

Únava za volantem, rizikové časy během dne a dopravní nehodovost

Drowsy driving, vulnerable times of the day and traffic accidents

Lucia Tvarožková^{1*}, Kamila Kaniová¹, Robert Zůvala¹, Petra Labodová¹,
Kateřina Bucsuházy¹

¹Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

Abstrakt

Únava za volantem dle odhadů zapříčiňuje 20 % ze všech dopravních nehod a 25 % z dopravních nehod s vážnými následky (Engleman & Douglas, 2005; Jackson et al., 2011). Rizikovými faktory, které zvyšují pravděpodobnosti únavy za volantem je zejména monotonie jízdy (zvláště po noční směně), nekvalitní nebo nedostatečný spánek, požití alkoholu a některých druhů medikamentů. Významným faktorem, který ovlivňuje změny ve fyzické a psychické výkonnosti během dne je cirkadiánní rytmus. Cílem této studie je proto zjistit, zda míra nehodovosti, resp. rizikové časy během dne z hlediska dopravní nehodovosti souvisejí s křivkou předpokládané hladiny výkonnosti člověka během dne (Kohoutek & Štěpaník, 2000) a porovnat jednotlivé skupiny řidičů ve vztahu k nehodovosti během dne. Data byla sesbírána psychologem prostřednictvím rozhovorů s účastníky dopravních nehod přímo na místě dopravní nehody. Výzkumný vzorek tvořilo 213 řidičů (z toho 149 mužů a 64 žen), kteří způsobili dopravní nehodu v důsledku nepozornosti, a předpokládá se u nich průměrná úroveň bdělosti. Data byla kvantitativně zpracována v statistickém programu SPSS. Pro všechny věkové skupiny se jako nejvíce rizikový pro výskyt nehod v kombinaci s předpokládanou nízkou hladinou výkonnosti člověka ukázal úsek mezi 15.00–16.00 hodin. K nejvyššímu počtu dopravních nehod v kombinaci s vyšší hladinou výkonnosti došlo mezi 10.00–11.00 hodinou. Zvýšenou frekvenci nehodovosti v ranních hodinách může vysvětlovat ranní pokles bdělosti řidičů po probuzení.

Závěry této práce částečně podporují výsledky předešlých výzkumů a reliabilitu křivky výkonnosti (Kohoutek & Štěpaník, 2000) ve vztahu k řízení. Dále otevírají nový prostor pro edukaci a zvýšení vnímavosti řidičů k limitům vlastní pozornosti. Tímto eventuálně můžou přispět k snížení dopravní nehodovosti na silnicích, a následně i k plnění Národní strategie bezpečnosti silničního provozu 2011-2020 na území České republiky.

Klíčová slova: únava, křivka výkonnosti, rizikové časy, dopravní nehodovost, hloubková analýza dopravních nehod

* Korespondenční autor: Robert Zůvala, Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., Líšeňská 33/a, 636 00 Brno
E-mail: robert.zuvala@cdv.cz

Abstract

It is estimated that sleep-related traffic accidents represent 20 % of all crashes and 25 % of all those with fatal consequences (Engleman & Douglas, 2005; Jackson et al., 2011). There are several risk factors increasing the likelihood of fatigue driving such as driving under monotonous conditions (especially after night shift), lack of sleep or poor sleep, or driving under the influence of certain addictive substances, such as alcohol or drugs. An important factor in determining driver sleepiness is a circadian rhythm, which affects changes in mental and physical performance throughout the day. Therefore, the connection between performance level in a particular time of the day and traffic accident frequency becomes the subject of research.

For purpose of this study, the curve of expected human performance (by Kohoutek & Štěpaník, 2000) was used to compare the levels of alertness and the number of traffic accidents in particular times of the day.

The aim of this study was to analyse vulnerable times of the day related to traffic accident frequency, based on results from In-depth Accident Analysis in South Moravian Region. Another objective was to determine the extent of correspondence between identified vulnerable times of the day related to traffic accident frequency and the performance curve, describing the expected levels in human performance during the day. Different groups of drivers in terms of sociodemographic factors (gender, age) and driving experience were compared.

Data were collected over the project Czech In-depth Accident Study via interviewing road traffic accident participants directly after the accident by a psychologist. The research sample consisted of 213 drivers (149 males and 64 females) who have caused the accident due to their inattention and were assumed to have an average level of vigilance at the time of accident. The data were processed by the statistical software SPSS.

A traffic accident frequency curve showed a similar trend as the curve of expected human performance level in the time between 9:00–18:00, where a negative correlation was found (9.00 to 12.00, $r_p = -0.76$, 12.00 to 15.00, $r_p = -0.85$, 15.00 - 18.00, $r_p = -0.91$). For all ages, the most vulnerable time of the day, where traffic accidents happen in a connection with a lower level of expected performance capacity, proved to be time between 15:00–16:00. The least amount of traffic accidents occurred between 10:00–11:00, which represents the time with a higher expected performance level. The increased accident frequency in the early morning hours may be explained by the decrease in drivers' alertness after waking up. The conclusions of this study partially support results of previous research and the reliability of expected performance level curve during the day (by Kohoutek & Štěpaník, 2000) in a relation to driving. It opens new areas in the field of driver education, how to lead drivers to be more sensitive to their mental and bodily limits, particularly in a connection to their attention level.

Keywords: fatigue, performance levels, vulnerable times of the day, traffic accidents, in-depth accident analysis

Úvod

Únava za volantem je aktuální problém, který každoročně vede ke vzniku mnoha těžkých dopravních nehod. I když je obtížné stanovit přesný počet nehod způsobených únavou, protože je často nemožné ji zjistit nebo dokázat, odhaduje se za příčinu až 20 % ze všech dopravních nehod a 25 % ze všech nehod s těžkými a smrtelnými následky (Engleman & Douglas, 2005; Jackson et al., 2011). Někteří autoři považují únavu a proměnné související se spánkem za jeden z nejdůležitějších faktorů zodpovědných za dopravní nehodovost z hlediska lidského činitele (např. Petridou & Moustaki, 2000; Inoue & Komoda, 2014). V některých případech může mít únava podobné projevy jako požití alkoholu. Bylo zjištěno, že u osob, které byli vzhůru více než 25 hodin, došlo ke stejnému snížení průměrné výkonnosti jako při hladině alkoholu v krvi 0,1 ‰ nebo větší (Arendt, 2010). K únavě při řízení dochází během dlouhé nebo monotónní jízdy bez stimulujících podnětů, v důsledku nekvalitního nebo nedostačujícího spánku, v důsledku požití alkoholu nebo jistých druhů medikamentů, a také následkem únavy z práce, zejména u pracujících po noční směně (Horne & Reyner, 1999; Engleman & Douglas, 2005). Engleman a Douglas (2005) považují za hlavní příčinu únavy ve společnosti pracovní faktory a životní styl, které mohou způsobit ať již akutní nebo chronický spánkový deficit. Specifickou skupinu tvoří osoby trpící poruchami spánku, nejčastěji syndromem obstrukční spánkové apnoe a primární insomnií (Jackson et al., 2001; Engleman & Douglas, 2005). Charakteristickým příznakem syndromu obstrukční spánkové apnoe je zvýšená spavost během dne zejména při monotónní činnosti a mikrospánek, co představuje riziko vzniku dopravní nehody (Hobzová, 2010).

