



VYHODNOCENÍ SOUČINITELE ADHEZE VYBRANÝCH PNEUMATIK PRO ZÁSAHOVÝ POŽÁRNÍ AUTOMOBIL

ASSESSMENT OF THE ADHESION COEFFICIENT OF SELECTED TIRES FOR AN EMERGENCY FIRE TRUCK

LADISLAV JÁNOŠÍK, IVANA JÁNOŠÍKOVÁ, PAVEL POLEDŇÁK, IZABELA
ŠUDRYCHOVÁ

ABSTRACT: *The paper summarizes the results of testing and evaluation of the suitability of three selected types of tires for emergency fire trucks at units of the Fire and Rescue Service of the Czech Republic. The testing focused on determining the coefficient of adhesion in the longitudinal and lateral directions of the vehicle. In the longitudinal direction, data were obtained during braking manoeuvres. The actual braking distances and stopping times were measured. From these data, a braking deceleration and a theoretical coefficient of adhesion were calculated by a company's software. To determine the operating acceleration values in the lateral direction, measurements were made on a circular track with three given internal radii. The results of the measurements were used as one of the bases for determining a methodical procedure for performing tests of the functional tire properties for emergency fire trucks, especially water tenders, used by the Fire and Rescue Service of the Czech Republic.*

KEYWORDS: *Fire truck. Braking distance. Coefficient of adhesion. Longitudinal acceleration. Lateral acceleration.*

ÚVOD

Ověření funkčních vlastností pneumatik bylo prováděno v rámci řešení projektu „Bezpečná jízda zásahové požární techniky k zásahu“ (id. č. VH20182021035) na základě smlouvy mezi smluvními stranami Česká republika – Ministerstvo vnitra a Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TU Ostrava). Tvorba metodického postupu byla prováděna ve spolupráci s Ministerstvem vnitra - generálním ředitelstvím Hasičského záchranného sboru České republiky (dále jen HZS ČR) a Technickým ústavem požární ochrany Praha. Experimentální činnosti byly prováděny ve spolupráci s Centrem bezpečné jízdy Libros Ostrava, s. r. o. Zde na uzavřeném cvičném polygonu probíhalo ověřování metodického postupu měření na reálném vozidle. Technické a servisní zázemí zajišťovali příslušníci Záchranného útvaru HZS ČR se sídlem v Hlučíně.

1. POŽÁRNÍ AUTOMOBIL

Pro testování byl vybrán požární automobil s označením CAS 20/4000/240 S2R na podvozkové základně Scania P440 CB 4x4. Vozidlo je dislokováno na požární stanici ve Znojmě, HZS Jihomoravského kraje. Jeho registrační značka je 5B8 0727. Jedná se o požární automobil těžké hmotnostní třídy. Má dvounápravový podvozek s průběžným rámem, schopný provozu na všech komunikacích a částečně i mimo ně. Vozidlo má stálý pohon zadní nápravy, která je vybavena uzávěrkou diferenciálu. Dále má přiřaditelný pohon přední nápravy, který je vybaven také uzávěrkou diferenciálu. Délka vozidla je 8280 mm, šířka 2550 mm, výška 3100 mm. Nádrž na vodu má objem 4000 litrů a nádrž na pěnídlo má 240 litrů. Celková hmotnost vozidla je 18000 kg. Vozidlo je vybaveno dvoukruhovým tlakovzdušným systémem. Na obou nápravách jsou bubnové brzdy. Vozidlo má hydrodynamický retardér a asistenční systémy ABS a ASR. Výkon motoru je 323 kW, krouticí moment 2300 Nm a maximální rychlost je omezena elektronicky na 110 km.h⁻¹. Převodovka je automatizovaná, systém Opticruise, bez spojkového pedálu (JEŽEK, 2018). Pro ověření pneumatik bylo přistaveno vozidlo o celkové hmotnosti udané výrobcem v technické dokumentaci k vozidlu, s plnými nádržemi na hasiva a s kompletním a řádně uloženým požárním příslušenstvím. Na docílení zátěže úplné posádky 1+1+4 byly při experimentech ve vozidle kromě řidiče vždy 3 členové realizačního týmu a dále pytle se zátěží (2 x 90 kg), která simulovala chybějící 2 členy osádky.

2. TESTOVACÍ POLYGON

Testovací polygon se nachází v Centru bezpečné jízdy LIBROS Ostrava s.r.o. Je součástí rozsáhlého areálu společnosti Libor Václavík - LIBROS na ul. Palackého 1114 v Ostravě - Přívoze (GPS: 49°51'2.498"N, 18°15'21.979"E). Rozkládá se na celkové rozloze 6 ha. Je tvořen hlavním asfaltovým polygonem (25685 m²) a terénním polygonem (36000 m²). Podrobné technické parametry jsou uvedeny na webu společnosti LIBROS (LIBROS, 2020). Polygon splňuje česká i evropská kritéria a požadavky na výcvik řidičů a testování bezpečnosti vozidel od 1 do 40 tun celkové hmotnosti. Vybavenost je podle Zákona č. 374/2007, Sb. a Vyhlášky č. 156/2008, Sb. Pro testování byla využita pouze základní plocha o rozměrech cca 150 x 30 m. Její povrch je živičný a vyhovuje stavebně technickým požadavkům na komunikace I. třídy.

