

MĚŘENÍ RYCHLOSTI V TUNELECH – PODSTATNÝ PŘÍSPĚVEK PRO BEZPEČNOST

MEASUREMENT OF SPEED IN TUNNELS – SUBSTANTIAL CONTRIBUTION TO SAFETY

PAVEL PŘIBYL, PETR ZOBANÍK, JURAJ SPALEK

ÚVOD

Nepřiměřená rychlost je podle statistik Policie ČR dlouhodobě hlavní příčinou dopravních nehod zaviněných řidiči motorových vozidel s následkem usmrcení. Jenom v minulém roce zahynulo vlivem nepřiměřené rychlosti 556 osob, což je téměř 50 % všech usmrcených v provozu na pozemních komunikacích.

Zvláště nebezpečné je překračování rychlosti v tunelech, kde to je potenciálněm zdrojem mimořádných událostí a havárií. Předběžná měření prováděná laserovou pistolí v letech 2003 – 2004 ukázala, že ve Strahovském tunelu v západní tunelové trubě jelo vozidlo rychlostí 152 km.h⁻¹. Tunel však není na takovou rychlost navrhován, a proto zde bylo několik vážných nehod.

Pro vynucení snížení rychlosti vozidel lze zvolit několik způsobů jejího měření. Ve spolupráci s policií byl na jižním rozpletu Strahovského tunelu umístěn standardní radar pro měření rychlosti. To s sebou neslo ještě zvýšení rizik, neboť rychle jedoucí vozidla před místem měření překotně brzdila.

Vůbec nejvhodnějším řešením je donutit řidiče, aby celý úsek projížděli povolenou konstantní rychlostí. K tomu je nejvýhodnější měření průměrné rychlosti po celé délce trasy v tunelu. V rámci projektu OPTUN „Optimalizace provozu tunelů pozemních komunikací“ byla navržena a testována metoda pro měření průměrné rychlosti na úseku nazývaná dále „úseková rychlost“ ve shodě s anglickým názvem „Section Control“. Při známé špatné morálce našich řidičů jsou výsledky tak průkazné, že nové tunely kategorie TA, viz lit. [1], budou povinně touto technologií vybavovány a pro ostatní kategorie bude zvažováno o instalaci na základě posouzení rizik.

Projekt OPTUN je výzkumný projekt ministerstva dopravy plánovaný na léta 2004 – 2006. Řeší ho konsorcium Fakulta dopravní ČVUT, Metroprojekt, Metrostav, TSK hl. m. Prahy pod vedením Eltodo EG. Kromě zvyšování bezpečnosti je projekt zaměřen na tvorbu speciální architektury tunelů, která umožní investorovi a projektantovi mnohem lepší orientaci ve složité problematice technologického a bezpečnostního vybavení s následnou skutečnou optimalizací vybavení. Druhý klíčový rámec je zaměřen na optimalizaci ventilace z hlediska provozních nákladů, kde se využívá myšlenka využití modelů dopravního proudu pro optimalizaci řízení. Tato originální myšlenka byla publikována již v roce 1997, lit. [2] a první výsledky ukazují, že bude přínosem pro řízení a optimalizaci provozu ventilace. Třetím rámcem projektu je sledování chování řidičů v tunelu. Již první výsledky ukazují, že se většina řidičů chová v tunelu jinak, což se projevuje v parametrech jízdy. Kvantifikace této změny by mohla být pomocným podkladem pro návrh parametrů tunelů.

PRINCIP MĚŘENÍ ÚSEKOVÉ RYCHLOSTI

Měření úsekové rychlosti (dále MÚR) slouží k měření průměrné rychlosti vozidel, která projedou předem vymezeným měřicím úsekem na vozovce. Podstatou metody je měření doby průjezdu motorového vozidla definovaným měřicím úsekem vozovky, z čehož lze vypočítat průměrnou rychlost vozidla na daném úseku. Detailní popis lze nalézt v lit. [3]. Principiální schéma měření je na obr. 1. Na vozovce je přesně stanoven měřicí úsek mezi dvěma příčnými čarami. Kamerovou jednotkou *KJ* je snímána na začátku úseku část vozidla s registrační značkou. Ta je automaticky rozpoznána ve vyhodnocovacím serveru a je uložena do databáze. Po projetí úsekem je opět rozpoznána registrační značka a obě značky jsou s časovými razítky spárovány. Následně je vypočítána průměrná rychlost

INTRODUCTION

According to statistics of the police department of the Czech Republic, speeding is a constantly leading cause of traffic accidents that involve drivers of motor vehicles and human casualties. Last year solely, 556 persons died because of speeding, which is almost a half of all those that died in road traffic.