Problém únavy za volantem se dotýká každého řidiče. Únava a ospalost za volantem se ve výzkumných studiích obvykle nespojuje s poruchami spánku, ale týká se zdravých osob, které neměli dostatečný spánek nebo řídí v čase, kdy je jejich hladina bdělosti na nízké úrovni, (fyziologicky podmíněná cirkadiánním rytmem) (Horne & Reyner, 1999). Cirkadiánní rytmus zahrnuje cyklické změny týkající se období bdělosti a únavy, tělesné teploty, hormonální sekrece, krevního tlaku, zažívání, úrovně pozornosti a rychlosti reakčního času.

Cirkadiánní rytmus je značně interindividuální, tedy podléhá individuálnímu načasování—jedná se o tzv. cirkadiánní nebo také diurnální preference. Jak popisuje (Vink, Groot, Kerkhof, Boomsma, 2001), rozdíly v cirkadiánních rytmech jsou částečně determinovány biochemickými mechanismy. Cirkadiánní preference je úzce spojena s oblastí spánku. Jednotlivé chronotypy se liší v upřednostňování ranních či večerních hodin. (Janečková, 2014). Jedinci s ranní preferencí (ranní chronotyp) upřednostňují časně ranní vstávání a brzké večerní ulehání. Jejich psychická výkonnost vrcholí v dopoledních hodinách. Oproti tomu jedinci s večerním chronotypem jsou na opačné straně spektra—upřednostňují vstávání v poledních hodinách, ke spánku se ukládají pozdě v noci. Psychická výkonnost dosahuje maxima v době pozdního odpoledne. Existují rovněž jedinci, kteří se řadí do kategorie nevyhraněného typu.

Cirkadiánní rytmus ovlivňuje změny psychické a fyzické výkonnosti v průběhu dne, a proto se stává předmětem výzkumu v souvislosti s hladinou výkonnosti řidičů během dne a dopravní nehodovostí. Vliv cirkadiánního rytmu na nehodovost naznačuje několik výzkumných studií

(např. Horne & Reyner, 1995, 1999; Garbarino et al., 2001; Di Milia et al., 2008; Del Rio-Bermudes et al., 2014). Horne a Reyner (1995) ve své studii zjistili, že nejvíce nehod zapříčiněných v souvislosti s únavou se vyskytlo v časovém rozmezí od 2.00 - 3.00 hodin, od 6.00–7.00 hodin, od 16.00–17.00 hodin a od 22.00–23.00 hodin. Naopak, nejméně nehod bylo v čase od 10.00–11.00 hodin, od 19.00–20.00 hodin a od 21.00–22.00 hodin. Podobné výsledky dokazuje i jiná studie (Garbarino et al., 2001), podle které jsou nejvíce rizikovými časy pro vznik dopravních nehod hodiny kolem 6.00, 15.00 a 23.00 a nejméně rizikovými jsou hodiny mezi 9.00–10.00 a kolem 21. 00 hodin. Velmi kritickou se ukázalo časové rozmezí mezi 2.00–3.00 hodinou, kde bylo vypočítané 10x větší riziko vzniku dopravní nehody ve srovnání s ostatními hodinami (Horne & Reyner, 1995). Rizikovou hodinu kolem 3:00 potvrdila i starší studie (Langlois et al., 1985).

Tyto časy z hlediska rizikovitosti do velké míry souhlasí i s křivkou přepokládané výkonnosti člověka v průběhu dne (Kohoutek & Štěpaník, 2000), podle které je maximální výkonnost dosahovaná v čase mezi 9.00–12.00 hodinou a 17.00–21.00 hodinou; k útlumu naopak dochází v čase kolem 15.00 hodiny a nejnižší výkonnost je předpokládána mezi půlnocí a 6.00 hodinou. Nejnižší bod výkonnosti představuje čas kolem 3.00 hodiny, což také podporuje výsledky zmíněných studií. Křivka však může být posunutá o 1–2 hodiny v závislosti od toho, jestli se jedná o člověka ranního nebo nočního typu.

Podobné cyklické změny výkonnosti člověka je možné pozorovat i v průběhu pracovního týdne. V pondělí dochází k útlumu a nižší koncentrovanosti a největší výkonnost se předpokládá ve středu (Kohoutek & Štěpaník, 2000; Čačka - podklady k přednáškám). Co se týče pátku, názory se liší. Podle Kohoutka a Štěpaníka (2000) dochází v pátek k poklesu výkonnosti a soustředění v důsledku psychické „přípravy“ na dny volna, zatímco Čačka popisuje opačný psychický efekt očekávaného volna, který způsobuje oživení výkonnosti v pátek.

Únava a dopravní nehodovost byla zkoumána i v souvislosti s věkem. Mladší řidiči pod 30 let (zejména muži) jsou například náchylnější k nehodám v důsledku únavy v dřívějších ranních hodinách, zatímco starší řidiči spíše v odpoledních hodinách. Pro řidiče ve věku od 50–69 let se rizikovou částí dne ukázalo být časné odpoledne. U řidičů nad 70 let se vrchol únavy vyskytoval mezi 10.00–11.00 hodinou (Horne & Reyner, 1995). Bylo také prokázáno, že mladí dospělí, kteří podstupují spánkový deficit, zažívají větší únavu, než si sami uvědomují, nebo na jakou jsou připraveni. Zejména ve srovnání se staršími lidmi, kteří jsou méně unavení při stejném spánkovém deficitu (Brendel et al., 1990).

Únava se projevuje zhoršenou bdělostí, ostražitostí, koncentrací a sníženou schopností rozhodovat se. Mezi tělesné znaky patří např. snížení svalového tonusu, což se může projevit například při uvolněním tlaku nohou na pedálech. Prodlužuje se reakční čas v nouzových situacích, co vysvětluje častý scénář dopravní nehody v souvislosti s únavou, kdy řidič nestačí dobrzdit a narazí do před ním jedoucího vozidla. Větší únava způsobuje neschopnost udržet se na vozovce, ztrátu vedení vozidla a v některých případech i vyjetí z vozovky nebo vjetí do protisměru.

Výsledky výzkumu prokázali, že již při subjektivně pociťované střední únavě dochází k zhoršení řidičského výkonu (Horne & Reyner, 1998). Často se však stává, že řidiči nejsou dostatečně vnímaví ke svým tělesným nebo psychickým pocitům a svou únavu si neuvědomují, resp. nepřikládají ji význam (např. Brendel et al., 1990).