3. MĚŘICÍ PŘÍSTROJ

Při měření jízdních charakteristik byl využit přístroj Performance Box od společnosti Racelogic Ltd, Buckingham, Anglie. Podrobná charakteristika toho přístroje je uvedena na webu výrobce (VBOX Motorsport, 2020). Přístroj je uzpůsoben ke zjišťování absolutní polohy vozidla v reálném čase. Následně je z těchto veličin vypočítána ujetá dráha, rychlost, podélná a příčná akcelerace a řada dalších hodnot. Kmitočet záznamů je 10 Hz. Jeho přesnost je dána určování polohy vozidla v reálném čase využitím signálů ze satelitních systémů GPS a GLONASS. Pro měření rychlosti je udávána přesnost 0,2 km.h⁻¹ při rozlišení 0,01 km.h⁻¹. Přesnost 0,05 % (méně než 50 cm na 1 km) a rozlišení 1 cm je pro měření dráhy. Přesnost a rozlišení záznamu času je dána frekvencí přístroje, tedy 0,1 s. Přístroj je vybaven SD kartou, na kterou se ukládala zaznamenaná data. Data byla následně přenesena do počítače a dále zpracována ve firemním software VBOX Test Suite (RACELOGIC Support Centre, 2018). Zde byla vyhodnocována změna rychlosti, brzdná dráha a podélná a příčná akcelerace vozidla. Přístroj byl instalován v kabině vozidla v jeho podélné ose a přichycen přísavkami na čelním skle. Byl napájen z palubní 12 V sítě vozidla.

4. TESTOVANÉ PNEUMATIKY

V rámci ověřování byly do testování na základě rozhodnutí tehdejšího vedení HZS ČR vybrány následující druhy pneumatiky od společnosti Continental AG:

- Continental HSW2 (přední náprava), HDW2 (zadní náprava), Scandinavia Winter M+S, * (dále jen Scandinavia Winter). Pro testování byl použit rozměr pneumatiky 385/65 R 22.5 160K (158L). Výrobce deklaruje vysokou jízdní stabilitu díky dezénu uzpůsobenému pro *zimní provoz*.
- Continental Conti Cross Trac HS3 (přední náprava), HD3 (zadní náprava), M+S, * (dále jen Conti Cross Trac). Pro testování byl použit rozměr pneumatiky 315/80 R 22.5 156/150K. Pneumatika poskytuje výjimečnou odolnost, trakci a robustnost. Je určena pro drsné podmínky terénního ježdění, ale zároveň nabízí i hladkou jízdu a vysoký kilometrový výkon při jízdě na silnicích. Obecná klasifikace výrobce pneumatiky je pro *stavební provoz*.
- Continental Conti Hybrid HS3 (přední náprava), HD3 (zadní náprava), M+S, * (dále jen Conti Hybrid). Pro testování byl použit rozměr pneumatiky 385/65 R 22.5 160K (158L). Pneumatika má vynikající kilometrový výkon, jenž zaručuje nízkou spotřebu paliva. Výkon na mokru zůstává po celou dobu životnosti. Výrazné zlepšení životnosti spolu s nižší spotřebou paliva předurčuje pneumatiky pro *celoroční provoz*.

Podrobné charakteristiky testovaných pneumatik jsou dostupné na webu výrobce (Continental, 2020). Pneumatiky pro ověření byly přesně nahuštěny podle požadavku výrobce a bylo na nich najeto nejméně 100 km. Jejich opotřebení nepřekročilo 30 % hloubky dezénu. Vše bylo před experimentem proměřeno a zkontrolováno.

5. TEORETICKÝ ZÁKLAD PRŮBĚHU BRZDĚNÍ

Brzdnou dráhu s_b teoreticky vypočteme podle rovnice (VLK, 2000):

$$s_b = \frac{1}{2} \cdot \frac{v_0^2}{|a_b|} \quad (1)$$

Kde: v_0 - počáteční rychlost před započítáním brzdění,
 a_b - brzdné zpomalení.

Brzdné zpomalení a_b teoreticky vypočteme podle rovnice:

$$|a_b| = g \cdot \mu \quad (2)$$

Kde: μ - součinitel adheze,
 $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ - gravitační zrychlení.

Součinitel adheze μ byl pro teoretický výpočet převzat z (VLK, 2000). Tato základní teorie posloužila před začátkem měření k výpočtu potřebné teoretické délky brzdné dráhy pro bezpečnou realizaci experimentů. Výpočet průměrného brzdného zpomalení a_b byl proveden pomocí upravené rovnice (1):

$$a_b = \frac{1}{2} \cdot \frac{v_0^2}{s_b} \quad (3)$$

Kde: v_0 - počáteční rychlost,
 s_b - brzdná dráha.

6. TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRO VYHODNOCENÍ AKCELERACE

Použitá telemetrie a firemní software VBOX Test Suite (dále jen VTS) umožňuje ze zaznamenaných dat vypočítat okamžité hodnoty podélné akcelerace – a_x a příčné akcelerace – a_y . Zde použité označení os a pohyb vozidla vychází z definic podle (VLK, 2001). Ve výsledcích výpočtů ve VTS jsou tyto hodnoty označovány v originále s jednotkou násobků gravitačního zrychlení. Podélná akcelerace se uplatňuje v přímém směru jízdy při rozjezdu (nabývá kladné hodnoty) a brzdění (záporné hodnoty) vozidla. Příčná akcelerace charakterizuje jízdu v oblouku. Tyto dva parametry určují ve výsledcích základní silová působení mezi vozidlem a komunikací. Podélná akcelerace a_x se uplatňuje ve výpočtu setrvačných sil v podélném směru při rozjezdu, ale především při brzdění vozidla. Příčná akcelerace a_y se uplatňuje ve výpočtu odstředivých sil při jízdě v oblouku. Obě akcelerace se aplikují při výpočtech sil $F_{x,y}$ v daných směrech podle obecné rovnice druhého Newtonova pohybového zákona:

$$F_{x,y} = m \cdot a_{x,y} \quad (4)$$

Kde: m - hmotnost vozidla,
 $a_{x,y}$ - akcelerace.

Příčnou akceleraci a_y do rovnice (4) pro jízdu v kruhovém oblouku lze vypočítat podle rovnice:

$$a_y = \frac{v^2}{R} \quad (5)$$

Kde: v - rychlost vozidla,
 R - poloměr trajektorie těžiště vozidla při průjezdu kruhovým obloukem.

