Mezery v dopravním proudu jako další nepřímý ukazatel bezpečnosti silničního provozu

Publikováno: 22. 2. 2017
CDV

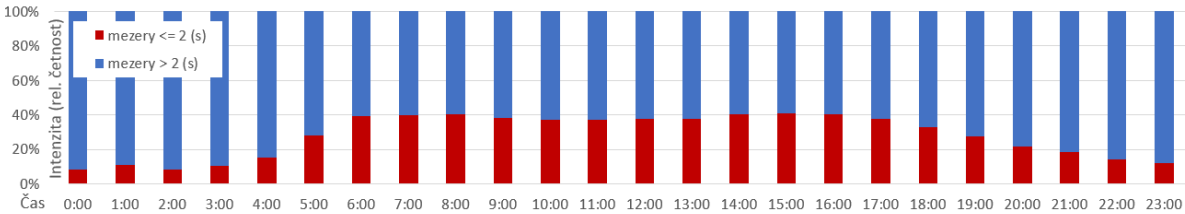
Úvod do problematiky

Se zvyšující se technickou vyspělostí vozidel a informační zátěží řidičů dochází často k podcenění aktivní účasti řidiče při řízení vozidla. Vyspělá technická výbava vozidel kompenzuje četné nedostatky jak řidiče, tak okolní infrastruktury, není však všemocná. Bezohledné chování nebo úmyslné porušování pravidel silničního provozu je jednou z četných příčin dopravních nehod (DN) na pozemních komunikacích (PK) nejen v ČR. Také distrakce řidiče (z jakéhokoliv důvodu) vede k přímému ovlivnění nejen směru jízdy vozidla, ale i jeho rychlosti, a tím i vzájemné vzdálenosti vozidel (mezery, odstupy). Pokud se zaměříme na příčiny DN, tak je to nedodržení bezpečné vzdálenosti (8,07 % DN, PČR 2015 [13]) nebo nevěnování pozornosti řízení vozidla (16,45 % DN, PČR 2015 [13]), které často způsobuje narušování bezpečnosti dopravního proudu.

Při navrhování nové PK se vychází z jednoduchého požadavku na stanovení délky rozhledu (příloha B dle ČSN 73 6101 [01]), ČSN 73 6102 (viz kapitola 5.2.9. [01]) a ČSN 73 6110 (viz kapitola 9.2. [02]). Projektanti sice vycházejí z reakční doby (RD) řidiče 1,5 sekundy a z toho odvozené brzdné dráhy vozidla, nejsou však schopni předvídat různorodost reakcí jednotlivých řidičů, natož jejich nezákonné nebo nebezpečné chování.

Zákon č. 361/2000 Sb. [06], o provozu na PK v odstavci (1) v § 19 definuje dostatečnou **bezpečnostní vzdálenost** jako takovou, **kterou je řidič jedoucí za jiným vozidlem povinen ponechat, aby se mohl vyhnout srážce v případě náhlého snížení rychlosti nebo náhlého zastavení předchozího vozidla**. Zákonem stanovená absolutní hodnota min. RD řidiče však neexistuje. Samostatný odbor Ministerstva dopravy ČR BESIP doporučuje dodržení mezery v hodnotě 2 sekund.

Z našeho dopravního průzkumu vyplývá, že podíl **mezer menších jak 2 sekundy** není v dopravním proudu zanedbatelný. Jejich největší relativní četnost (cca 40 %) lze v dopravním proudu nalézt mezi 7:00 a 17:00 hodinu, tedy v době běžného denního provozu (viz obr. 01) a do 10 % pak v nočních hodinách, kdy je intenzita provozu nejnižší.



obr. 01 Průměrná relativní četnost mezer ≤ 2 s v dopravním proudu na silnicích I. třídy

Postup měření mezer v dopravním proudu

Měření probíhalo po dobu 24 hodin na dvaceti lokalitách silnic I. třídy v ČR (10 extravilán, 10 intravilán). Tyto úseky byly vybrány dle metodiky NUB [05] (obousměrná dvou-pruhová komunikace se stejnou šířkou jízdního pruhu, přímý úsek, stejný limit dovolené rychlosti (extra = 90 km/h, intra = 50km/h), podobné dopravní zatížení. Intravilánové lokality představují průjezdní úseky obcí bez ovlivnění křižovatkami. Podrobněji o lokalitách viz tab. 1. a 2. Dopravní proud, tedy po sobě jedoucí vozidla v jednom směru a výhradně v přilehlém jízdním pruhu, byl monitorován automatickým

sčítačem dopravy (ASD). Byl zaznamenán čas v okamžiku průjezdu vozidla (zadní odstup vozidel), kategorie, délka vozidla a okamžitá profilová rychlost. Současně byla zaznamenána hodnota časové mezery [s] mezi zadní částí předchozího vozidla a čelem následujícího vozidla.

