



# PŘEDNÁŠKA KURZU MPOV

Zpracování obrazu v dopravních aplikacích

P. Petyovský (email: [petyovsky@feec.vutbr.cz](mailto:petyovsky@feec.vutbr.cz))

kancelář SD3.152, Technická 12



**Computer Vision Group**

Department of Control and Instrumentation  
Faculty of Electrical Engineering and Communications  
Brno University of Technology

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY  
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATIONS

rev. 2015.4

Pojmy a opakování

Definice dopravní telematiky, technické prostředky

Akční členy

Snímací prvky, senzory

Strategie řízení

Detekce vozidel projíždějících na červenou

Princip funkce systému

Požadavky na systém

Měření rychlosti pohybu vozidel

Princip funkce systému

Požadavky na systém

Vliv délky úseku na přesnost

Automatické měření hustoty provozu

Princip funkce systému

Požadavky na systém

Současná realizace

Elektronický výběr mýtného

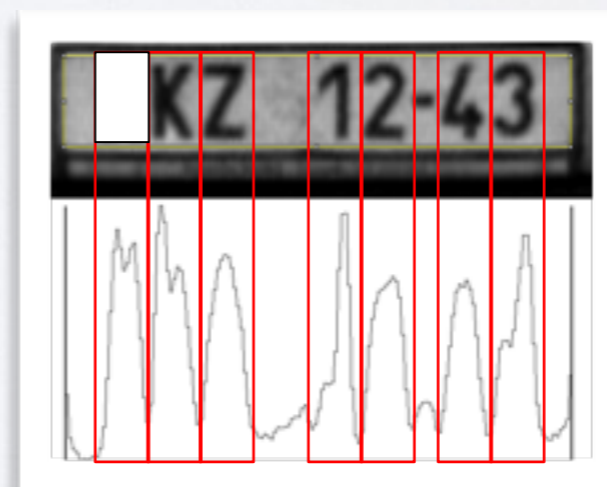
Využívané technologie

Dotazy, úkoly

Literatura, použité zdroje

# POJMY A OPAKOVÁNÍ

- Segmentace
- Strojová klasifikace
- Systémy AIDC
- Template matching
- OCR
- LPR



# DOPRAVNÍ TELEMATIKA

Na dopravu je možné pohlížet jako na dynamický systém s mnoha vstupy a výstupy. Úkolem je sledovat chování tohoto systému, případně regulovat některé jeho veličiny.

Cíle:

- Zvýšení plynulosti provozu (omezení kongescí)
- Zvýšení bezpečnosti
- Omezení negativních dopadů na životní prostředí
- Zvýšení efektivity přepravy zboží

Tyto požadavky na řízení dopravy definovaly nový pojem tzv. Intelligent Transportation Systems - **ITS** (Intelligentní dopravní systémy – **IDS**) v Evropě je častěji používán pojem dopravní telematika. (Spojení slov **TELE**komunikace a infor**MATIKA**).

Dle [1] je Telematika:

*...„Dopravní telematika integruje informační a telekomunikační technologie s dopravním inženýrstvím tak, aby se pro stávající infrastrukturu komunikací zvýšily dopravní výkony, stoupla bezpečnost a zvýšila se psychická pohoda cestujících“ ...*

Dopravní telematika je to tedy multioborová disciplína jejíž součástí jsou:

- Technické prostředky – (hardware komunikačních a informačních prostředků, senzory pro sběr dat, akční členy)
- Prostředky pro řízení dopravních procesů – (řídící algoritmy, strategie řízení, software komunikačních a informačních technologií)
- Organizační a legislativní prostředky – (organizační struktury, rozhodovací pravomocné orgány, české a evropské standardy)