Pro podélnou akceleraci a_x a příčnou akceleraci a_y také platí rovnice (2) doplněná o indexy os souřadného systému:

$$|a_{x,y}| = g \cdot \mu_{x,y} \quad (6)$$

Kde: $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ - gravitační zrychlení,
 μ_x - součinitel adheze v podélném směru,
 μ_y - součinitel adheze v příčném směru.

Oba součinitele adheze charakterizují adhezní sílu ve styku pneumatiky s komunikací, která je využita při rozjezdu a brzdění ve směru podélném (osa x) a na boční vedení ve směru kolmém (osa y) při jízdě v oblouku. Vektorový součet podélné a příčné adheze, který se používá v odborné literatuře (BRADÁČ, 1999), udává velikost využitelné adheze na styk kola vozidla s komunikací. Jestliže při jízdě je využita adheze na maximum při krizovém brzdění, potom nezůstane téměř nic na vedení kola v příčném směru, tedy pro případný vyhýbací manévry. Obdobně, pojedede-li vozidlo v oblouku rychlostí, která se bude blížit mezní rychlosti pro překlopení, bude adheze využita na překonání odstředivé síly vyvoláním reakční odstředivé síly a na brzdění nezbude téměř nic. Pokud začne řidič prudce brzdit, vozidlo může začít nekontrolovatelně projíždět zatáčku větším poloměrem a vyjede ze svého směru jízdy do protisměru (v pravotočivé zatáčce) nebo mimo komunikaci (v levotočivé zatáčce).

7. METODY

Vlastní zjišťování podélných a příčných zrychlení, a tedy i součinitelů adheze, probíhalo formou dvou druhů zkoušek.

- *Zkouška decelerace č. 1 a 2* je určena k zjištění délky brzdné dráhy a podélné decelerace při intenzivním krizovém brzdění až do úplného zastavení vozidla do klidu ve vztahu k použitému druhu pneumatiky a stavu komunikace. Provádí se na ploše s nulovým klesáním a bez příčného sklonu, o šíři nejméně 3,5 m a délce nejméně 80 m. K délce dráhy pro tyto zkoušky je nutné připočítat délku dráhy potřebnou pro rozjezd vozidla na předepsanou počáteční rychlost a ustálení této rychlosti. Zkouška č. 1 se provádí na suchém povrchu komunikace s plnými nádržemi na hasivo při rychlostech 50 a 60 km.h⁻¹. Zkouška č. 2 se provádí na mokrém povrchu komunikace s plnými nádržemi na hasivo při rychlostech 50 a 60 km.h⁻¹.
- *Zkouška jízdy v kruhu č. 3 a 4* slouží k zjištění adhezních vlastností pneumatik při jízdě zatáčkou. Provádí se na kruhových drahách o vnitřních poloměrech 10, 15 a 20 m a šířce jízdního pruhu 3 m. Cílem zkoušky je zjistit směrové rychlosti pro stanovení příčné akcelerace a součinitele adheze. Zkouška č. 3 se provádí na suchém povrchu s plnými nádržemi na hasivo při maximální rychlosti blížící se mezi klopení. Zkouška č. 4 se provádí na mokrém povrchu komunikace s plnými nádržemi na hasivo při maximální rychlosti blížící se mezi klopení.

Mokrým povrchem komunikace se rozumí povrch trvale kropený vodou. Toto bylo zajištěno první testovací den přírodním deštěm. Druhý a třetí den bylo nutno dráhu zkrápět vodou z hasičské cisterny. Bylo stanoveno, že každá zkouška se bude provádět minimálně šestkrát. V případech, kdy se při jízdě jevilo, že nebyla dosažena potřebná rychlost, nebo byla nepřiměřeně dlouhá brzdná dráha z důvodu přehřívání brzdové soustavy, byl proveden navíc další brzdný manévr a jeho měření. Ve výsledcích potom byla nepoužitelná měření vyřazena z vyhodnocování.

8. KLIMATICKÉ PODMÍNKY

Testování probíhalo od 29. 6. do 1. 7. 2020. Klimatické podmínky a povrch komunikace ve vazbě na testované pneumatiky byly následující.

- 1. testovací den – 29. 6. 2020. Průměrná teplota vzduchu 18 °C. Jízda na mokrém povrchu (celodenní drobné mrholení). V čase od 13:30 testování pneumatik Conti Cross Trac.
- 2. testovací den – 30. 6. 2020. Průměrná teplota vzduchu 19 °C. Jízda na suchém povrchu (střídavě polojasno a slunečné počasí). V čase od 10:00 testování pneumatik Conti Cross Trac. V čase od 14:00 testování pneumatik Conti Hybrid. Jízda na mokrém povrchu (skrápěná komunikace). V čase od 15:15 testování pneumatik Conti Hybrid.
- 3. testovací den – 1. 7. 2020. Průměrná teplota vzduchu 23 °C. Jízda na suchém povrchu (slunečné počasí). V čase od 09:45 testování pneumatik Scandinavia Winter. Jízda na mokrém povrchu (slunečné počasí, komunikace byla skrápěna). V čase od 11:30 testování pneumatik Scandinavia Winter.