Lokality v intravilánu

ID	ozn. silnice / obec v blízkosti	Intenzita [voz/24 hod]	Podíl TNV [%]	Průměrná M [s]	Podíl M ≤ 2 s [%]	Podíl R ≤ 0 m [%]
1	I/47, Osek nad Bečvou	5500	28,1	15,2	21,3	8,8
2	I/35, Chvojenec	6932	57,4	11,7	45,9	14,6
3	I/14, Trutnov, Náchodská	5918	12,0	14,1	18,9	8,5
4	I/38, Obora	4618	21,0	18,1	22,4	9,9
5	I/9, Vehlovice	4348	15,4	19,5	21,9	9,6
6	I/30 Ústí nad Labem, Pražská	7479	35,9	11,0	37,6	13,7
7	I/27, Štěpánovice	4689	18,1	17,9	28,2	10,3
8	I/43, Letovice, Pražská	4757	30,4	17,5	22,2	8,6
9	I/3, Netřebice	4795	30,5	17,2	26,3	11,7
10	I/50, Brankovice	6246	29,9	13,3	33,9	13,3

Zatížení na lokalitách v intravilánu se pohybuje kolem 5500 voz/24 hod s podílem 12 až 57 % TNV. Mezera mezi vozidly se v průměru pohybuje mezi 11 až 20 s. Podíl mezer menších jak 2 s se pohybuje mezi 18 až 45 %. Podíl záporných rezerv, stanovených dle modelu, se pohybuje kolem 18 až 45 %. Toto kolísání je zapříčiněno různou intenzitou, podílem TNV a dalším prvky infrastruktury v přilehlém okolí lokality. Obdobným způsobem podíl záporných mezer kolísá i v extravilánu viz tab 2.

Lokality v extravilánu

ID	ozn. silnice / obec	ASD měřená intenzita v přilehlém směru [voz/24 hod]	Podíl TNV [%]	Průměrná M [s]	Podíl M ≤ 2 s [%]	Podíl R ≤ 0 m [%]
1	I/43, Černá Hora	6897	42,6	12,1	32,5	18,1
2	I/23, Třebíč – Vladislav	3801	23,7	22,0	16,7	8,5
3	I/55, Napajedla	8330	20,1	10,0	31,2	18,2
4	I/55, Přerov – Kokory	6796	18,9	12,3	29,9	14,4
5	I/35, Litomyšl – Janov	7642	47,6	10,9	33,3	16,4
6	I/37, Pardubice – Chrudim	8336	15,1	9,9	34,4	16,9
7	I/13, Chomutov – Málkov	7800	15,5	10,7	26,3	11,3
8	I/20, Písek – Protivín	5733	18,3	14,7	29,3	14,5
9	I/34, J. Hradec – Horní Ždár	4140	27,7	20,4	26,6	12,7
10	I/26, Stod - Holýšov	5960	24,9	14,1	23,0	10,9

Dále je nutné si uvědomit, že při monitoringu mezer mezi vozidly námi zvolenou metodou (technikou) dochází k záznamu okamžité profilové rychlosti *V* a času průjezdu vozidla *T* na profilu komunikace. Ve skutečnosti se však mezera pohybuje spolu s vozidly, která neustále mění svoji rychlost, a tím se mění i velikost mezery (délka [m] a doba [s]). Za předpokladu dodržení stejného pořadí vozidel, ASD jednotka vždy zaznamenala rychlost *Vi* prvního vozidla a čas jeho průjezdu *Ti*, tím počalo měření mezery. Až do chvíle, kdy kolem ASD jednotky projelo druhé (následující) vozidlo, jehož přední část ukončila měření mezery a byla zaznamenána jeho okamžitá profilová rychlost *Vi+1* a čas průjezdu *Ti+1*. Modelem vypočtené hodnoty záporných vzdáleností (rezerv) po zastavení obou vozidel, vycházejí právě u mezer ≤ 2 sekundy. Tedy v případech, kdy jsou rozdíly mezi rychlostmi obou vozidel již velmi malé. Z toho vyplývá, že metoda a technika profilového měření postačuje.

Stanovení bezpečné vzdálenosti (rezervy) mezi vozidly při kritickém brždění

Dodržování bezpečné vzdálenosti (**mezery M** [s]) mezi vozidly je vhodné právě z důvodu náhlého kritického brždění předchozího . V případě dodržení vhodného odstupu (mezery) je řidič následujícího schopen reagovat a zastavit vozidlo na bezpečnou vzdálenost (s kladnou **rezervou R** [m]). **Potenciál bezpečnosti dopravního proudu vychází právě z podílu mezer mezi vozidly, které by v případě kritického brždění předchozího vozidla měly šanci způsobit konflikt nebo DN.** Následující postup popisuje simulaci kritického brždění dvou po sobě jedoucích vozidel za podmínky znalosti charakteristik mezery [s] a to: rychlost obou vozidel [m/s], jejich kategorie (O - osobní, M - motocykl, N - nákladní, A - autobus, K - kamion), zpomalení [m/s2] a RD řidiče druhého vozidla [s].