Speeding in tunnels is especially dangerous as it potentially gives rise to extraordinary events and accidents. Preliminary measurements of speed using a hand-held laser scanner between 2003 and 2004 showed that one vehicle moved at the speed of 152 km.h⁻¹ through the western tunnel tube of the Strahovský tunnel. However, the tunnel is not designed for such speed, and therefore there have been several serious accidents.

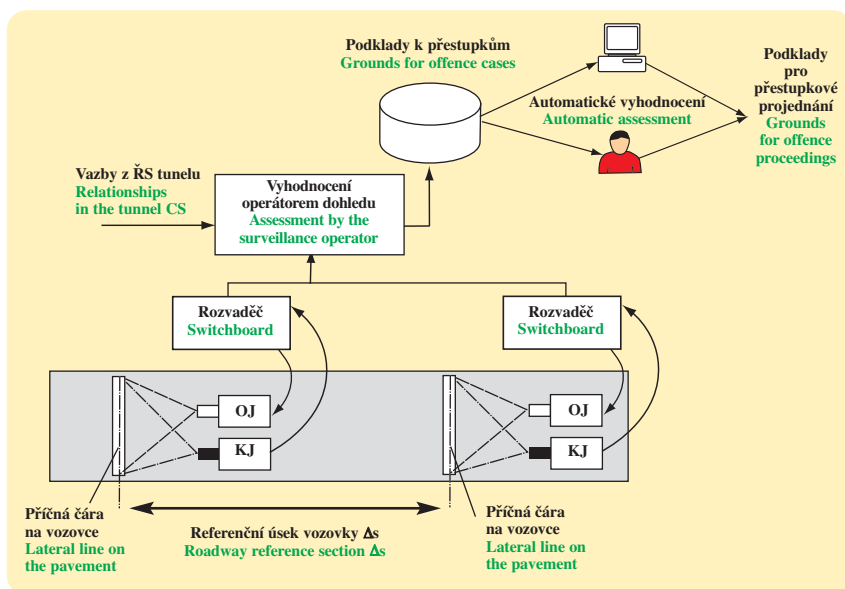
In order to enforce reduction of vehicles' speed, several methods of measurement can be adopted. In cooperation with the police, a standard radar speedmeter was installed at southern bifurcation of the Strahovský tunnel. But that brought a higher level of risk still, as the fast-moving vehicles braked abruptly in front of the measurement spot.

The ideal solution is to force the drivers to pass through the entire section at constant permitted speed. For this it is convenient to measure average speed along the entire tunnel length. Within the framework of the OPTUN project "Optimization of road tunnel operation", a method for measurement of section average speed was designed and tested. It is further referred to as "section speed" in accordance with the English title "Section Control". Considering the infamous poor conduct of our drivers, the results are so striking that new tunnels of the TA category, see lit. [1], will be obligatorily equipped with this technology while equipment of tunnels of other categories will be considered based on risk assessment.

The OPTUN project is a research project of the Ministry of Transport planned for years 2004 – 2006. It is carried out by Faculty of the Traffic Engineering of the Czech Technical University, Metroprojekt, Metrostav, TSK Prague under the leadership of Eltodo EG. Beside enhancing the safety, the project is focused on creation of special tunnel architecture, which will provide the investor and the designer with much better orientation in the complex field of technological and safety equipment with subsequent real optimization of the equipment. The second key aim is the optimization of ventilation from the viewpoint of operating costs, where the idea of traffic flow models for optimization of control are being used. This innovative idea was first published in 1997, lit. [2], and first results suggest that it will be a contribution to control and optimization of ventilation operation. The third aim was to monitor behavior of drivers in the tunnel. As the first results suggest, most drivers alter their behavior in tunnels, which translates into their driving parameters. Quantification of this change could be a useful data for proposal of the tunnel parameters.

PRINCIPLES OF MEASUREMENT OF THE SECTION SPEED

Measurement of the section speed (MSS) is designed to measure the average speed of vehicles that pass through a predetermined road section. The method's principle is the measurement of time the motor vehicle needs to pass through the defined measured road section, from which an average speed of the vehicle throughout the given section can be calculated. For detailed description see lit [3]. For detailed measurement scheme see Fig. 1. Two traversal lines are drawn on the carriageway defining the measurement section. A camera unit at the section beginning scans the vehicle's license plate. It is automatically recognized by the evaluating server and stored in the database. After passing through the section, the license plate is scanned again and both license plate entries are combined along with the time records. Subsequently, the average speed throughout the section is calculated. If the speed limit was not exceeded, the entry is



Obr. 1 Principiální schéma rychloměru (OJ- osvitová jednotka, KJ- kamerová jednotka), lit.

