Funkcia merania pozdĺžnej dynamiky vozidiel v mobilnej aplikácii mSTK (TESTEK expert) a porovnanie výsledkov merania s decelerometrom Inventure XL meter

Ing. Juraj Matej[1], PhD. – Ing. Marián Rybianský[1] – Bc. Boris Budinský[2]

[1]TESTEK, a.s., technická služba technickej kontroly, www.testek.sk

[2]študent Slovenskej technickej univerzity v Bratislave, Strojnícka fakulta, Ústav dopravnej techniky a konštruovania

juraj.matej@testek.sk, marian.rybiansky@testek.sk, boris.budinsky97@gmail.com

Abstrakt

S účinnosťou od 1.1.2021 nastala zmena v požiadavkách na meradlo spomalenia používané pri technickej kontrole. Súčasné meradlá spomalenia nespĺňajú nové požiadavky na prenos údajov do informačného systému a preto sú nahradené novo vyvinutou mobilnou aplikáciou. Predmetom tohto článku je porovnanie vyvinutej mobilnej aplikácie s meradlom spomalenia používaným na staniciach technickej kontroly do 31.12.2020 a vyhodnotenie výsledkov porovnávacích meraní.

Kľúčové slová: *stanica technickej kontroly, meradlo spomalenia, decelerometer, mobilná aplikácia*

Motivácia

Mobilnú aplikáciu na meranie spomalenia vozidiel pracujúcu pod operačným systémom Android začala spoločnosť TESTEK a.s. spolu s Ústavom automobilovej mechatroniky na Fakulte elektrotechniky a informatiky Slovenskej technickej univerzity vyvíjať už v roku 2017. Hlavnou motiváciou pre vývoj tejto mobilnej aplikácie bolo automatizovanie vyhodnotenia brzdného účinku prevádzkovej brzdy vozidiel jazdnou skúškou a prenos nameraných výsledkov merania priamo do informačného systému technických kontrol. Cieľom vývoja mobilnej aplikácie bolo okrem presného merania priebehu pozdĺžneho zrýchlenia vozidla a vyhodnotenia jazdnej skúšky bŕzd aj zjednodušenie používania tohto meradla v porovnaní s komerčnými meradlami spomalenia (decelerometrami), používanými na staniciach technickej kontroly. Vyvinutá mobilná aplikácia v spojení s modernými smart telefónmi tak dokáže konkurovať súčasným decelerometrom, a to ako technickými parametrami, presnosťou merania, nadobúdacou cenou, tak aj jednoduchosťou používania. Javí sa, že vyvinutá mobilná aplikácia nájde svoje využitie v znaleckej oblasti v odbore doprava cestná alebo aj u inej odbornej verejnosti.

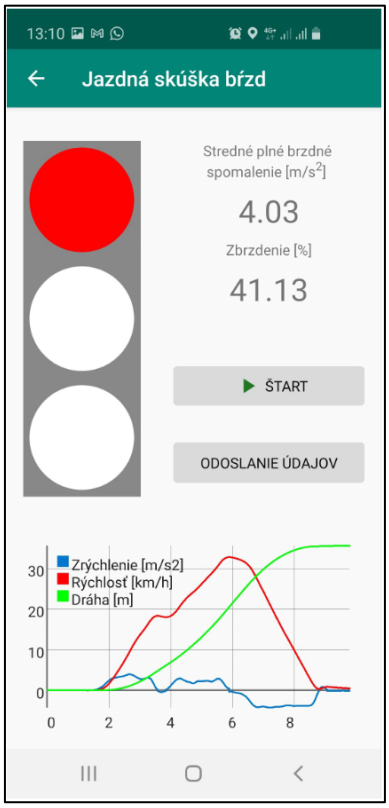
Mobilná aplikácia

Mobilná aplikácia s názvom mSTK je určená výlučne na účely vykonávania technických kontrol na staniciach technickej kontroly (STK), jej použitie je preto naviazané na celoštátny informačný systém technických kontrol. Bez prístupu do tohto informačného systému nie je možné aplikáciu použiť [1]. Mobilná aplikácia odvodená od mSTK, avšak určená na komerčné využitie, má názov TESTEK expert a bude možné si ju nainštalovať prostredníctvom služby Google Play.