Výpočet rezervy R, vzdálenosti [m] mezi vozidly po jejich úplném zastavení při náhlém (kritickém) brždění, vychází z následujícího schématu (viz obr. 02). Předchozí *vozidloi* zahájilo náhlé nepředpokládané (kritické) brždění. Jeho motiv není podstatný, předpokládá se však taková stimulace, která nutí řidiče zastavit vozidlo až do úplného zastavení. Řidič následujícího *vozidlo i+1* je pak nucen reagovat (sešlápnout brzdový pedál) a také vést vozidlo až do úplného zastavení. Samotný průběh brždění po sobě jedoucích vozidel může probíhat dle následujících tří uspořádání:

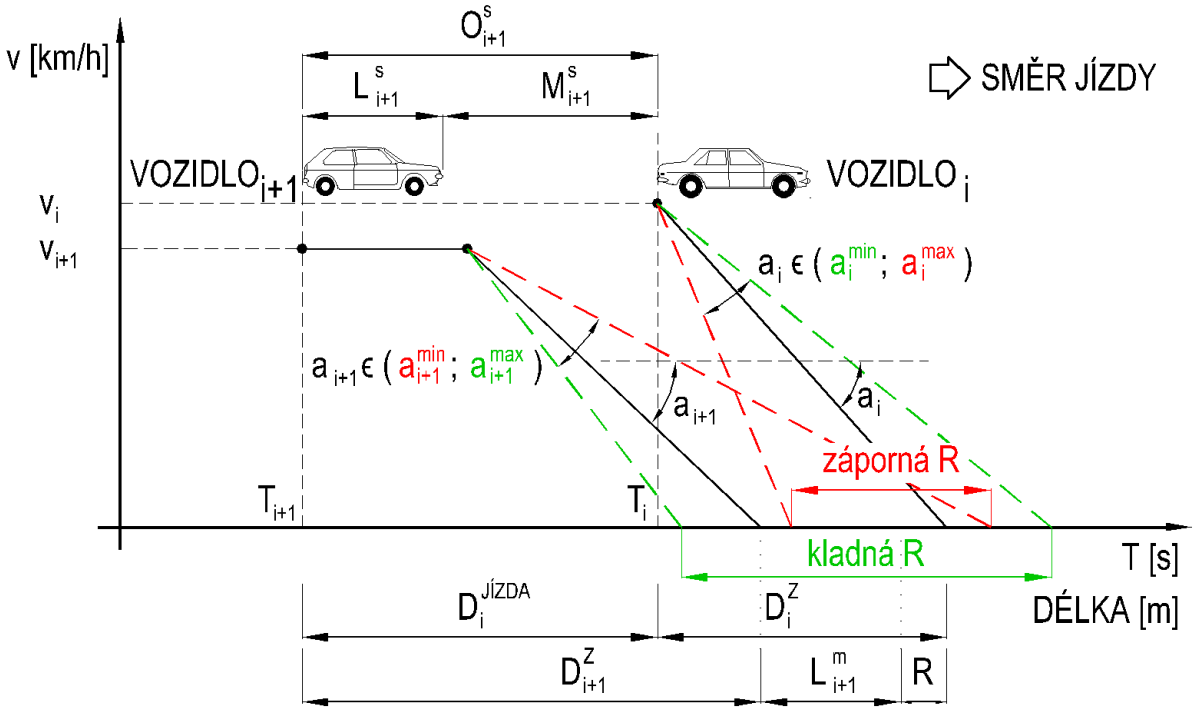
- předchozí *vozidlo i* brzdí s větším zpomalením než následující *vozidlo i+1*,
- předchozí *vozidlo i* brzdí s menším zpomalením než následující *vozidlo i+1*,
- obě vozidla brzdí velmi podobně nebo stejně.

Každé z uvedených upořádání má za výsledek jinou hodnotu rezervy. Pokud je výsledná hodnota rezervy kladná, tak se předpokládá, že se po úplném zastavení obou vozidel vytvořila mezera (kladná vzdálenost viz černá nebo zelená kóta na obr. 02). V případě záporné hodnoty (viz červená kóta na obr. 02) dochází ke kontaktu nebo dokonce k průniku vozidel. Jedná se tedy o DN minimálně s hmotnou škodou. Nulová hodnota mezery taktéž předpokládá kontakt vozidel, který představuje potenciální riziko (konflikt), ke kterému v nerušeném dopravním proudu nesmí docházet.

Do modelu vstupuje RD řidiče následujícího vozidla *Trd* a hodnota zpomalení *ai*; *ai+1* obou vozidel jako náhodné parametry, které v běžném provozu nelze z technických důvodů monitorovat. Jelikož námi navržený model představuje pouze simulaci, za účelem prověření možnosti vzniku DN nebo konfliktu v případě kritického brždění po sobě jedoucích vozidel, jsou tyto parametry voleny náhodně. A to tak, že pro každou mezeru bylo náhodně generováno 20 stavů s různými nastaveními parametrů *Trd*, *ai* a *ai+1* s normálním rozdělením $N(\mu, \sigma^2)$. Výsledná hodnota rezervy představuje průměr z těchto 20 modelovaných stavů kritického brždění následujících se vozidel v danou denní dobu zvlášť pro intravilán (viz obr. 05) a extravilán (viz obr. 06).