Fig. 1 General speedometer scheme (OJ- illumination unit, KJ- camera unit), lit.

na úseku. Pokud nedošlo k překročení povolené rychlosti, je záznam smazan. Pokud došlo k překročení, je zaslán operátorovi ke kontrole a vyhodnocení. V případě špatných světelných podmínek pomáhá zlepšit čitelnost značky infračervená osvitová jednotka OJ.

Na tomto místě je vhodné poznamenat, že se jedná o neinvazivní měření, které nevyžaduje zásahy do konstrukce vozovky v tunelu.

Na měření úsekové rychlosti jsou kladeny následující požadavky:

1. Ze snímků vozidla pořízených na začátku a konci měřicího úseku jsou automaticky vytvořeny referenční snímky. Systém musí pracovat zcela automaticky. Dálkově se nastavuje zapnutí/vypnutí měření, maximální povolená rychlost a hodnoty rychlosti klasifikované jako přestupek.
2. Vlastní měření průměrné rychlosti je zcela bezobslužné a nesmí být možné jej ovládacími prvky nikterak ovlivnit.
3. Přesnost měření musí být zaručena tím, že délka měřicího úseku je změřena s vyžadovanou přesností a oba snímky jsou opatřeny časovými značkami přesné časové základny.
4. Konstrukce a prostorové umístění jednotlivých zařízení musí být navrženy tak, aby byla vždy změřena minimální průměrná rychlost daného vozidla.
5. Technickými prostředky a počítačovým zpracováním musí být vytvořeny takové podmínky, že nemůže dojít k poškození řidiče tím, že by byla naměřena průměrná rychlost vyšší, než kterou ve skutečnosti jel.
6. Musí být zajištěno, že indikovaná rychlost nemůže být připsána jinému vozidlu.
7. Ve zpracovaném doplňku TP98 se vyžadují následující maximální chyby měření průměrné rychlosti:

... do 100 km.h ⁻¹	± 3 km.h ⁻¹
... nad 100 km.h ⁻¹	± 3 %

POUŽITÁ TECHNOLOGIE

Pro detekci vozidla a pro zjištění jeho rychlosti lze použít řady senzorů. Pokud však chceme měřenou rychlost přiřadit konkrétnímu vozidlu, tak je nutné použít videodetekci¹⁾. Snímací kamera obsahuje speciální obrazový senzor, který pracuje i ve zhoršených světelných podmínkách. Zachycený obraz zpracovává sofistikovaný vyhodnocovací software, jehož výstupem jsou alfanumerické znaky registrační značky, viz obr. 3.

Vlastní postup je založen na digitalizaci analogového videoobrazu spojitého v čase i úrovni. Digitální obraz je ekvivalentem spojitě obrazové funkce $f(i,j)$, kde i a j jsou souřadnice bodu v ploše obrazu. Je získán pomocí vzorkování do matice $M \times N$ bodů

¹⁾ Další možností je vybavit vozidlo palubní jednotkou a komunikovat například dedikovaným spojením krátkého dosahu tak, jak je to běžné u systémů mýtného.

deleted. However, if it was exceeded, the entry is sent to the operator for control and evaluation. In case of poor light conditions, scanning of the license plate is assisted by infra-red illumination unit. This is a good place to point out that it is a non-invasive measurement, one that does not require structural changes of the tunnel carriageway.

The following requirements are placed on the measurement of section speed:

1. Reference images are automatically created from the vehicle images taken at the beginning and end of the measured section. The system must be working fully automatically. Turning on/off the measurement, speed limit setting and speed values classified as misdemeanor are all remotely controlled.
2. The measurement of average speed is completely automatic and manipulation by controlling elements must not be possible.
3. Precision of the measurement is guaranteed by the fact that length of the measured section is measured with required accuracy and both images are assigned time entries according to precise time base.
4. Structure and spatial position of the individual devices has to be designed so that the minimal average speed of the passing vehicle is always measured.

5. Technical means and computer processing have to create such conditions in which a driver cannot be wronged by being measured a higher average speed than the one at which he/she actually traveled.

6. It has to be prevented that the indicated speed be attributed to another vehicle
7. The elaborated appendix of Technical Specifications TP98 stipulates the maximum errors of measurement of section speed:

up to 100 km.h ⁻¹	± 3 km.h ⁻¹
above 100 km.h ⁻¹	± 3 %

APPLIED TECHNOLOGY

Numerous sensors can be used to detect a vehicle and measure its speed. But if we want to attribute the measured speed to a particular vehicle, video-detection has to be used. Scanning camera contains a special image sensor that operates even under poor lighting conditions. The scanned image is processed by sophisticated evaluation software with alpha-numerical symbols of license plates as output, see Fig. 3.