Mobilná aplikácia meria pomocou akcelerometra zabudovaného v smart telefóne zložky zrýchlenia z osí *x*, *y* a *z*, z ktorých vypočítava celkové pozdĺžne zrýchlenie vozidla. Pre dosiahnutie presného merania pozdĺžneho zrýchlenia vozidla je nutné smart telefón pevne upevniť k vozidlu pomocou držiaka na mobilné telefóny. Výhodou je, že nie je potrebné dodatočne korigovať správnu polohu smart telefónu, táto korekcia polohy prebehne automaticky ihneď po spustení merania. Smart telefón tak dokáže správne merať v ľubovoľnej polohe. Neodporúča sa však merať vo vodorovnej polohe, pretože práve z tejto zložky zrýchlenia (os *z*) si aplikácia určuje aritmetické znamienko výsledného zrýchlenia, či sa jedná o zrýchlenie alebo spomalenie. Pre presné meranie je dostačujúce smart telefón upevniť v držiaku v bežnej užívateľskej polohe.

Obrázok 1. Meranie pomocou mobilnej aplikácie je možné bez korekcie smart telefónu do správnej polohy, presnosť merania poloha telefónu neovplyvní.

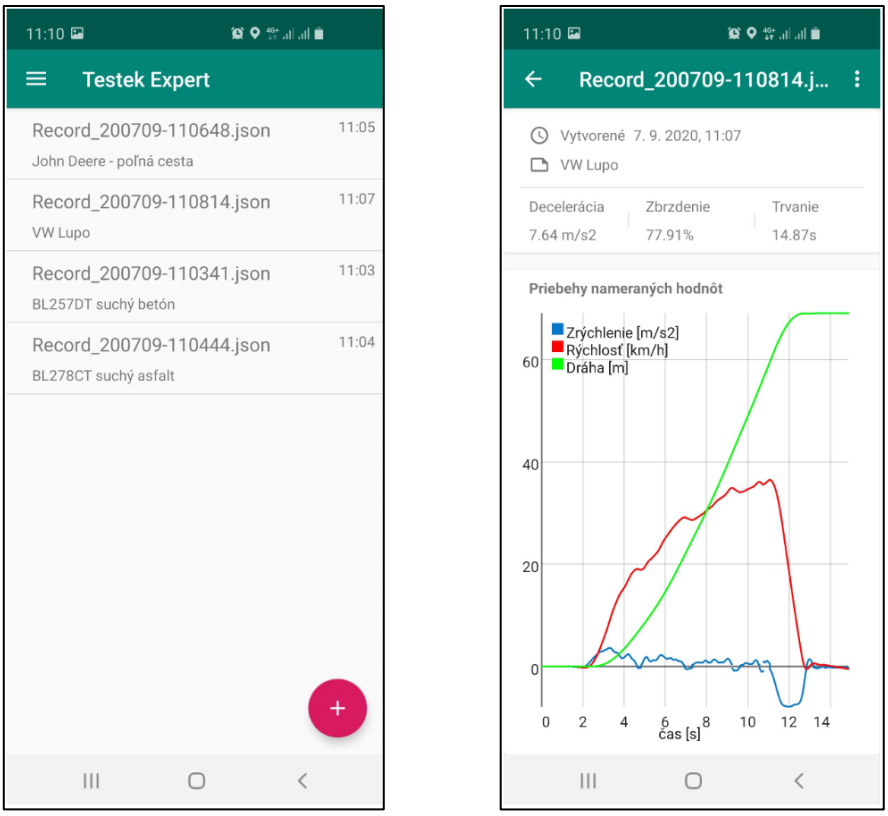
Mobilná aplikácia ihneď po ukončení merania vypočíta výsledky jazdnej skúšky bŕzd, a to stredné plné brzdné spomalenie definované predpisom EHK č.13 a účinok prevádzkovej brzdy, tzv. zbrzdenie. Tieto výsledky merania sú podstatnými parametrami na vyhodnotenie spôsobilosti vozidla na prevádzku na pozemných komunikáciách z hľadiska účinku brzdenia. Pri verzii mSTK pre technické kontroly sa po odoslaní nameraných údajov prenesú priebehy a výsledky jazdnej skúšky do celoštátneho informačného systému technických kontrol, z nich je možné detailne zrekonštruovať priebeh celého merania aj so súradnicami GPS. V prípade nekorektného merania, ktoré môže byť spôsobené napr. nežiadúcim posunutím smart telefónu, či veľkou zmenou sklonu cesty, aplikácia ukáže chybovú hlášku a meranie nie je možné odoslať do celoštátneho informačného systému technických kontrol. V takomto prípade sa meranie počas technickej kontroly musí zopakovať v korektných podmienkach.