Cíl výzkumu

Cílem práce je na základě analýzy dat z dopravních nehod identifikovat rizikové časy z hlediska nehodovosti, srovnat je s předpokládanou křivkou hladiny výkonnosti člověka během dne (Kohoutek & Štěpaník, 2000) a porovnat jednotlivé skupiny řidičů ve vztahu k nehodovosti během dne. Výzkumný vzorek tvořili pouze řidiči, kteří způsobili dopravní nehodu v důsledku nepozornosti. Snahou práce je zaměřit se tak na možný vliv fyziologicky podmíněné hladiny předpokládané výkonnosti v průběhu dne.

Metody

Sběr dat byl proveden prostřednictvím Hloubkové analýzy dopravních nehod v České republice (Czech In-depth Accident Study), iniciován Centrem dopravního výzkumu od roku 2011. Projekt se zaměřuje na dopravní nehody se zraněním v přesně definovaném území Jihomoravského kraje. Dopravní nehody jsou vybrány podle statistického výběru, s cílem pokrytí jejich reprezentativního vzorku. Sběr dat probíhal v průběhu dne i noci, a to v rámci pracovního týdne i víkendu. Výzkumné šetření začíná přímo na místě nehody, kde jsou sesbírána data ohledně vozidel, dopravního prostředí a lidského faktoru. Následně je provedena rekonstrukce dopravní nehody v programu Virtual Crash a všechna získaná data jsou kódována v databázi. Jedním ze zkoumaných jevů jsou i zranění účastníků nehod na základě dodatečně zpracovaných lékařských zpráv.

Pro účely této studie byla použita data získaná psychologem prostřednictvím rozhovoru s účastníky nehod přímo na místě dopravní nehody bezprostředně po jejím vzniku. Polostrukturovaný rozhovor je zpravidla zaměřen na několik oblastí, jako je průběh dopravní nehody; dopravní situace v čase nehody; okolnosti jízdy; řidičské zkušenosti; průběh dne řidiče; zdravotní stav a obecné informace o řidiči. V rámci rozhovoru byly zjišťovány zkoumané proměnné: základní demografické údaje (věk, pohlaví), řidičské zkušenosti (doba vlastnictví řidičského průkazu, průměrný počet ujetých km/rok), okolnosti dopravní nehody (děj, intenzita provozu, účel jízdy) a informace ohledně spánku a únavy (doba spánku, doba od probuzení, chronotyp).

Vzhledem k závažnosti kritické situace pro psychický stav účastníků množství zjištěných informací variuje od jednotlivce k jednotlivci, proto byli do výzkumného souboru vybráni jenom ti respondenti, u kterých byl zjištěn dostatek informací ke zpracování. Do výzkumného souboru bylo vybráno 213 řidičů, z toho 149 mužů a 64 žen ve věku od 18 do 86 let ($M = 43,86$ let; $SD = 18,31$).

Podmínkou pro výběr do výzkumného vzorku byl předpoklad nepozornosti jako hlavní příčiny dopravní nehody stanovenou psychologem po konzultaci s výzkumným týmem. Kritériem bylo vyloučení případů, u kterých došlo k nehodě v důsledku vlivu alkoholu, nezkušenosti, úmyslně nebezpečné jízdy, riskantního chování a porušení předpisů anebo náhlé zdravotní indispozice.

Tato studie byla zaměřena na vliv cirkadiánního rytmu ve vztahu k nehodovosti u „průměrně bdělého“ řidiče. Snahou proto bylo vyloučit řidiče ovlivněné nestandardní nadměrnou únavou. Ze zkoumaného souboru byly vyloučeny případy, kdy došlo k usnutí za volantem. Do výzkumného souboru rovněž nebyli zahrnuti řidiči, kteří způsobili dopravní nehodu v důsledku nepozornosti

způsobené únavou. Informace o únavě byly zjišťovány v rámci rozhovoru s účastníky po dopravní nehodě, je zde tedy možné jisté zkreslení výsledků v souvislosti s předchozí stresovou situací.

Získaná data byla analyzována v souvislosti s časem dopravní nehody a křivkou předpokládané výkonnosti člověka během dne (Kohoutek & Štěpaník, 2000), která při analýze výsledků představovala „relativní riziko únavy“. Zohlednění chronotypu a jeho vlivu na výkonovou křivku nebylo možné na zkoumaném souboru realizovat, neboť zastoupení jednotlivých chronotypů ve zkoumaném vzorku je nerovnoměrné. Většinu tvoří ranní typ, noční typ je zastoupen pouze necelými 20 %, necelých 30 % pak tvoří jedinci s nevyhraněnou cirkadiánní preferencí. Zejména pro analýzu souvislosti cirkadiánního rytmu u jedinců s nočním chronotypem není k dispozici dostatek údajů. Data byla kvantitativně zpracována v statistickém programu SPSS.

V časech, kde předpokládaná hladina výkonnosti dosahuje nižší hodnoty, byla v této studii očekávaná zvýšená frekvence nehodovosti.

Výsledky

Silná negativní korelace (viz Příloha Graf č. 1) byla zjištěna mezi *počtem nehod a hladinou výkonnosti člověka v průběhu dne*, a to mezi 9.–12. hodinou ($r_p = -0,76$), mezi 12.–15. hodinou ($r_p = -0,85$) a 15.–18. hodinou ($r_p = -0,91$). Nejvíce rizikovou hodinou se jeví být 15. a 16. hodina, které představují kritickou hodinu s poklesem průměrné denní výkonnosti, a v tomto čase také došlo k největšímu počtu dopravních nehod způsobených nepozorností. Pokles nehodovosti ve spojitosti s nárůstem hladiny výkonnosti lze vidět mezi 10.–11. hodinou. Vzhledem k malému rozsahu výběru jsou intervaly spolehlivosti široké, přesto však hodnoty korelačních koeficientů naznačují vztah mezi hladinou výkonnosti a frekvencí nehodovosti. Výsledek by bylo potřebné ověřit na větším výzkumném souboru. Výsledky po 21. hodině nelze brát v úvahu, protože výzkumný vzorek zkoumaných dopravních nehod v tomto časovém úseku byl velmi malý, tudíž nebyl reprezentativní. Paradoxně, silná pozitivní korelace ($r_p = 0,99$), byla zjištěna mezi počtem nehod a hladinou výkonnosti v ranních hodinách mezi 6. a 9. hodinou přičemž k většině nehod v tomto časovém úseku došlo do 8. hodiny. Středně silná pozitivní korelace ($r_p = 0,62$) mezi počtem nehod a úrovní výkonnosti se ukázala také v časovém úseku mezi 18. a 21. hodinou.

Intenzita provozu ve vztahu k nehodovosti během dne nebyla prokázána ($p = 0,600$), frekvence nehodovosti během dne byla za všech okolností intenzity provozu relativně stejná.