Model kritického brždění následujících se vozidel

Na obrázku 02 je prezentována modelová situace kritického brždění po sobě jedoucích vozidel v případě rovnoměrného (lineárního) zpomalení . V reálném prostředí lze očekávat i nerovnoměrné zpomalení obou vozidel, které je dáno různými technickými možnostmi vozidla, RD řidičů, dobou a silou sešlápnutí brzdového pedálu aj. Schéma bylo zjednodušeno na základě doporučení vyplývajícího z dynamiky pohybu vozidel (viz publikace Automobilová technická příručka [09] a Soudní inženýrství [07]).



obr 02. Schéma modelu kritického brždění po sobě jedoucích vozidel

Výpočet rezervy *R* je ovlivněn RD řidiče *Trd* následujícího *vozidlai+1*. Právě tento krátký okamžik (čas) nejvíce zmenšuje vzdálenost (hodnotu rezervy) mezi vozidly po jejich zastavení. Námi zvolený model stanovuje hodnotu rezervy z rozdílu délek pro zastavení následujících se vozidel, kde má RD řidiče velký vliv na délku pro zastavení následujícího vozidla D_{i+1}^{z}. Výpočet délky pro zastavení předchozího vozidla D_i^z se vypočte dle následujícího vzorce:

Délka pro zastavení předchozího vozidla [m]

$$D_i^z = \frac{V_i^2}{2 \cdot a_i}$$

Ve vzorci **délky pro zastavení předchozího vozidla** člen *Vi* představuje hodnotu okamžité profilové rychlosti [m/s] předchozího $\boldsymbol{vozidlo_i}$ a člen *ai* je hodnota jeho rovnoměrného zpomalení [m/s2].
Z pohledu stanovení rezervy není ve výpočtu délky pro zastavení předchozího $\boldsymbol{vozidlo_i}$ uvažována RD řidiče ani prodleva aktivity brzd. Čas k tomu určený se uvažuje pouze pro stanovení délky pro zastavení následujícího $\boldsymbol{vozidla_{i+1}}$ D_{i+1}^z [m].

Délka pro zastavení následujícího vozidla [m]

$$D_{i+1}^z = T_{RD} \cdot V_{i+1} + 0{,}05 \cdot V_{i+1} + \frac{1}{2} \cdot 0{,}1 \cdot V_{i+1} + \frac{V_{i+1}^2}{2 \cdot a_{i+1}}$$

Délka pro zastavení následujícího vozidla se vypočte také dle vzorce pro rovnoměrně zpomalený pohyb, kde člen představuje okamžitou profilovou rychlost [m/s] následujícího a člen představuje jeho rovnoměrné zpomalení [m/s2]. Navíc jsou k této délce připočteny vzdálenosti [m] ujeté následujícím za dobu reakce řidiče [s], prodlevy brzd a náběhu brzd . Součet těchto dílčích vzdáleností představuje dráhu, kterou následující urazí, než dojde ke skutečnému účinku brzdných sil vozidla.

Rezerva se vypočte z rozdílu jízdy a délky pro zastavení předchozího vozidla [m], délky pro zastavení následujícího vozidla [m] a délky následujícího vozidla [m], která se z rezervy odečítá, jelikož se při kontaktu vozidel (nulové nebo záporné hodnoty rezervy) předpokládá setkání přední a zadní části vozidel (vychází z metody měření ASD, data se odečítají až při průjezdu zadní části vozidla). Viz následující vzorec:

Rezerva [m] $$R = \left(D_i^{jízda} + D_i^z\right) - \left(D_{i+1}^z + L_{i+1}^m\right)$$

Člen [m] představuje vzdálenost, kterou předchozí urazí za dobu odstupu následujícího vozidla [s]. Odstup lze vypočítat z rozdílu časových značek obou vozidel nebo součtem časové mezery [s] a doby [s] za kterou předchozí urazí délku následujícího . Délka jízdy předchozího vozidla se stanoví jako součin jeho okamžité rychlosti a rozložené doby odstupu .

Délka jízdy předchozího vozidla [m] $$D_i^{jízda} = V_i \cdot \left(L_{i+1}^S + M_{i+1}^S\right)$$

Po dosazení rozložené délky jízdy předchozího a odvozené délky následujícího vozidla do rovnice pro výpočet rezervy zjistíme, že se délka následujícího vozidla vyskytuje v rovnici na obou stranách.

Úprava výpočtu rezervy [m] $$R = \cancel{V_i \cdot L_{i+1}^S} + V_i \cdot M_{i+1}^S + D_i^Z - D_{i+1}^Z - \cancel{V_i \cdot L_{i+1}^S}$$

Rovnici pro výpočet rezervy je tedy možné upravit na následující tvar:

Vzdálenost po zastavení obou vozidel - Rezerva [m] $$R = V_i \cdot M_{i+1}^S + D_i^Z - D_{i+1}^Z$$

Náhodné proměnné v modelu

Reakční doba řidiče [s] je nezanedbatelnou součástí výpočtu rezervy . Jedná se o relativně krátký časový úsek, kdy řidič následujícího vidí, rozpoznává a reaguje na předchozí . Za tuto dobu však urazí vzdálenost bez zpomalení , i když předcházející svoji rychlost kriticky snižuje . Dle psychologických studií lze RD rozdělit do tří fází: optická, psychická a svalová reakce (viz [07] a [11]).