Obrázok 2. Užívateľské rozhranie mobilnej aplikácie

Verzia mobilnej aplikácie TESTEK expert určená pre komerčné využitie odbornou verejnosťou nie je prepojená s celoštátnym informačným systémom technických kontrol, ale pre detailnejšiu analýzu nameraných priebehov je možné využiť dodatočnú web-aplikáciu, do ktorej možno namerané údaje

odoslať. Po uložení a odoslaní merania sa jednotlivé priebehy z merania odošlú do web-aplikácie a uložia aj do úložiska telefónu. Históriu jednotlivých meraní je možné prehliadať priamo v aplikácii. K jednotlivým meraniam je možné vložiť krátku poznámku pre lepšiu identifikáciu v histórii meraní. V prípade nekorektného merania, ktoré môže byť spôsobené nežiadúcim posunutím smart telefónu, či veľkou zmenou sklonu cesty, aplikácia ukáže informatívnu chybovú hlášku, meranie je však na rozdiel od verzie mSTK možné uložiť a odoslať do webovej aplikácie na podrobnú analýzu.



Obrázok 3. Prehliadanie jednotlivých meraní z histórie priamo v aplikácii vo verzii TESTEK expert

Na to, aby bolo možné mobilnú aplikáciu vo verzii mSTK používať pri technických kontrolách ako zariadenie nahrádzajúce meradlo spomalenia, prípadne overiť presnosť využívaného akcelerometra vo verzii TESTEK expert, je v možnostiach mobilnej aplikácie podrobiť presnosť akcelerometra smart telefónu metrologickej kontrole – kalibrácii pomocou etalónového sklonomeru a rovinnej plochy s meniteľným sklonom.

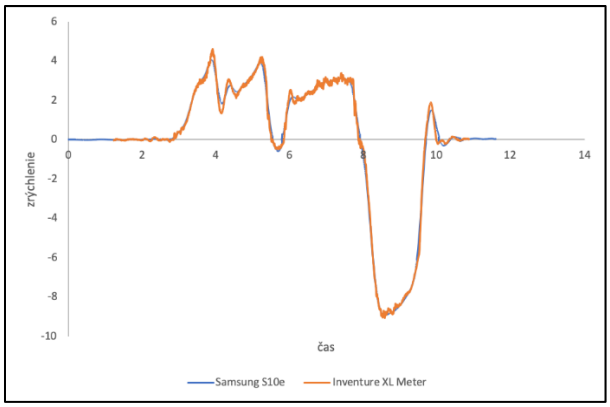
Porovnávacie merania s kalibrovaným decelerometrom

Počas vývoja a pri optimalizovaní výpočtových algoritmov mobilnej aplikácie bolo vykonaných množstvo meraní na rôznych vozidlách, rôznych povrchoch vozovky a s rôznymi smart telefónmi v rôznych polohách upevnenia k vozidlu. Konečný vyvinutý algoritmus s automatickou korekciou polohy a s priamym vyhodnotením nameraných výsledkov bol preverený porovnávacími meraniami, ktoré dokazujú vysokú presnosť merania v porovnaní s kalibrovaným typom decelerografu, používaným pri technických kontrolách dosiaľ. Na ilustráciu presnosti merania je nižšie znázornených 16 po sebe nasledujúcich meraní s rôznou intenzitou brzdenia.

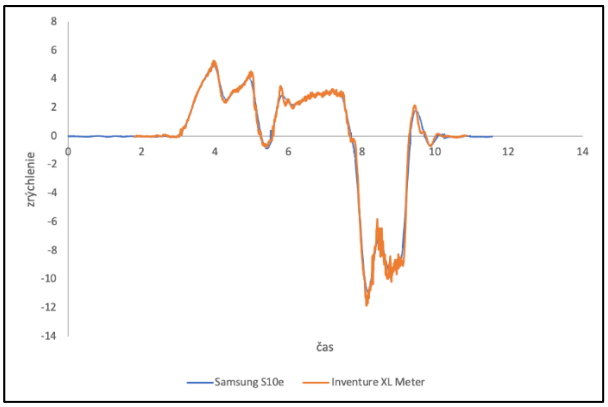
Presnosť merania komerčným decelerometrom je silno závislá od správnej polohy umiestnenia a nastavenia decelerometra do správnej meracej polohy. Decelerometer je potrebné pred každým meraním nastaviť do vodorovnej polohy a presne zarovnať do smeru jazdy s vozidlom. Pri porovnávacích meraniach je potrebné sa uistiť o správnej polohe porovnávacieho decelerometra. Táto nevýhoda decelerometrov je odstránená automatickou korekciou polohy smart telefónu mobilnou aplikáciou. Nižšie uvedené merania sú vykonané so správne umiestneným decelerografom a smart telefónom v rôznych polohách.

