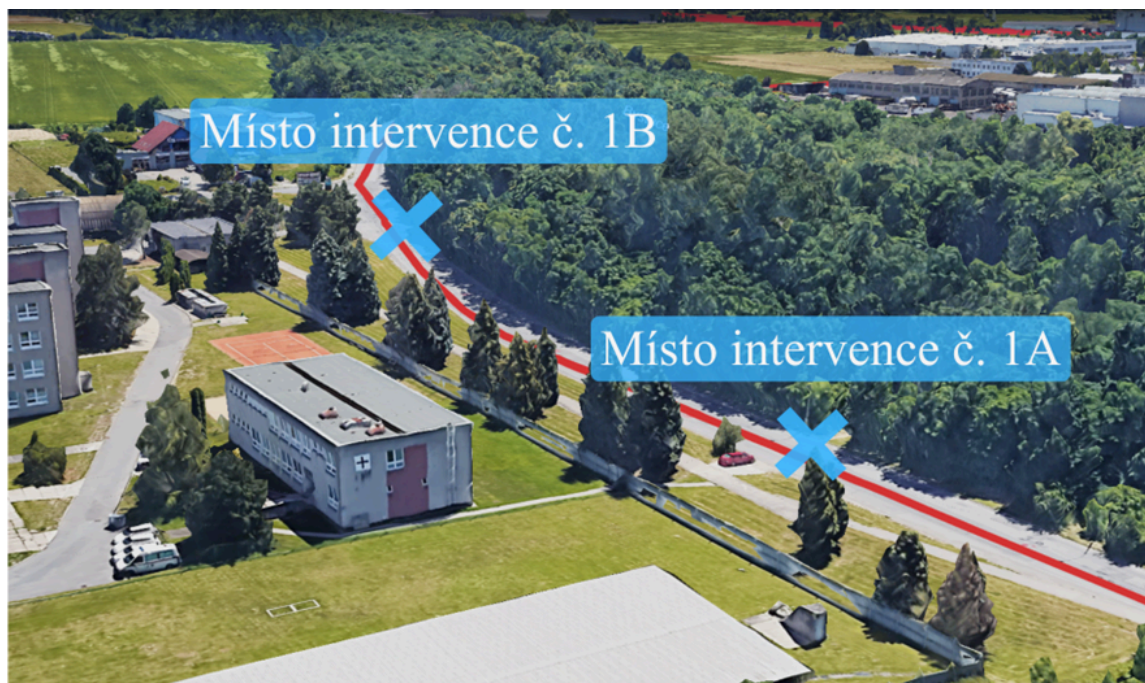
Zdroj: vlastní fotografie

Obrázek 5: Místo intervence č. 1B



Zdroj: vlastní fotografie

Obrázek 6: Místa intervence č. 1A a č. 1B shora



Zdroj: <https://earth.google.com/studio/>

Obrázek 7: Místo intervence č. 2 shora



Zdroj: <https://earth.google.com/studio/>

Obrázek 8: Místo intervence č. 2



Zdroj: vlastní fotografie

6.3.4 Distrakce

Na základě literární rešerše uvedené v teoretické části této práce byla jako forma kognitivní distrakce zvolena hands-free telefonní konverzace prostřednictvím technologie Bluetooth s osobou mimo vozidlo. Tento typ komunikace představuje častý a dobře prozkoumaný zdroj mentální zátěže, který významně ovlivňuje reakční čas a schopnost vnímat podněty z periferního zorného pole (Strayer et al., 2006; Haque & Washington, 2014). Alternativní formy distrakce, jako je například ovládání infotainment systému (Zhao et al., 2018), manipulace s mobilním telefonem (Patten et al., 2004) nebo rozhovor se spolujezdcem (Papantoniou et al., 2016), byly zváženy, avšak z hlediska metodologické kontroly a bezpečnosti vyhodnoceny jako méně vhodné. Konverzace se spolujezdcem může být díky sdílení vizuálního kontextu méně náročná, spolujezdec má totiž tendenci přizpůsobit své chování aktuální dopravní situaci, čímž se snižuje úroveň skutečné distrakce (Drews et al., 2008).

Před samotnou jízdou byli účastníci informováni, že během jízdy může dojít k neočekávanému úkolu, jehož povahu jim výzkumník nesdělí předem. Zhruba jednu minutu před plánovanou intervencí zazvonil ve vozidle telefonní hovor, který byl pomocí Bluetooth propojen s infotainment systémem. Řidič byl vyzván, aby hovor přijal dotykem na displeji. Hovor trval několik minut a pokračoval i po realizaci intervence, kterou představoval vstup figurantky do vozovky. Volající osobou byla právě tato výzkumnice, jejímž úkolem bylo zároveň udržovat s účastníkem konverzaci. Rozhovor nebyl strukturován, aby působil co nejpřirozeněji; zahrnoval témata týkající se např. jízdních vlastností vozu, komfortu při používání eye-tracker brýlí nebo osobní dotazy vztahující se ke studiu či profesnímu zaměření účastníka.

6.3.5 Pilotní testování

Před zahájením samotného experimentu byly realizovány dvě zkušební jízdy ve dne, které měly za úkol ověřit proveditelnost celého výzkumného postupu a upravit jeho jednotlivé aspekty. Na těchto jízdách se podíleli známí členů výzkumného týmu, kterým nebyl předem sdělen konkrétní účel testování, aby byla zachována přirozenost jejich chování.

Hlavním cílem pilotního ověřování bylo praktické vyzkoušení navrženého scénáře a ověření správné funkčnosti veškerého technického vybavení, zejména brýlí pro sledování pohybu očí (eyetracker) a seznor značky Shimmer pro sběr fyziologických dat. Protože obě zařízení pracují nezávisle, bylo nezbytné ověřit možnost jejich následné synchronizace.

Součástí testování bylo také ladění vzdálenosti, ze které figurantka vstupovala do vozovky, tak aby byla simulace co nejrealističtější a zároveň bezpečná. Dále byla ověřována vhodnost konkrétních míst, kde mělo ke střetu s figurantkou dojít, včetně přesného určení vzdáleností od orientačních bodů.

Během pilotního provozu se ukázalo, že původně plánované sdílení polohy vozidla pomocí aplikace Messenger naráží na technické limity. Přestože tato aplikace za běžných podmínek umožňuje sledovat pohyb zařízení v reálném čase, při větší rychlosti vozidla se přesnost údajů výrazně snižovala. Navíc při příchozím hovoru, což byla klíčová součást

intervence, došlo ke zrušení sdílení polohy, protože byl telefon připojen přes Bluetooth k audiosystému auta.

Jako náhradní řešení byla zavedena komunikace mezi výzkumníkem ve vozidle a figurantkou prostřednictvím textových zpráv. Spolujezdec, který seděl vedle řidiče, během jízdy odesílal krátké zprávy označující dosažení konkrétních bodů na trase, což umožnilo figurantce lépe načasovat svůj vstup do vozovky.

6.4 Realizace experimentu

Experiment byl realizován v období od 29. 2. 2024 do 27. 3. 2024. Celkem se jej zúčastnilo 14 řidičů, přičemž každý z nich absolvoval dvě oddělené jízdy, jednu za denního světla a druhou buď časně ráno, nebo večer, tedy za zhoršených světelných podmínek. Pořadí podmínek (hovor/bez hovoru) bylo u první jízdy určeno náhodně a při druhé jízdě systematicky otočeno, aby se zajistilo vyvážení (counterbalancing). Celkem tedy měl každý účastník čtyři reakce: denní jízdu s hovorem, denní jízdu bez hovoru, noční jízdu s hovorem a noční jízdu bez hovoru. Pořadí denní a noční jízdy bylo stanoveno náhodně, osm osob začínalo jízdou za světla, zbývajících šest absolvovalo jako první jízdu za tmy. Testování probíhalo výhradně za standardních povětrnostních podmínek, bez přítomnosti deště, sněžení nebo mlhy. Období sběru dat bylo záměrně naplánováno na část roku, kdy se sněhové srážky běžně nevyskytují.

6.4.1 Administrativní zajištění

Před zahájením experimentální části bylo nezbytné, aby každý účastník uzavřel smluvní dokument týkající se zapůjčení experimentálního vozidla poskytnutého Katedrou psychologie. Z důvodu administrativních požadavků musely být tyto smlouvy předloženy děkanátu Filozofické fakulty Univerzity Palackého v Olomouci minimálně tři pracovní dny před plánovaným termínem jízdy. Každý dokument obsahoval identifikační údaje účastníka (jméno, datum narození, trvalé bydliště, kontaktní informace) a specifikoval přesné datum zapůjčení vozidla, které odpovídalo dni realizace experimentu. Vzhledem k tomu, že každý respondent absolvoval dvě oddělené jízdy, bylo nutné vyhotovit dvě samostatné smlouvy. Kompletní znění dokumentu je uvedeno v příloze 3.

6.4.2 Úvodní fáze a pokyny pro řidiče

Jako výchozí bod experimentální trasy bylo zvoleno parkoviště u prodejny Lidl na ulici Sladovni, které současně sloužilo jako shromaždiště pro jednotlivé účastníky. Po příchodu byli jednotlivci přivítáni výzkumným pracovníkem a instruováni k usednutí na místo řidiče, kde jim byly sděleny klíčové informace k nadcházejícímu průběhu jízdy. V rámci úvodního briefingu byl každému účastníkovi předložen informovaný souhlas se zapojením do výzkumu, včetně vysvětlení způsobu nakládání s osobními údaji, který následně stvrdil svým podpisem (viz příloha 4).

Následně byli řidiči seznámeni s přesně stanovenými pokyny k jízdě, jejichž úplné znění je uvedeno v příloze 5. Za účelem minimalizace experimentální reaktivity nebyl účastníkům sdělen skutečný výzkumný záměr, tedy analýza reakčního času při řízení. Namísto toho byl experiment rámován jako technická kalibrace měřicích zařízení, zejména brýlí se systémem eye-tracking, jejichž použití bylo zdůvodněno přípravou podkladů pro diplomové práce. Pravá povaha experimentu byla účastníkům objasněna až po dokončení druhé jízdy v rámci tzv. debriefingu.

Před zahájením samotné jízdy byli účastníci požádáni, aby předložili platný řidičský průkaz, odložili osobní předměty z kapes a přepnuli svůj mobilní telefon do režimu „nerušit“. Následně si mohli upravit nastavení sedadla, polohu zpětných zrcátek a byli krátce seznámeni s ovládacími prvky vozu. Poté jim byl nasazen systém pro sledování pohybu očí, který byl individuálně zkalibrován. V závěrečné fázi přípravy byli všichni účastníci poučeni o zásadách bezpečnosti a upozorněni na nutnost důsledného dodržování pravidel silničního provozu. Výzkumný pracovník se rovněž ujistil, že veškeré instrukce byly správně pochopeny, a poskytl prostor pro případné doplňující dotazy.

6.4.3 Průběh experimentální jízdy

Po dokončení přípravné fáze a předání instrukcí byl účastník vyzván k nastartování vozidla, čímž započala experimentální jízda. Po celou dobu jízdy byl ve vozidle přítomen výzkumný pracovník, který seděl na místě spolujezdce a zároveň monitoroval průběh sběru dat prostřednictvím softwaru zobrazujícího informace ze senzoru značky Shimmer na

notebooku. Vzhledem k tomu, že trasa experimentu nebyla účastníkům předem známá, byla přítomnost výzkumníka nezbytná jak z důvodu navigace, tak i pro zajištění bezpečnosti provozu.

Účastníci projeli trasu, která zahrnovala dvě předem určená místa pro realizaci intervence. Při prvním průjezdu se řidič setkal s jednou z těchto situací, při návratu po totožné trase v opačném směru byla realizována druhá intervence. Intervenční situace simulovala náhlé vstoupení chodkyně do vozovky mimo přechod. Tuto roli střídavě zajišťovaly dvě výzkumnice, které byly oděny do tmavého oblečení, aby byla minimalizována jejich vizuální detekovatelnost a tím zachována konzistence podmínek napříč experimentem.

Pro koordinaci mezi výzkumníkem ve vozidle a figurantkou byla využívána textová komunikace. Ještě před zahájením jízdy bylo pomocí randomizace určeno, zda bude v daném kole distrakce (v podobě telefonního hovoru přes Bluetooth) uplatněna v prvním, nebo druhém místě intervence. Ve druhé jízdě se pořadí míst s distrakcí a bez distrakce systematicky obrátilo.

V případě, že experimentální vozidlo bylo při příjezdu k místu intervence následováno jiným vozidlem nebo pokud situace neumožňovala bezpečné provedení zásahu (např. hustý provoz nebo protijedoucí vozidlo), byla intervence odložena a provedena až při dalším průjezdu. Pokud se jednalo o část trasy s aktivní distrakcí, pokračoval telefonický hovor i při přesunu intervence na druhý bod trasy. Ve výjimečných případech, např. při technických problémech se zpožděním odeslání zpráv, musel řidič s výzkumníkem projet celou trasu vícekrát.

Po dokončení experimentálních jízd proběhl s každým účastníkem individuální debriefing, během něhož byl odhalen skutečný cíl studie — tedy experimentální měření reakčního času řidičů v různých podmínkách (den/noc × s/bez záměrného distraktoru). Účastníkům bylo vysvětleno, proč nebyl účel studie předem plně odhalen (tento postup byl užit pro minimalizaci experimentální reaktivity a zachování ekologické validity měření) a bylo jim poskytnuto věcné zdůvodnění tohoto postupu.

V rámci debriefingu měli účastníci možnost klást dotazy, podat zpětnou vazbu a rozhodnout, zda souhlasí s využitím svých naměřených dat pro vědecké účely. Každému účastníkovi byla nabídnuta možnost dodatečného odstoupení a vymazání jeho dat, žádný z účastníků této možnosti nevyužil. Plné znění textu přečteného při debriefingu je k dispozici v Příloze 6.

6.5 Etika výzkumu

Výzkum byl realizován v souladu se základními etickými principy psychologického výzkumu, které zahrnují respekt k autonomii účastníků, minimalizaci rizik a zajištění spravedlivého zacházení (National Commission for the Protection of Human Subjects of Biomedical and Behavioral Research, 1979). Všichni účastníci poskytli informovaný souhlas se zapojením do studie, který byl stvrzen jejich podpisem. Z důvodu zachování ekologické validity a získání autentických reakcí nebyla účastníkům sdělena pravá podstata výzkumu; místo toho jim bylo řečeno, že cílem je testování a kalibrace eyetrackingových brýlí. Tento postup klamání je v experimentální psychologii považován za eticky přijatelný, pokud je nezbytný pro naplnění cílů studie a pokud je následně proveden debriefing (American psychological association, 2017).

Po dokončení experimentu byli účastníci podrobně seznámeni se skutečným cílem výzkumu a byla jim dána možnost dodatečně rozhodnout o využití svých dat a měli možnost odvolat souhlas se zpracováním dat. Nikdo z účastníků nevyužil právo odstoupit a všichni udělili ústní souhlas se zapojením svých údajů do analýzy. Veškerá data byla zpracovávána anonymně, zveřejněny byly pouze základní charakteristiky souboru (věk, pohlaví, délka praxe), které neumožňují identifikovat konkrétní osobu.

Zásadní prioritou byla bezpečnost účastníků a všech ostatních osob v dopravním provozu. Experiment byl organizován tak, aby riziko bylo minimalizováno – figurant vstupoval do vozovky pouze v okamžiku, kdy to bylo z hlediska okolního provozu bezpečné. Výzkumný tým byl po celou dobu ve spojení prostřednictvím SMS a intervence probíhaly pouze za podmínek, kdy nehrozilo žádné nebezpečí. Tímto způsobem byla naplněna doporučení etických kodexů, která zdůrazňují ochranu účastníků výzkumu i třetích osob, prevenci škod a transparentní nakládání s daty.

7 Sběr a zpracování dat

Tato část práce popisuje metodiku sběru a zpracování dat z experimentálních jízd, které byly realizovány za účelem stanovení reakčního času řidičů při neočekávané dopravní situaci. Kombinace záznamu vizuální pozornosti prostřednictvím brýlí Tobii Pro Glasses 2 a kinematické odezvy vozidla zaznamenané měřicí jednotkou Shimmer3 IMU umožnila kvantitativní vyhodnocení reakčního času ve čtyřech experimentálních scénářích, s ohledem na denní dobu a přítomnost či nepřítomnost distrakce.

7.1 Průběh sběru dat

Sběr dat probíhal během experimentálních jízd, při nichž byli účastníci vystaveni simulované krizové situaci v reálném silničním provozu. Pro zaznamenání okamžiku vizuálního podnětu sloužily eye-trackingové brýle Tobii Pro Glasses 2, které snímaly zorné pole řidiče v reálném čase. Tyto brýle umožnily přesnou identifikaci momentu, kdy se figurantka, simulující nečekaný vstup do vozovky, poprvé objevila v zorném poli řidiče. Tento okamžik byl definován jako počátek sledovaného reakčního intervalu (tzv. stimulus onset).

Současně byla v průběhu jízdy zaznamenávána kinematická odezva vozidla pomocí měřicí jednotky Shimmer3 IMU, která byla pevně uchycena na palubní desce. Tento senzor průběžně snímal údaje z akcelerometru a gyroskopu, a umožňoval tak identifikaci okamžiku, kdy řidič zahájil obranný manévru (buď prudkým brzděním, nebo úhybným pohybem volantem).

Typ odezvy určoval, která složka senzoru byla při výpočtu reakčního času použita. V případě brzdění byl využit signál z akcelerometru (zaznamenávající náhlý pokles podélné rychlosti), zatímco při úhybném manévru byl klíčovým údajem výstup z gyroskopu (sledování změny úhlové rychlosti kolem svislé osy).