Ve vztahu k nehodovosti během dne bylo posouzeno i *riziko únavy* u řidiče (viz Příloha Graf č. 2), které bylo vypočítáno na základě poměru doby spánku a doby od probuzení. Na základě tohoto poměru byli řidiči rozděleni za pomoci kvartilů $Q_{0,25}$ a $Q_{0,75}$ do 3 skupin. První skupina představovala řidiče s rizikem únavy v důsledku toho, že jsou nepoměrně dlouho vzhůru oproti jejich době spánku. Tuto skupinu definuje poměrový interval $(0; 0,75>$. Další rizikovou skupinou byli řidiči, kteří byli méně než 2 hodiny po probuzení, a předpokládá se u nich možný ranní pokles bdělosti. Tato skupina byla definovaná poměrovým intervalem $(2,666; 8>$. Řidiči, kteří se svým poměrem doby spánku a doby od probuzení nacházeli v intervalu mezi tím, tj. $(0,75; 2,6667>$, byli z hlediska posouzení možné únavy považováni za nerizikové. V ranních hodinách mezi 5.00 - 8.00 je vidět dopravní nehody, které způsobili řidiči krátce po probuzení (81 %). Dopravní

nehody řidičů bez předpokládaného rizika únavy jsou poměrně rovnoměrně rozestoupeny mezi 8.00–17.00 a kolem 18. hodiny. Mezi 17.00–18.00 hodinou nedošlo k téměř žádné nehodě způsobené nepozorností, a to u řidičů s rizikem i bez rizika únavy. Nehody způsobené řidiči, u kterých lze předpokládat určité riziko únavy, se vyskytovali hlavně mezi 14.00–17.00 hodinou, což představuje i nižší hladinu výkonnosti podle předpokládané křivky, a poté mezi 18.00–19.00 hodinou, kdy hladina výkonnosti začíná mírně klesat.

Pohlaví nesehrávalo důležitou roli ve vztahu k rozložení nehodovosti během dne ($p = 0,626$), a to ani ve vztahu ke křivce denní výkonnosti ($p = 0,359$). Dopravní nehody u mužů a žen se v průběhu dne vyskytovaly poměrně stejně.

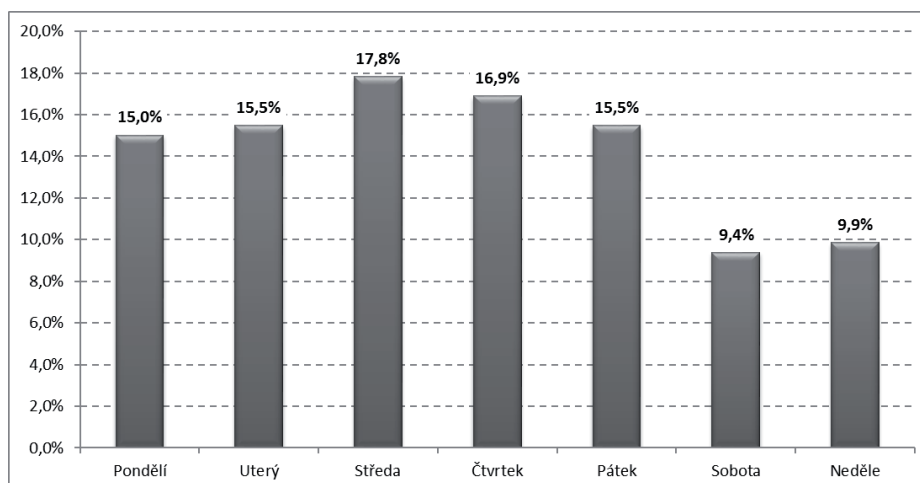
Výsledky prokázaly (viz Příloha Graf č. 3), že určitou roli ve vztahu k nehodovosti během dne sehrává *věk* ($p = 0,014$). Ukázal se rozdíl mezi skupinami: 18 - 25 let a 46 - 64 let ($p = 0,004$), přičemž starší řidiči měli poměrně více nehod (32 %) v čase mezi 6:00–9:00 oproti mladším řidičům (7 %). Účel jejich jízdy v tomto čase byl ve většině případů pracovní, tj. cesta do práce a služební jízda (87 %). Mladí řidiči naopak měli nejvíce nehod (33 %) v čase mezi 12:00–15:00 hodinou, s vrcholem kolem 15:00 hodiny, přičemž účelem jejich jízdy v tomto čase byl ve většině případů (67 %) spojen s aktivitami volného času. Také byl zjištěn rozdíl mezi skupinami 26–45 let a 46–64 let ($p = 0,012$), a to v čase mezi 15:00–18:00, kde měli řidiči ve věku od 26–46 let o něco více nehod (33 %) oproti starším řidičům (18 %). Co se týče účelu jízdy v tomto čase, u řidičů věkové skupiny 26–45 let se jednalo ve většině případů o pracovní účel (68 %), zatímco u řidičů ve věku od 46–64 let šlo většinou o volný čas (83 %). U řidičů ve věku od 65 let došlo k nejvíce nehodám (63 %) v čase od 9:00–15:00, účel jejich jízdy v tomto čase byl ve všech případech spojen s aktivitami volného času.

Ve vztahu ke křivce denní výkonnosti nebyly zjištěné signifikantní rozdíly mezi věkovými skupinami ($p = 0,051$). Nejvíce rizikovými se u všech věkových skupin ukázaly být časové úseky před 12. hodinou a kolem 15. hodiny, což odpovídá období útlumu a poklesu předpokládané hladiny výkonnosti člověka.

Zkušenost, resp. nezkušenost řidičů (viz Příloha Graf č. 4) byla vypočítána na základě součinu doby vlastnictví řidičského oprávnění (v letech) a počtu najetých km za rok. Za horní hranici pro skupinu nezkušených řidičů bylo považováno 60 000 celkem ujetých kilometrů, což podle předchozích zjištění představuje potřebné množství řidičských zkušeností k osvojení si specifického zrakového vnímání pro řízení a s tím souvisejících optimálních a efektivních reakcí (Štikar, Hoskovec, & Štikarová, 2003). Hranice pro skupinu zkušených řidičů byla stanovena na více než 600 000 celkem ujetých kilometrů, což představovalo extrémní hodnoty distribuce. Ostatní řidiči byli považováni za skupinu průměrně zkušených. Skupiny byly srovnávány ve vztahu k nehodovosti během dne. Výsledky však neprokázaly signifikantní rozdíl mezi skupinami ($p = 0,196$), a to ani ve vztahu ke křivce denní výkonnosti ($p = 0,939$). Míra zkušeností tedy nesehrávala úlohu ve vztahu k nehodovosti v průběhu dne a rizikové časy během dne jsou u všech skupin poměrně stejné.

Signifikantní rozdíly ve frekvenci nehodovosti mezi jednotlivými **dny v týdnu** (viz Příloha Graf č. 5) nebyly prokázány ($p = 0,170$), ačkoliv z následujícího grafu je vidět o něco menší počet nehod během víkendu oproti pracovnímu týdnu.

Graf č. 5- Rozložení počtu dopravních nehod v týdnu



Diskuse a shrnutí

Cílem práce bylo zmapování rizikových časů dne z hlediska dopravní nehodovosti a jejich porovnání s předpokládanou křivkou hladiny výkonnosti člověka (Kohoutek & Štěpaník, 2000), s tím, že ke zkoumaným dopravním nehodám došlo v důsledku nepozornosti řidičů, kteří subjektivně nepocitovali únavu a jejich psychický a fyzický stav nebyl zjevně narušen žádnými negativními vlivy.