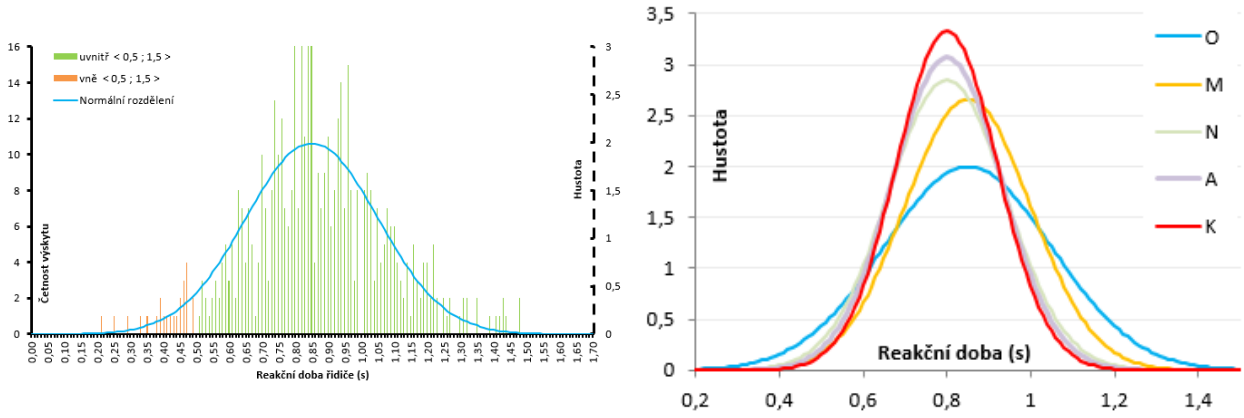
Jedna ze základních studií RD řidiče byla učiněna již v roce 1952 [12]. Výzkum byl proveden za nejvhodněji nastavených podmínek: nízká nejistota řidiče, dobrá viditelnost, výhled bez rušení, řidiči bez předchozích zkušeností. RD byla stanovena mezi 0,7 a 0,75 s (0,5 až 0,55 s připadá na mentální rozpoznání podnětu a 0,2 s na svalovou reakci). Ve studii vlivu faktorů na RD řidiče při vyhýbavých manévrech [10] bylo provedeno měření a statistická analýza (820 dopravních situacích) na vzorku řidičů nákladních (10) a osobních vozidel (100). Ze závěru vyplývá, že vliv na RD má pozornost řidiče a jeho koncentrace na cestu před ním. Pohlaví, věk ani řidičovi ruce v pozici na volantu, nebo rychlost, intenzita provozu, povrch vozovky, lokalita, počasí nebo i závažnosti dopravní situaci neprokázaly významný vliv. Velký vliv na RD vykázal parametr kategorie vozidla. Toto autoři přisuzují odborné způsobilosti a výšce zraku řidiče. Jako neurčitý faktor byla identifikována viditelnost, denní doba a nasvětlení PK.

Rozlišné závěry jednotlivých výzkumů RD řidiče nasvědčují tomu, že se jedná stále o neurčitou charakteristiku řidiče, která vždy vykazuje jinou hodnotu. Ustáleným předpokladem je, že se RD řidiče pohybuje kolem střední hodnoty) a je subjektivní. Lze tedy předpokládat její normální rozdělení (viz [07]), které bylo pro výpočet rezervy a pro různé kategorie vozidel (O, M, N, A, K) nastaveno následovně:

Parametry normálního rozdělení RD řidiče

Kategorie vozidel	O	M	N	A	K
- Střední hodnota (s)	0,85	0,85	0,80	0,80	0,80
- Rozptyl (s)	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01

Do výpočtu rezervy byla RD řidiče pak volena náhodně v omezeném intervalu <0,5;1,5>. Hodnoty generované náhodně mimo tento interval byly nahrazeny rovnoměrným rozdělením uvnitř intervalu (viz obr. 03 část A). Minimální hodnota vyplývá z předpokladu, že řidič nemůže mít nulovou RD. Max. hodnota je stanovena požadavkem přílohy B ČSN 73 6101 [01].



A, rozdělení s omezením *B, kategorie vozidel*

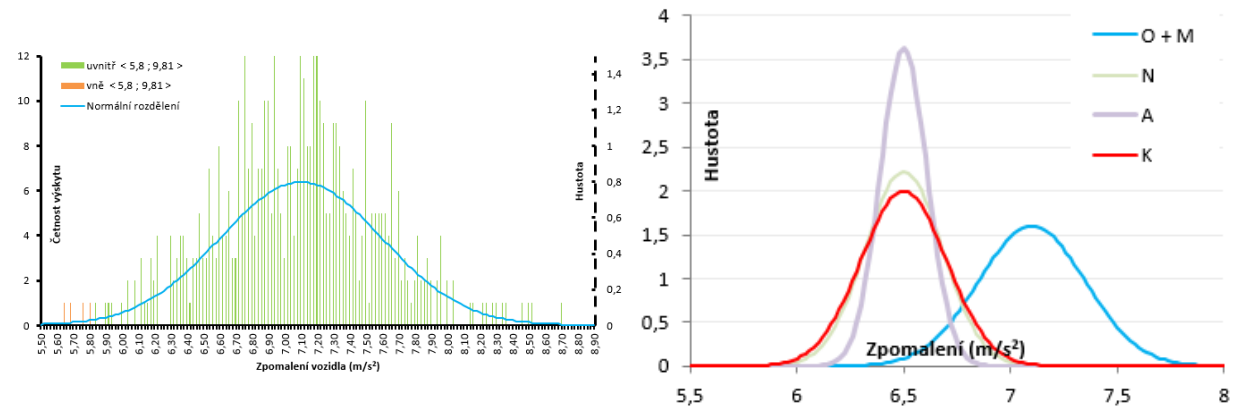
obr. 03 Modelovaná reakční doba řidiče pro výpočet rezervy