9. VÝSLEDKY MĚŘENÍ BRZDNÝCH DRAH A ZKOUŠEK PODÉLNÉ AKCELERACE

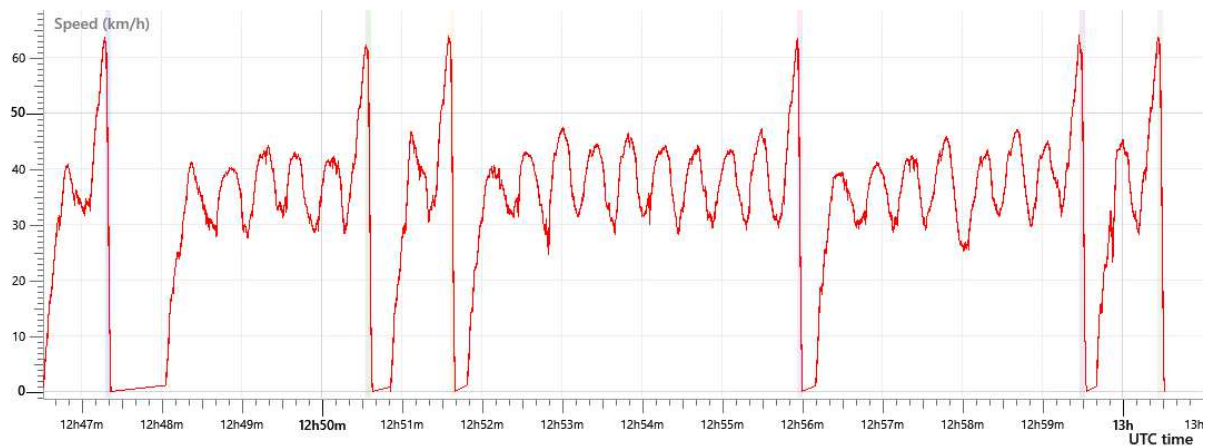
Naměřené veličiny představují poměrně obsáhlé soubory primárních dat. Jejich kompletní prezentace není zde na omezeném prostoru možná. Proto budou vždy uvedeny pouze vybrané příklady a celkové výsledky provedených zkoušek ve formě vypočtených průměrných hodnot.

Nejlepší z pohledu úspěšného provedení, ale i zjištěných výsledků, byla zkouška č. 1 - měření brzdné dráhy z počáteční rychlosti $v_0 = 60 \text{ km.h}^{-1}$ na suchém povrchu komunikace při testech pneumatik Conti Hybrid. Vyhodnocení a výsledky této zkoušky jsou popsány dále.

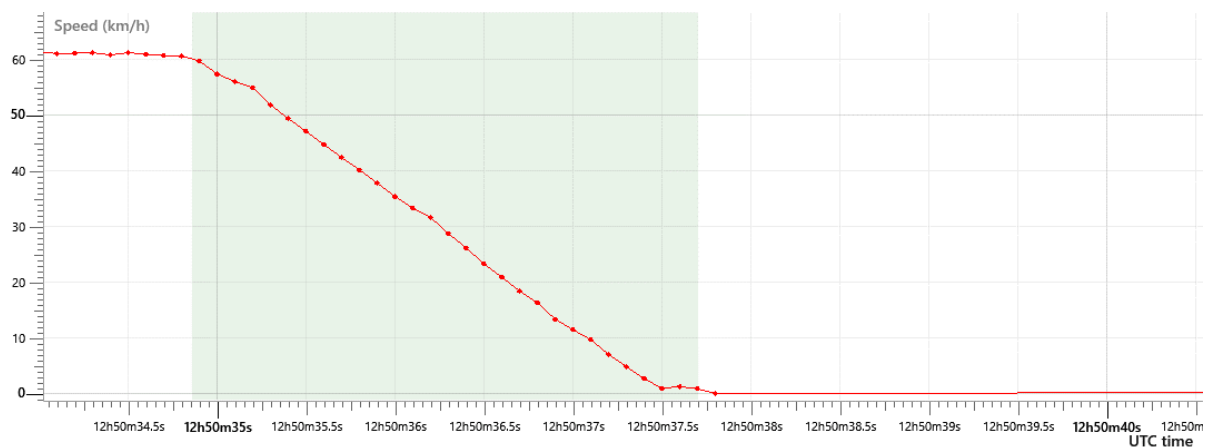
V grafu na obrázku 1 je zpracován záznam rychlosti v závislosti na koordinovaném světovém čase (UTC Time - Coordinated Universal Time) jízdy vozidla při výše uvedené zkoušce. Záznam zachycuje zejména vložené úseky „kroužení“ po testovací dráze za účelem ochlazení brzd mezi jednotlivým měřeními. Detail z vyhodnocení v pořadí druhého brzdného manévru z této zkoušky je v grafu na obrázku 2.

Před testováním na polygonu byly v rámci řešení projektu prováděny laboratorní testy frikční účinnosti vybraných brzdových obložení od výrobců Beral, Pagid, Textar, JURID a FOMAR na dynamometru Link M2800. Jedním z výsledků měření bylo zjištění, že optimální frikční koeficient 0,4 byl dosažen při teplotách brzdových kotoučů, respektive bubnů, od teplot 120 až 150 °C a jeho velikost klesala s

nárůstem teploty přes 280 °C. Při snaze o přiblížení se optimálnímu intervalu těchto teplot bylo nutno při testovacích jízdách na polygonu brzdovou soustavu ochlazovat jízdou bez prudkého brzdění.