Podobný trend vykazovaly obě křivky (křivka nehodovosti i křivka výkonnosti) v čase mezi 9.00–18.00, kdy byly mezi nimi zjištěny negativní korelace (9.00–12.00, $r_p = -0,76$; 12.00–15.00, $r_p = -0,85$; 15.00–18.00, $r_p = -0,91$), což může naznačovat jistou spojitost mezi hladinou výkonnosti, která se projevuje i mírou aktivizace, pozornosti a bdělosti, s náchylností k nehodovosti. V časech, kdy předpokládaná hladina výkonnosti byla na nízké úrovni, frekvence nehodovosti byla zvýšená, nejvíce v čase kolem 15.00–17.00 hodin (s nárůstem od 14.00), přičemž tady byly zastoupeny všechny věkové kategorie. Toto zjištění podporuje i výsledky předešlých výzkumů, které podobně identifikovaly čas kolem 15.00 - 16.00 jako rizikový z hlediska frekvence nehodovosti (Horne & Reyner, 1999; Garbarino et al., 2001). V souvislosti s časem od kolem 14.00 hodin je nutno zmínit i jev nazván jako „The post-lunch dip“ (pokles po obědě), který se projevuje snížením výkonnosti a zvýšením náchylnosti ke spánku. Tento fenomén nastal i u jednotlivců, kteří neměli oběd nebo si nebyli vědomi přesného času. Jev souvisí s vrozenou lidskou náchylností ke spánku během časného odpoledne a své fyziologické kořeny má v cirkadiánním rytmu člověka (Monk, 2005).

Na druhé straně, jedná se také o čas, který je považován za dopravní špičku, což klade zvýšené nároky na schopnost distribuce pozornosti u řidičů. Pozornost u řidičů může být snížena i pod vlivem únavy např. z pracovního dne, což ilustruje i fakt, že od 14.00 hodin byl zaznamenán zvýšený počet nehod způsobených řidiči, u kterých je předpoklad rizika únavy v důsledku nepoměrně dlouhé doby od probuzení oproti době spánku (viz Graf č. 2). Pokles pozornosti může být také následkem monotónnosti jízdy, pokud se jedná o každodenně absolvovanou trasu, typicky z práce domů, což také mohlo přispět ke zvýšené frekvenci nehodovosti v tomto období.

Naopak, k nejnižšímu počtu dopravních nehod v kombinaci s vyšší hladinou předpokládané výkonnosti došlo mezi 10.00–11.00. Tento čas představuje podle křivky výkonnosti období největší aktivizace, pozornosti a produktivity, což může vysvětlovat snížené riziko nehodovosti. K podobnému závěru došly i předchozí zmíněné výzkumy (Horne & Reyner, 1999; Garbarino et al., 2001). K většímu poklesu nehodovosti došlo i mezi 19.00–20.00, což také podporuje zjištění předešlé studie (Horne & Reyner, 1999), která popsala jako nejméně rizikové hodiny kolem 10.00–11.00, 19.00–20.00 a 21.00–22.00. Období kolem 18.00 hodiny představuje v průběhu dne druhý významný nárůst hladiny výkonnosti. Zároveň se v tomto čase jednalo převážně o jízdy za účelem volného času, a lze tedy předpokládat sníženou úroveň pracovního stresu, resp. tlaku z pracovního dne.

Zajímavým zjištěním byla pozitivní korelace ($r_p = 0,99$) mezi hladinou výkonnosti člověka a frekvencí nehodovosti mezi 6.00–9.00 hodinou. V tomto čase, kdy hladina výkonnosti stoupá, byl paradoxně zjištěn i nárůst dopravní nehodovosti. V tomto časovém úseku byla zároveň většina nehod způsobená řidiči, kteří byli vzhůru méně než 2 hodiny, a lze u nich přepokládat typický ranní pokles bdělosti po probuzení (viz Graf č. 2), který zčásti může vysvětlovat ranní chybování řidičů.

Pro účely další analýzy by po rozšíření datového souboru bylo nezbytné zohlednit rovněž chronotyp, neboť jak popisuje Kohoutek, zatímco ranní typ má výkonnostní křivku posunutou dopředu (aktivní je již kolem 5.–6. ranní hodiny), noční typy jsou aktivnější až v pozdějších hodinách (9.–10. hodina). Jak dokládá Del Rio-Bermudez (Del Rio-Bermudez a kol. 2014), změny v pozornosti při řízení mezi raním a nočním typem jsou patrné zejména v ranních hodinách.

Výsledky analýzy po 21.00 z důvodu nedostačujícího počtu sebíraných dat bohužel nelze brát v úvahu a pro další zkoumání by bylo vhodné výzkumný vzorek rozšířit o více dat z tohoto časového úseku.

Z hlediska věku se mezi jednotlivými věkovými skupinami neukázaly signifikantní rozdíly v rozložení nehod během dne ve vztahu ke křivce výkonnosti. Předpokládaná hladina výkonnosti tedy měla přibližně stejný vliv na rozložení nehod během dne všech věkových skupin. Jak již bylo zmíněno, pro všechny věkové skupiny se jako rizikový (i v kombinaci s předpokládanou nízkou hladinou výkonnosti) ukázal úsek kolem 15.00 hodiny. Prokázané rozdíly mezi skupinami spíše vypovídají o trendech v souvislosti s účelem mobility v jednotlivých časových úsecích pro různé věkové kategorie. Mladí řidiči ve věku od 18–25 let měli nejvíce dopravních nehod (33 %) v čase mezi 12.00–15.00 s vrcholem kolem 15.00 hodiny, přičemž účel jejich jízdy byl ve většině případů spojen s aktivitami volného času. U řidičů ve věku 26–45 let byl nejvyšší počet nehod zaznamenán v čase od 15.00 do 18.00 (33 %) a účelem jejich jízdy v tomto čase byla většinou cesta z práce. Dopravní nehody věkové kategorie 46–64 let byly nejvíce zastoupeny mezi 6.00–9.00 (32 %) a účelem jejich jízdy byla hlavně cesta do práce, případně služební jízda. Starší řidiči nad 65 let měli poměrně stejný počet dopravních nehod mezi 9.00–12.00 (33 %) a 12.00–15.00 (30 %), přičemž účel jízdy byl ve všech případech spojen s aktivitami v rámci volného času.

Individuální rozdíly v rozložení počtu nehod během dne nebyly zjištěny, a to ani ve vztahu ke křivce výkonnosti. Rovněž nebyly prokázané rozdíly mezi zkušenými a nezkušenými řidiči, což naznačuje, že cirkadiánní rytmus projeven hladinou výkonnosti působí na různé typy řidičů poměrně stejně. Toto tvrzení by však bylo potřebné prověřit na větším výzkumném souboru v plném časovém úseku 24 hodin, tj. i během nočních hodin.