Všechna data byla zaznamenávána souběžně a sloužila jako vstupní materiál pro následnou synchronizaci a výpočet reakčního času každého řidiče v rámci jednotlivých scénářů.

7.2 Synchronizace a výpočet reakčního času

Aby bylo možné přesně stanovit reakční čas řidiče, bylo nezbytné časově sladit data ze dvou nezávisle fungujících měřících zařízení. Zatímco Tobii Pro Glasses 2 zaznamenávaly vizuální podnět z perspektivy řidiče, měřicí jednotka Shimmer3 IMU paralelně ukládala údaje o pohybových změnách vozidla. Vzhledem k tomu, že spolu tyto dvě zařízení v reálném čase nekomunikují, představovala jejich synchronizace klíčový krok pro následnou analýzu.

Před každou jízdou byla provedena individuální kalibrace obou přístrojů. V softwaru Tobii Pro Lab byly následně ručně označeny dva základní časové body. Prvním byl okamžik, kdy se figurantka poprvé objevila v zorném poli řidiče (tzv. stimulus onset, tedy počátek reakčního intervalu). Druhým bodem byl začátek fyzické reakce zaznamenaný senzory Shimmer3 IMU, konkrétně pomocí akcelerometru (v případě brzdění) nebo gyroskopu (v případě úhybného manévru). Reakční čas byl následně vypočítán jako rozdíl mezi těmito dvěma časovými značkami. Tato metoda umožnila přesné stanovení doby potřebné k vyhodnocení a motorické odpovědi řidiče na vizuální podnět v reálném dopravním kontextu. I přes důslednou kalibraci je třeba počítat s možnou drobnou odchylkou způsobenou rozdílnou vzorkovací frekvencí zařízení. Tento rozdíl se však pohyboval pouze v jednotkách až desítkách milisekund a nijak zásadně neovlivnil výsledky

8 Práce s daty a její výsledky

Vstupní dataset tvořily reakční časy (RT) v milisekundách měřené v reálném provozu ve čtyřech podmínkách (den/noc × handsfree hovor/bez hovoru). Statistické zpracování bylo provedeno v prostředí RStudio (2025.05.1 Build 513) s využitím programovacího jazyka R (R Core Team, 2024). Analýza zahrnovala $N = 14$ řidičů, každý absolvoval 4 podmínky (celkem 56 pozorování). Analýzy se zaměřovaly na ověření vlivu denní doby a distrakce na reakční čas řidičů v souladu s vytyčenými hypotézami. Prvním krokem bylo přezkoumání kvality dat, především potenciálních chybějících hodnot, následovala kontrola rozdělení dat. Kontrolou kvality dat nebyly zjištěny chybějící hodnoty, surové reakční časy však vykazovaly pravostrannou šikmost a vyšší rozptyl u delších časů. Tyto vyčnívající vysoké hodnoty nebyly výsledkem chyby měření, a proto nebyly ze souboru vyloučeny. Výsledek Shapiro–Wilkova testu ($W = 0,830$, $p < 0,001$) indikoval, že reakční časy se významně odchylovaly od normálního rozdělení. Histogram (viz Graf S1 v příloze 7) ukazuje pravostrannou šikmost distribuce s několika vyššími hodnotami nad 1500 ms.

K minimalizaci vlivu šikmosti a pro splnění předpokladů zvolené statistické metody, která bude přiblížena v dalším odstavci, byla provedena logaritmická transformace (přirozený logaritmus). Tato úprava vedla k výraznému zlepšení aproximace normality, což potvrdil Shapiro–Wilkův test ($W = 0,991$, $p = 0,591$). Histogram logaritmicky transformovaných hodnot (viz Graf S2 v příloze 7) ukazuje distribuci blízkou symetrii, což je v kontrastu s původní pravostranně šikmou distribucí. Diagnostika předpokladů lineárního smíšeného modelu (LMM), zahrnující Q–Q graf reziduí a graf „rezidua vs. predikované“, potvrdila přiměřenou normalitu reziduí a stabilní rozptyl (viz Příloha 7, Grafy S3, S4, S5).

K vyhodnocení dat byly použity lineární smíšené modely (LMM), které jsou vhodné pro situace, kdy tentýž účastník poskytuje více měření a jednotlivá pozorování proto nejsou nezávislá (Gelman & Hill, 2006; Haverkamp & Beauducel, 2019). V našem případě každý řidič reagoval ve čtyřech podmínkách (Den/Noc × Bez distrakce/Distrakce), takže model musí respektovat, že reakční časy od téhož člověka jsou si podobnější než reakční časy mezi různými lidmi, tedy vykazují intraindividuální/vnitrosubjektovou závislost (Gelman & Hill, 2006).

Smíšený model kombinuje fixní efekty (zde denní doba, distrakce a jejich interakce) s náhodnými efekty, které zachycují individuální rozdíly mezi účastníky (Haverkamp & Beauducel, 2019). Konkrétně byl specifikován náhodný intercept pro účastníka, aby se zohlednilo, že někteří řidiči jsou obecně rychlejší a jiní pomalejší v absolutní úrovni reakčních časů (Gelman & Hill, 2006). LMM mají navíc výhodu v pružnosti vůči nevyváženým datům a v možnosti modelovat složitější kovarianční struktury, pokud je to vzhledem k datům žádoucí (Mandel et al., 2023; Matuschek et al., 2017). Další předností je tzv. částečné sdílení informací (partial pooling), kde model využívá společné informace napříč účastníky, ale zároveň ponechává prostor pro jejich individuální odchylky, čímž zlepšuje rovnováhu mezi přesností a robustností odhadů (McElreath, 2020).

Ve smíšených modelech se spolu s fixní částí současně odhadují náhodné efekty a rozptylové parametry, takže nelze použít jednoduché uzavřené vzorce pro stupně volnosti (df) jako v klasické jednofaktorové ANOVA s nezávislými residui. Intuitivně lze df chápat jako „množství nezávislé informace“ dostupné pro test daného efektu po zohlednění všech ostatních odhadovaných parametrů; jde však o výkladovou pomůcku, nikoli formální definici (Kenward & Roger, 1997). Z těchto důvodů používáme ověřené aproximace df, které berou v úvahu variabilitu náhodných složek i strukturu dat. Pro Waldovy F-testy fixních efektů v LMM byla použita Satterthwaiteova aproximace, jež v malých až středních vzorcích poskytuje realističtější (typicky opatrnější) p-hodnoty (Haverkamp & Beauducel, 2019). Pro odhadované marginální střední hodnoty (estimated marginal means, EMM), jejich kontrasty a 95% intervaly spolehlivosti jsme použili Kenward–Rogerovu (KR) korekci, která kromě df koriguje i kovarianční matici fixních efektů a zlepšuje kalibraci intervalů zejména u menších vzorků (Kenward & Roger, 1997; Halekoh & Højsgaard, 2014).

Znamená to tedy, že globální (celkové) testy (také omnibus testy) fixních efektů (hlavní efekty a interakce) reportujeme jako F-testy se Satterthwaiteovými df v rámci LMM, zatímco jednoduché efekty (plánované kontrasty mezi odhadovanými marginálními středními hodnotami) a jejich intervaly spolehlivosti uvádíme s Kenward–Rogerovou korekcí. Obě metody tak zohledňují nejistotu vyplývající z odhadu náhodných efektů a poskytují lépe kalibrované p-hodnoty i intervaly, než kdybychom ignorovali vnitrosubjektovou závislost nebo pracovali s fixními efekty mimo rámec LMM.

Pro triangulaci byla navíc použita ANOVA na opakovaná měření (2×2), která poskytla obdobné závěry jako LMM. Protože má každý faktor pouze dvě úrovně, je předpoklad sphericity u každého efektu splněn a není nutná žádná korekce typu Greenhouse–Geisser (Girden, 1992). Tato analýza tedy slouží pouze jako doplňkový pohled k hlavnímu smíšenému modelu.

Zvažována byla i obyčejná lineární regrese bez náhodných efektů, ta by však ignorovala vnitrosjektovou závislost a vedla by k podhodnocení variability a potenciálně příliš optimistickým p-hodnotám (Gelman & Hill, 2006; Haverkamp & Beauducel, 2019). Z uvedených důvodů představuje LMM pro hlavní analýzy vhodnější a metodicky konzervativnější volbu, která lépe odpovídá struktuře dat (Mandel, Ghosh, & Barnett, 2023; Matuschek et al., 2017; McElreath, 2020).

Deskriptivní tabulky uvádíme v sekundách (s), zatímco grafy a komentáře k inferenčním výsledkům uvádíme v milisekundách (ms); na log-škále interpretujeme efekty jako poměry a reportujeme geometrické průměry s 95% CI.

8.2 Deskriptivní statistika

Podrobný přehled naměřených reakčních časů všech účastníků je uveden v tabulce 2. Každý řidič absolvoval čtyři scénáře kombinující denní dobu (den vs. noc) a přítomnost či nepřítomnost distraktoru (hands-free telefonní hovor). Tabulka obsahuje čtyři hodnoty reakčního času pro každého účastníka a jejich průměry. Skupinové průměry a směrodatné odchylky jsou také znázorněny přehledně v tabulce 2.

Reakční časy se mezi jednotlivci výrazně lišily; průměrné hodnoty reakčních časů jednotlivých účastníků se pohybovaly od 0,533 s do 1,434 s, přičemž u tří účastníků byly průměrné reakční doby nad 1 s. Tyto rozdíly mohou souviset s individuálními faktory, jako je věk, zkušenost nebo míra anticipace krizové situace. Tabulka 2 poskytuje detailní přehled jak o individuálních, tak o skupinových hodnotách.

Tabulka 2: Reakční časy řidičů (v sekundách)

Řidič	Den		Noc		Průměr
	Bez distrakce	Distrakce	Bez distrakce	Distrakce	
1	0,483	0,938	1,063	0,813	0,824
2	2,166	0,977	1,643	0,948	1,434
3	1,024	0,871	1,026	1,153	1,019
4	0,812	1,039	0,847	0,403	0,775
5	0,704	0,705	1,637	0,996	1,011
6	0,663	1,08	0,666	1,098	0,877
7	0,572	0,789	1,166	1,033	0,890
8	0,356	0,586	0,661	0,527	0,533
9	0,957	0,622	0,641	0,857	0,769
10	0,529	0,403	0,78	0,788	0,625
11	0,524	0,693	2,136	0,542	0,974
12	0,541	1,081	1,368	0,837	0,957
13	0,248	0,897	0,852	0,463	0,615
14	0,264	0,639	1,509	1,214	0,907
Průměr	0,703	0,809	1,143	0,834	
SD	0,480	0,208	0,456	0,263	
Medián	0,557	0,830	1,045	0,847	
Min	0,248	0,403	0,641	0,403	
Max	2,166	1,081	2,136	1,214	

Pozn.: Naměřené hodnoty reakčních časů jsou uvedeny v jednotkách sekund.

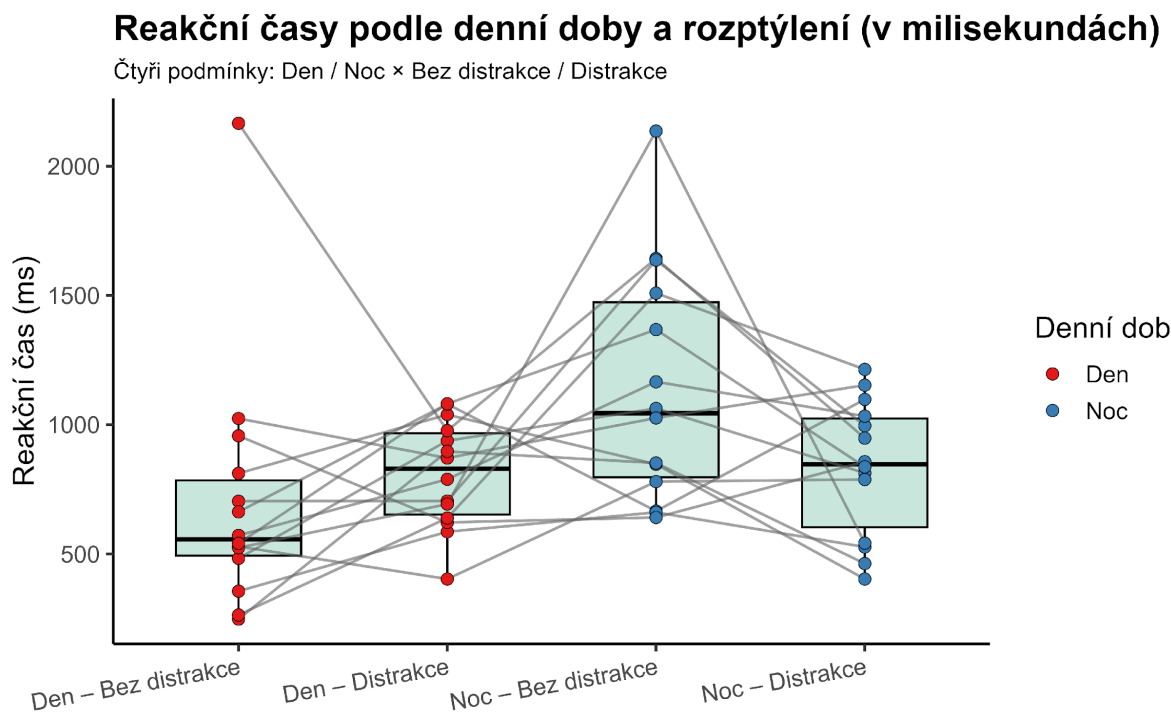
8.3 Inferenční analýza a její výsledky

Pro účely vizualizace a deskriptivního přehledu jsou reakční časy prezentovány v původních milisekundách, což umožňuje intuitivní porovnání mezi podmínkami i účastníky. Inferenční analýzy však vycházejí z logaritmicky transformovaných hodnot, které lépe splňují předpoklady parametrických metod.

Před analýzou jednotlivých efektů je vhodné představit celkový přehled všech čtyř experimentálních scénářů. Tento přehled poskytuje Graf 1, který kombinuje krabicové grafy

s individuálními spojnicemi a zobrazuje reakční časy všech účastníků. Z grafu je patrné, že nejkratší reakční časy byly zaznamenány při denní jízdě bez distrakce, zatímco nejdelší reakce nastaly při noční jízdě bez distrakce. Podmínky s přítomností hovoru se pohybují mezi těmito dvěma extrémů, přičemž spojnice jednotlivců naznačují, že vliv hovoru se lišil podle denní doby.

Graf 1: Rozložení reakčních časů řidičů ve čtyřech experimentálních scénářích



Poznámka: Krabicové grafy znázorňují medián, kvartily a rozptyl reakčních časů ve všech podmínkách. Bodové hodnoty představují jednotlivé účastníky.

Omnibus testy z lineárního smíšeného modelu (log-LMM) ukázaly, že hlavní efekt denní doby byl statisticky významný ($F(1, 45.23) = 8,49, p = 0,006$), zatímco hlavní efekt distrakce významný nebyl ($F(1, 45.23) = 0,03, p = 0,866$).

Naopak interakce mezi denní dobou a distrakcí byla významná ($F(1, 45.23) = 7,86, p = 0,007$), což naznačuje, že vliv hovoru na reakční čas se měnil v závislosti na denní době.