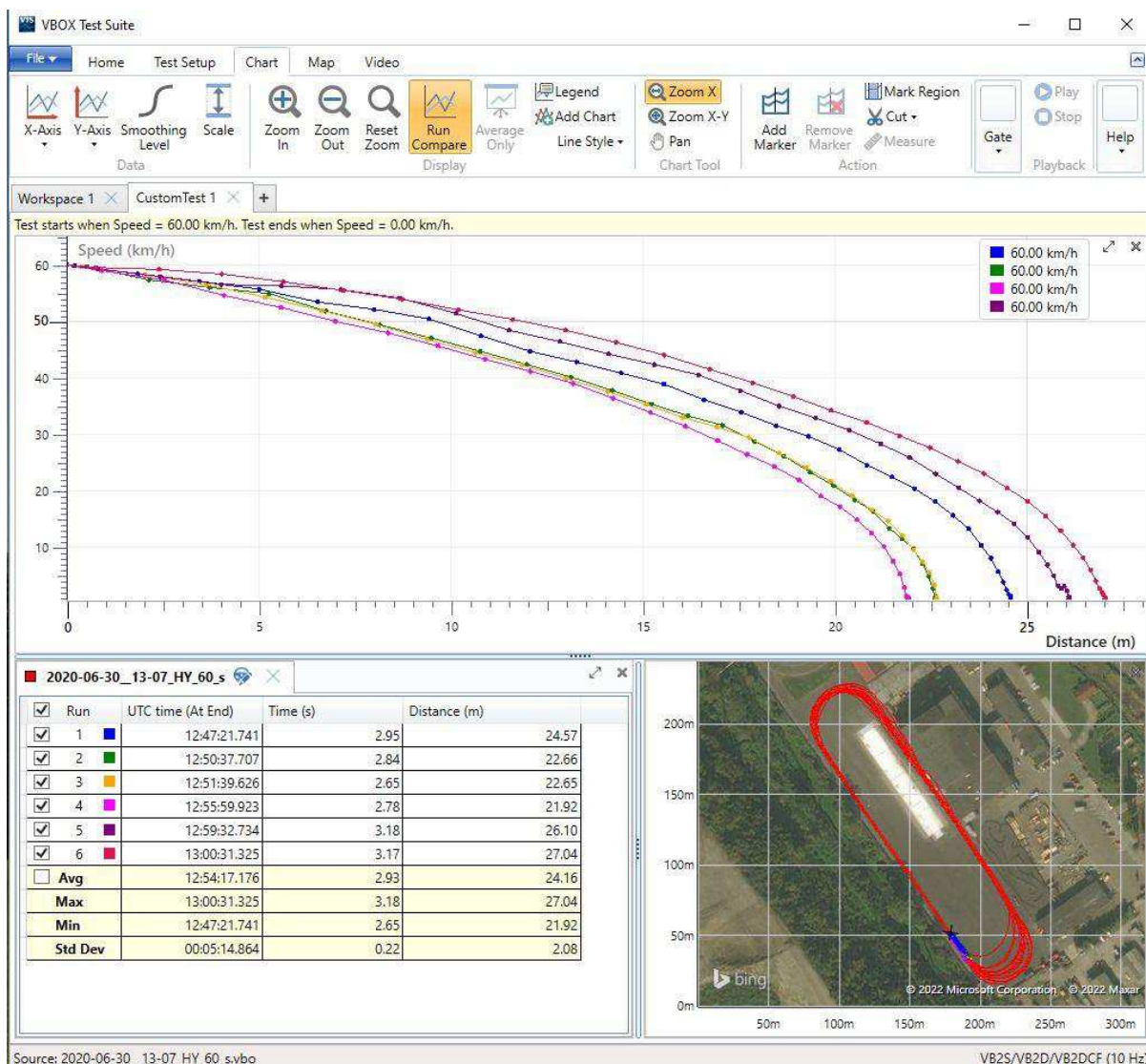


Obrázek 1 Záznam rychlosti při zkoušce brzdění z počáteční rychlosti $v_0 = 60 \text{ km.h}^{-1}$



Obrázek 2 Detail vyhodnocení brzdného manévru

Na obrázku 3 je zobrazeno zpracování získaných dat ze zkoušky brzdění všech 6 brzdných manévru z výše uvedeného záznamu, které byly vypočteny programem VTS. Pracovní plocha software je rozdělena na tři části. Nahoře je graf, který zobrazuje nastavené porovnání naměřených brzdných drah. Tabulka vlevo dole shrnuje výsledky vyhodnocení testovací úlohy. Obrázek vpravo dole zachycuje dráhu vozidla, kterou projelo při měření s barevným vyznačením brzdných drah. Redukované výsledky měření brzdných drah sb pneumatik Conti Hybrid na suchém povrchu, doplněné o vypočtené průměrné hodnoty podélné akcelerace a_x v jednotkách gravitačního zrychlení jsou uvedeny v tabulce 1.