Zpomalení vozidla a lze dle studií rozlišit na běžné a kritické [17]. Běžné zpomalení představuje volné snížení rychlosti následujícího , kdy jeho řidič sejme nohu z plynu díky rozpoznání odlišné rychlosti předchozího . Kritické zpomalení představuje náhlé snížení rychlosti okamžitým sejmutím nohy z plynu a prudkou aktivací brzdového systému, na základě rozpoznání předcházejícího podnětu (např. brzdových světel předchozího vozidla). Předpokládá se rovnoměrně zpomalený pohyb až do zastavení vozidla, který vychází z adhezivních vlastností vozovky, pneumatik a dalších technických parametrů vozidla. Uspořádání na obr. 02 představuje model průběhu potenciálně nebezpečné dopravní situace. **Nejnebezpečnější uspořádání vzniká v případě, že předchozí brzdí s maximálním dosažitelným zpomalením a následující naopak se zpomalením minimálním stanoveným právním předpisem.** Za těchto podmínek je vytvoření záporné rezervy nejpravděpodobnější.

Parametry normálního rozdělení zpomalení vozidel

Kategorie vozidel	O	M	N	A	K
- Střední hodnota (m/s2)	7,10	7,10	6,50	6,50	6,50
- Rozptyl (m/s2)	0,25	0,25	0,18	0,11	0,20
Minimum (m/s2)	5,80	4,40	5,00	5,00	5,00
Maximum (m/s2)	9,81	9,81	8,00	8,00	8,00

Opět se předpokládá, že vozidla (dle kategorie O, M, N, A, K) mají vzhledem ke svým technickým možnostem jinou střední hodnotu zpomalení. Do výpočtu rezervy bylo zpomalení ; voleno náhodně jako RDřidiče v omezeném intervalu. Model nepředpokládá, že by zpomalení mohlo nabývat hodnot mimo vymezený interval (viz tab. 4). Hodnoty generované náhodně mimo tento interval byly opět nahrazeny rovnoměrným rozdělením uvnitř intervalu max; min. Pro výpočet rezervy byly použity hodnoty pro zpomalení předchozího na maximální možné s dělením dle kategorie vozidla a dle min. požadavků uvedených v předpisech EHK č. 13 a 13H [14] dále pak EHS/ES 71/320 [15] a vyhláška č. 341/2014 Sb. [16].