Zpětně transformované marginální střední hodnoty (geometrické průměry) poskytují konkrétnější přehled:

den bez distrakce: 599,6 ms (95% CI 481,4–746,9)

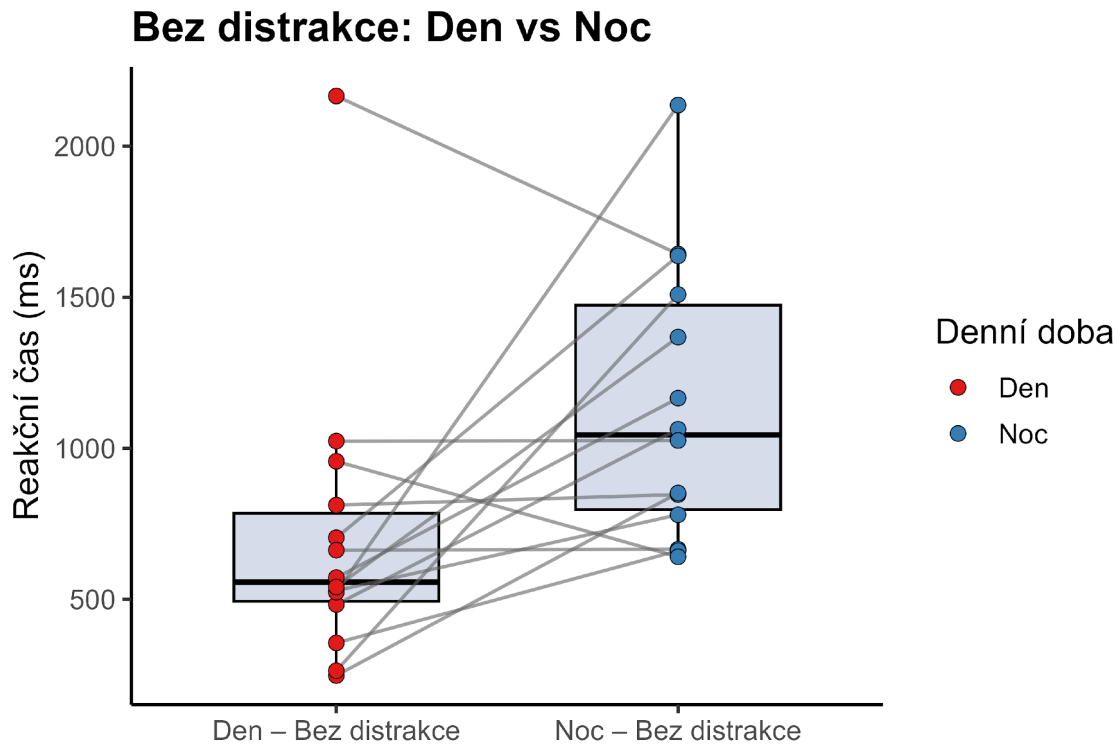
noc bez distrakce: 1064,4 ms (95% CI 854,5–1325,8)

den s distrakcí: 781,0 ms (95% CI 627,0–972,8)

noc s distrakcí: 789,7 ms (95% CI 634,0–983,7)

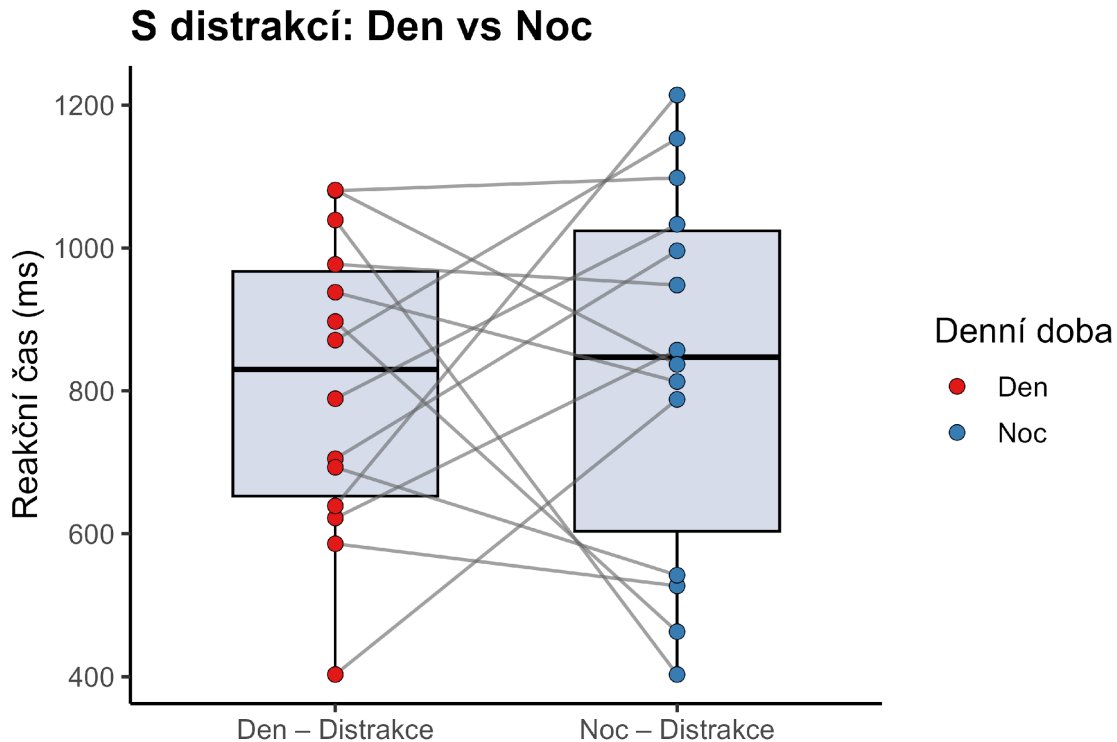
Poměr mezi noční a denní jízdou bez distrakce odpovídá přibližně 1,77, tedy o 77 % delším reakcím v noci (95% CI poměru 1,33–2,37). Tento vztah je znázorněn na Grafu 2, který porovnává denní a noční jízdu bez přítomnosti hovoru.

Graf 2: Porovnání denní a noční jízdy bez přítomnosti distrakce



Pro srovnání podmínek s hovorem zobrazuje Graf 3, že reakční časy mezi dnem a nocí se v této podmínce výrazně nelišily. Celkově tedy platí, že přítomnost hovoru neměla po zprůměrování napříč denními dobami statisticky významný vliv na reakční čas.

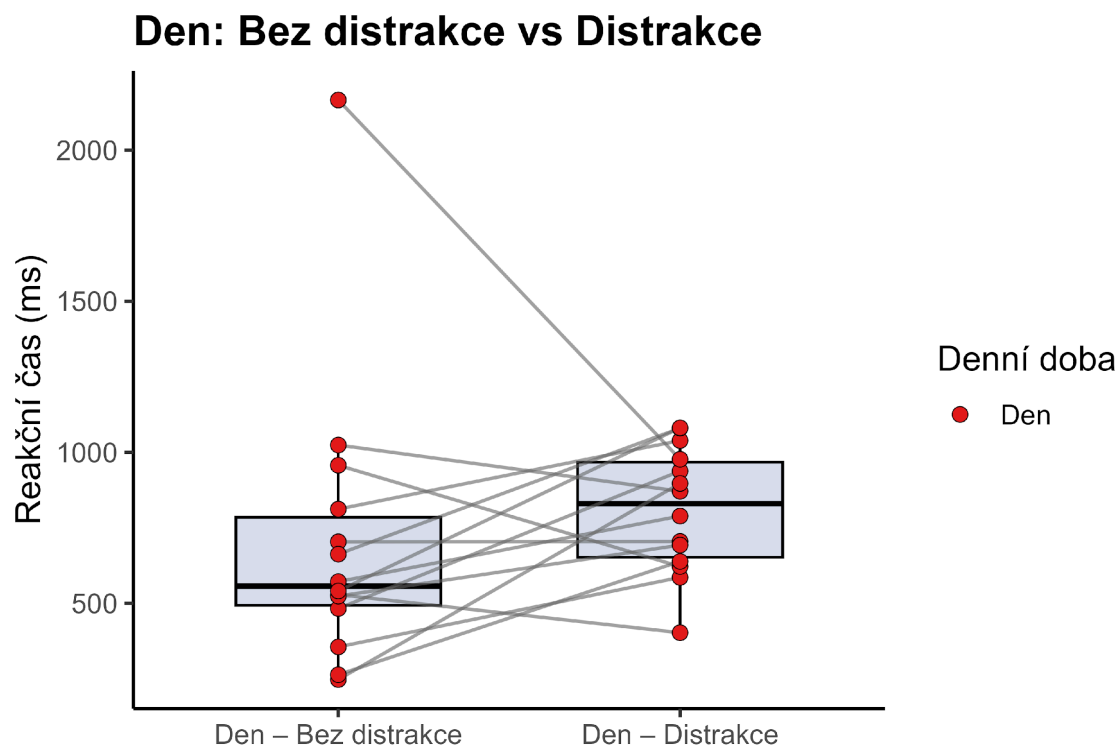
Graf 3: Porovnání denní a noční jízdy s přítomností distrakce



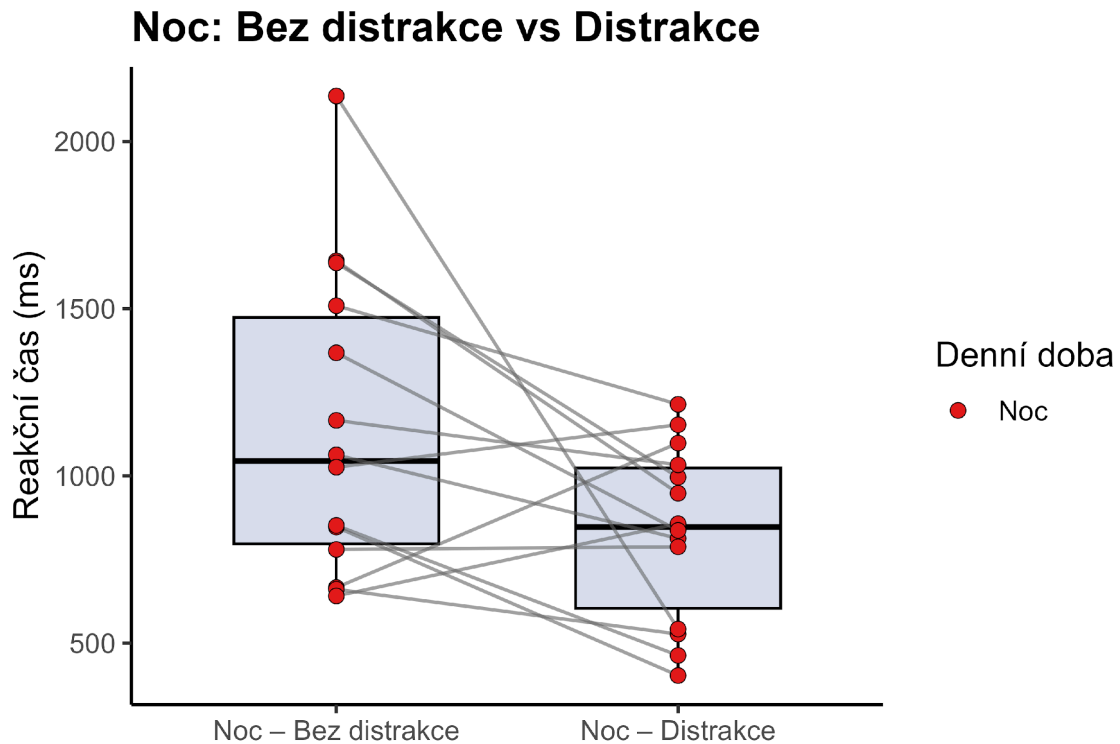
Hlavní efekt přítomnosti distrakce nebyl významný ($F(1, 45.23) = 0,03, p = 0,866$). Koeficient pro efekt hovoru na log-škále byl velmi blízko nule (Odhad = 0,009, SE = 0,048, $p = 0,861$), což ukazuje, že při průměrování napříč dnem a nocí hovor nezpůsobil konzistentní změnu v reakčním čase.

Jednoduché efekty (plánované kontrasty EMM v rámci log-LMM) ukázaly, že účinek hovoru na reakční dobu se liší mezi dnem a nocí. Ve dne se projevila tendence ke zpomalení reakce při hovoru (599,6 → 781,0 ms; poměr = 1,303; $p = 0,099$, dvoustranný test), zatímco v noci se objevil opačný vzorec, reakční doba se při hovoru zkrátila (1064,4 → 789,7 ms; rozdíl = -274 ms; poměr = 0,742; 95% CI: 0,56–0,99; $p = 0,034$, dvoustranný test). Tento rozdíl je znázorněn v Grafu 5.

Graf 4: Změny reakčních časů mezi podmínkami s distrakcí a bez distrakce během denní jízdy



Graf 5: Vliv distrakce během noční jízdy



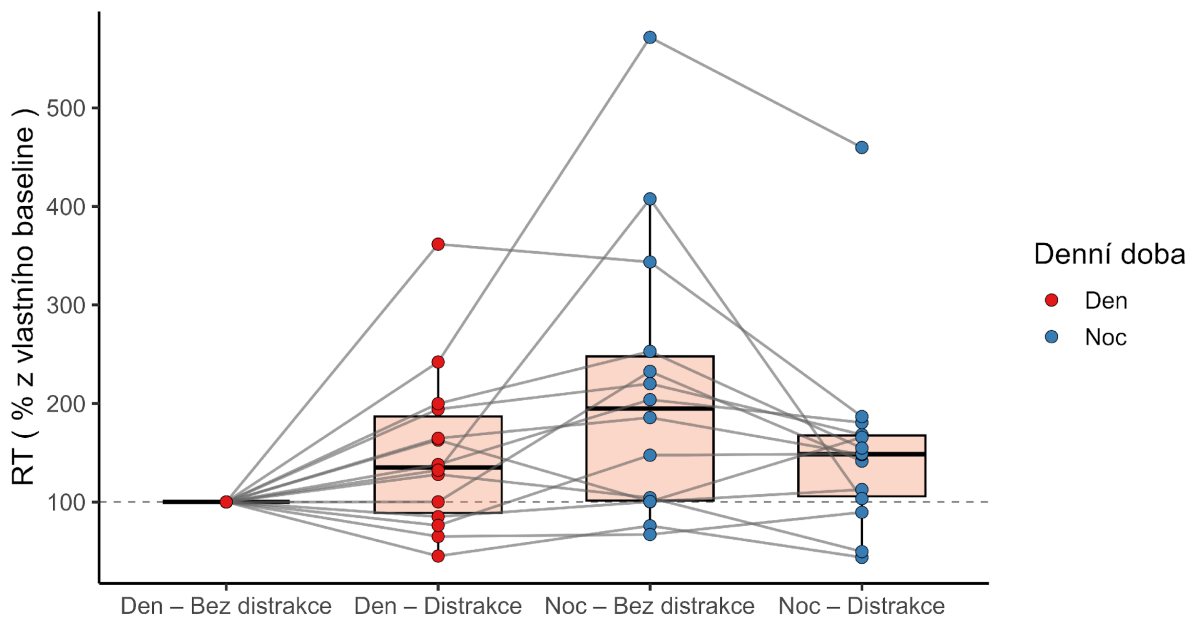
Celkově tedy analýza potvrdila významnou interakci mezi denní dobou a přítomností hovoru. Ve dne hovor vedl spíše k mírnému (a statisticky nevýznamnému) prodloužení reakce, zatímco v noci se projevil opačný trend, tedy zkrácení reakční doby při hovoru. Tento vzorec může naznačovat, že v nočních podmínkách mohla přítomnost hovoru působit aktivačně a částečně kompenzovat útlum pozornosti typický pro jízdu v noci.

Pro názornější interpretaci byly reakční časy vyjádřeny relativně vůči referenční podmínce (den bez distrakce). Graf 6 zobrazuje procentuální změny mezi podmínkami a ukazuje, že distrakce během dne vedla k mírnému prodloužení reakčních časů, zatímco v noci ke zkrácení. Tento vzorec dobře ilustruje interakční charakter obou faktorů.

Graf 6: Procentuální změny mezi jednotlivými podmínkami

Reakční čas jako procento relativně k Den – Bez distrakce (100 %)

Každý účastník normalizován na svůj vlastní Den – Bez distrakce

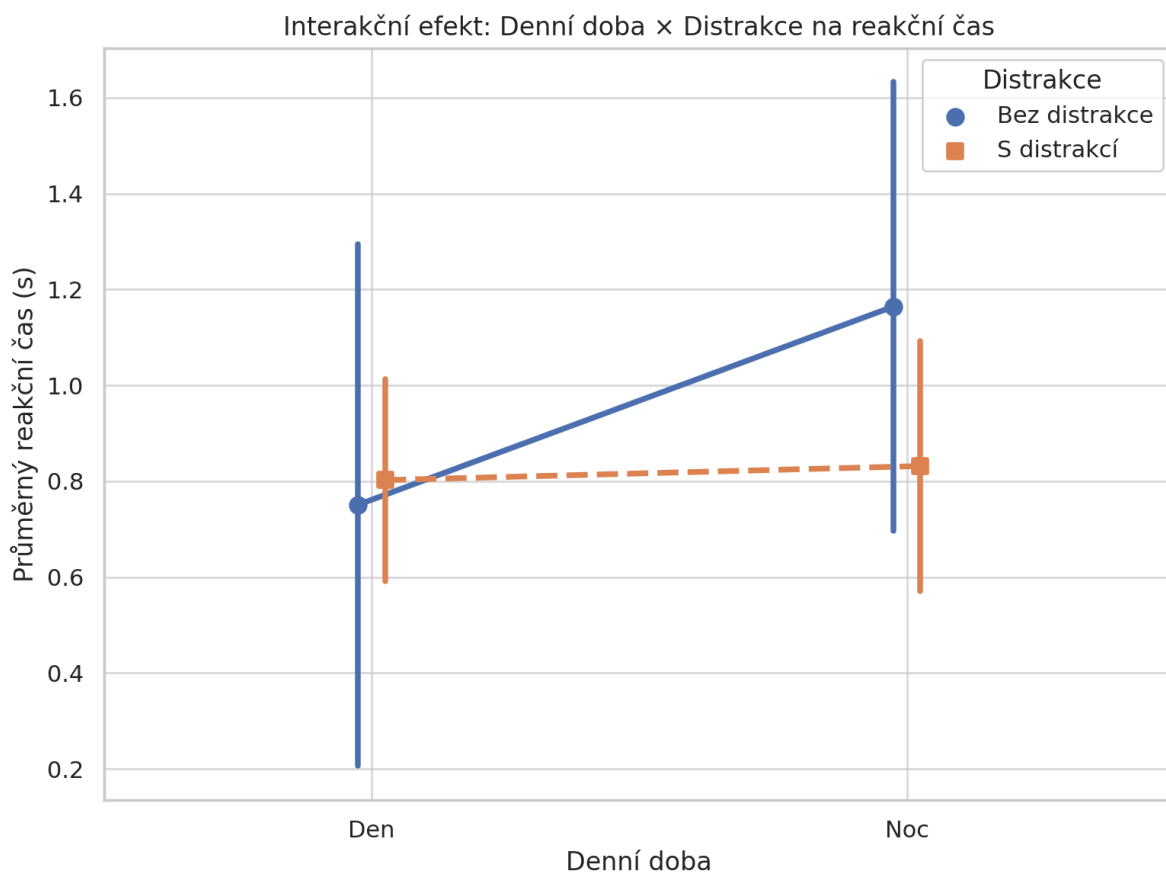


Poznámka: přerušovaná čára = 100 % baseline (Den – Bez distrakce).

Poznámka: Každý účastník byl normalizován na svou vlastní referenční hodnotu v podmínce Den – Bez distrakce (100 %). Hodnoty tedy ukazují relativní prodloužení či zkrácení reakčního času v dalších podmínkách vzhledem k individuální základní úrovni. Graf tak znázorňuje změny nezávisle na absolutních rozdílech mezi účastníky.