Signifikantní rozdíly v počtu dopravních nehod nebyly zjištěny ani mezi jednotlivými dny v týdnu. Výsledky však mohou být zkreslené tím, že výzkumný vzorek tvoří jak řidiči, kteří pracují na směnný provoz, tak i řidiči s běžnou pracovní dobou, což je faktor, který může ovlivnit cirkadiánní rytmus člověka (Horne & Reyner, 1999; Kohoutek & Štěpaník, 2000; Engleman & Douglas, 2005).

Limity

Omezením výzkumu byl menší výzkumný vzorek o neúplném rozložení dopravních nehod v průběhu celých 24 hodin, včetně pokrytí nočních hodin. Z toho důvodu nebylo možné v nočním času srovnat možnou souvislost frekvence nehodovosti s předpokládanou hladinou výkonnosti člověka.

Velikost výzkumného souboru je částečně omezen i vzhledem k výše zmíněným informacím, kdy sběr dat probíhá přímo na místě dopravní nehody s respektem k aktuálnímu psychickému a fyzickému stavu zúčastněných osob. V závislosti na tom závisí i množství a kvalita získaných dat od účastníků nehod.

Sběr dat byl navíc zaměřen pouze na dopravní nehody se zraněním. Nehody, u kterých mohla únava hrát roli, ale u kterých nebyly zraněné osoby, nejsou v tomto souboru zachyceny.

Omezení výzkumu spočívá také v povaze dat, které jsou většinou subjektivního rázu. Na druhé straně, v současné době nelze tato data sbírat žádným jiným objektivním způsobem, proto se dotazování osob ihned po nehodě v současnosti jeví jako nejlepší nástroj sběru těchto dat, to potvrzují i Horne a Reyner (1999). Taktéž únava sama o sobě je hůře detekována a osoba sama nemusí být schopná ji rozpoznat.

Pro další zkoumání vlivu cirkadiánního rytmu na sklon k nehodovosti by bylo potřebné vzít v potaz i chronotyp řidičů (resp. ranní / noční typ), jelikož může mít vliv na posun křivky výkonnosti o cca 1–2 hodiny (Kohoutek & Štěpaník, 2000), a standardní pracovní dobu řidičů, resp. jestli se jedná o běžnou 8–hodinovou pracovní dobu nebo směnný provoz, který může zasahovat do cirkadiánního rytmu člověka. Pro provedení těchto analýz je nezbytné rozšíření datového souboru o data z více dopravních nehod, zejména zvětšení souboru řidičů s nočním chronotypem.

Závěr

Provedenou analýzou byly zjištěné pravděpodobně nejméně a nejvíce rizikové časy dne pro vznik dopravních nehod na území Jihomoravského kraje, které jsou částečně v souladu s křivkou výkonnosti člověka během dne i zjištěními z jiných výzkumů.

Frekvence nehodovosti je zvýšená v časech, kdy je předpokládaná hladina výkonnosti na nízké úrovni, zejména v čase kolem 15–17. hodiny. V tomto čase jsou rovněž kladeny zvýšené nároky na distribuci pozornosti řidičů, neboť se jedná o čas považovaný za dopravní špičku. Nejmenší četnost nehod byla patrna v čase 10.–11. hodin, přičemž dle výkonnostní křivky se jedná o období největší aktivizace a pozornosti. Rovněž tento výsledek je v souladu s předchozími výzkumy (Horne & Reyner, 1999; Garbarino et al., 2001). Toto zjištění podporuje i výsledky předešlých výzkumů (Horne & Reyner, 1999; Garbarino et al., 2001).

V čase mezi 6–9. hodinnou, kdy dochází k růstu hladiny výkonnosti člověka, dochází rovněž k nárůstu nehodovosti. Se zvýšenou frekvencí nehodovosti v ranních hodinách by mohl souviset ranní pokles bdělosti řidičů. Vliv by mohla mít rovněž diurnální preference. Rozdíly mezi ranním a nočním chronotypem zejména v ranních hodinách dokládá (Del Rio-Bermudez a kol. 2014). Závěry této práce částečně podporují reliabilitu křivky výkonnosti českých autorů Kohoutka a Štěpaníka z roku 2000.

Signifikantní rozdíly nebyly patrné mezi jednotlivými věkovými skupinami, ani mezi zkušenými a nezkušenými řidiči. Prokázané rozdíly mezi věkovými skupinami spíše vypovídají o trendech v souvislosti s účelem mobility v jednotlivých časových úsecích pro různé věkové kategorie.

Dosažené výsledky otvírají nový prostor pro edukaci a zvýšení vnímavosti řidičů k limitům vlastní pozornosti. Vzhledem k tomu, že velká část dopravních nehod souvisí s jízdou v souvislosti s prací (data z hloubkové analýzy nehod prováděné Centrem dopravního výzkumu potvrzují, že se jedná o cca 44 % nehod), měla by pro prevenci rizik souvisejících s jízdou pracovní doba a pracovní podmínky výkonnostní křivku a interindividualitu cirkadiánního rytmu reflektovat.

Přestože nikdo z dotazovaných řidičů nepocitoval subjektivně únavu, zjištěná data potvrzují, že cirkadiánní rytmus, konkrétně předpokládaná hladina výkonnosti člověka souvisí s frekvencí nehodovosti během dne, respektive s pozorností při řízení a chybováním řidičů. Toto zjištění poukazuje na nezbytnost vývoje prvků aktivní bezpečnosti, které zajistí eliminaci, nebo alespoň minimalizaci selhání lidského faktoru v souvislosti s únavou (systémy pro detekci únavy).

Zdroj financování

Tento článek byl vytvořen za finanční podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy v rámci programu Národní program udržitelnosti I, projektu Dopravní VaV centrum (LO1610) na výzkumné infrastruktuře pořízené z Operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace (CZ.1.05/2.1.00/03.0064).