The procedure is based on digitalization of the analogue video-image, continuous in time and level. Digital image is an equivalent of continuous image function $f(i,j)$ where i and j are coordinates of the point in the image area. It is acquired by sampling into a matrix of $M \times N$ points and quantizing into K levels. Very important role is played by the level of resolution of the image, expressed in DPI units : dots per inch.

However, digital image can be distorted due to the method of scanning or poor light conditions. If the character of distortion is known, then it can



Obr. 2 Kamery zařízení pro měření úsekové rychlosti za podjezdem Zlíchov - Radlická

Fig. 2 Cameras of the equipment section speed measurement facility behind underpass Zlíchov-Radlická

a kvantováním do K úrovní. Velmi důležitou roli hraje rozlišovací úroveň obrazu uváděná v jednotkách: počet bodů/palec (DPI-Dots Per Inch).

Digitální obraz však může být zkreslen kvůli způsobu snímání nebo nevhodným světelným podmínkám. Pokud je znám charakter zkreslení, je možné tuto chybu opravit pomocí korekcí, které jsou používány pro předzpracování obrazu (jasové a geometrické transformace, filtrace, ostření apod.).

Finálním krokem při zpracování obrazu je klasifikace (rozpoznání obrazců). Ve většině případů se jedná o zařazení objektů nalezených v obraze do skupiny předem známých tříd, tedy například přiřazení objektů registrační značky alfanumerickým znakům.

Videodetekční technologie má i jistá omezení: mohou se projevit vlivy nedostatečné viditelnosti způsobené deštěm, sněžením a mlhou. Ve všech uvedených případech bude identifikace vozidel možná jen za předpokladu čitelné registrační značky. Také znečištěná značka vozidla může znemožňovat jeho jednoznačnou automatickou identifikaci. V určitých případech je možné následně identifikovat vozidlo a jeho značku na základě dokumentačního snímku. Pro měření i v noci se kamerové systémy doplňují o systémy nočního vidění, které je realizováno pomocí infračervených reflektorů. Kamery „vidí“ i v infračervené části spektra na rozdíl od lidského oka. Díky tomu kamery mohou pracovat i za úplné tmy a přitom nedochází k oslnování řidičů.

Snímací kamery jsou umístovány nad osy jízdních pruhů. Na obr. 2 je zachycen portál s kamerami na úseku Zlíchov – Radlická.

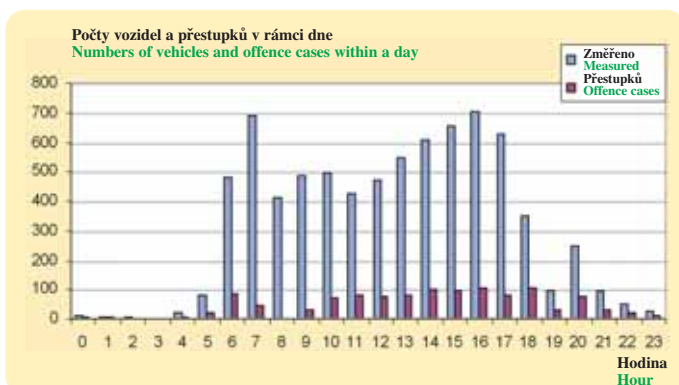
PŘESTUPKOVÉ DOKUMENTY A LEGISLATIVA

Dokladem o přestupku jsou snímky vozidla, pokud z nich je zřejmé, že naměřená rychlost byla vyšší než povolená, doplněné o údaje potřebné k prokázání přestupku. Snímek na vjezdu i na výjezdu měřeného úseku je opatřen časovým razítkem, identifikací a názvem místa, ve kterém byl pořízen. Přestupkové dokumenty se typicky archivují na záznamové médium a musí být dále, při přestupkovém řízení, verifikovány školeným operátorem.

Zařízení pro ÚMR používané při kontrole dodržování pravidel silničního provozu jsou vymezena přílohou k vyhlášce 345/2002 Sb. Ministerstva průmyslu a obchodu ze dne 11. července 2002, položka 2.2.1. O schválení musí být vydán „Certifikát o schválení typu měřidla“ Českým metrologickým institutem pod značkou schválení typu. U všech zařízení musí být pravidelně prováděno ověření metrologických vlastností.

Přestupce je předvoláván podle paragrafu 12 odst. 1 zákona ČNR č. 283/1991 Sb., o Policii, ve znění pozdějších předpisů za účelem podání vysvětlení. Toto předvolání se zahajuje na základě zjištění přestupku proti bezpečnosti a plynulosti silničního provozu podle paragrafu 22 zákona ČNR č. 200/1990 Sb., o přestupcích, ve znění pozdějších předpisů. Odstavec (1), písmeno a) – překročení nejvyšší dovolené rychlosti stanovené zvláštním zákonem nebo dopravní značkou o více než 30 km.h⁻¹ v obci nebo o 50 km.h⁻¹ mimo obec. V případě, že osoba odepře vysvětlení dle paragrafu 12 odst. 3 zákona ČNR č. 283/1991 Sb., o Policii, ve znění pozdějších předpisů, je zjištěný přestupek předán do správního řízení.