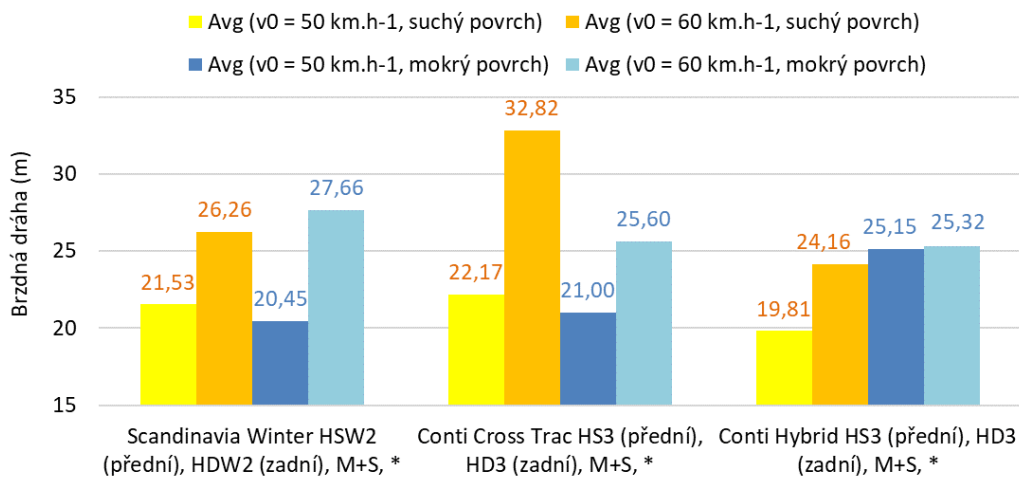


Obrázek 3 Ukázka vyhodnocení zkoušky brzdění pro $v_0 = 60 \text{ km.h}^{-1}$

Tabulka 1 Redukované výsledky zkoušky č. 1 pneumatik Conti Hybrid

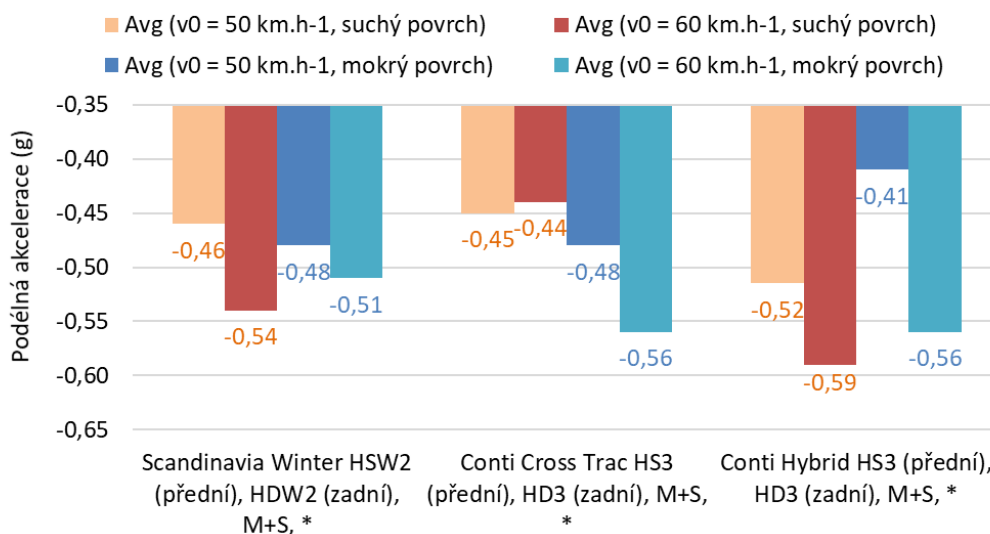
	$v_0 = 50 \text{ km.h}^{-1}$		$v_0 = 60 \text{ km.h}^{-1}$	
	s_b (m)	a_x (g)	s_b (m)	a_x (g)
1	21,99	-0,45	24,57	-0,58
2	24,51	-0,40	22,66	-0,62
3	-	-	22,65	-0,63
4	15,33	-0,64	21,92	-0,65
5	17,41	-0,57	26,10	-0,54
6	-	-	27,04	-0,52
Avg	19,81	-0,52	24,16	-0,59
Max	24,51	-0,40	27,04	-0,52
Min	15,33	-0,64	21,92	-0,65
Std Dev	4,19	0,11	2,08	0,05

V grafu na obrázku 4 jsou shrnuty výsledné průměrné hodnoty (Avg) naměřených brzdných drah pro všechny tři testované pneumatiky na suchém i mokřém povrchu komunikace při definovaných počátečních rychlostech brzdění v_0 s vyloučením odlehlých hodnot měření.



Obrázek 4 Výsledné průměrné hodnoty naměřených brzdných drah

V grafu na obrázku 5 jsou shrnuty vypočtené průměrné hodnoty podélné akcelerace a_x pro všechny tři testované pneumatiky na suchém i mokřem povrchu komunikace s vyloučením odlehlých hodnot měření. Hodnoty jsou uváděny v jednotkách gravitačního zrychlení, tedy po převedení na absolutní hodnoty jsou to součinitele adheze μ .



Obrázek 5 Výsledné průměrné hodnoty podélných akcelerací

Hodnoty podélných akcelerací při brzdění vyhodnocované ve firemním software VTS jsou zde vypočteny jako hodnoty se záporným znaménkem. Není provedeno jejich převedení na absolutní hodnotu čísla. Tuto skutečnost je zapotřebí mít na paměti při studiu výsledků zobrazených v grafu na obrázku 5.

Po vyhodnocení výsledků testování brzdné dráhy můžeme shrnout, že nejlepší výsledků dosáhly pneumatiky Conti Hybrid. Oproti teoretickým předpokladům jako jediné dosáhly lepších výsledků, tedy kratších brzdných drah, na suchu, než na mokřem povrchu komunikace. Na suchém povrchu dosáhly nejlepší výsledků z testovaných pneumatik. Na mokřem povrchu komunikace byly nejlepší jen při počáteční rychlosti $v_0 = 60 \text{ km.h}^{-1}$. Při počáteční rychlosti $v_0 = 50 \text{ km.h}^{-1}$ měly oproti ostatním pneumatikám brzdnu dráhu delší o více než 4 m. Tomu odpovídá i nejnížší součinitel adheze v podélném směru $\mu_x = 0,41$. U pneumatik Conti Cross Trac se potvrdily některé zkušenosti z praxe u

jednotek HZS ČR, že tyto tzv. stavební pneumatiky nevykazují dobré jízdní vlastnosti při jízdě na suché zpevněné komunikaci. Na mokré komunikaci dosáhly dobrých výsledků. Pneumatiky Scandinavia Winter docílily nejlepšího výsledku jen na mokré komunikaci při nízké rychlosti. Při vyšší rychlosti byly nejhorší ze všech testovaných pneumatik. Některé výsledky potvrdily předchozí testování, které realizoval kolektiv autorů (JÁNOŠÍK, 2022) a (ŠUDRYCHOVÁ, 2022).

10. VÝSLEDKY ZKOUŠEK JÍZDY V KRUHU

Naměřené veličiny i u těchto měření představují poměrně obsáhlé soubory primárních dat. Proto budou i zde uvedeny pouze celkové výsledky provedených zkoušek ve formě vypočtených průměrných hodnot. Zjištěné výsledky jsou shrnuty do tabulky 2. Je zde uvedena závislost průměrných hodnot příčné akcelerace a_y v jednotkách gravitačního zrychlení, a tedy součinitele příčné adheze μ_y , na průměrné rychlosti v při jízdě po kruhové testovací dráze. Ze zaznamenaných poloměrů R trajektorie těžiště vozidla při jízdě v kruhu je vypočtena průměrná hodnota.