Tab. 1. Porovnávacie merania decelerometra Inventure XLmeter a mobilnej aplikácie v smart telefóne Samsung Galaxy S10e

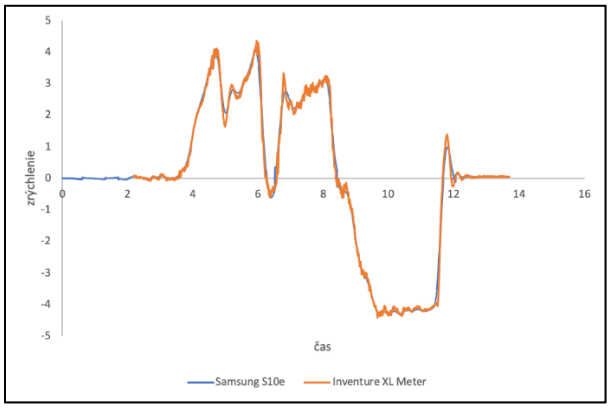
Meranie	Porovnanie Inventure XLmeter a aplikácia TESTEK expert/mSTK (Samsung S10e)					
	XL meter		TESTEK expert		Rozdiel	
	stredné plné brzdné spomalenie ($m.s^{-2}$)	zbrzdenie (%)	stredné plné brzdné spomalenie ($m.s^{-2}$)	zbrzdenie (%)	stredné plné brzdné spomalenie ($m.s^{-2}$)	zbrzdenie (perc. bodu)
1	8,54	87	8,59	87,6	-0,05	-0,6
2	4,25	43,3	4,21	43	0,04	0,3
3	8,88	90,5	8,85	90,27	0,03	0,23
4	7,97	81,3	7,99	81,54	-0,02	-0,24
5	9,25	94,3	9,2	93,89	0,05	0,41
6	8,73	89	8,64	88,16	0,09	0,84
7	8,54	87,1	8,78	89,6	-0,24	-2,5
8	3,82	38,9	3,78	38,56	0,04	0,34
9	7,89	80,4	7,94	81,04	-0,05	-0,64
10	7,81	79,6	7,89	80,46	-0,08	-0,86
11	4,83	49,2	4,81	49,13	0,02	0,07
12	7,3	74,5	7,35	75,03	-0,05	-0,53
13	8,52	86,8	8,5	86,75	0,02	0,05
14	6,8	69,4	6,84	69,79	-0,04	-0,39
15	8,25	84,1	8,26	84,26	-0,01	-0,16
16	7,76	79,1	7,77	79,3	-0,01	-0,2