Interakční efekt je znázorněn v Grafu 7, který ukazuje průměrné reakční časy ve všech čtyřech experimentálních podmínkách (Den/Noc × Bez hovoru/S hovorem). Z grafu je patrné, že ve dne vedla přítomnost hovoru k mírnému prodloužení reakčních časů, zatímco v noci naopak k jejich zkrácení, což odpovídá zjištěnému významnému interakčnímu efektu mezi denní dobou a distrakcí.

Graf 7: Interakce denní doby a přítomnosti hovoru na reakční čas.



Poznámka: Body a spojnice zobrazují aritmetické průměry ze surových hodnot; chybové úsečky představují 95 % intervaly spolehlivosti.

Testování hypotéz

V souladu s analytickým plánem byly směrové (jednostranné) testy použity u předem plánovaných kontrastů; omnibus F-testy interakce jsou dvoustranné. P-hodnoty u EMM/kontrastů jsou založeny na Kenward–Roger korekci.

H1 – Hlavní efekt denní doby (bez hovoru; směrově „noc > den“).

V podmínce bez hovoru byly reakce statisticky významně delší v noci než ve dne (geometrické EMM 1064,4 ms vs. 599,6 ms; poměr = 1,77, 95% CI 1,33–2,37; $p_{\text{jednostr.}} = 0,003$). H0 byla zamítnuta; H1 byla přijata.

H2 – Hlavní efekt hovoru (směrově „záměrný distraktor prodlouží RT“).

Napříč dnem a nocí se hlavní efekt hovoru neprokázal; i jednostranně vychází jako nevýznamný (koeficient na log-škále = 0,009, SE = 0,048; $p_{\text{jednostr.}} = 0,43$; omnibus $F(1, 45.23) = 0,03$, $p = 0,866$). H0 nebyla zamítnuta; H2 nebyla přijata.

H3 – Interakce denní doby a hovoru

Interakce je významná (omnibus $F(1, 45.23) = 7,86$, $p = 0,007$, dvoustranně). Směrové jednoduché efekty ukázaly rozdílný účinek hovoru:

- Ve dne hovor prodloužil reakci (599,6 → 781,0 ms; poměr = 1,303; $p_{\text{jednostr.}} = 0,050$).
- V noci hovor reakci zkrátil (1064,4 → 789,7 ms; rozdíl = -274 ms; poměr = 0,742; 95% CI 0,56–0,99; $p_{\text{jednostr.}} = 0,017$).

H0 byla zamítnuta; H3 byla přijata.

Pozn.: Jednostranné p-hodnoty jsou uváděny jen tam, kde byla alternativa předem směrově specifikována a efekt šel předpokládaným směrem. Pro transparentnost: při dvoustranném hodnocení zůstává H1 i interakce (H3) významná; ve dne má efekt hovoru charakter trendu ($p = 0,099$), v noci je významný ($p = 0,034$).

9 Diskuze

Tato studie se zaměřila na vliv denní doby a kognitivní distrakce ve formě hands-free hovoru na reakční čas řidičů v reálném silničním provozu. Na základě teoretických východisek byly formulovány tři cíle/hypotézy: (H1) ověřit, zda je reakční čas v noci (bez záměrného distraktoru) delší než ve dne; (H2) ověřit, zda telefonický hovor (hands-free) prodlužuje reakční čas; a (H3) prozkoumat interakci obou faktorů. Reakční čas byl operacionalizován jako interval mezi objektivně identifikovatelným počátkem situace ohrožující bezpečnost (vstup figurantky do zorného pole řidiče) a zahájením obranného manévru (brzdění nebo úhyb; srov. definice u Tarkowski et al., 2022).

H1 byla podpořena: bez záměrné distrakce byly noční reakce výrazně pomalejší než denní (přibližně o tři čtvrtiny). Tento nálezn je v souladu s literaturou, která dlouhodobě dokumentuje pokles bdělosti a zhoršení psychomotorického výkonu v nočních hodinách vlivem cirkadiánních rytmů a homeostatického spánkového tlaku (Åkerstedt et al., 2001; Åkerstedt & Wright, 2009; Dinges, 1995; Van Dongen et al., 2003). Noční řízení typicky kombinuje mezopické světelné podmínky a monotónní prostředí, což vede ke zpomalené detekci a delším latencím reakčního času (Ahlström et al., 2017; Anund et al., 2017). Část intersubjektové variability je přitom očekávatelná: zkušenější řidiči s lepší hazard perception mívají širší a efektivnější vizuální skenování, což usnadňuje včasnou anticipaci (Horswill & McKenna, 2004; Underwood, 2007; Konstantopoulos et al., 2010), zatímco interindividuální rozdíly v náchylnosti ke spánkové deprivaci jsou do značné míry stabilní (tzv. trait-like vulnerabilita) a mohou noční zpomalení dále zvyšovat (Van Dongen et al., 2003; Van Dongen & Belenky, 2009).

H2 podpořena nebyla: po zprůměrování napříč denními dobami nebyl hlavní efekt hovoru na latenci statisticky významný. Na první pohled je to v překvapující v porovnání s přehledovými i experimentálními studiemi, které obvykle nacházejí statisticky významné zpomalení reakcí při telefonování (Al-Darrab et al., 2009; Beede & Kass, 2006; Bellinger et al., 2009; Caird et al., 2008; Consiglio et al., 2003; Strayer & Fisher, 2016). Vysvětlení se

nabízí dvojí: (a) v terénním uspořádání působí kontextové proměnné (proměnlivost provozu, vizuální komplexita scény) a individuální rozdíly v bdělosti, které mohou čistý průměrný efekt „rozředit“; (b) náročnost konverzace se v reálných podmínkách liší více než v simulátorech a komplexnější rozhovory přitom prokazatelně prodlužují reakce výrazněji než jednoduchý „small talk“ (Choudhary & Velaga, 2017; srov. Caird et al., 2008; Strayer & Fisher, 2016; Nathanail et al., 2014). „Nulový“ hlavní efekt tak neznamena absenci vlivu hovoru, ale jeho kontextovou podmíněnost, kterou odhalila interakce s denní dobou (H3). Hovory v tomto experimentu nebyly nikterak strukturované, šlo spíše o tzv. “small talk” než o komplexnější hovor, to mohlo ovlivnit výsledky.

H3 byla podpořena: efekt hovoru se lišil podle denní doby. Ve dne hovor vedl k mírnému prodloužení reakčního času, zatímco v noci se objevil opačný vzorec, jelikož latence reakčního času byly při hovoru kratší než bez hovoru. Tento nálezn je konzistentní s rámcem Yerkes–Dodsonova zákona: výkon je nejlepší při střední úrovni aktivace; při přestimulování (overload) i podstimulování (underload) klesá (Yerkes & Dodson, 1908; Teigen, 1994; Hockey, 1997). Možné vysvětlení je, že řízení v denní době znamená vyšší počáteční aktivaci a senzoričnou náročnost; přidání konverzace proto soutěží o centrální zdroje a prodlužuje reakční odpověď (Horrey & Wickens, 2006; Strayer & Johnston, 2001; Strayer & Fisher, 2016). Naproti tomu noční řízení je často monotónní a provázené nižší aktivací; jednoduchá konverzace může v takovém kontextu aktivačně působit a zkrátit latenci reakcí (May & Baldwin, 2009; Ůnal et al., 2012; Ůnal et al., 2013). Je však důležité poznamenat, že kratší reakční čas neimplikuje automaticky vyšší bezpečnost: rozhodování může být rychlejší díky posunu rozhodovacího prahu, ale méně přesné (viz níže), a evidence dlouhodobě ukazuje na zhoršení vizuálního skenování a situačního povědomí při telefonování (Caird et al., 2008; Strayer & Fisher, 2016).

Upřesnění těchto výsledků dobře vystihuje možný kompromis rychlost na úkor přesnosti z modelů akumulace důkazů. V sekvenčních modelech (např. drift–diffusion, který je popsán v teoretické části práce) je reakční čas dán jednak rychlostí sběru informace, jednak nastavením rozhodovacího prahu: snížený práh vede k dřívějšímu rozhodnutí, ale za cenu nižší přesnosti (Bogacz et al., 2006; Ratcliff & Smith, 2018). V nočních podmínkách underloadu může i jednoduchá konverzace mírně zvýšit aktivaci, a tím buď zrychlit akumulaci, nebo snížit

rozhodovací práh; reakce je pak kratší, aniž by nutně byla lepší. To je v souladu s přehledy, podle nichž telefonování (včetně hands-free) zužuje vizuální skenování a zhoršuje situační povědomí; samotné zkrácení latence proto nelze vykládat jako ochranný efekt (Caird et al., 2008; Strayer & Fisher, 2016).

Silnou stránkou studie je, že dosahuje vysoké ekologické validity. Měření probíhalo na skutečné trase s reálnou vizuální komplexitou a neočekávaným podnětem (vstup chodce zpoza překážky do jízdní dráhy). Vnitrosubjektový design a lineární smíšené modely s log-transformací umožnily kontrolovat interindividuální variabilitu a stabilizovat rozptyl, efekty proto uvádíme jako poměry geometrických průměrů. Operacionalizace reakčního času (RT) kotví začátek intervalu k objektivnímu počátku nebezpečí (okamžik fyzického vstupu figuranta do jízdní dráhy dle videozáznamu) a konec intervalu k zahájení obranného manévru detekovanému ze senzoru Shimmer3 IMU (začátek brzdění nebo změna směru). Tato volba je běžná ve forenzní praxi a je identická s paralelní studií (Tarkowski et al., 2022; srov. Green, 2000; Chitnis et al., 2021; Francis et al., 2020). V terénu mohou mezopické podmínky, lokální oslnění a kontrast jemně posouvat načasování jak vizuální registrace, tak náběhu motorického účinku; jde o limit inherentní realitě a „cenu“ za ekologickou validitu. Rozsah námi zjištěných latencí je přitom srovnatelný se studii simulujícími detekci chodce či náhlého dopravního podnětu a vliv telefonické konverzace v kontrolovaném prostředí (např. Strayer et al., 2004; Bellinger et al., 2009; Patten et al., 2004; Jurecki et al., 2014).

Rozdíly v absolutních časech vůči některým studiím lze částečně vysvětlit operacionalizací RT — u nás od vstupu figuranta do zorného pole řidiče po první motorickou odezvu (detekovaným na senzor IMU), zatímco jiné práce měří od umělého „signálu“ po stisk brzdy; ekologickou validitou reálné scény (vizuální komplexita, mezopická luminance, lokální oslnění), která zvyšuje detekční latence oproti simulátorům; a rozdílnými typy sekundární úlohy (standardizovaná mentální aritmetika vs. nestrukturovaný hovor) (Bellinger et al., 2009; Patten et al., 2004; Choudhary & Velaga, 2017). To, že se naše rozpětí (0,25–2,17 s) překrývá s rozpětími uváděnými pro detekci chodce v kontrolovanějších podmínkách, podporuje validitu zvoleného postupu (Drozdziel et al., 2020; Jurecki et al., 2014).

Mezi omezení studie jistě patří velikost a složení vzorku, která limituje zobecnitelnost ($N = 14$; převaha mužů a řidičů s častou jízdou) a absence objektivních metrik bdělosti (KSS, EOG/EEG, pupilometrie). Pozorovaná interakce může být částečně dána interindividuální variabilitou ve spánkovém dluhu a cirkadiánním nastavení (Åkerstedt et al., 2001; McHill & Wright, 2019). Dále nebyly zachyceny měřené moderátory typu hazard perception či osobnostních rysů, což by bylo jistě užitečné, jelikož literatura ukazuje, že například svědomitost a přívětivost souvisejí s bezpečnějším stylem, zatímco vyhledávání vzrušení (sensation seeking) a řidičský hněv s rizikovým chováním a porušováním pravidel (Clarke & Robertson, 2005; Dahlen et al., 2005; Dahlen et al., 2012; Deffenbacher et al., 1994; Jonah, 1997). Tyto faktory, spolu s věkem a rychlostí percepčně-motorického zpracování (Der & Deary, 2006) a trait-like vulnerabilitou vůči spánkové deprivaci (Van Dongen et al., 2003; Van Dongen & Belenky, 2009), mohou vysvětlit část variability efektů napříč jednotlivci, a tedy i slabší průměrný hlavní efekt hovoru. Náročnost hovoru navíc nebyla standardizována z hlediska obsahu či emocionality, což může zvyšovat rozptyl (Choudhary & Velaga, 2017).

Další možným omezením je definice onsetu jako vstupu do zorného pole může u situací s opožděnou fixací mírně prodloužit odhad percepčně-motorické latence, protože zahrnuje i krátký interval mezi záběrem brýlí a skutečnou fixací řidiče. Jde o předvídatelný kompromis terénního měření a geometrie kamera vs. oči, tedy „daň“ za vysokou ekologickou validitu. Na druhou stranu, kdybychom onset definovali jako první fixaci, naopak bychom podhodnocovali celou percepční fázi, protože ignoruje dobu od první viditelnosti podnětu do okamžiku, kdy na něj řidič pohlédne.

Praktické implikace: Zjištění, že noční jízda bez distrakce souvisí s výrazně delšími latencemi, podporuje prevenci založenou na spánkové hygieně, plánování jízd mimo cirkadiánní minima (cca 03:00–05:00) a zlepšování vizuálních podmínek (kvalitní osvětlení přechodů, kontrastní značení). Telefonování při řízení nelze chápat jako bezpečný prostředek „udržení bdělosti“, i když v noci může latenci zkrátit, dostupná evidence ukazuje na zhoršení vizuálního skenování i rozhodování (Caird et al., 2008; Strayer & Fisher, 2016). Pro forezní a dopravně-psychologickou praxi z toho plyne, že velikost i směr dopadu sekundárních úloh

jsou kontextově závislé (den/noc, míra únavy, náročnost hovoru) a interpretace kolizních scénářů by měla zohlednit světelné podmínky i možný underload/overload profil.

Jako doporučení pro další výzkum se nabízí multimodální měření bdělosti (KSS, pupilometrie, EOG/EEG, případně HRV) paralelně s RT, standardizace kognitivní náročnosti konverzace (např. „small talk“ vs. mentální aritmetika) a srovnání s jinými modalitami sekundárních podnětů (hudba, podcast, rozhovor se spolujezdcem). Vedle latence doporučujeme systematicky hodnotit kvalitu manévru (maximální decelerace, laterální kontrola, falešné poplachy) a explicitně modelovat moderátory (zkušenost, hazard perception, osobnostní rysy, chronotyp, trait-like vulnerabilita). U analýzy dat dává smysl uvažovat o pokročilejších přístupech kombinujících nelineární vztahy s náhodnými efekty (např. generalizované neuronové smíšené modely; Mandel et al., 2023), zejména při práci s komplexními sensorickými daty.

Studie potvrzuje, že denní doba je silným determinantem reakční latence při řízení, a současně ukazuje, že účinek kognitivní distrakce (hands-free hovor) je modulován kontextem. Ve dne hovor typicky přidává kognitivní zátěž a zhoršuje výkon; v noci může v podmínkách nízké stimulace působit aktivačně a zkrátit latenci. Tato kontextová závislost ovšem nevyzdvihuje telefonování jako bezpečnou praxi, i při zkrácené latenci reakce mohou být narušeny klíčové perceptuálně-rozhodovací procesy. Přínosem práce je vysoká ekologická validita a ukotvení interakční povahy efektu distrakce; limitem je zejména velikost vzorku a chybějící objektivní metriky bdělosti a moderátorů. Výsledky mají praktický význam pro prevenci rizik noční jízdy i pro forenzní interpretace řidičského chování v různých světelných podmínkách.

10 Závěr

V předložené experimentální studii byla v reálném silničním provozu měřena délka reakčního času ve čtyřech podmínkách (den/noc × s/bez hands-free hovoru) a následně byla analyzována pomocí lineárních smíšených modelů se zohledněním vnitrosubjektové korelace. Byla prokázána významná role denní doby: bez záměrné distrakce byla délka reakčního času v noci delší než ve dne, a hypotéza H1 byla přijata. Po zprůměrování napříč denními dobami se hlavní účinek hands-free hovoru na délku reakčního času neprokázal, a hypotéza H2 nebyla přijata. Současně byl identifikován významný interakční efekt mezi denní dobou a přítomností hovoru. Ve dne byl u hovoru pozorován sklon k prodloužení délky reakčního času, zatímco v noci byla délka reakčního času při hovoru kratší než bez hovoru; hypotéza H3 tak byla přijata. Tento vzorec podporuje interpretaci, že dopad kognitivní distrakce je kontextově podmíněn.

Za hlavní přínos práce je považována vysoká ekologická validita měření ve skutečném provozu a využití lineárních smíšených modelů, které umožnily zpřesnit odhady hlavních i interakčních efektů a přihlídnout k individuálním rozdílům mezi řidiči. Zjištění mají praktický význam pro prevenci rizik noční jízdy i pro forenzní posuzování událostí, při interpretaci chování řidiče by měly být systematicky zohledňovány světelné podmínky a povaha sekundárních úloh. Skutečnost, že v noci může být při jednoduchém hovoru délka reakčního času kratší, nelze chápat jako důkaz bezpečnosti telefonování. Závěry je nutné vztahovat k celkové kvalitě vizuálního skenování a rozhodování v daném kontextu.

Celkově bylo doloženo, že denní doba je silným determinantem délky reakčního času v reálných podmínkách a že účinek hands-free hovoru na délku reakčního času se mění podle kontextu. Práce tak rozšiřuje dostupná empirická data pro české prostředí a nabízí metodické východisko pro následné studie zaměřené na kombinaci délky reakčního času s objektivními metrikami bdělosti a standardizovanou náročností sekundárních úloh.