Tabulka 2 Výsledky měření příčné akcelerace při jízdě v kruhu

Typ pneumatiky	Povrch komunikace	R (m)	v (km/h)	a_y (g)
Conti Cross Trac HS3 (přední), HD3 (zadní), M+S, *	mokrý	13,8	27,6	0,438
		18,5	31,0	0,420
		23,3	34,4	0,409
	suchý	14,2	28,9	0,466
		18,6	32,3	0,446
		23,8	35,7	0,428
Conti Hybrid HS3 (přední), HD3 (zadní), M+S, *	mokrý	13,8	26,6	0,417
		19,0	31,2	0,418
		23,8	34,5	0,407
	suchý	14,1	28,4	0,456
		18,7	32,6	0,453
		23,6	35,5	0,427
Continental HSW2 (přední), HDW2 (zadní), Scandinavia Winter M+S, *	suchý	13,5	27,8	0,455
		18,7	31,7	0,430
		23,7	34,5	0,408

Zde se potvrdil teoretický základ, že se vzrůstající rychlostí klesá součinitel adheze, a také očekávaná skutečnost, že na mokrému povrchu je příčná adheze menší než na suchém povrchu, a to u všech tří testovaných pneumatik.

Bohužel, při posledním testovacím cyklu selhal měřicí přístroj. Došlo z neznámých příčin k chybě v zápisu dat na SD kartu při testování pneumatik Scandinavia Winter na mokrému povrchu při jízdě v kruhu. Toto měření by bylo dobré v budoucnu realizovat, avšak z technicko-ekonomických důvodů se to doposud nepodařilo.

DISKUSE

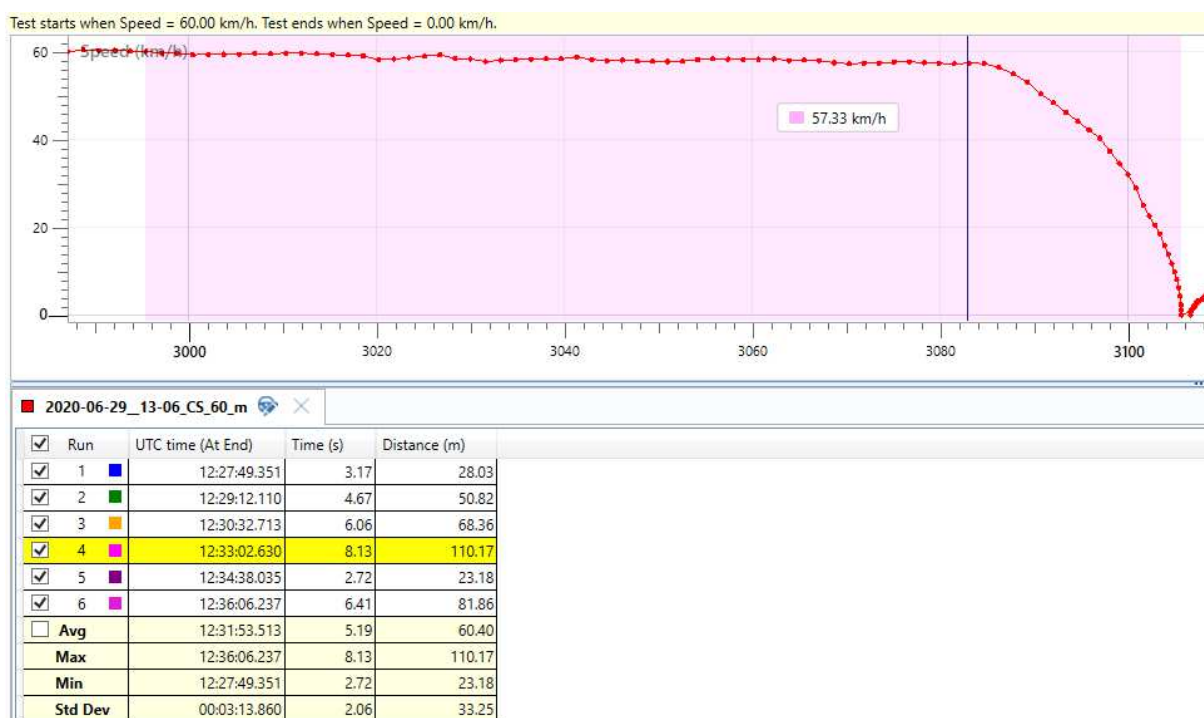
Výsledné hodnoty mohou být v případě srovnávání s jinými výsledky obdobných experimentů (JÁNOŠÍK, 2022) a (ŠUDRYCHOVÁ, 2022) ovlivněny řadou faktorů.

Tím prvním je, že všechny testované pneumatiky byly v provedení pro zimní provoz a měly při letních teplotách vzduchu na suchém povrchu komunikace větší brzdnou dráhu, než by se dalo očekávat.