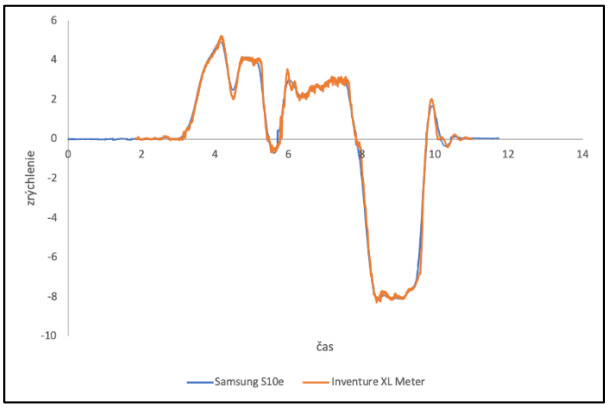
Obrázok 4. Porovnávacie meranie č. 1



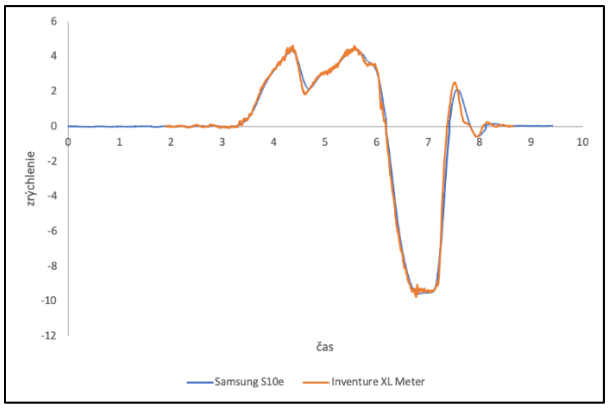
Obrázok 6. Porovnávacie meranie č. 3



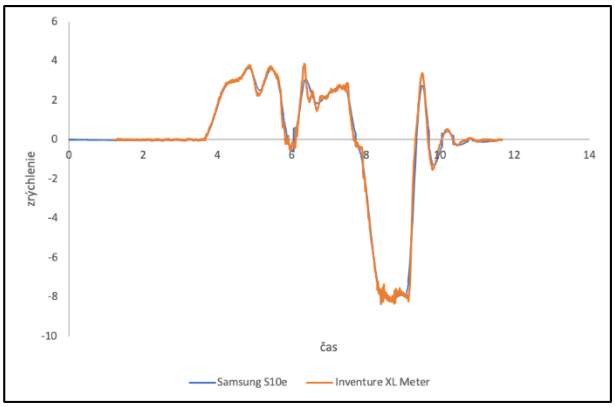
Obrázok 5. Porovnávacie meranie č. 2



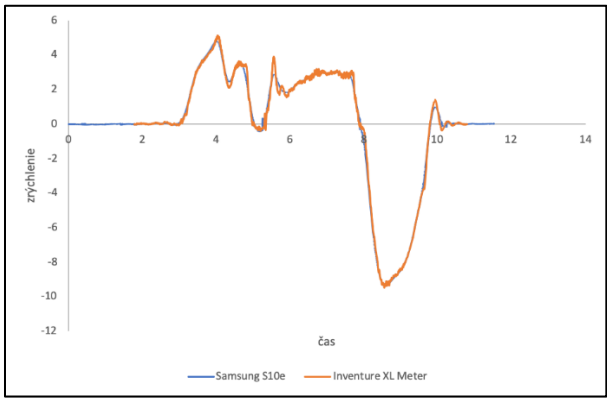
Obrázok 7. Porovnávacie meranie č. 4



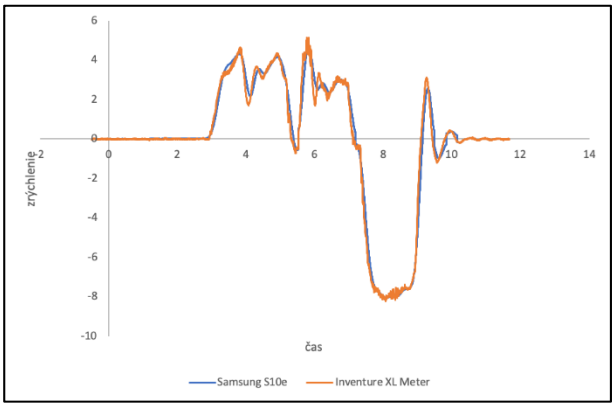
Obrázok 8. Porovnávacie meranie č. 5



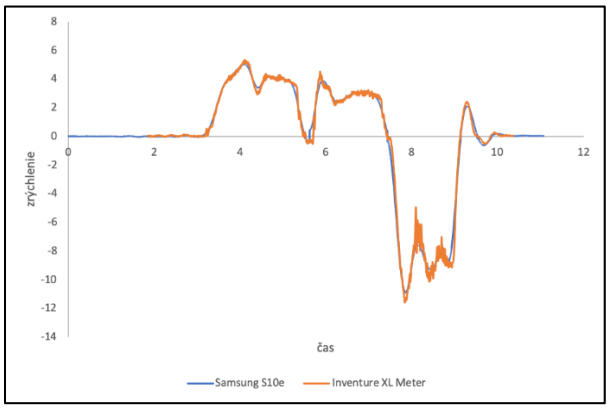
Obrázok 12. Porovnávacie meranie č. 9



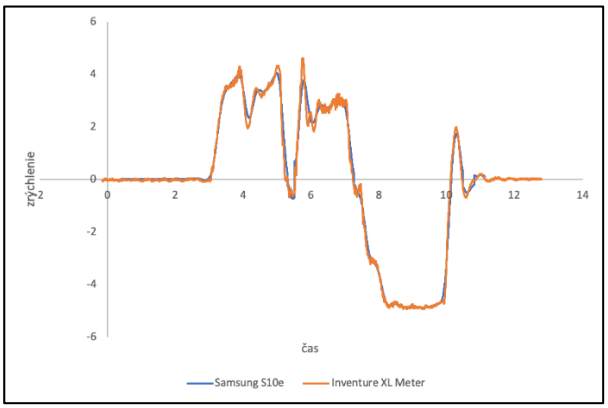
Obrázok 9. Porovnávacie meranie č. 6



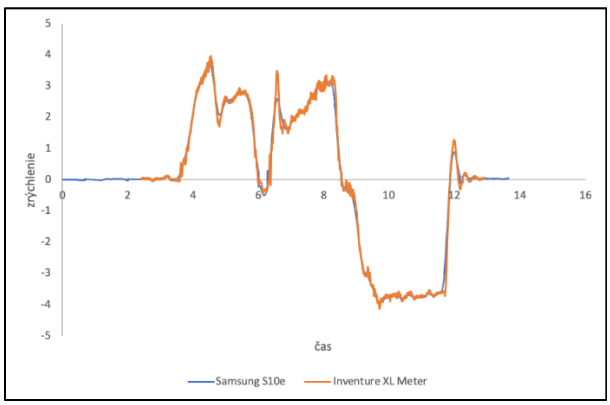
Obrázok 13. Porovnávacie meranie č. 10



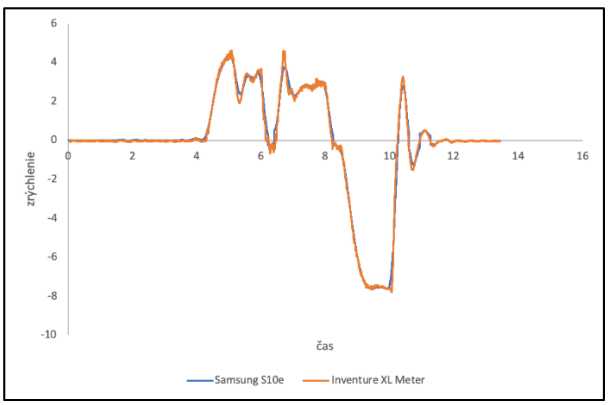
Obrázok 10. Porovnávacie meranie č. 7



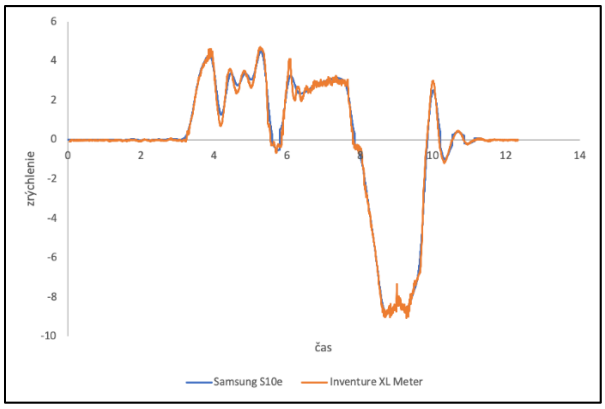
Obrázok 14. Porovnávacie meranie č. 11



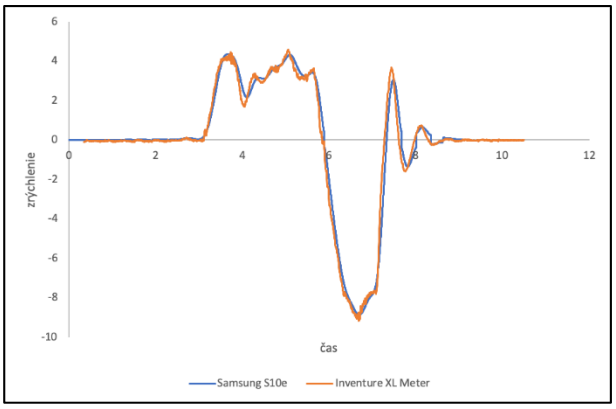
Obrázok 11. Porovnávacie meranie č. 8



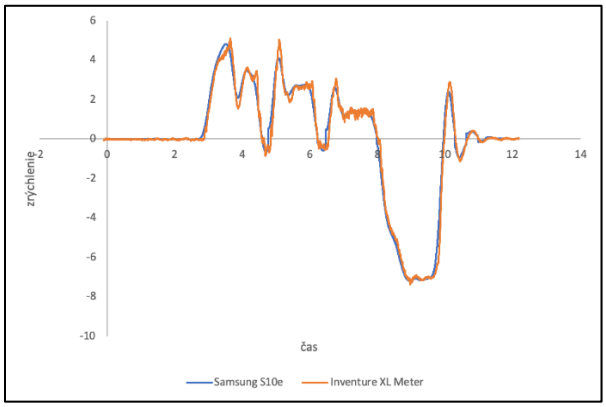
Obrázok 15. Porovnávacie meranie č. 12