11 Souhrn

Tato magisterská práce se zabývá vlivem denní doby a přítomnosti kognitivní distrakce na délku reakčního času řidičů v reálném silničním provozu. Délka reakčního času je chápána jako interval mezi okamžikem vzniku podnětu vyžadujícího reakci a zahájením motorické odpovědi na tento podnět.

Výzkum byl realizován jako experiment s vnitrosubjektovým designem na vzorku 14 řidičů, kteří absolvovali jízdy ve dne i v noci, s přítomností telefonického hovoru (hands-free) i bez něj. Měření probíhalo v reálném provozu s využitím eye-trackingu (identifikace vizuálního podnětu) a senzorů ve vozidle (identifikace začátku brzdění či úhybného manévru). Data byla vyhodnocena pomocí lineárních smíšených modelů, které umožnily zohlednit vnitrosubjektovou závislost a mezisubjektovou variabilitu.

Bylo zjištěno, že délka reakčního času byla v noci při absenci distrakce statisticky významně delší než ve dne; tato hypotéza byla přijata. Naopak hlavní účinek telefonického hovoru napříč dnem i nocí se neprokázal a hypotéza o obecném prodloužení délky reakčního času při hovoru přijata nebyla. Klíčovým nálezem byla statisticky významná interakce denní doby a distrakce. Zatímco ve dne vedla přítomnost hovoru ke zpomalení reakcí, v noci byl pozorován opačný vzorec, kdy byla délka reakčního času při hovoru kratší než bez hovoru.

Tyto výsledky jsou v souladu s rozsáhlou literaturou, podle níž je noční řízení provázáno poklesem bdělosti a zhoršením psychomotorického výkonu vlivem cirkadiálních rytmů a homeostatického tlaku spánku; k tomu se přidává zhoršené vizuální zpracování v mezopických podmínkách a účinky oslnění (Ahlström et al., 2017; Anund et al., 2017; Åkerstedt & Wright, 2009; Dinges, 1995; Van Dongen et al., 2003). Zjištění proto zapadají do očekávaného obrazu, že délka reakčního času bývá v noci delší než ve dne.

Na druhou stranu skutečnost, že hypotéza o prodloužení reakčního času při hovoru přes hands-free (po zprůměrování napříč dnem a nocí), nebyla podpořena, kontrastuje s řadou přehledových a experimentálních studií, které obvykle uvádějí prodloužení reakčního času při telefonování. (Bellinger et al., 2009; Caird et al., 2008; Horrey & Wickens, 2006; Strayer & Fisher, 2016). Tato odlišnost je interpretována jako kontextová podmíněnost efektu

v terénu, náročnost konverzace není stabilní (jednoduchý „small talk“ vs. komplexní úloha), a právě vyšší kognitivní nároky rozhovoru vedou k většímu zpomalení než rozhovory jednoduché (Choudhary & Velaga, 2017; srov. Caird et al., 2008; Strayer & Fisher, 2016).

Pozorovaná interakce denní doby a hovoru je konzistentní s rámcem Yerkes–Dodsonova zákona: výkon je nejlepší při střední úrovni aktivace; při podstimulování i přestimulování klesá (Yerkes & Dodson, 1908; Teigen, 1994; Hockey, 1997). Ve dne, kdy je počáteční aktivace a senzorická náročnost prostředí vyšší, hovor soutěží o centrální zdroje pozornosti a výkon se zhoršuje (Horrey & Wickens, 2006; Strayer & Johnston, 2001). V noci, typicky v podmínkách nízké stimulace, může jednoduchá konverzace působit aktivačně a délka reakčního času se může zkracovat, na jiných studiích se tento efekt ukázal u poslechu hudby či jednoduchého zvukového podnětu (May & Baldwin, 2009; Ůnal et al., 2012; Ůnal et al., 2013). Současně se zdůrazňuje, že kratší délka reakčního času nemusí znamenat vyšší bezpečnost: v kognitivních modelech rozhodování často dochází ke kompromisu mezi rychlostí a přesností — nižší rozhodovací práh může urychlit reakci, ale zhoršit přesnost úsudku (Bogacz et al., 2006; Ratcliff & Smith, 2018). Tomu odpovídají i zjištění o zúžení vizuálního skenování a zhoršení situačního povědomí při telefonování, tedy omezení efektivního využití zorného pole (field of view) a periferní kontroly (Caird et al., 2008; Strayer & Fisher, 2016).

Silnou stránkou studie je vysoká ekologická validita (měření v běžném provozu s neočekávaným vstupem chodce), propracovaná operacionalizace délky reakčního času kotvená k objektivnímu počátku nebezpečí a k začátku motorické odezvy a použití smíšeného modelování pro zachycení individuálních rozdílů (srov. Chitnis et al., 2021; Francis et al., 2020; Green, 2000; Tarkowski et al., 2022). Mezi omezení patří velikost a složení vzorku, chybějící objektivní metriky bdělosti a nestandardizovaná náročnost hovoru; literatura přitom ukazuje stabilní interindividuální rozdíly v náchylnosti k účinkům spánkové ztráty i v rychlosti percepčně-motorického zpracování, které mohou moderovat účinky distrakce (Der & Deary, 2006; Van Dongen et al., 2003; Van Dongen & Belenky, 2009).

Z výsledků vyplývá, že noční jízda bez distrakce souvisí s prodloužením délky reakčního času, což podporuje opatření v oblasti spánkové hygieny, plánování jízd mimo

cirkadiánní minima a důležitost dobrých vizuálních podmínek (Åkerstedt et al., 2001; Ahlström et al., 2017). Telefonování by nemělo být chápáno jako strategie „udržení bdělosti“: i když se v noci může délka reakčního času v jednoduchých scénářích zkrátit, dlouhodobá evidence ukazuje souběžné zhoršení vizuálního skenování a situačního povědomí, tedy potenciální zhoršení bezpečného řízení (Caird et al., 2008; Strayer & Fisher, 2016). Závěrem je zdůrazněno, že účinek kognitivní distrakce není univerzální, nýbrž kontextově podmíněný (světelné podmínky, míra únavy, typ a náročnost hovoru); interpretace chování řidiče i forenzní závěry by tuto podmíněnost měly reflektovat.

Seznam použité literatury

- Abdel-Aty, M., Ekram, A. A., Huang, H., & Choi, K. (2011). A study on crashes related to visibility obstruction due to fog and smoke. *Accident Analysis & Prevention*, *43*(5), 1730–1737.
- Ahlström, C., Anund, A., Fors, C., & Åkerstedt, T. (2017). The effect of daylight versus darkness on driver sleepiness: A driving simulator study. *Journal of Sleep Research*, *27*(3). <https://doi.org/10.1111/jsr.12642>
- Åkerstedt, T., & Wright, K. P., Jr. (2009). Sleep loss and fatigue in shift work and shift work disorder. *Sleep Medicine Clinics*, *4*(2), 257–271. <https://doi.org/10.1016/j.jsmc.2009.03.001>
- Åkerstedt, T., Kecklund, G., & Hörte, L. G. (2001). Night driving, season, and the risk of highway accidents. *Sleep*, *24*(4), 401–406. <https://doi.org/10.1093/sleep/24.4.401>
- Al-Darrab, I. A., Khan, Z. A., & Ishrat, S. I. (2009). An experimental study on the effect of mobile phone conversation on drivers' reaction time in braking response. *Journal of Safety Research*, *40*(3), 185–189. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2009.02.009>
- American Psychological Association. (2017). Ethical Principles of Psychologists and Code of Conduct. <https://www.apa.org/ethics/code>
- American Psychological Association. (2018). Reaction time. In *APA Dictionary of Psychology*. Retrieved November 2, 2025, from <https://dictionary.apa.org/reaction-time>
- Antoun, M., Edwards, K. M., Sweeting, J., & Ding, D. (2017). The acute physiological stress response to driving: A systematic review. *PLOS ONE*, *12*(10), e0185517. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185517>
- Anund, A., Fors, C., & Ahlström, C. (2017). The severity of driver fatigue in terms of line crossing: A pilot study comparing day- and night-time driving in a simulator. *European Transport Research Review*, *9*(2). <https://doi.org/10.1007/s12544-017-0248-6>
- Anund, A., Lahti, E., Fors, C., & Genell, A. (2015). The effect of low-frequency road noise on driver sleepiness and performance. *Plos One*, *10*(4), e0123835.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123835>

Beede, K. E., & Kass, S. J. (2006). Engrossed in conversation: The impact of cell phones on simulated driving performance. *Accident Analysis and Prevention*, 38(2), 415-421. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2005.10.015>

Behrens, T., Burek, K., Pallapies, D., Kösters, L., Lehnert, M., Beine, A., & Rabstein, S. (2019). Decreased psychomotor vigilance of female shift workers after working night shifts. *PLOS ONE*, 14(7), e0219087. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219087>

Bellinger, D. B., Budde, B. M., Machida, M., Richardson, G. B., & Berg, W. P. (2009). The effect of cellular telephone conversation and music listening on response time in braking. *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour*, 12(6), 441-451. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2009.08.007>

BESIP. (2025). *Strategie BESIP 2024: Informace o plnění*. Ministerstvo dopravy ČR. <https://besip.gov.cz/getattachment/Pro-odborniky/Narodni-strategie-BESIP/Plneni-strategie/Strategie-BESIP-2024-Informace-o-plneni.pdf>

Bhagavathula, R., Gibbons, R., & Kassing, A. (2021). Roadway lighting's effect on pedestrian safety at intersection and midblock crosswalks. <https://doi.org/10.36501/0197-9191/21-028>

Bogacz, R., Brown, E., Moehlis, J., Holmes, P., & Cohen, J. D. (2006). The physics of optimal decision making: a formal analysis of models of performance in two-alternative forced-choice tasks. *Psychological Review*, 113(4), 700–765. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.113.4.700>

Borecký, P. (2018). *Reakční doba řidiče jako vstupní parametr pro forenzní analýzu dopravních nehod* [Diplomová práce, ČVUT v Praze, Fakulta dopravní]. Digitální knihovna ČVUT.

Bourquin, E., Emerson, R. W., & Sauerburger, D. (2014). Conditions that influence drivers' yielding behavior in turning vehicles at intersections with traffic signal controls. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 108(3), 233–243. DOI:10.1177/0145482X1410800302

- Bucsuházy, K. (2020). *Analýza vlivů vybraných rušivých podnětů na pozornost řidiče*. (Dizertační práce). Vysoké učení technické v Brně.
- Bucsuházy, K., Semela, M., Belák, M., Maxera, P., Bilík, M., Rábek, V., & Zůvala, R. (2020). Analysis of selected off-road glances during driving in real road traffic. *Transportation Research Procedia*, 45, 580–586. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.054>
- Bucsuházy, K., Svozilová, V., Semela, M., Stáňa, I., & Gruberová, O. (2019). Analysis of driver reaction during braking and avoidance maneuver. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1–10. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/603/4/042085>
- Caird, J. K., Horrey, W. J., & Smiley, A. (2014). Driving simulation for behavioral research. In *Handbook of driving simulation for engineering, medicine, and psychology* (pp. 21–42). CRC Press.
- Caird, J. K., Willness, C. R., Steel, P., & Scialfa, C. (2008). A meta-analysis of the effects of cell phones on driver performance. *Accident; analysis and prevention*, 40(4), 1282–1293. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2008.01.009>
- Carter, B. T., & Luke, S. G. (2020). Best practices in eye tracking research. *International Journal of Psychophysiology*, 155, 49–62. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.05.010>
- Clarke, S., & Robertson, I. T. (2005). A meta-analytic review of the Big Five personality factors and accident involvement in occupational and non-occupational settings. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 78(3), 355–376.
- Consiglio, W., Driscoll, P., Witte, M., & Berg, W. P. (2003). Effect of cellular telephone conversations and other potential interference on reaction time in a braking response. *Accident Analysis and Prevention*, 35(4), 495-500. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(02\)00027-1](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(02)00027-1)
- Crundall, D., Underwood, G., & Chapman, P. (1999). Driving experience and the functional field of view. *Perception*, 28(9), 1075–1087. <https://doi.org/10.1068/p281075>
- Cvahte Ojsteršek, T., & Topolšek, D. (2019). Eye tracking use in researching driver

- distraction: A scientometric and qualitative literature review approach. *Journal of Eye Movement Research*, 12(3), 1–30. <https://doi.org/10.16910/jemr.12.3.5>
- Černohorská, M. (2017). *Analýza reakční doby řidiče při ovlivnění vybranými rušivými podněty* [Diplomová práce, Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství]. Dostupné z <https://theses.cz/id/ve1nu4/>
- Čulík, K., Kalašová, A., & Štefancová, V. (2022). Evaluation of driver's reaction time measured in driving simulator. *Sensors*, 22(9), 3542. <https://doi.org/10.3390/s22093542>
- Dahlen, E. R., Edwards, B. D., Tubré, T., Zyphur, M. J., & Warren, C. R. (2012). Taking a look behind the wheel: An investigation into the personality predictors of aggressive driving. *Accident Analysis & Prevention*, 45, 1–9. doi:10.1016/j.aap.2011.11.012
- Dahlen, E. R., Martin, R. C., Ragan, K., & Kuhlman, M. M. (2005). Driving anger, sensation seeking, impulsiveness, and boredom proneness in the prediction of unsafe driving. *Accident Analysis & Prevention*, 37(2), 341–348.
- Deary, I. J., Liewald, D., & Nissan, J. (2011). A free, easy-to-use, computer-based simple and four-choice reaction time programme: The Deary–Liewald reaction time task. *Behavior Research Methods*, 43(1), 258–268. <https://doi.org/10.3758/s13428-010-0024-1>
- Deffenbacher, J. L., Oetting, E. R., & Lynch, R. S. (1994). Development of a Driving Anger Scale. *Psychological Reports*, 74(1), 83–91. <https://doi.org/10.2466/pr0.1994.74.1.83>
- Der, G., & Deary, I. J. (2006). Age and sex differences in reaction time in adulthood: results from the United Kingdom Health and Lifestyle Survey. *Psychology and aging*, 21(1), 62–73. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.21.1.62>
- Dingus, T. A., Guo, F., Lee, S., Antin, J. F., Perez, M., Buchanan-King, M., & Hankey, J. (2016). Driver crash risk factors and prevalence evaluation using naturalistic driving data. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(10), 2636–2641. <https://doi.org/10.1073/pnas.1513271113>

- Dmochowski, J. P., & Norcia, A. M. (2015). Cortical components of reaction-time during perceptual decisions in humans. *PLOS ONE*, *10*(11), e0143339. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143339>
- Drews, F. A., Pasupathi, M., & Strayer, D. L. (2008). Passenger and cell phone conversations in simulated driving. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *14*(4), 392–400. <https://doi.org/10.1037/a0013119>
- Drożdziel, P., Tarkowski, S., Rybicka, I., & Wrona, R. (2020). Drivers' reaction time research in the conditions in the real traffic. *Open Engineering*. <https://doi.org/10.1515/eng-2020-0004>
- Duchowski, A. T. (2017). *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice* (3rd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57883-5>
- Duncliffe, D'Angelo, T.H., Brock, B., Fraser, M., Lamarra, C., Austin, J., Pusateri, N., M. and Batt, A.M. (2019). The effects of stress on the driving abilities of paramedic students: a pilot, simulator-based study. Dostupné na <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/19003491v3.full.pdf>
- Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, *37*(1), 32–64. DOI:10.1518/001872095779049543
- Endsley, M. R. (2017). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. In E. Salas (Ed.), *Situational Awareness* (pp. 9–42). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315092898-13>
- European Road Safety Observatory. (2015). *Driver distraction: Summary 2015*. European Commission, Directorate General for Transport.
- European Road Safety Observatory. (2018). *Driver distraction: Summary 2018*. European Commission, Directorate General for Transport. https://ec.europa.eu/transport/road_safety/system/files/2021-07/ersosynthesis2018-driverdistraction-summary.pdf

- Fáilde-Garrido, J. M., Rodríguez-Castro, Y., González-Fernández, A., & others. (2023). Traffic crimes and risky driving: The role of personality and driving anger. *Current Psychology*, 42, 12281–12295. <https://doi.org/10.1007/s12144-021-02634-2>
- Fitzpatrick, K., Chrysler, S., Park, E., Iragavarapu, V., & Nelson, A. (2012). Driver performance at high speeds using a simulator. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2321(1), 88-97. <https://doi.org/10.3141/2321-12>
- Francis, E. L., Tyrrell, R. A., & Owens, D. A. (2020). Perception response time and its misapplication: an historical and forensic perspective. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 21(3), <https://doi.org/10.1080/1463922X.2020.1736204>
- Gao, C., Yuan, X., Yu, P. (2015). Driver's stress reaction times features when driving on urban road.. <https://doi.org/10.2991/etmhs-15.2015.205>
- Gao, K., Tu, H., Sun, L., Sze, N., Song, Z., & Shi, H. (2019). Impacts of reduced visibility under hazy weather condition on collision risk and car-following behavior: implications for traffic control and management. *International Journal of Sustainable Transportation*, 14(8), 635-642. <https://doi.org/10.1080/15568318.2019.1597226>
- Gelman, A., & Hill, J. (2006). *Analytical methods for social research: Data analysis using regression and multilevel/hierarchical models*. Cambridge University Press.
- Girden, E. R. (1992). *ANOVA: Repeated measures*. Sage Publications.
- Gold, J. I., & Shadlen, M. N. (2007). The neural basis of decision making. *Annual Review of Neuroscience*, 30, 535–574. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.29.051605.113038>
- Green, M. (2000). “How Long Does It Take to Stop?” Methodological Analysis of Driver Perception–Brake Times. *Transportation Human Factors*, 2(3), 195–216. https://doi.org/10.1207/STHF0203_1
- Haire, J., Ferguson, S., Tilleard, J., Negus, P., Dorrian, J., & Thomas, M. (2012). Effect of working consecutive night shifts on sleep time, prior wakefulness, perceived levels of