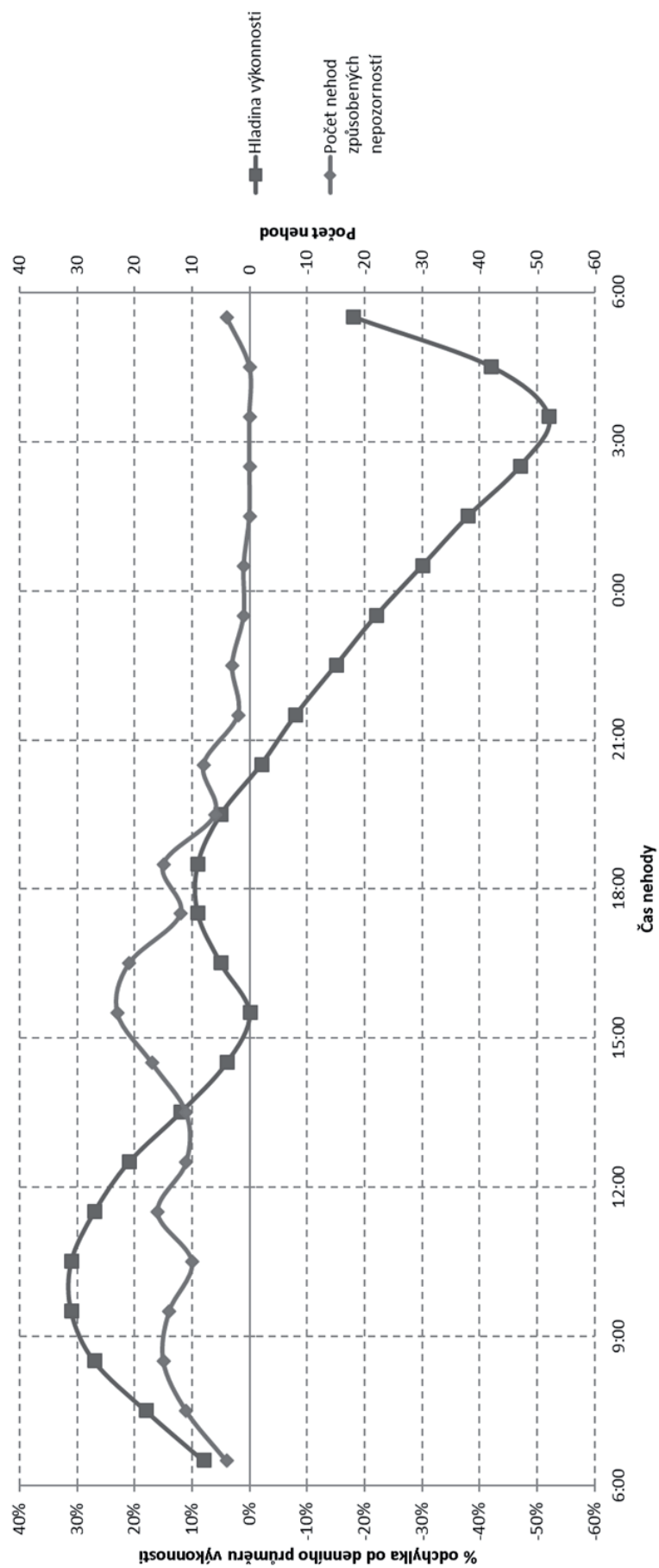
Literatura

- Arendt, J. (2010). Shift work: coping with the biological clock. *Occupational Medicine*, 60 (1), 10-20.
- Brendel, D.H., Reynolds, C.F., Jennings, J.R., Hoch, C.C., Monk, T.H., Berman S.R., ... Kupfer, D.J. (1990). Sleep stage physiology, mood and vigilance responses to total sleep deprivation in healthy 80 year olds and 20 year olds. *Psychophysiology*, 27, 677–685.
- Čačka, O. Psychologie práce a metody psychologie (Podklady k přednáškám). Získáno dne 28.4.2016 z www.cackon.net/docent/.../PsychologiePrace.doc.
- Del Rio-Bermudez, C., Diaz-Piedra, C., Catena, A., Bucla-Casal, G., & Di Stasi, L.L. (2014). Chronotype-dependent circadian rhythmicity of driving safety. *Chronobiology International*, 31 (4), 532-541.
- Di Milia, L., Wikman, R., & Smith, P. (2008). Additional psychometric evidence and construct validity for a revised Preferences Scale of Morningness. *Chronobiology International*, 25, 387-400.
- Engleman, H.M., & Douglas, N.J. (2005). Sleep, driving, and the workplace. *Clinical Medicine*, 5 (2), 113-117.

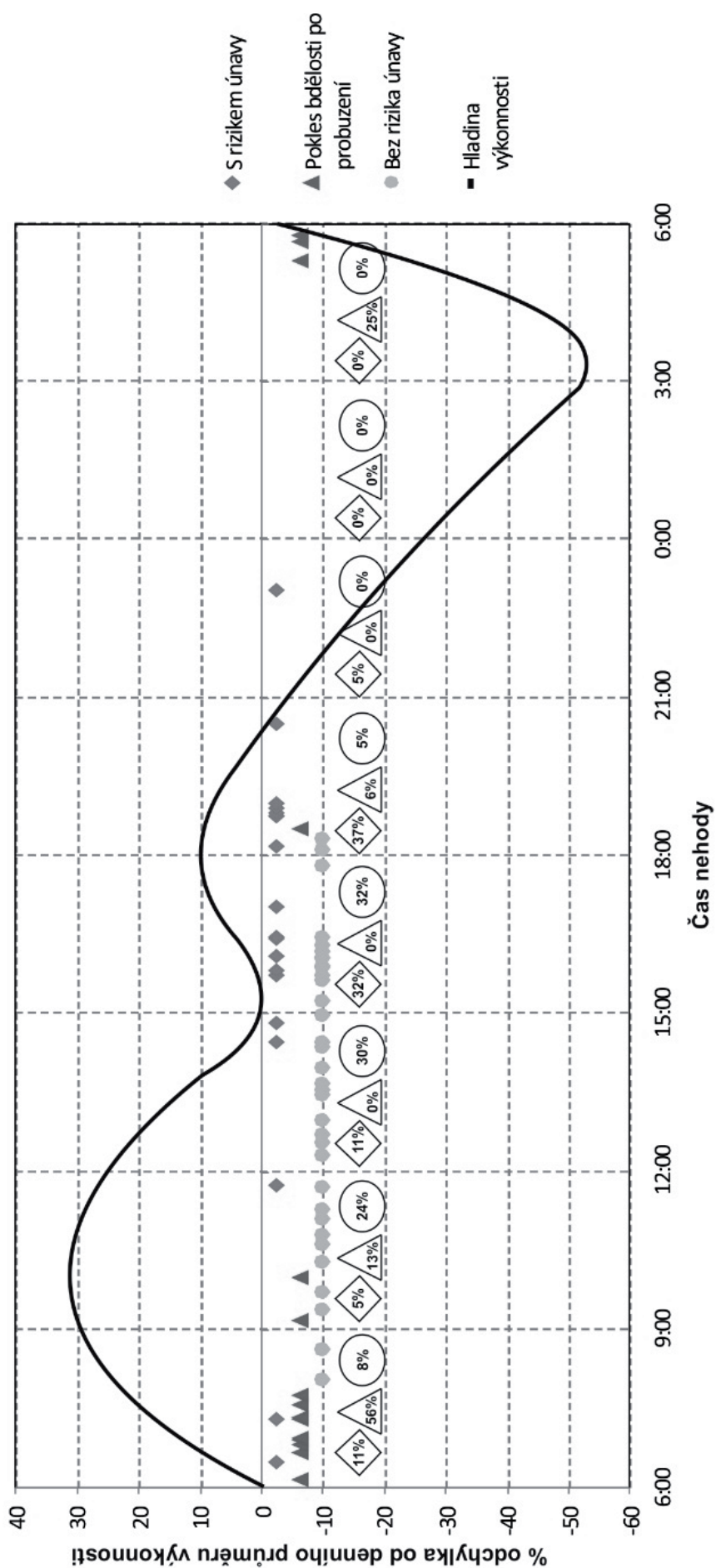
- Garbarino, S., Nobili, L., Beelke, M., De Carli, F., & Ferrillo, F. (2001). The Contributing Role of Sleepiness in Highway Vehicle Accidents. *Sleep*, 24 (2), 203-206.
- Hobzová, M. (2010). Syndrom obstrukční spánkové apnoe. *Interní medicína*, 12 (3), 148-151.
- Horne, J.A., & Reyner, L.A. (1995). Sleep related vehicle accidents. *British Medical Journal*, 310, 565-567.
- Horne, J.A., & Reyner, L.A. (1998). Falling asleep whilst driving: are drivers aware of prior sleepiness? *International Journal of Legal Medicine*, 111 (3), 120–123.
- Horne, J., & Reyner, L. (1999). Vehicle accidents related to sleep: A review. *Occupational and environmental medicine*, 56, 289-294.
- Inoue, Y., & Komoda, Y. (2014). Sleep loss, sleep disorders and driving accidents. *Sleep and Biological Rhythms*, 12 (2), 96- 105.
- Jackson, P., Hilditch, C., Holmes, A., Reed, N., Merat, N., & Smith, L. (2011). Fatigue and Road Safety: A Critical Analysis of Recent Evidence (Road Safety Web Publication No. 21). London: Department for Transport. Získáno z http://www.researchgate.net/publication/242153402_Fatigue_and_road_safety_a_critical_analysis_of_recent_evidence.
- Janečková, D. (2014). Církdiánní preference–rozdílný život ranních ptáčat a nočních sov. Dizertační práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Filozofická fakulta, Katedra psychologie. Školitelka: prof. PhDr. Alena Plháková, CSc.
- Kohoutek, R., & Štěpaník, J. (2000). *Psychologie práce a řízení*. Brno: CERM.
- Langlois, P.H., Smolensky, M.H., Hsi, B.P., & Weir, F.W. (1985). Temporal patterns of reported single-vehicle car and truck accidents in Texas, U.S.A. during 1980-1983. *Chronobiology International*, 2 (2), 131-140.
- Monk, T.H. (2005). The Post-Lunch Dip in Performance. *Clinics in Sports Medicine*, 24, 15-23.
- Petridou, E., & Moustaki, M. (2000). Human factors in the causation of road traffic crashes. *European Journal of Epidemiology*, 16 (9), 819– 826.
- Štikar, Hoskovec, & Štikarová (2003) *Psychologie v dopravě*. Praha: Karolinum.
- Vink, J. M., Groot, A. S., Kerkhof, G. A., Boomsma D. I. (2001). Genetic Analysis of Morningness and Eveningness. *Chronobiol Ing*, 18 (5), 809 - 822