Zařízení pro ÚMR musí být vybaveno prostředky pro tvorbu elektronického podpisu zpracovaných údajů. Celý proces automatického



Obr. 4 Počty vozidel a přestupků v rámci jednodenního měření
Fig. 4 Counts of cars and offence events based on one-day measurement



Obr. 3 Validace přestupků na pracovišti operátora dohledu
Fig. 3 Validation of offence events at workplace of the supervising operator

be remedied by corrections that are used for image pre-processing (brightness and geometric transformations, filtering, contrasting etc.).

Classification (pattern recognition) is the final step of image processing. In most cases this means categorisation of objects found in the image into predefined classes, for instance assigning alpha-numerical symbols to license plate objects.

The video-detection technology also has some limitations: there can be impacts of poor visibility due to rain, snow and fog. In all cases, vehicle identification will only be possible assuming readable license plates. Unclean license plate can prevent its unambiguous automatic identification. In some cases, it is possible to identify the vehicle ex-post based on reference image of the license plate. In order to measure at night time as well, the camera systems are supported with night vision that is provided by infra-red reflectors. Unlike the human eye, the cameras “see” even the infra-red color spectrum. Because of that, the cameras can operate even under total darkness while drivers are not blinded.

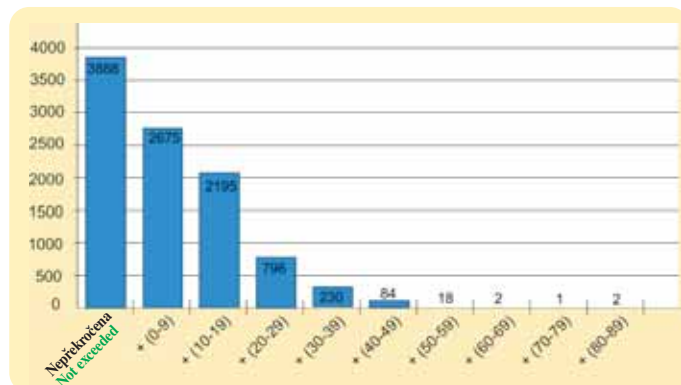
The scanning cameras are placed above axes of the lanes. Fig. 2 depicts portal with cameras at the Zlíchov-Radlická section.

MISDEMEANOR DOCUMENTS AND LEGISLATION

The evidence of misdemeanor is represented by images of the vehicle if they clearly show that measured speed exceeded the speed limit, supplemented with data necessary to prove the misdemeanor. Images at the entrance as well as exit come with a time entry, identification and title of the location where the image was taken. Misdemeanor documents are typically stored on digital mediums and, if subject to misdemeanor proceedings, are further verified by a trained operator.

Equipment for MSS, used when observing the road traffic regulations, is limited according to appendix of notice 345/2002 Sb. of the Ministry of Industry and Trade from July 11, 2002, item 2.2.1. In this approval procedure, the Czech Metrological Institution has to issue a “Certificate of approval for the type of measurement”. Verification of metrological characteristics of all devices has to be carried out regularly.

The offender is summoned according to article 12, paragraph 1 of Police Act CNR no. 283/1991 Sb. in the wording of later regulations to submit explication. This summoning is initiated by misdemeanor charges



Obr. 5 Histogram překročení rychlosti
Fig. 5 Histogram of speeding



Obr. 6 Informační značka kontroly rychlosti
Fig. 6 Speed controlling message sign

vyhodnocování probíhá bez jakékoliv účasti člověka. Zjištěné přestupky se validují operátorem pomocí specializovaného softwaru pro zpracování, vyhodnocení a dokumentaci přestupků. Ukázka typické obrazovky softwaru UnicamPEN pro vyhodnocování měření rychlosti jízdy v úseku je na obr. 3.

Pomocí přečtené RZ je možné automaticky vyhledat v centrálním registru vozidel majitele, resp. provozovatele vozidla a následně jej předvolat k podání vysvětlení. Předvolánku a protokol o projednání přestupku je vhodné vytvářet automatizovaně.