- fatigue and performance on a psychometric test in emergency registrars. *Emergency Medicine Australasia*, 24(3), 251-259. <https://doi.org/10.1111/j.1742-6723.2012.01533.x>
- Harb, G. M., & Jovanis, P. P. (2018). The effect of gender on driving behavior, safety, and performance: A systematic review. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 59(Part A), 118–132.
- Halekoh, U., & Højsgaard, S. (2014). A Kenward-Roger approximation and parametric bootstrap methods for tests in linear mixed models – The R package pbrtest. *Journal of Statistical Software*, 59(9), 1–30. <https://doi.org/10.18637/jss.v059.i09>
- Haque, M. M., & Washington, S. (2014). A parametric duration model of the reaction times of drivers distracted by mobile phone conversations. *Accident Analysis and Prevention*, 62, 42–53. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.09.010>
- Haque, M. M., & Washington, S. (2015). The impact of mobile phone distraction on the braking behaviour of young drivers: A hazard-based duration 73 model. *Transportation Research Part C*, 50, 13-27. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2014.07.011>
- Harris, L., Ahmad, N., Khattak, A., & Chakraborty, S. (2023). Exploring the effect of visibility factors on vehicle–pedestrian crash injury severity. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2677(11), 24-35. <https://doi.org/10.1177/03611981231164070>
- Haverkamp, N., & Beauducel, A. (2019). Differences of Type I error rates for ANOVA and multilevel-linear-models using SAS and SPSS for repeated measures designs. *arXiv preprint arXiv:1804.09135*. <https://arxiv.org/abs/1804.09135>
- Heekeren, H. R., Marrett, S., & Ungerleider, L. G. (2008). The neural systems that mediate human perceptual decision making. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(6), 467–479. <https://doi.org/10.1038/nrn2374>
- Hockey, R. (1997). Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload: A cognitive-energetical framework. *Biological Psychology*, 45(1–3), 73–93. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(96\)05223-4](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(96)05223-4)

- Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & van de Weijer, J. (2011). *Eye Tracking: A Comprehensive Guide to Methods and Measures*. Oxford University Press.
- Horrey, W. J., & Wickens, C. D. (2006). Examining the impact of cell phone conversations on driving using meta-analytic techniques. *Human factors*, 48(1), 196–205. <https://doi.org/10.1518/001872006776412135>
- Horswill, M. S., & McKenna, F. P. (2004). Drivers' hazard perception ability: Situation awareness on the road. In S. Banbury & S. Tremblay (Eds.), *A cognitive approach to situation awareness: Theory and application* (pp. 155–175). Ashgate.
- Huang, Y., Li, L., Liu, Z., Zhu, H., & Zhu, L. (2019). Assessment of urban railway transit driver workload and fatigue under real working conditions. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 2673(11), 891-900. <https://doi.org/10.1177/0361198119826071>
- Charlton, S. G., & Starkey, N. J. (2011). Driving without awareness: The effects of practice and automaticity on attention and driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 14(6), 456–471. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2011.04.010>
- Chitnis, S. S., Marsh, A. G., & Patil, S., et al. (2021). Driving reaction time following periacetabular osteotomy. *Archives of Automotive Engineering*, 32(6). <https://doi.org/10.1177/11207000211005125>
- Choudhary, P., & Velaga, N. R. (2017). Modelling driver distraction effects due to mobile phone use on reaction time. *Transportation Research Part C*, 77, 351–365. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.02.007>
- Jiao, Y., Chen, X., Sun, Z., Fu, L., Jiang, C., Wen, C., & Zhang, X. (2022). Data-driven detection and assessment for urban railway transit driver fatigue in real work conditions. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 2677(1), 1367-1375. <https://doi.org/10.1177/0361198122110468>

- Jonah, B. A. (1997). Sensation seeking and risky driving: A review and synthesis of the literature. *Accident Analysis & Prevention*, 29(5), 651–665
- Jurecki, R. (2019). Influence of the scenario complexity and the lighting conditions on the driver behaviour in a car-following situation. *The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji*, 83, Article 11. <https://doi.org/10.14669/am.vol83.art11>
- Jurecki, R. S., & Stańczyk, T. L. (2011). Metody badań a czas reakcji kierowców. *Eksploracja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, 13(3), 16–21.
- Jurecki, R. S., & Stańczyk, T. L. (2014). Driver reaction time to lateral entering pedestrian in a simulated crash traffic situation. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 27, 22–36.
- Kaber, D. B., Liang, Y., Zhang, Y., Rogers, M. L., & Gangakhedkar, S. (2012). Driver performance effects of simultaneous visual and cognitive distraction and adaptation behavior. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 15(5), 491–501. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2012.05.004>
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Prentice-Hall.
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. New York: Farrar, Straus and Giroux.
- Karthus, M., Wascher, E., & Getzmann, S. (2021). Distraction in the driving simulator: An event-related potential (ERP) study with young, middle-aged, and older drivers. *Safety*, 7(2), 36. <https://doi.org/10.3390/safety7020036>
- Kenward, M. G., & Roger, J. H. (1997). Small sample inference for fixed effects from restricted maximum likelihood. *Biometrics*, 53(3), 983–997.
- Kerautret, L., Dabic, S., & Navarro, J. (2023). Exploring hazard anticipation and stress while driving in light of defensive behavior theory. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34714-7>

- Khan, M. (2012). Efficient car alarming system for fatigue detection during driving. *International Journal of Innovation Management and Technology*, 3(4). <https://doi.org/10.7763/ijimt.2012.v3.280>
- Kimlin, J., Black, A., & Wood, J. (2019). Older drivers' self-reported vision-related night-driving difficulties and night-driving performance. *Acta Ophthalmologica*, 98(4). <https://doi.org/10.1111/aos.14311>
- Konstantopoulos, P., Chapman, P., & Crundall, D. (2010). Driver's visual attention as a function of experience in a hazard perception task. *Accident Analysis & Prevention*, 42(3), 827–834. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.09.022>
- Lantieri, C., Costa, M., Vignali, V., Acerra, E. M., Marchetti, P., & Simone, A. (2021). Flashing in-curb LEDs and beacons at unsignalized crosswalks and driver's visual attention to pedestrians during nighttime. *Ergonomics*, 64(3), 330–341. <https://doi.org/10.1080/00140139.2020.1834149>
- Lee, J. D. (2014). Dynamics of driver distraction: The process of engaging and disengaging. *Annals of Advances in Automotive Medicine*, 55, 1–12. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4001670/>
- Lee, M. L., Howard, M. E., Horrey, W. J., & Czeisler, C. A. (2015). High risk of near-crash driving events following night-shift work. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(1), 176-181. <https://doi.org/10.1073/pnas.1510383112>
- Lee, Y., & Winston, F. (2016). Stress induction techniques in a driving simulator and reactions from newly licensed drivers. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 42, 44-55. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.06.019>
- Lehsing, C., Ruch, F., Kölsch, F. M., Dyszak, G. N., Haag, C., Feldstein, I. T., Savage, S. W., & Bowers, A. R. (2019). Effects of simulated mild vision loss on gaze, driving and interaction behaviors in pedestrian crossing situations. *Accident Analysis & Prevention*, 125, 138–151. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.01.026>

- Li, J., Lv, J., Oh, B., Lin, Z., & Yu, Y. (2020). Identification of stress state for drivers under different GPS navigation modes. *IEEE Access*, 8, 102773-102783. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2998156>
- Liang, Z., Wang, Y., Qian, C., Wang, Y., Zhao, C., Du, H., Deng, J., Li, X., & He, Y. (2024). A driving simulator study to examine the impact of visual distraction duration from in-vehicle displays: Driving performance, detection response, and mental workload. *Electronics*, 13(14), 2718. <https://doi.org/10.3390/electronics13142718>
- Liu, X., Liu, J., Wang, X., & Zhang, J. (2011). Effects of prolonged truck driving on drive safety based on real road driving. *International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. <https://doi.org/10.1109/icieem.2011.6035380>
- Mackworth, N. H. (1948). The breakdown of vigilance during prolonged visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1(1), 6–21.
- Mandel, F., Ghosh, R. P., & Barnett, I. (2023). Neural networks for clustered and longitudinal data using mixed effects models. *Biometrics*, 79(2), 711–721. <https://doi.org/10.1111/biom.13615>
- Matuschek, H., Kliegl, R., Vasishth, S., Baayen, H., & Bates, D. (2017). Balancing Type I error and power in linear mixed models. *Journal of Memory and Language*, 94, 305–315. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2017.01.001>
- May, J. F., & Baldwin, C. L. (2009). Driver fatigue: The importance of identifying causal factors of fatigue when considering detection and countermeasure technologies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 12(3), 218–224. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2008.11.005>
- McElreath, R. (2020). *Statistical rethinking: A Bayesian course with examples in R and Stan* (2nd ed.). CRC Press.
- McGehee, D. V., Mazzae, E. N., & Baldwin, G. H. S. (2000). Driver reaction time in crash avoidance research: Validation of a driving simulator study on a test track. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 44(20), 3–7. <https://doi.org/10.1177/154193120004402026>

- McHill, A. W., & Wright, K. P. (2019). Cognitive impairments during the transition to working at night and on subsequent night shifts. *Journal of Biological Rhythms*, 34(4), 432-446. <https://doi.org/10.1177/0748730419848552>
- Muley, D., Kharbeche, M., Downey, L., Saleh, W., & Al-Salem, M. (2019). Road users' behavior at marked crosswalks on channelized right-turn lanes at intersections in the State of Qatar. *Sustainability*, 11(20), 5699. <https://doi.org/10.3390/su11205699>
- Nathanail, E. G., Adamos, G., & Efrimidou, E. (2014). Does talking with a fellow passenger affect everybody the same? An impact assessment on driving performance and behavior. *Advances in Transportation Studies*, 33, 69–84. DOI: 10.4399/97888548735448
- National Commission for the Protection of Human Subjects of Biomedical and Behavioral Research. (1979). The Belmont report: Ethical principles and guidelines for the protection of human subjects of research. U.S. Department of Health and Human Services. <https://www.hhs.gov/ohrp/regulations-and-policy/belmont-report/read-the-belmont-report/index.html>
- National Safety Council. (2012). *Understanding the distracted brain: Why driving while using hands-free cell phones is risky behavior*. <https://www.nsc.org/getmedia/2ea8fe8b-d7b7-4194-8ea5-306d30a73972/cognitive-distracted-ion-white-paper.pdf>
- Öz, B., Özkan, T., & Lajunen, T. (2010). Professional and non-professional drivers' stress reactions and risky driving. *Transportation Research Part F Traffic Psychology and Behaviour*, 13(1), 32-40. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2009.10.001>
- Öztürk, İ., Merat, N., Rowe, R., & Fotios, S. (2023). The effect of cognitive load on Detection-Response Task (DRT) performance during day- and night-time driving: A driving simulator study with young and older drivers. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 97, 155–169. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2023.07.002>

- Papantoniou, P., Yannis, G., Antoniou, C., Papadimitriou, E., Pavlou, D., & Golias, J. (2016). Investigating the Effect of Area Type and Traffic Conditions on Distracted Driving Performance. *Transportation Research Procedia*, 14, 3839–3848. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.469>
- Patten, C. J. D., Kircher, A., Östlund, J., & Nilsson, L. (2004). Using mobile telephones: cognitive workload and attention resource allocation. *Accident Analysis and Prevention*, 36(3), 341-350. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(03\)00014-9](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(03)00014-9)
- Paxion, J., Galy, E., & Berthelon, C. (2014). Mental workload and driving. *Frontiers in Psychology*, 5, 1344. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01344>
- Pergantis, P., Bamicha, V., Chaidi, I., & Drigas, A. (2024). Driving under cognitive control: The impact of executive functions in driving. *World Electric Vehicle Journal*, 15(10), 474. <https://doi.org/10.3390/wevj15100474>
- Phipps-Nelson, J., Redman, J., & Rajaratnam, S. (2010). Temporal profile of prolonged, night-time driving performance: breaks from driving temporarily reduce time-on-task fatigue but not sleepiness. *Journal of Sleep Research*, 20(3), 404-415. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.2010.00900.x>
- Plainis, S., & Murray, I. (2002). Reaction times as an index of visual conspicuity when driving at night. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 22(5), 409-415. <https://doi.org/10.1046/j.1475-1313.2002.00076.x>
- Pouliou, A., Kehagia, F., Poullos, G., Pitsiava-latinopoulou, M., & Bekiaris, E. (2023). Drivers' Reaction Time and Mental Workload: A Driving Simulation Study. *Transport and Telecommunication*, 24(4), <https://doi.org/10.2478/ttj-2023-0031>
- Prasolenko, O. (2020). Impact of road traffic on driver reaction time. *Municipal Economy of Cities. Series: Engineering Science and Architecture*, 6(159), 169–172. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2020-6-159-169-172>

- R Core Team (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>
- Räsänen, M., & Summala, H. (1998). Attention and expectation problems in bicycle–car collisions: An in-depth study. *Accident Analysis & Prevention*, *30*(5), 657–666.
- Ratcliff, R., & McKoon, G. (2008). The diffusion decision model: theory and data for two-choice decision tasks. *Neural Computation*, *20*(4), 873–922. <https://doi.org/10.1162/neco.2008.12-06-420>
- Ratcliff, R., & Smith, P. L. (2018). Decision making and reaction time. In J. T. Wixted, E. A. Phelps, & L. Davachi (Eds.), *Stevens' handbook of experimental psychology and cognitive neuroscience: Vol. 2. Sensation, perception, and attention* (4th ed., pp. 377–409). Wiley.
- Ratcliff, R., & Vanunu, Y. (2022). The effect of aging on decision making while driving: A diffusion model analysis. *Psychology and Aging*, *37*(4), 441–455. <https://doi.org/10.1037/pag0000690>
- Ratcliff, R., Smith, P. L., Brown, S. D., & McKoon, G. (2016). *Diffusion decision model: Current issues and history*. *Trends in Cognitive Sciences*, *20*(4), 260–281. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.01.007>
- Recarte, M. A., & Nunes, L. M. (2000). Effects of verbal and spatial-imagery tasks on eye fixations while driving. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *6*(1), 31–43. <https://doi.org/10.1037/1076-898X.6.1.31>
- Regan, M. A., Hallett, C., & Gordon, C. P. (2011). Driver distraction and driver inattention: Definition, relationship and taxonomy. *Accident Analysis & Prevention*, *43*(5), 1771–1781. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.04.008>

- Rogers, M., Zhang, Y., Kaber, D., Liang, Y., & Gangakhedkar, S. (2011). The effects of visual and cognitive distraction on driver situation awareness. In D. Harris (Ed.), *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics. Applications and Services* (Vol. 6775, pp. 186–195). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21741-8_21
- Saha, S., Schramm, P., Nolan, A., & Hess, J. (2016). Adverse weather conditions and fatal motor vehicle crashes in the United States, 1994-2012. *Environmental Health, 15*(1). <https://doi.org/10.1186/s12940-016-0189-x>
- Seen, K., Tamrin, S., & Goh, Y. (2010). Driving Fatigue and Performance among Occupational Drivers in Simulated Prolonged Driving. *Global Journal of Health Science, 2*(1), 167–175. <https://doi.org/10.5539/gjhs.v2n1p167>
- Shinar, D. (2017). Driver information processing: Attention, perception, reaction time, and comprehension. In *Traffic Safety and Human Behavior* (pp. 189-256). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-78635-221-720162005>
- Schneider, W., & Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological Review, 84*(1), 1–66. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.1.1>
- Schweizer, T., Kan, K., Hung, Y., Tam, F., Naglie, G., & Graham, S. (2013). Brain activity during driving with distraction: An immersive fMRI study. *Frontiers in Human Neuroscience, 7*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00053>
- Siswanto, S. (2019). The impact of road conditions on driver safety. *Transportation Journal, 12*(4), 56–64.
- Strayer, D. L., & Fisher, D. L. (2016). SPIDER: A framework for understanding driver distraction. *Human Factors, 58*(1), 5-12. <https://doi.org/10.1177/0018720815619074>
- Strayer, D. L., & Johnston, W. A. (2001). Driven to distraction: dual-Task studies of simulated driving and conversing on a cellular telephone. *Psychological science, 12*(6), 462–466. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00386>