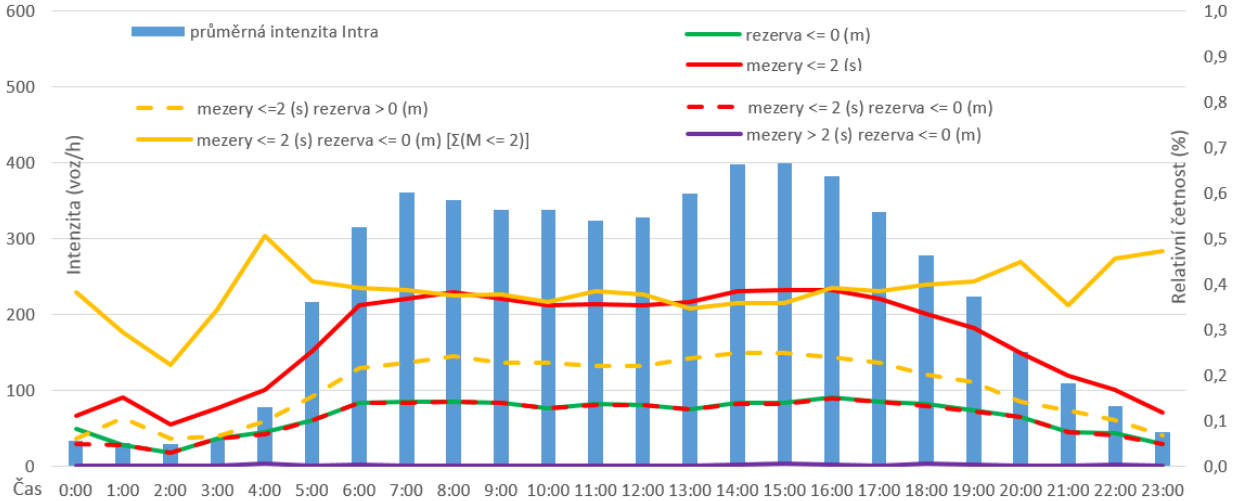


A, rozdělení s omezením *B, kategorie vozidel*

obr. 04 Modelované zpomalení vozidel pro brždění

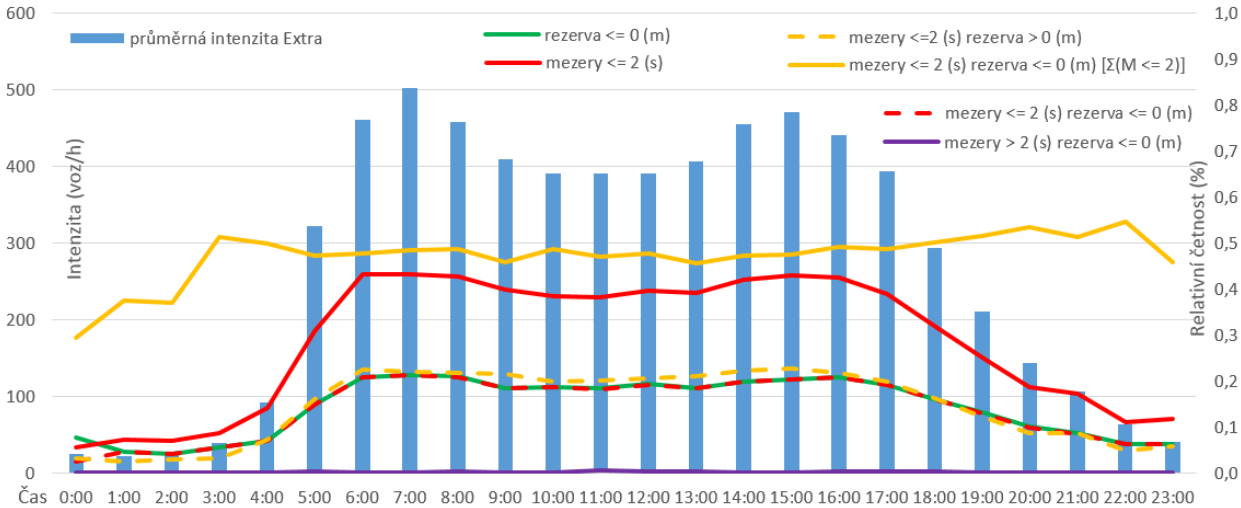
Stanovení podílu záporných rezerv jako nepřímého ukazatele bezpečnosti silničního provozu

Po aplikaci výše specifikovaného modelu pro kritické brždění po sobě jedoucích vozidel v dopravním proudu jsme získali relativní podíl mezer, které by za jistých podmínek mohly zapříčinit vznik DN nebo konfliktu. **V intravilánu** (viz obr. 05) se průměrně 11 % řidičů (z celkového počtu řidičů ze vzorku) vystavuje nebezpečí, že by nebylo schopno ubrzdit své vozidlo v případě, že před nimi jedoucí vozidlo začne náhle (kriticky) brzdit. Proklamovanou bezpečnou hodnotu mezery 2 sekundy (viz BESIP) nedodržuje cca 28 % řidičů (z celkového počtu vozidel ve vzorku). Z řidičů, kteří před sebou měli mezeru ≤ 2 s, by se dle modelu nepodařilo dobrzdit přibližně 38 % z nich. Z obr. 05 vyplývá, že podíl nebezpečných (záporných) mezer roste s dopravním zatížením (mezi 6:00 a 16:00 h). Ti řidiči, u kterých byla zaznamenána mezera > 2 s, mohou dle modelu zapříčinit DN nebo konflikt pouze v 0,18 % (z celkového počtu).



obr. 05 Průměrná relativní četnost modelovaných rezerv v průběhu dne v intravilánu

V extravilánu (viz obr. 06) byl průměr řidičů (záporných rezerv), kteří by dle modelu nebyli schopni ubrzdit svá vozidla, vypočten na cca 14 % (z celkového počtu řidičů ze vzorku). Proklamovanou bezpečnou hodnotu mezery (2 s) nedodrželo cca 28 % řidičů (z celkového počtu vozidel ze vzorku). Z řidičů, kteří před sebou mají mezeru ≤ 2 s by se dle modelu nepodařilo dobrzdit přibližně 47 % z nich. Z obr. 06 vyplývá, že podíl nebezpečných mezer stejně jako v intravilánu roste s dopravním zatížením. Vypočtené záporné rezervy jsou nejčastější mezi 5:00 a 18:00 hodinou. Řidiči, kteří doporučenou hranici pro bezpečný odstup > 2 s dodržují, se dle modelu vystavují riziku pouze v 0,15 % případů (z celkového počtu).



obr. 06 Průměrná relativní četnost modelovaných rezerv v průběhu dne v extravilánu

Závěr

Model kritického brždění následujících se vozidel poskytl postup, jak stanovit podíl nebezpečně malých mezer. Právě nedodržování bezpečné vzdálenosti (mezer) mezi vozidly za jízdy, je druhou z nejčastějších příčin DN. Proklamovaná dvousekundová hranice bezpečného odstupu není téměř třetinou řidičů dodržována (silnice I. třídy cca 28 %).

Průměrná relativní četnost záporných rezerv na silnicích I. třídy

Lokalita	Intenzita) [voz/den]	R ≤ 0 [m]	M ≤ 2 [s]	M ≤ 2 [s] R ≤ 0 [m])	M ≤ 2 [s] R ≤ 0 [m])	M > 2 [s] R ≤ 0 [m]	M ≤2 [s] R > 0 [m]
Intravilán	5531	10,88 %	27,86 %	10,61 %	38,23 %	0,18 %	17,25 %
Extravilán	6544	14,20 %	28,31 %	13,88 %	47,11 %	0,15 %	14,43 %

Poznámka:

1) Jedná se o průměrnou intenzitu (voz/den) pouze v jednom jízdním pruhu a jednom směru.

2) Jedná se o podíl záporných rezerv pro mezery ≤ 2 s vyjádřený z celkového počtu vozidel.

3) Jedná se o podíl záporných rezerv pro mezery ≤ 2 s vyjádřený právě z počtu vozidel, které před sebou měla mezeru ≤ 2 s.