VÝSTUPY MĚŘENÍ NA ÚSEKU ZLÍCHOV – RADLICKÁ

Systém pro úsekové měření je dosud instalován na následujících lokalitách:

1. Úsek vozovky za podjezdem Zlíchov – Radlická (směr sever) – 5 jízdních pruhů
2. Strahovský tunel – 4 jízdní pruhy
3. Tunel Mrázovka – 6 jízdních pruhů

V první etapě zkoušek se zjišťovalo vlastní chování řidičů na úseku vozovky za podjezdem Zlíchov – Radlická, tedy na volné komunikaci, a to ihned po uvedení do provozu, kdy ještě mezi motoristickou veřejností nevstoupilo ve známost, že se měří. Výsledky nebyly překvapivé při známé nedisciplinovanosti našich řidičů.

Průměrné počty přestupků překročení rychlosti o 20 km.h⁻¹ v rámci typického dne jsou na grafu v obr. 4. Z celkového počtu vozidel, která projela daným místem, spáchalo přestupek překročení rychlosti cca 15 %. Toto číslo tedy znamená, že pokud např. projede jistou komunikací 5000 vozidel denně, pak 750 z nich překročí rychlost o 20 km.h⁻¹.

Typické počty přestupků překročení rychlosti o 0, 10, 20...km.h⁻¹ pro jeden jízdní směr jsou uvedeny na obr. 5. Nejvyšší zaznamenaná rychlost byla 165 km.h⁻¹.

VÝSTUPY MĚŘENÍ VE STRAHOVSKÉM TUNELU – PROJEKT OPTUN

Ve Strahovském tunelu je rychlost vozidel měřena ve třech řezech v každé tunelové troubě na začátku, uprostřed a na konci. V intervalu pěti minut je zaznamenávána intenzita dopravy a úseková rychlost. Po odfiltrování chybných údajů je počítána denní průměrná úseková rychlost (za 24 hod). Hodnoty statistických souborů vykazují variační koeficient kolem 10 %, což svědčí o značné sourodosti dat.

V rámci projektu OPTUN byla provedena analýza pro tři různé stavy:

with neglecting safety and traffic conduct according to article 22 of Misdemeanor Act CNR no. 200/1990 Sb., in the wording of later regulations. Paragraph (1), letter a) – exceeding the maximum speed limit as stipulated by special law or traffic sign by more than 30 km.h⁻¹ within municipality or by 50 km.h⁻¹ in open country. In case that a person denies explanation according to article 12, paragraph 3 of Police Act CNR no. 283/1991 Sb. in the wording of later regulations, the misdemeanor is submitted for legal proceedings.

The MSS device has to be equipped with means for digital signature of the processed data. The whole process of automatic evaluation proceeds without participation of a single person. All misdemeanors found are to be validated by operator using specialized software for processing, evaluation and documentation of misdemeanors. For example of typical image of UnicamPEN software for evaluation of measurement of section speed see Fig. 3.

Based on the scanned license plate, it is possible to automatically trace the vehicle proprietor or operator within the central registry of vehicles and subsequently summon him to submit explanation. It is convenient to produce the summons as well as protocol on misdemeanor proceedings automatically.

OUTPUT OF MEASUREMENT AT SECTION ZLÍCHOV-RADLICKÁ

The system for section measurement has so far been installed in the following localities:

1. Carriageway section behind underpass Zlíchov-Radlická (northern direction) – 5 lanes
2. Strahovský tunel – 4 lanes
3. Mrázovka tunnel – 6 lanes

Within the first testing phase we observed the behavior of drivers at carriageway section behind underpass Zlíchov-Radlická, i.e. open road, and thus closely after its putting into operation when it was not yet generally known that speed is being measured. The results were not surprising, considering the infamous poor conduct of our drivers.

For average counts of misdemeanors of speeding by 20 km.h⁻¹ on a typical day see chart in Fig. 4. From all the vehicles that passed this section, app. 15% committed a speeding misdemeanor. This number means that if for instance there are 5000 cars that pass a given road section, then there are 750 that exceed the speed limit by 20 km.h⁻¹.

See the following Fig. 5 for typical counts of misdemeanors of speeding by 0, 10, 20...km.h⁻¹ in one direction. The highest speed recorded was 165 km.h⁻¹.

OUTPUT OF MEASUREMENT IN STRAHOVSKÝ TUNEL – OPTUN PROJECT

Inside the Strahovský tunnel, speed of vehicles is measured in each tunnel tube at three cross sections at the beginning, in the middle, and at the end. Intensity of traffic and section speed is being recorded in 5 minute intervals. After filtering of outliers, daily average section speed (per 24 hours) is calculated. The statistical data files exhibit a variation coefficient of app. 10%, which is a sign of substantial data homogeneity.

Within the frame of the OPTUN project, we carried out analysis of three different phases:

- (1) Device for controlling the speed limit of vehicles was not yet in operation – tested in October 2003
- (2) The device was in operation, but there was no message sign placed in the tunnel warning about the measurement of section speed of vehicles – September 2004
- (3) Message sign was installed at the tunnel entrance, warning the drivers about the measurement of section speed, see Fig. 6 – October 2004

Average daily speeds were calculated separately for the eastern tunnel tube (ETT) and western tunnel tube (WTT) of the Strahovský road tunnel.