- Strayer, D. L., Drews, F. A., & Crouch, D. J. (2006). A Comparison of the Cell Phone Driver and the Drunk Driver. *Human Factors*, 48(2), 381–391. <https://doi.org/10.1518/001872006777724471>
- Strayer, D. L., Drews, F. A., & Johnston, W. A. (2003). Cell phone-induced failures of visual attention during simulated driving. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9(1), 23–32. <https://doi.org/10.1037/1076-898X.9.1.23>
- Strayer, D., Turrill, J., Cooper, J., Coleman, J., Medeiros-Ward, N., & Biondi, F. (2015). Assessing cognitive distraction in the automobile. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 57(8), 1300-1324. <https://doi.org/10.1177/0018720815575149>
- Sun, X., & Dong, J. (2022). Stress response and safe driving time of bus drivers in hot weather. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15), 9662. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159662>
- Šucha, M., Rehnová, V., Kořán, M., & Černochová, D. (2013). *Dopravní psychologie pro praxi: Výběr, výcvik a rehabilitace řidičů*. Praha: Grada.
- Šucha, M., Viktorová, L., & Risser, R. (2016). Attitudes towards traffic safety worldwide. *The Open Psychology Journal*, 9(1), 35-49. <https://doi.org/10.2174/1874350101609010035>
- Tarkowski, S., Caban, J., Dzieńkowski, M., Nieoczym, A., & Zarajczyk, J. (2022). Driver's distraction and its potential influence on the extension of reaction time. *Archives of Automotive Engineering*, 98(4), 65–78. <https://doi.org/10.14669/AM/157645>
- Teigen, K. H. (1994). *Yerkes-Dodson: A law for all seasons*. *Theory & Psychology*, 4(4), 525–547.
- Thiffault, P., & Bergeron, J. (2003). Monotony of road environment and driver fatigue: A simulator study. *Accident Analysis & Prevention*, 35(3), 381–391. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(02\)00014-3](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(02)00014-3)

- Ulleberg, P., & Rundmo, T. (2003). Personality, attitudes and risk perception as predictors of risky driving behaviour among young drivers. *Safety Science*, *41*(5), 427–443.
- Ünal, A. B., Steg, L., & Epstude, K. (2012). The influence of music on mental effort and driving performance. *Accident Analysis & Prevention*, *48*, 271–278. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.02.010>
- Ünal, A., Waard, D., Epstude, K., & Steg, L. (2013). Driving with music: effects on arousal and performance. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *21*, 52-65. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2013.09.004>
- Underwood, G. (2007). Visual attention and the transition from novice to advanced driver. *Ergonomics*, *50*(8), 1235–1249. <https://doi.org/10.1080/00140130701318707>
- Valdez, P., Ramírez, C., & García, A. (2012). Circadian rhythms in cognitive performance: Implications for neuropsychological assessment. *ChronoPhysiology and Therapy*, *2*, 81–92. <https://doi.org/10.2147/CPT.S32586>
- Van Dongen, H. P. A., & Belenky, G. (2009). Individual differences in vulnerability to sleep loss in the work environment. *Progress in Brain Research*, *185*, 167–188.
- Van Dongen, H. P. A., Maislin, G., Mullington, J. M., & Dinges, D. F. (2003). The cumulative cost of additional wakefulness: Dose–response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and total sleep deprivation. *Sleep*, *26*(2), 117–126.
- Vilchez, J. L., Reyes Guaranda, M. E., Moreno Polo, M. F., Ávila Martínez, M. C., Campos Castro, C. I., & Montesdeoca Andrade, M. S. (2024). *Cognitive psychology in traffic safety*. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, *25*(4), 474–494. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2023.2250406>
- Wade, N. J., & Tatler, B. W. (2005). *The moving tablet of the eye: The origins of modern eye movement research*. Oxford University Press.

- Warm, J. S., Parasuraman, R., & Matthews, G. (2008). Vigilance requires hard mental work and is stressful. *Human Factors*, 50(3), 433–441. <https://doi.org/10.1518/001872008X312152>
- Weng, J., Liu, L., & Rong, J. (2013). Impacts of Snowy Weather Conditions on Expressway Traffic Flow Characteristics. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2013, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2013/791743>
- Whelan, R. (2008). Effective analysis of reaction time data. *The Psychological Record*, 58(4), 475–482.
- Wickens, C. D. (2008). Multiple resources and mental workload. *Human Factors*, 50(3), 449–455. <https://doi.org/10.1518/001872008X288394>
- Wood, J. M. (2020). Nighttime driving: Visual, lighting and visibility challenges. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 40(2), 187–201. <https://doi.org/10.1111/opo.12659>
- World Health Organization. (2015). *Global status report on road safety 2015*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565066>
- World Health Organization. (2023, December 13). *Road traffic injuries*. Získáno z <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
- Yerkes, R. M., & Dodson, J. D. (1908). *The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation*. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18, 459–482.
- Zhang, H., Ni, D., Ding, N., Sun, Y., Zhang, Q., & Li, X. (2023). Structural analysis of driver fatigue behavior: A systematic review. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 21, 100865. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100865>
- Zhuk, M., Kovalushyn, V., Royko, Y., & Barvinska, K. (2017). Research on drivers' reaction time in different conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/3(86), 24–30. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98103>

Zhuk, M., Kovalyshyn, V., & Tcir, R. (2015). Defining duration of driver reaction time components using the NeuroCom Complex. *ECONTECHMOD: An International Quarterly Journal on Economics of Technology and Modelling Processes*.

Ziółkowski, R. (2021). Drivers' speed behaviour in the vicinity of additionally illuminated pedestrian crossings. *Transport Problems*, *16*(4), 35-43.
<https://doi.org/10.21307/tp-2021-058>

Přílohy

Seznam příloh:

1. Abstrakt v českém jazyce
2. Abstract Of Thesis
3. Smlouva o výpůjčce
4. Informovaný souhlas s účastí na výzkumu a se zpracováním osobních údajů
5. Pokyny pro řidiče
6. Debriefing
7. Diagnostické grafy dat

Příloha 1: Abstrakt v českém jazyce

ABSTRAKT DIPLOMOVÉ PRÁCE

Název práce: Vliv denní doby na reakční čas řidičů v podmínkách reálného silničního provozu

Autor práce: Bc. Lucie Formánková

Vedoucí práce: prof. PhDr. Matúš Šucha, Ph.D.

Počet stran a znaků: 95 stran, 119804 znaků

Počet příloh: 7

Počet titulů použité literatury: 161

Abstrakt: Práce zkoumá, zda denní doba a hands-free telefonní hovor ovlivňují délku reakčního času řidičů v reálném provozu. Ve vnitrosubjektovém experimentu 14 licencovaných řidičů absolvovalo čtyři scénáře (den/noc × hovor/bez hovoru) na standardizované trase s neočekávaným vstupem chodce zpoza překážky. Reakční čas byl definován jako interval od objektivního vzniku nebezpečí po zahájení brzdění či vyhýbacího manévru (měřeno pomocí senzoru Shimmer3 IMU), s doplňkovým sledováním pohledu (eye-tracking). Log-transformovaná data byla analyzována lineárními smíšenými modely. Výsledky ukazují, že bez záměrné distrakce v podobě hands-free hovoru jsou reakce v noci významně delší než ve dne (H1 přijata). Napříč denními dobami se hlavní účinek hands-free hovoru na délku reakce neproказuje (H2 nepřijata). Současně se ukazuje významná interakce denní doby a hovoru: ve dne je reakční čas při hovoru delší, zatímco v noci je kratší než bez hovoru (H3 přijata). Zjištění zdůrazňují význam denní doby a kontextovou podmíněnost účinku kognitivní distrakce. Implikace se týkají prevence rizik noční jízdy a forenzního posuzování dopravních nehod.

Klíčová slova: reakční čas řidiče, denní doba, distrakce, hands-free hovor, terénní experiment

Příloha 2: Abstrakt v anglickém jazyce

ABSTRACT OF THESIS

Title: The Influence of Day and Night on Drivers' Reaction Time in Real Road Traffic Conditions

Author: Bc. Lucie Formánková

Supervisor: prof. PhDr. Matúš Šucha, Ph.D.

Number of pages and characters: 95 pages, 119804 characters

Number of appendices: 7

Number of references: 161

Abstract: The thesis examined whether time of day and a hands-free phone conversation affect drivers' reaction time in real traffic. In a within-subjects experiment, 14 licensed drivers completed four scenarios (day/night \times phone/no phone) on a standardized route with an unexpected pedestrian stepping out from occlusion. Reaction time was defined as the interval from objective hazard onset to the initiation of braking or evasive steering (recorded by a Shimmer3 inertial measurement unit), complemented by eye-tracking. Log-transformed data were analysed using linear mixed-effects models. The results show that, without a hands-free phone conversation, night-time reactions are significantly longer than daytime reactions (H1 accepted). Across times of day, no main effect of a hands-free phone call on reaction time was found (H2 not accepted). A significant interaction between time of day and phone use emerged: during the day, reactions were longer with a phone call, whereas at night they were shorter than without a call (H3 accepted). These findings highlight the importance of time of day and the context-dependence of cognitive distraction effects, with implications for night-driving risk prevention and forensic reconstruction.

Key words: driver reaction time, time of day, distraction, hands-free phone, on-road experiment

Příloha 3: Smlouva o výpůjčce

SMLOUVA O VÝPŮJČCE

dle ust. § 2193 a násl. zákona č. 89/2012 Sb., občanského zákoníku, ve znění pozdějších předpisů,

kterou níže uvedeného dne, měsíce a roku uzavřeli:

půjčitel

Univerzita Palackého v Olomouci

veřejná vysoká škola – režim existence dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění některých zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů; nezapsaná v obchodním rejstříku,

IČ: 619 89 592,

DIČ: CZ61989592,

se sídlem: Křížkovského 511/8, Olomouc, PSČ 771 47,

součástí: Filozofická fakulta Univerzity Palackého v Olomouci

jednající doc. Mgr. Janem Stejskalem, M.A., Ph.D., děkanem Filozofické fakulty Univerzity Palackého v Olomouci,

osoba oprávněná k jednání ve věcech smluvních a technických: Doc. PhDr. Matuš Šucha, e-mail – matus.sucha@upol.cz, telefon: +420 777 597 665,

na straně jedné

a

vypůjčitel

jméno a příjmení:	
datum narození:	
bydliště:	
adresa pro doručování:	
telefon:	
e-mail:	

na straně druhé

takto:

I. Úvodní ustanovení

- 1.1. Vypůjčitel je jako zkoumaná osoba účastníkem výzkumu, který se zaměřuje na bezpečnost silničního provozu.
- 1.2. Půjčitel prohlašuje, že je vlastníkem osobního automobilu tovární značka: FORD, typ: Focus, rok výroby: 2019, reg. zn.: 6M8 2780, VIN: WF0NXXGCHNKY80779, barva modrá, (dále také jen „předmět výpůjčky“ nebo „automobil“). Automobil je určený k terénnímu výzkumu v rámci modulu lidský faktor v dopravě ve výzkumném projektu specifikovaném v čl. 1.1. této smlouvy zaměřeném na dopravní psychologii v oblastech zkoumání chování řidiče v rizikových situacích a předcházení vzniku dopravních nehod, mikrosimulace interakce řidiče a chodců, posuzování mentální kapacity řidiče, vliv reklamních sdělení včetně LED billboardů na pozornost řidiče, únava a nepozornost řidiče, zajištění vyšší bezpečnosti a výkonu profesionálních řidičů vč. řidičů hromadné dopravy.

1. 3. Vypůjčitel prohlašuje, že je oprávněn k řízení motorového vozidla a je držitelem řidičského oprávnění skupiny B.
1. 4. Vypůjčitel svým podpisem na této smlouvě dále potvrzuje, že byl půjčkem seznámen se stavem automobilu, návodem výrobce automobilu na jeho obsluhu a provoz, a to jak teoreticky, tak prakticky, a že seznámení s automobilem bylo provedeno srozumitelně a zcela porozuměl poučení, jak má automobil užívat.
1. 5. Půjčitel dále prohlašuje, že předmět výpůjčky je pojištěn v souladu se zákonem č. 168/1999 Sb., zákon o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, pro případ vzniku škody způsobené provozem vozidla. Předmět výpůjčky je nad rámec zákonem stanoveného povinného pojištění odpovědnosti pojištěn také v rámci smluvního havarijního pojištění.
1. 6. Smluvní strany berou na vědomí, že jejich práva vyplývající z této smlouvy musí být uplatněna do tří měsíců od vrácení předmětu výpůjčky, jinak je soud nepřizná, namítne-li druhá strana opožděné uplatnění práva.

II. Předmět výpůjčky

Touto smlouvou poskytuje půjčitel bezplatně vypůjčitelu automobil specifikovaný v čl. 1.2. této smlouvy, aby jej dočasně užíval za přítomnosti zástupce půjčitele k účelu uvedenému v čl. IV. této smlouvy na dobu uvedenou v čl. III. této smlouvy.

III. Doba výpůjčky

3. 1. Tato smlouva o výpůjčce se uzavírá na dobu od 29. 2. 2024 do 1. 3. 2024.
3. 2. O předání předmětu výpůjčky bude smluvními stranami sepsán datovaný písemný předávací protokol podepsaný oběma smluvními stranami či osobami oprávněnými za ně jednat. V předávacím protokolu smluvní strany zejména uvedou datum předání a převzetí automobilu vypůjčkem a stav automobilu. Půjčitel se zavazuje zajistit, že v automobilu bude při jeho užívání vypůjčkem k dispozici technický průkaz vozidla a doklad o úhradě povinného ručení, popřípadě veškeré další nezbytné příslušenství vozidla.
3. 3. O vrácení předmětu výpůjčky zpět půjčkem bude smluvními stranami sepsán datovaný písemný předávací protokol podepsaný oběma smluvními stranami či osobami oprávněnými za ně jednat, ve kterém smluvní strany, mimo potvrzení předání a převzetí předmětu výpůjčky, uvedou zejména stav předmětu výpůjčky při vrácení předmětu výpůjčky a případná vzniklá poškození předmětu výpůjčky, dojde-li k nim v době výpůjčky.

IV. Účel výpůjčky

Vypůjčitel je oprávněn předmět výpůjčky užívat pouze pro účely předpokládané v rámci výzkumu specifikovaného v čl. I. této smlouvy.

V. Práva a povinnosti vypůjčitele

5. 1. Vypůjčitel je povinen řídit se při užívání předmětu výpůjčky stanoveným účelem výpůjčky a oprávněnými pokyny půjčitele.
5. 2. Vypůjčitel je povinen chránit předmět výpůjčky před poškozením, zničením, ztrátou, nadměrným opotřebením či odcizením. V případě poškození, zničení, ztráty, nadměrného opotřebením či odcizení předmětu výpůjčky je vypůjčitel povinen bez zbytečného odkladu, nejpozději však do 2 hodin od zjištění takové události či stavu, informovat půjčitele o poškození, zničení, ztrátě, nadměrném opotřebením či odcizení předmětu výpůjčky telefonicky a písemně na e-mail osoby oprávněné za půjčitele jednat ve věcech smluvních a technických (viz záhlaví této smlouvy) v případě, že zástupce půjčitele přítomný u poškození, zničení, ztráty, nadměrného opotřebením či odcizení předmětu výpůjčky nebude moci být s ohledem ke svému zdravotnímu stavu o této skutečnosti vyrozuměn.
5. 3. Vypůjčitel se zavazuje užívat předmět výpůjčky pouze za přítomnosti zástupce půjčitele.
5. 4. Vypůjčitel není oprávněn bez předchozího písemného souhlasu půjčitele přenechat předmět výpůjčky třetí osobě k užívání.
5. 5. Vypůjčitel je povinen předmět výpůjčky vrátit nejpozději do konce stanovené doby výpůjčky specifikované v čl. 3.1. této smlouvy.
5. 6. Pro případ vzniku škody na předmětu výpůjčky se vypůjčitel zavazuje poskytnout maximální možnou součinnost půjčiteli při uplatnění škody u pojišťovny a při řešení škodné události.

VI. Práva a povinnosti půjčitele

6. 1. Půjčitel je povinen předat předmět výpůjčky vypůjčiteli ve stavu způsobilém ke smlouvenému užívání.
6. 2. Půjčitel je oprávněn požadovat vrácení předmětu výpůjčky i před skončením stanovené doby výpůjčky, a to jestliže:
 - a) vypůjčitel předmět výpůjčky neužívá řádně nebo jej užívá v rozporu s účelem výpůjčky či oprávněnými pokyny půjčitele,
 - b) vypůjčitel přenechá předmět výpůjčky k užívání třetí osobě bez předchozího písemného souhlasu půjčitele,
 - c) vypůjčitel poškodí, zničí, ztratí, nadměrně opotřebí či si присvojí předmět výpůjčky,
 - d) půjčiteli vznikne nevyhnutelná potřeba předmětu výpůjčky z důvodu, který nemohl při uzavření smlouvy předvídat.
6. 3. Obvyklé náklady jako např. náklady na nákup pohonných hmot, úhrada pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla, náklady na jiné provozní kapaliny a další náklady spojené s užíváním automobilu nese v plné výši půjčitel ze svého.

VII. Zánik závazku

Závazek z této smlouvy zaniká splněním, písemnou dohodou obou smluvních stran či dalšími zákonem stanovenými způsoby zániku závazku.

VIII. Závěrečná ustanovení

8. 1. Právní vztahy touto smlouvou výslovně neupravené se řídí zákonem č. 89/2012 Sb., občanský zákoník, ve znění pozdějších předpisů a právními předpisy České republiky.
8. 2. Tuto smlouvu je možné měnit pouze formou písemných datovaných vzestupně číslovaných dodatků podepsaných oprávněnými osobami obou smluvních stran.
8. 3. Není-li v této smlouvě stanoveno jinak, podání ve věcech této smlouvy budou stranami prováděna písemně, zpravidla doporučenou listovní zásilkou na adresy smluvních stran uvedené v záhlaví této smlouvy.
8. 4. Tato smlouva je vyhotovena ve třech stejnopisech s povahou originálu, z nichž půjčitel obdrží dvě vyhotovení a vypůjčitel jedno vyhotovení.
8. 5. Tato smlouva nabývá účinnosti dnem jejího podpisu oprávněnými osobami obou smluvních stran.