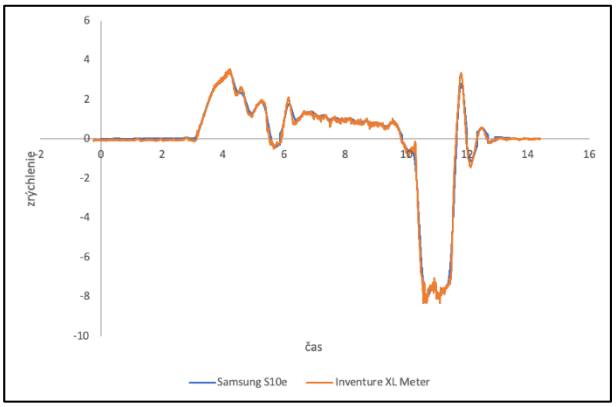
Obrázok 16. Porovnávacie meranie č. 13



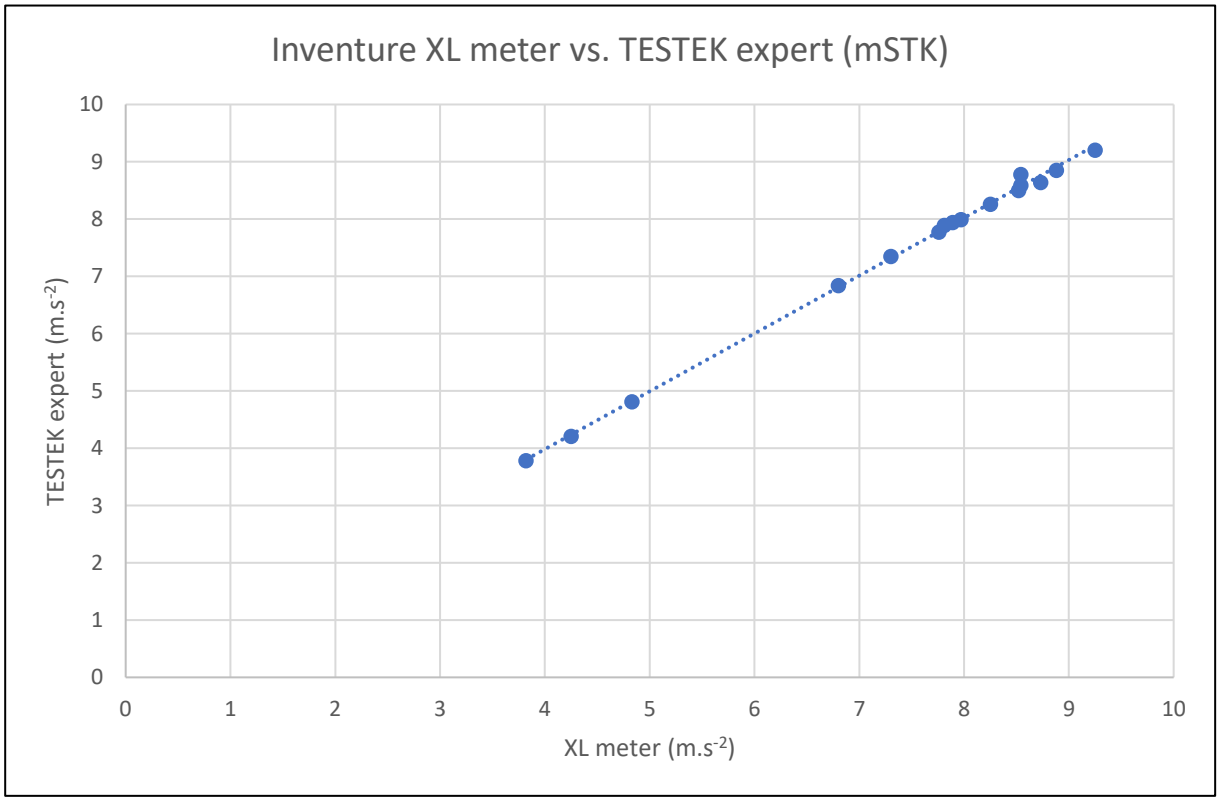
Obrázok 18. Porovnávacie meranie č. 15



Obrázok 17. Porovnávacie meranie č. 14



Obrázok 19. Porovnávacie meranie č. 16



Obrázok 20. Lineárne štatistické vyhodnotenie vyššie uvedených porovnávacích meraní

Zhodnotenie

Z uvedených priebehov porovnávacích meraní vyplýva, že výpočtový algoritmus použitý v mobilnej aplikácii je dostatočne presný na to, aby plnohodnotne nahradil v súčasnosti schválené meradlá spomalenia používané pri technických kontrolách. Vo vyššie uvedených šestnástich po sebe nasledujúcich meraniach aplikácia vykazuje vo výsledkoch merania priemernú odchýlku nameraných hodnôt stredného plného brzdného spomalenia -0,01625 $m.s^{-2}$, respektíve priemernú odchýlku nameraných hodnôt prerátaných na zbrzdenie -0,2425 percentuálneho bodu oproti schválenému decelerometru.