# Akční členy dopravní telematiky

## Světelná návěstidla





# Proměnné dopravní značky

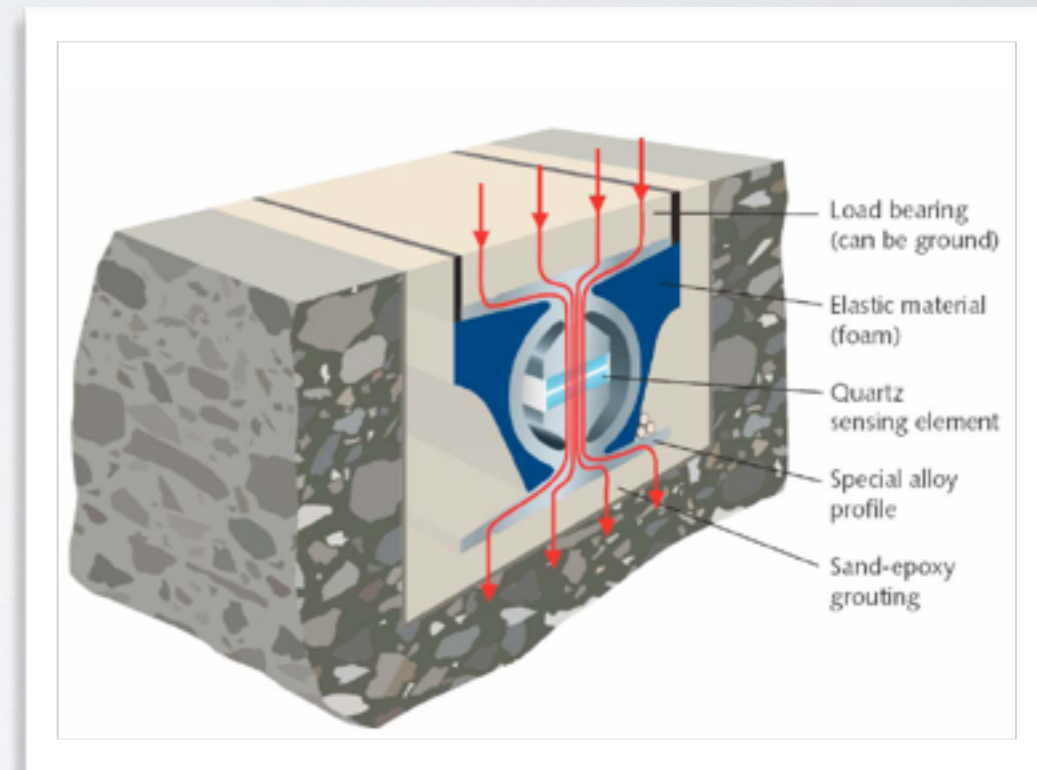
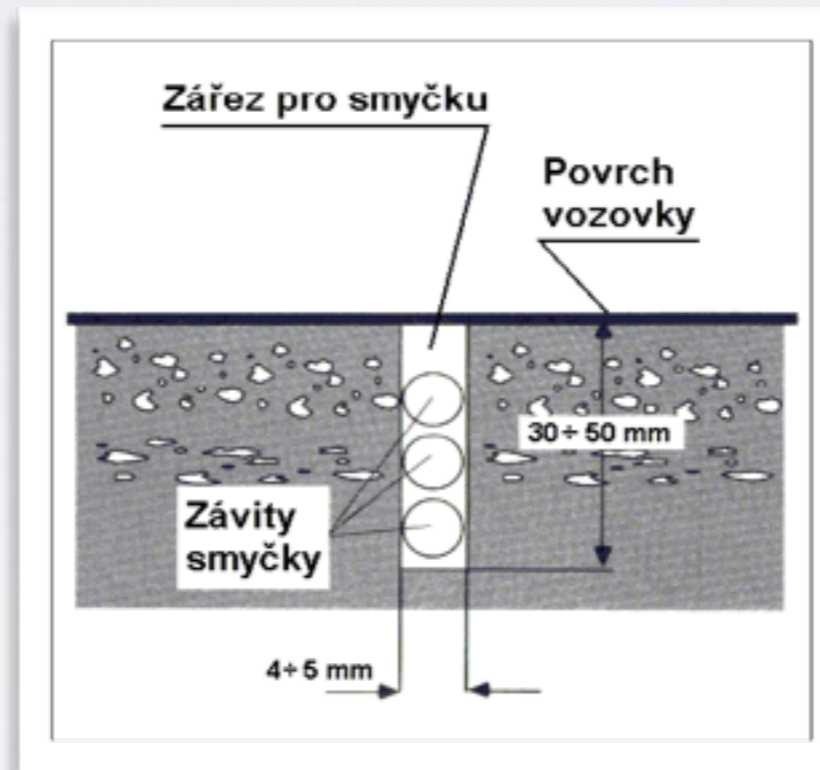
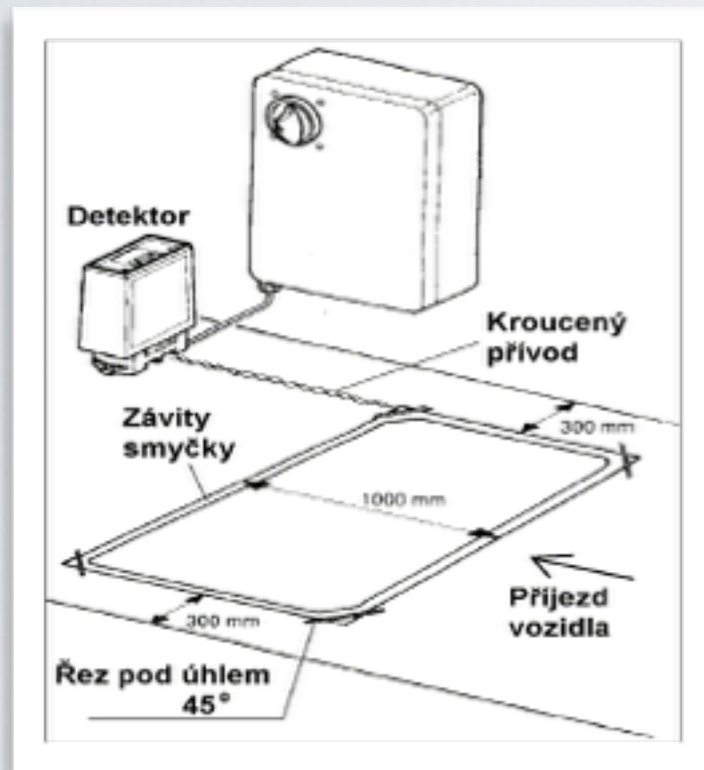