Přílohy

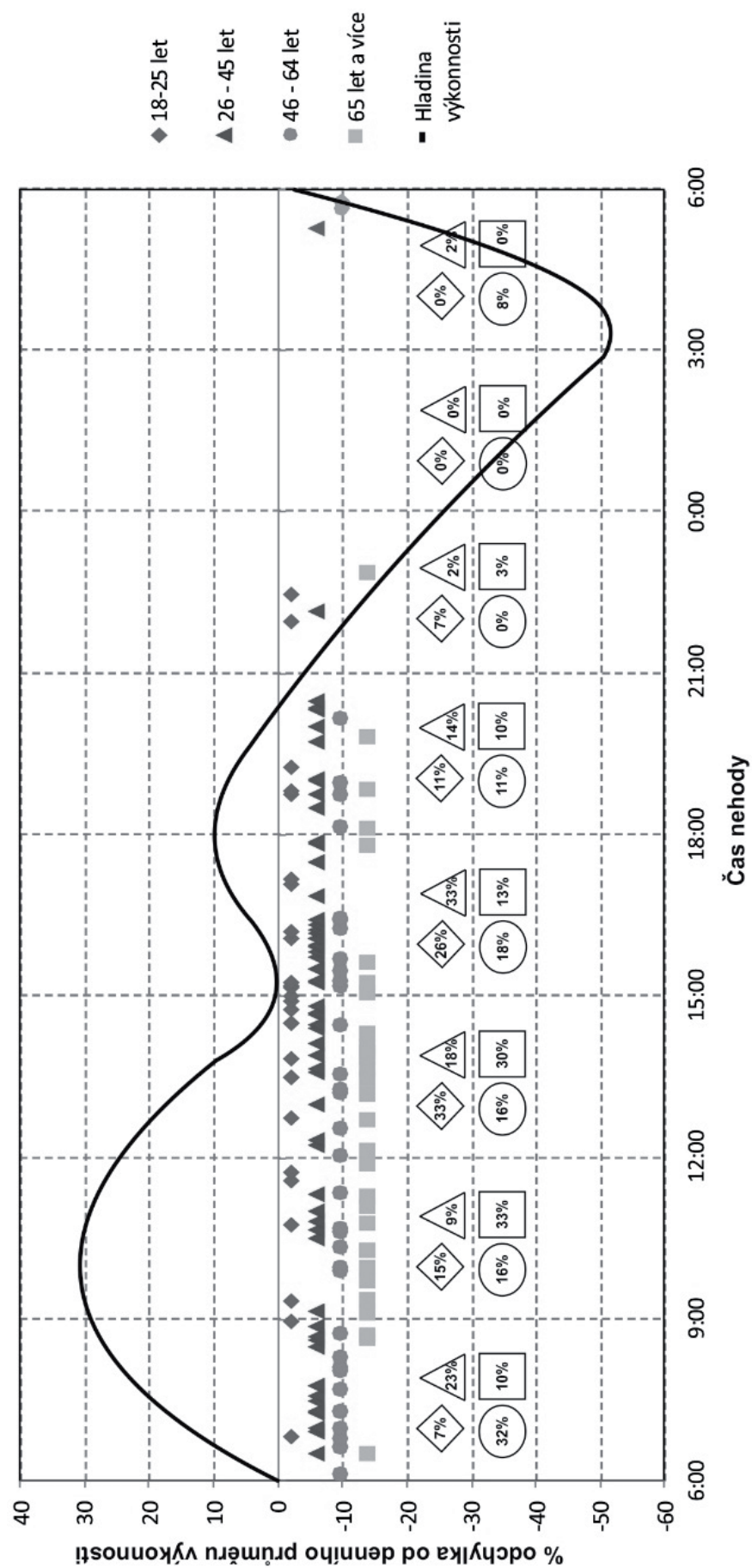
Graf č. 1- Porovnání počtu nehod způsobených nepozorností s hladinou výkonnosti v průběhu dne



Graf č. 2 - Rozložení dopravních nehod během dne u řidičů s potenciálním rizikem a bez rizika únavy



Graf č. 3 - Rozložení dopravních nehod během dne u řidičů v závislosti na věku



Graf č. 4 - Rozložení dopravních nehod během dne u řidičů v závislosti od řídičských zkušeností