As for the phase 1 without the speed controlling device between 29.9.2003 and 12.10.2003, average values of section speed range between 75,4 – 81,91 km.h⁻¹.

For the phase 2 when message sign informing about the measurement was not yet installed, but the public still already learned by various ways about its existence, daily section speed dropped to interval 52,67 – 62,11 km.h⁻¹. It was tested between 27.9.2004 and 10.10.2004.

(1) Zařízení pro kontrolu dodržování maximální povolené rychlosti vozidel nebylo v provozu: testováno v září 2003.

(2) Zařízení bylo v provozu, ale na vjezd do tunelu nebyla umístěna informační značka o měření úsekové rychlosti: září 2004.

(3) Před vjezdem do tunelu byla nainstalována značka upozorňující řidiče na měření rychlosti vozidel: říjen 2004 (obr. 6).

Průměrné denní rychlosti byly spočítány zvlášť pro východní tunelovou troubu (VTT) a západní tunelovou troubu (ZTT) Strahovského automobilového tunelu.

V případě (1) bez kontroly rychlosti jsou od 29. 9. 2003 do 12. 10. 2003 průměrné hodnoty úsekové rychlosti mezi 75,4 – 81,91 km.h⁻¹.

Pokud ještě nebyla umístěna značka informující o měření, sub (2), ale cestující veřejnost se tuto skutečnost různými způsoby dozvěděla, klesla denní úseková rychlost na interval mezi 52,67 – 62,11 km.h⁻¹. Testováno ve dnech 27. 9. 2004 až 10. 10. 2004.

Po instalaci informační značky se rychlost již příliš nezměnila, neboť ve dnech 25. 10. 2004 a 7. 11. 2004 ležela mezi 52,54 – 60,51 km.h⁻¹.

Z analyzovaných výsledků a z grafů na obr. 7 je patrné, že rozptyl denních průměrných rychlostí je velmi malý, mezi 0,5 – 1,2 km.h⁻¹. V roce 2003 byla průměrná rychlost vozidel v SAT přibližně 76,68 km.h⁻¹ v ZTT a 77,10 km.h⁻¹ v VTT. V období, kdy řidiči nebyli upozorněni na měření rychlosti dopravní značkou, byla průměrná rychlost v ZTT 53,27 km.h⁻¹ a v VTT 61,23 km.h⁻¹. V období, kdy byla značka nainstalována, činila rychlost v ZTT 53,55 km.h⁻¹ a VTT 60,33 km.h⁻¹. Rychlosti v ZTT jsou o něco nižší z toho důvodu, že v ZTT je kladné stoupání.