Druhým zásadním faktorem byla skutečnost, že řidič ne vždy dokázal do začátku brzdného manévru udržet předepsanou počáteční rychlost, než začal na definované pozici intenzivně brzdít. Bohužel všechny odlehlejší hodnoty, které byly způsobeny touto příčinou, byly zjištěny až v průběhu vyhodnocování. V průběhu testování bylo pro organizátora zkoušky obtížné ze zadního sedadla v

kabině zásahového požárního automobilu uhlídat dodržení předepsané konstantní počáteční rychlosti před brzděním. To bylo úkolem řidiče. Bohužel, z některých brzdných cyklů bylo nutno vyloučit až tři odlehle hodnoty z šesti měření způsobené nedodržením počáteční rychlosti. K těmto nedokonalostem přispěla s velkou pravděpodobností skutečnost, že řidič se musel zároveň soustředit na definovanou pozici počátku brzdění, nevěnoval se na 100 % ukazateli rychlosti a zároveň se připravoval na přešlápnutí z plynového pedálu na brzdový, aby byl připraven k brzdění. U předchozích experimentů (JÁNOŠÍK, 2022) a (ŠUDRYCHOVÁ, 2022) se řidiči pouze soustředili na dodržení rychlosti a brzdili na povel instruktora na libovolném přímém úseku testovací dráhy.

V grafu na obrázku 6 je pro ilustraci zachycen příklad, jak vznikaly odlehle hodnoty měření. Jedná se o vyhodnocení měření brzdné dráhy pneumatiky Conti Cross Trac na mokrém povrchu, čtvrtý brzdný manévr. Na vodorovné ose grafu je zaznamenána projetá dráha v metrech, měřeno od počátku záznamu této zkoušky. Zde byla vyhodnocena velikost brzdné dráhy $s_b = 110,17$ m. Jednoznačnou příčinou bylo, že řidič nedokázal do začátku brzdného manévru udržet počáteční rychlost těsně nad 60 km.h⁻¹ a projel dráhu cca 80 m (pozice kurzoru na obrázku při ujeté dráze 3083 m), než započal intenzivně brzdit. To znamená, že vozidlo i pneumatiky byly v naprostém pořádku. Při správně provedeném brzdném manévru by byla velikost brzdné dráhy pravděpodobně jen o něco málo větší než 30 m.



Obrázek 6 Příklad vzniku odlehle hodnoty měření brzdné dráhy pneumatiky Conti Cross Trac na mokrém povrchu z počáteční rychlosti 60 km.h⁻¹

ZÁVĚR

Jako první uvedený faktor, typ pneumatik, má dopad na praxi. Velitelé jednotek HZS ČR musí zvážit, na jakých typech pneumatik budou zásahové požární automobily jezdit. Varianta celoročních pneumatik se může na první pohled jevit jako ekonomicky výhodná. Pokud se budou vozidla přezouvat mezi letním a zimním obdobím, je to finančně náročnější a vyžaduje to další skladovací prostory pro pneumatiky.

Druhý faktor, určení definované pozice na dráze pro počátek brzdění, má vliv pouze na výsledky testování vozidel. Doporučujeme v budoucích testech opustit definovanou pozici pro začátek brzdění, protože dle našeho názoru to může mít zásadní vliv na úspěšnou realizaci experimentů a následně i na výsledky měření.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl v rámci bezpečnostního výzkumu na základě smlouvy o poskytnutí účelové podpory na řešení projektu výzkumu, vývoje a inovací s názvem „Bezpečná jízda zásahové požární techniky k zásahu“ id. č. VH20182021035 uzavřená mezi smluvními stranami Česká republika - Ministerstvo vnitra a Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.

LITERATURA

- JEŽEK, B. (2018) Export dat z informačního systému IKIS II, modul ISV 5.0 Strojní služba. Detail techniky - Technika. CAS20/4000/240-S2T, RZ: 5B8 0727. Hasičský záchranný sbor Jihomoravského kraje, Krajské ředitelství, Zubatého 1, Brno.
- LIBROS. (2020) Centrum bezpečné jízdy. Retrieved October 20, 2020, from <http://www.centrum.libros.cz/o-centru.php>
- VBOX Motorsport. (2020) PerformanceBox. Retrieved October 20, 2020, from <https://www.vboxmotorsport.co.uk/index.php/en/products/performance-meters/performancebox>
- RACELOGIC Support Centre. (2018) Software VBOX Test Suite. Retrieved December 18, 2018, from https://en.racelogic.support/01VBOX_Automotive/03Software_applications/VBOX_Test_Suite
- Continental. (2020) Homepage. Products. Tyres. Retrieved October 20, 2020, from <https://www.continental-tyres.co.uk/truck/products/tyres/goods>
- VLK, F. (2000). Dynamika motorových vozidel. Nakladatelství a vydavatelství vlk.
- VLK, F. (2001). Úlohy z dynamiky motorových vozidel. Nakladatelství a vydavatelství vlk.
- BRADÁČ, A. a kol. (1999). Soudní inženýrství. Akademické nakladatelství CERM.
- JÁNOŠÍK, L., JÁNOŠÍKOVÁ, I., KUCZAJ, J., POLEDŇÁK, P., ŠUDRYCHOVÁ, I., TOMÁŠEK, M., VLČEK, J. (2022). MEASURING of BRAKING DISTANCES of FIREFIGHTING TRUCKS. Communications. 24(2), F1-F13. DOI: 10.26552/com.C.2022.2.F1-F13
- ŠUDRYCHOVÁ, I., JONOVÁ, K., POLEDŇÁK, P., JÁNOŠÍK, L., JÁNOŠÍKOVÁ, I. (2022) Driving Dynamics Study in Firefighting Vehicles Drivers Training on a Training Polygon. Chemical Engineering Transactions. 90, 523-528. <https://doi.org/10.3303/CET2290088>

Ladislav Jánošík, Ing., Ph.D.

VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice
e-mail: ladislav.janosik@vsb.cz

Ivana Jánošíková, Ing., Ph.D.

VŠB – Technická univerzita Ostrava, Ekonomická fakulta, Sokolská třída 33, 701 21 Ostrava 1
e-mail: ivana.janosikova@vsb.cz

Pavel Poledňák, prof., Ing., PhD.

VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice
e-mail: pavel.polednak@vsb.cz

Izabela Šudrychová, Ing.

VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice
e-mail: izabela.sudrychova@vsb.cz