V intravilánu se očekává nižší rychlost pohybujících se vozidel. Podíl modelovaných záporných mezer je nižší jak v extravilánu, jelikož je hodnota dráhy pro zastavení vozidla kratší. Model určil podíl 11 % řidičů, kteří se svým chováním na silnicích I. třídy v intravilánu vystavují riziku nedodržení bezpečného odstupu od předchozího vozidla. Z těch vozidel, která před sebou měla mezeru menší jak dvě sekundy, by právě 38 % řidičů nemuselo své vozidlo dobrzdit. **V extravilánu** se jezdí vyšší rychlostí. Lze tedy očekávat větší vliv RD řidiče na dráhu pro zastavení vozidla. Tomu odpovídá i vyšší podíl modelovaných záporných rezerv v případě kritického brždění. Přibližně 14 % řidičů se svým chováním na silnicích I. třídy v extravilánu přímo vystavuje riziku nedodržení bezpečného odstupu od předchozího vozidla. A z těch vozidel, která před sebou měla mezeru menší jak dvě sekundy, by právě 47 % řidičů nemuselo své vozidlo dobrzdit.

Výsledky našeho výzkumu prokazují, že vozidla, která před sebou měla mezeru větší jak dvě sekundy, mají jen minimální šanci na vznik konfliktu nebo DN způsobenou kritickým brzděním předchozího vozidla (cca 0,2 %). Proklamovaná hranice 2 sekund je tedy vhodně nastavena. Je nutné poznamenat, že ne všechny mezery menší jak dvě sekundy musejí být ze zásady nebezpečné. Model prokázal, že v intravilánu cca 62 % a v extravilánu cca 53 % řidičů má šanci své vozidlo ubrzdit i s odstupem menším jak 2 sekundy.

Mezera mezi vozidly tedy představuje nepřímý ukazatel bezpečnosti (NUB) silničního provozu, který nám udává potenciál bezpečnosti provozu. Ten roste s hodnotou časové mezery mezi vozidly.
V závěru je možné potvrdit doporučení BESIP, aby řidiči dodržovali předepsanou rychlost a zbytečně nesnižovali mezeru mezi vozidly. Pro hlubší pochopení problematiky je však vhodné provést tuto analýzu na dalších lokalitách silnic II. a III. tříd, větším vzorku intravilánových komunikací a také rozšíření sledovaného časového intervalu. Dále potom srovnání podílu záporných rezerv s bezpečnostními riziky a dopravními nehodami na úsecích.

Poděkování

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

Literatura, reference

1. *ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic, říjen 2004, Český normalizační institut, 2004; ČSN 73 6101: 2004/Oprava 1 (květen 2005); ČSN 73 6101:2004/Z1 (leden 2009), ČSN 73 6101:2004/Z2 (duben 2013),*
2. *ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na silničních komunikacích, listopad 2007, Český normalizační institut, 2007; ČSN 73 6102:2007/Z1 (srpen 2011)*
3. *ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací, leden 2006, Český normalizační institut, 2006; ČSN 73 6110:2006/Z1 (únor 2010)*
4. *HAVRÁNEK P., SIMONOVÁ E., STRIEGLER R., Metodika pro vyhodnocení souvislostí nepřímých ukazatelů a aktivit národní strategie, CDV, 2015, i. vydání, ISBN 978-80-88074-27-4*
5. *HAVRÁNEK P.,LIPL M., SIMONOVÁ E., Metodika stanovení délky a rozsahu průzkumů chování účastníků silničního provozu s ohledem na efektivní vynakládání finančních prostředků, CDV, 2014, i. vydání, ISBN 978-80-86502-79-3*
6. *Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích*
7. *Ambros J., Kysely M., Free-flow vs car-following speeds: does the difference matter? Advances in Transportation Studies, 2016, no. 40, p. 17-26.*
8. *Bradáč A. a kolektiv, Soudní inženýrství, Brno 1999, CERM Akademické nakladatelství, s.r.o., (dotisk), ISBN 80-7204-133-9*
9. *Vlk F., Automobilá technická příručka, Dynamika vozidel, Vozidlové motory, Převodová ústrojí, Podvozky vozidel, Stavba vozidel, 1. vydání, Brno 2003, ISBN 80-238-9681-4*
10. *Dozza M., What factors influence drivers response time for evasive maneuvers in real traffic?, 2012, Accident Analysis and Preventation 58 (2013), page 299-308, journal homepage: www.elsevier.com/locate/aap*
11. *Ma X. and Andrésson I., „Estimation od drivers reaction Time from Car-Following data". Trasportation Research Record Vol. 1965:130-141. Transposrtation Research Board, Washington, D.C., USA, 2006.*
12. *Norman O., (1952), Braking distance of vehicles from high speed. Public Roads, 27, page 15-169*
13. *Tesařík J., Straka J., Přehled nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2015, Ředitelství dopravní policie policejního prezidia České republiky, Praha, květen 2016*
14. *EHK 013 Brždění těžkých vozidel, příloha č. 12 EHK/OSN Dohoda z r. 1958 a 13H*
15. *EHS/ES 71/320 měrnice Komise 98/12/ES ze dne 27. ledna 1998, kterou se přizpůsobuje technickému pokroku směrnice Rady 71/320/EHS o sbližování právních předpisů členských států týkajících se brzdových zařízení určitých kategorií motorových vozidel a jejich přípojných vozidelText s významem pro EHP.*
16. *Vyhláška č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích*
17. Mehmood A., Easa S. M., Modeling reaction time in Car-Following behaviour based oh human Factors, World Academy of Science, *International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering Vol:3, No:9, 2009*