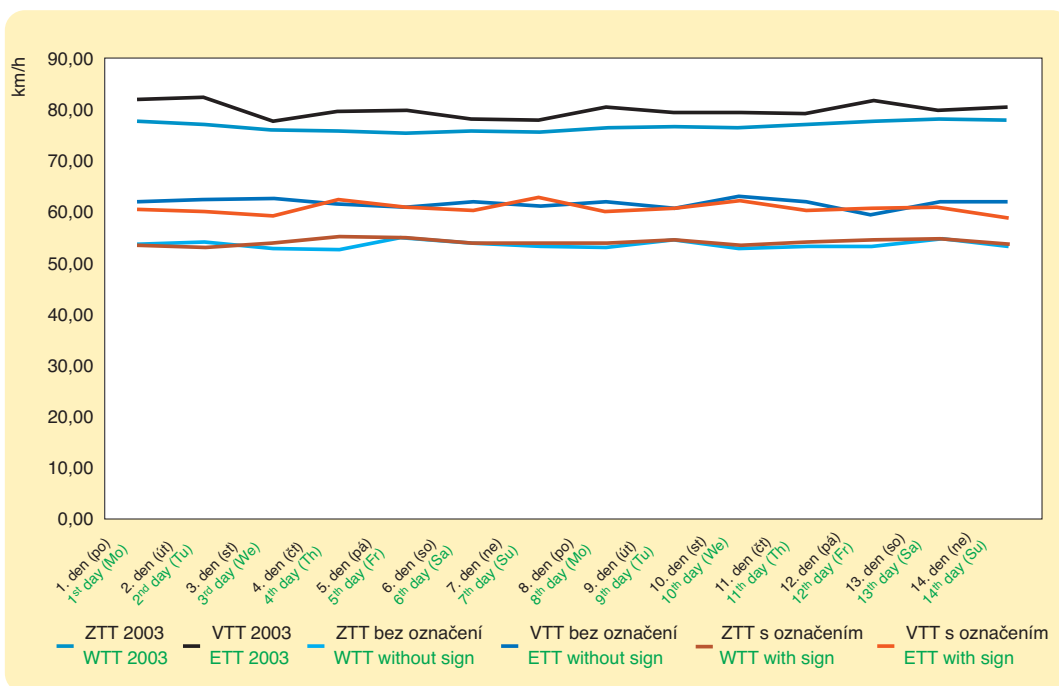
ZÁVĚR

V rámci projektu OPTUN bylo prakticky ověřeno, že průměrná denní rychlost v tunelu se po nainstalování zařízení pro měření úsekové rychlosti snížila zhruba o 23 km.h⁻¹ ve východní tunelové troubě a o 16 km.h⁻¹ v západní tunelové troubě. Je nutno poznamenat, že se jedná o denní průměry úsekové rychlosti, takže se samozřejmě mohou vyskytnout vozidla s podstatně vyšší rychlostí.

Rozdíl mezi obdobími, kdy řidiči nebyli a byli upozorňováni na kontrolu rychlosti dopravní značkou, nebyl tímto experimentem prakticky zjištěn.

Závěrem lze říci že se prakticky prokázal významný vliv zařízení pro měření úsekové rychlosti na snížení průměrné rychlosti vozidel v tunelu, a tím i na zvýšení bezpečnosti. To je také důvod, že společnost ELTODO EG zpracovala dodatek k TP98, který předepisuje povinnou instalaci pro tunely kategorie TA, lit. [4].

PROF. ING. PAVEL PŘIBYL, CSc., pribylp@eltodo.cz,
ING. PETR ZOBANÍK, zobanikp@eltodo.cz, ELTODO EG, a. s.,
DOC. ING. JURAJ SPALEK, Ph.D., ŽILINSKÁ UNIVERZITA –
ELEKTROTECHNICKÁ FAKULTA, ŽILINA



Obr. 7 Změny rychlosti úsekové rychlosti dle projektu OPTUN
Fig. 7 Changes in section speeds according to the OPTUN project

Following installation of the message sign speed did not change very much, as between 25.10.2004 and 7.11.2004 ranged 52,54 – 60,51 km.h⁻¹.

From the analyzed results and charts in Fig. 7 it is obvious that variance of daily average speeds is very low, between 0,5 – 1,2 km.h⁻¹. In 2003, average vehicle speed reached app. 76,68 km.h⁻¹ in the WTT and 77,10 km.h⁻¹ in the ETT. When the drivers were not warned by the message sign about speed measurement, average speed reached 53,27 km.h⁻¹ in the WTT and 61,23 km.h⁻¹ in the ETT. Once the message sign was installed, speed reached 53,55 km.h⁻¹ in the WTT and 60,33 km.h⁻¹ in the ETT. Speeds in the WTT are bit lower, since the WTT gradient is positive.

CONCLUSION

By means of the OPTUN project it was proved in practice that average daily speed in the tunnel drops approximately by 23 km.h⁻¹ in the Eastern tunnel tube and by 16 km.h⁻¹ in the Western tunnel tube after the installation of equipment for measurement of section speed. It is necessary to point out that these are daily averages of section speed, so there can definitely be vehicles that travel at much higher speed. There was virtually no difference observed between the phases when drivers were and were not warned about the measurement of section speed by a message sign.

As a conclusion, we practically proved substantial impact of the equipment for measurement of section speed on the reduction of average vehicle speed in the tunnels and therefore on enhancing safety. This is also the reason why the company ELTODO EG elaborated an appendix to TP98, which incorporates obligatory installation in tunnels of the TA category lit. [4].

PROF. ING. PAVEL PŘIBYL, CSc., pribylp@eltodo.cz,
ING. PETR ZOBANÍK, zobanikp@eltodo.cz, ELTODO EG, a. s.,
DOC. ING. JURAJ SPALEK, Ph.D., ŽILINSKÁ UNIVERZITA –
ELEKTROTECHNICKÁ FAKULTA, ŽILINA

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací; Technické podmínky TP98, Eltodo EG, Praha, ISBN 80-239-0110-9
- [2] Příbyl P., Novák V.: „Multiparameter-optimised ventilation of city tunnel“, Tunnel Control and Communication, International Conference, Amsterdam, The Netherlands, March 1997
- [3] Příbyl P., Zobaník P. a kol.: OPTUN-Výzkumná zpráva, Eltodo EG, Praha, leden 2005
- [4] Zobaník P.: Změna TP98 „Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací“, Změna číslo 001/05/2005 ze dne 3.5.2005, (Měření úsekové rychlosti), Eltodo EG, Praha, (ve schvalovacím řízení)