Výsledky porovnávacích meraní sú opakovateľné s odchýlkami v podobných medziach iba za splnenia striktných podmienok správneho použitia porovnávacieho decelerometra.

Tab. 2. Zhodnotenie porovnávacích šestnástich po sebe nasledujúcich meraní s kalibrovaným decelerometrom Inventure XL meter a mobilnou aplikáciou v smart telefóne Samsung S10e

Priemerná odchýlka stredného plného brzdného spomalenia ($m.s^{-2}$)	Priemerná odchýlka zbrzdenia (perc. bodu)
-0,01625	-0,2425

Vypočítaná hodnota korelačného súčiniteľa pomocou doplnkovej funkcie Analytické nástroje - *Correlation* programu MS Excel medzi Inventure XL meter a TESTEK Expert v smart telefóne Samsung S10e je 0,999066793 [2].

Tab. 3. Výsledok štatistického vyhodnotenia korelácie medzi kalibrovaným decelerometrom Inventure XL meter a mobilnou aplikáciou v smart telefóne Samsung S10e

Decelerometer	korelačný súčiniteľ
Inventure XL meter	1
TESTEK Expert (mSTK)	0,999066793

Zdroje

[1] TESTEK a.s. – www.testek.sk, Novinky 23.6.2020 - Sprístupnené meranie spomalenia v aplikácii mSTK – http://testek.sk/files/Informacia_k_mSTK-jazdna_skuska.pdf

[2] EasyExcel, Korelácia v Exceli – https://www.easyexcel.sk/kurz-excel-online/korelacia-v-exceli/

[3] Ťapák P., Kocúr M., Rábek M., Matej J. – Smart Phone Brake Testing, In ACCS/PEIT 2019. Danvers: IEEE, 2019, s. 242--246. ISBN 978-1-7281-6354-3. https://www.researchgate.net/publication/340625176_Smart_Phone_Brake_Testing

[4] P. Ťapák, M. Kocúr, M. Rábek, J. Matej, "DX meter , an application for measuring the vehicles's deceleration", Prezentácie na zasadnutí pracovnej skupiny SubWG1 „Brake Testing" 30.01.2018 v Bratislave, http://testek.sk/files/WG1_Subwg/WG1_Subwg_Brakes_02_2018_010_DX_meter.pdf

[5] P. Ťapák, M. Kocúr, M. Rábek, J. Matej, Android application for periodical vehicle inspection, In CIGÁNEK, J. -- KOZÁK, Š. -- KOZÁKOVÁ, A. 2020 Cybernetics & Informatics (K&I). Danvers: IEEE, 2020, ISBN 978-1-7281-4381-1. https://ieeexplore.ieee.org/document/9039805/metrics#metrics