V Olomouci dne

V Olomouci dne 26. 2. 2024

Půjčitel: Univerzita Palackého v Olomouci,
zast. doc. Mgr. Janem Stejskalem, M.A., Ph.D.,
děkanem FF UP

Vypůjčitel:

Příloha 4: Informovaný souhlas s účastí na výzkumu a se zpracováním osobních údajů



Katedra
psychologie

Filozofická fakulta
Univerzity Palackého v Olomouci

INFORMOVANÝ SOUHLAS S ÚČASTÍ NA VÝZKUMU A SE ZPRACOVÁNÍM OSOBNÍCH ÚDAJŮ

Vážená paní/slečno, vážený pane,

byl/a jste osloven/a s nabídkou účasti na výzkumném projektu pro kalibrování eyetrackeru při reálném provozu. Výzkum je realizován pod záštitou Katedry psychologie na Filozofické fakultě Univerzity Palackého v Olomouci (dále jen "UP") výzkumným týmem pod hlavním vedením doc. PhDr. Matúše Šuchy, Ph.D.

Cílem studie je zpřesnit měření nástroje eyetrackeru, abychom zpřístupnili použití tohoto nástroje pro další výzkumy v dopravní psychologii.

Vaše **účast na výzkumu je dobrovolná** a máte plné právo vyjádřit svůj nesouhlas s účastí tím, že nepodepíšete tento dokument.

UP Vaše osobní údaje (v podobě, v níž by mohlo dojít k Vaší identifikaci) nepředá jinému subjektu a bude s nimi nakládat v souladu s platnou legislativou.

Další informace o zpracování Vašich osobních údajů, včetně informace o Vašich právech, obsahují internetové stránky UP, část Univerzita, sekce Ochrana osobních údajů, a také Obecné nařízení o ochraně osobních údajů (GDPR), zejména v článcích 15–22, 34 a 77. Budete-li chtít uplatnit svá práva plynoucí z právní úpravy na úseku ochrany osobních údajů, můžete kontaktovat pověřence pro ochranu osobních údajů. Výkonem této pozice je pověřen kancléř UP (jeho kontaktní údaje jsou dostupné na výše uvedené internetové stránce).

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výše uvedeném výzkumu a se zpracováním svých osobních údajů. Souhlasím s tím, že všechny získané údaje budou použity jen pro účely výzkumu a že výsledky výzkumu mohou být anonymně publikovány či ústně prezentovány.

Měl/a jsem možnost vše si řádně, v klidu a v dostatečně poskytnutém čase zvážit, měl/a jsem možnost se řešitele/ky zeptat na vše, co jsem považoval/a pro mne za podstatné a potřebné vědět. Na své případné dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď. Jsem informován/a o možnosti kdykoliv od spolupráce na výzkumu odstoupit (svůj souhlas odvolat), a to i bez udání důvodu.

Vaše jméno a příjmení:

.....

Místo a datum:

.....

Váš podpis:

.....

Příloha 5: Pokyny pro řidiče

Pokyny pro řidiče

Nutnost ujistit se před začátkem, že participant podepsal informovaný souhlas.

Úvod a účel studie

Účelem této studie je kalibrace brýlí pro správné měření při řízení v běžném provozu. Výzkum realizují studenti Katedry psychologie Filozofické fakulty Univerzity Palackého v Olomouci pod vedením doc. PhDr. Matúše Šuchy, Ph.D. Výsledky výzkumu poslouží pro účely diplomových prací.

Před začátkem jízdy se, prosím, ujistěte, že s sebou máte platný řidičský průkaz. Vyjměte z kapes všechny osobní věci. Mobilní telefon si, prosím, vypněte nebo přepněte do režimu vibrace a bezpečně jej uschovejte.

Kontrola vozidla

Zkontrolujte a případně upravte dle potřeby následující: polohu a výšku sedadla, seřízení vnitřních a vnějších zrcátek, výhled z předního a zadního skla i bočních skel.

Pokud sedíte pohodlně, nezapomeňte se před jízdou připoutat bezpečnostním pásem. Prohlédněte palubní desku, abyste se seznámili s umístěním ovládacích prvků, včetně světel, stěračů a výstražných signálů.

Vybavení

Součástí studie jsou eyetracker brýle, které slouží ke sledování očních pohybů a fixací pohledu. Nasadte si, prosím, brýle a upravte tak, aby Vám nebránily ve výhledu.

Bezpečnost

Vaše bezpečí i bezpečí všech účastníků silničního provozu je naší prioritou, proto prosím během jízdy dodržujte pravidla silničního provozu, nezapomeňte na pravidlo přednosti zprava a dodržujte povolenou rychlost. Během jízdy můžete být vyzváni ke splnění úkolu. Prosím, soustředte se na řízení a postupujte dle instrukcí tak, abyste neohrozili sebe ani jiné účastníky silničního provozu.

Závěr

Proveďte závěrečnou kontrolu, abyste se ujistili, že je Váš bezpečnostní pás bezpečně zapnutý, zrcátka jsou nastavena a jste připraveni začít. Nastartujte motor automobilu podle standardních postupů.

Příloha 6: Debriefing

Debriefing

Děkujeme, že jste se zúčastnil/a našeho výzkumného projektu pro kalibraci eyetracker brýlí v reálném provozu. Rádi bychom vám nyní odhalili skutečný záměr naší studie, kterým bylo zkoumání reakčního času řidičů v podmínkách reálného silničního provozu. Studie se zaměřuje na vliv denní a noční doby a přítomnost distrakce ve formě konverzace s našimi figurantkami a nepřítomnost distrakce. Na trase byly určeny dva body - jeden poblíž lesního porostu a druhý za zdí, kde figurantky simulovaly záměr vstoupit do vozovky. Pomocí eyetracker brýlí a dalšího zařízení nám bylo umožněno sbírat data, jak rychle jsou řidiči schopni reagovat na neočekávané události během řízení za různých podmínek. Díky datům, která jsme nasbírali, vzniknou celkem tři diplomové práce a tímto bychom vám ještě jednou rádi poděkovali za vaši účast.

Příloha 7: Diagnostické grafy dat

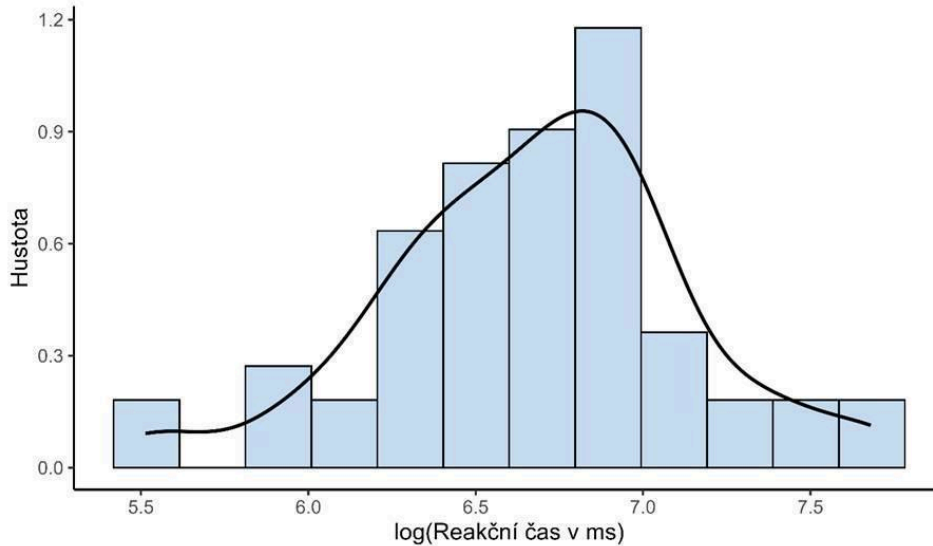
Distribuční kontroly před modelováním

Cílem bylo posoudit vhodnost logaritmické transformace reakčního času.

Grafy ukazují, že logaritmická transformace vedla k lepšímu splnění předpokladů – rezidua jsou bližší normalitě a rozptyl je stabilnější (viz Q–Q grafy a grafy reziduí vůči predikovaným hodnotám).

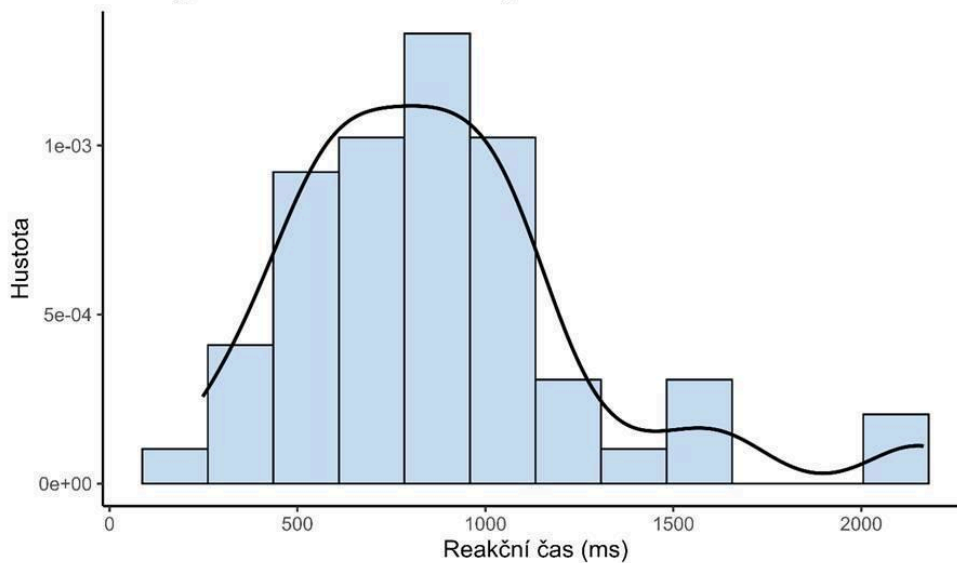
Graf S1: distribuce surových hodnot reakčních časů

Histogram a hustota — logaritmicky transformovaný čas

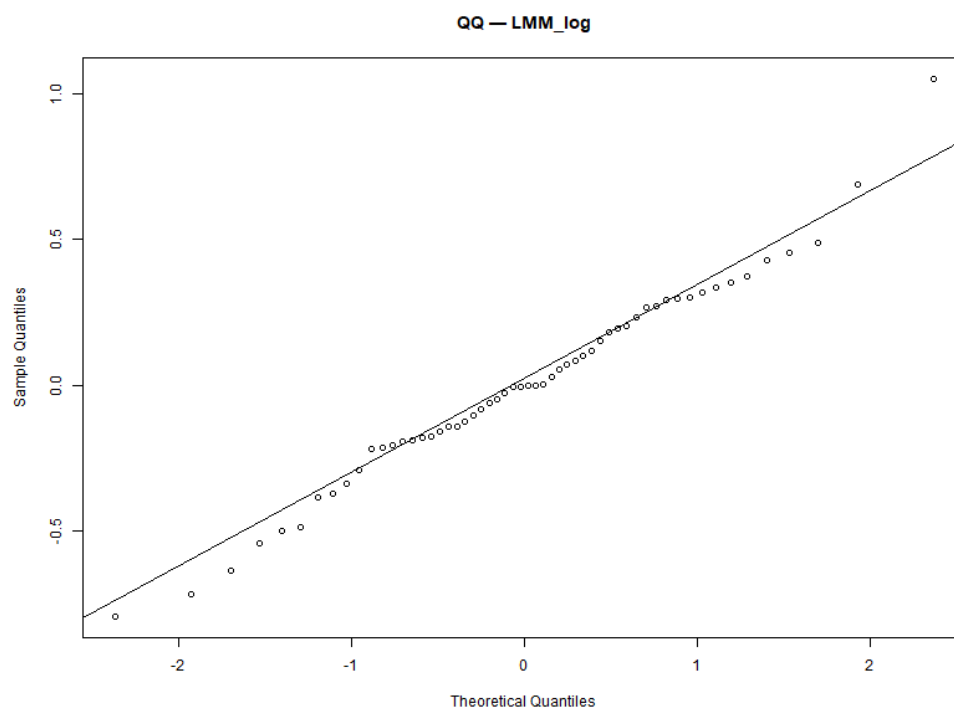
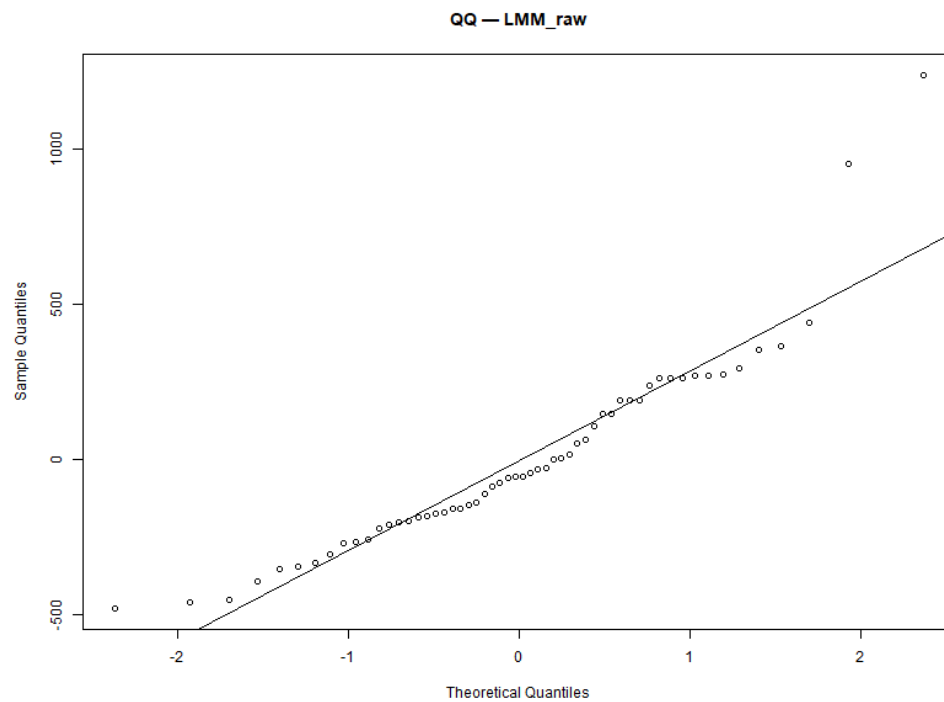


Graf S2: distribuce log-transformovaných hodnot reakčních časů

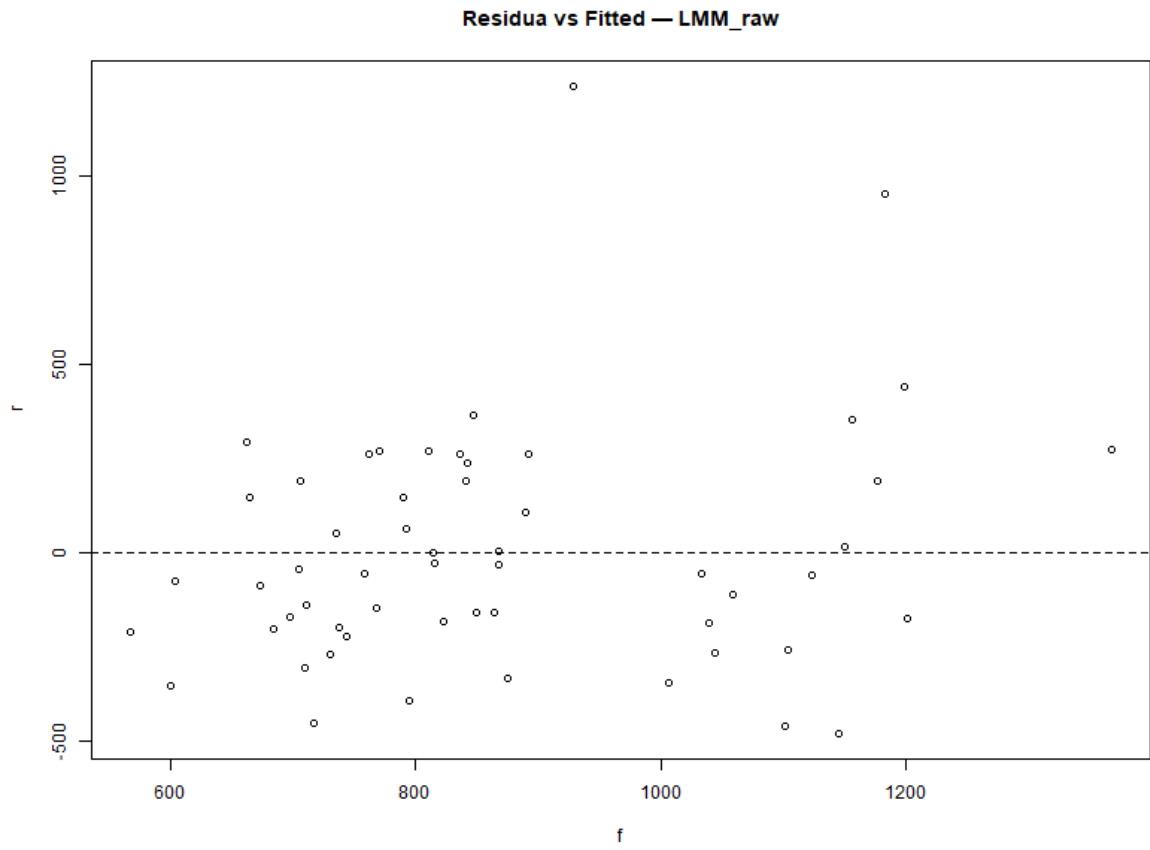
Histogram a hustota — surový reakční čas



Graf S3: Q-Q grafy reziduí — LMM na surových vs. log-transformovaných RT



Graf S4: Rezidua vs. predikované hodnoty – LMM na surových (netransformovaných) RT



Graf S5: Rezidua vs. predikované hodnoty – LMM na log-transformovaných RT