# Informační tabule

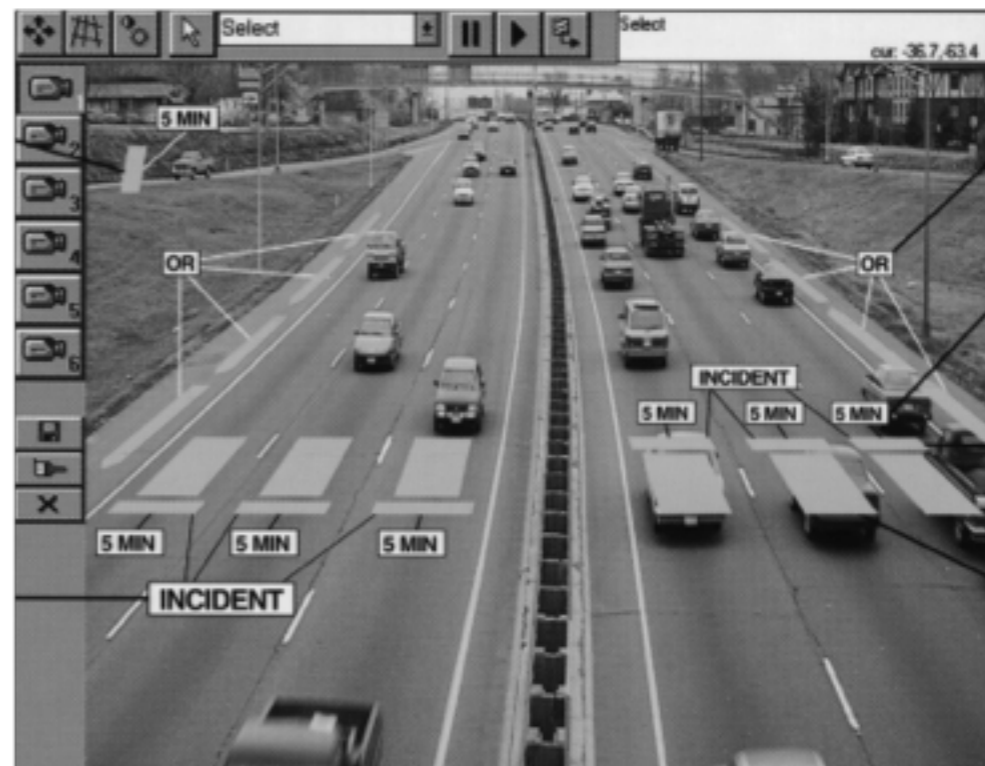
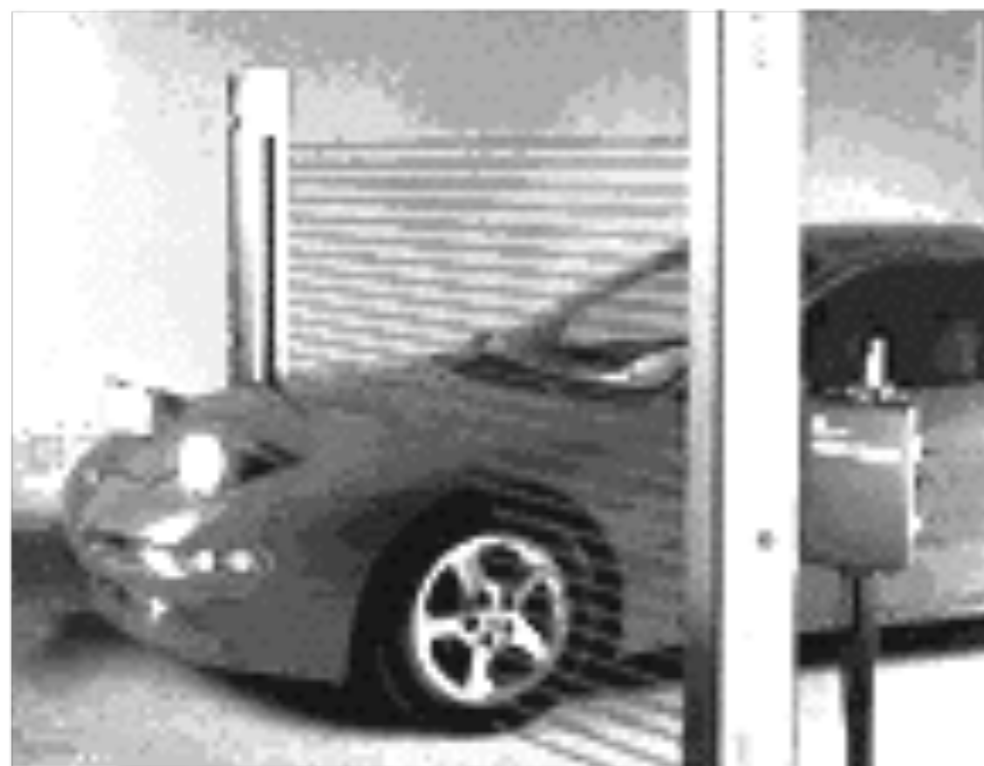


# Snímací prvky, senzory dopravní telematiky

Detektory přítomnosti vozidla (indukční, optické / infra, mikrovlnné, High Speed Weigh-In-Motion piezokrystalové detektory).



# Videodetekční systémy



# Strategie řízení

Řízení rozděleno hierarchicky do vrstev:

- Nejvyšší úroveň - Centrální řízení na úrovni aglomerace, převážně statické scénáře pro dané období tak, aby byla zajištěna plynulost a bezpečnost dopravy.
- Střední vrstva - Vázána na určitou lokalitu s definovanými místy vjezdu a výjezdu vozidel, zpracovává příkazy z nejvyšší úrovně a předzpracovává data z lokální vrstvy (řízení křižovatek, tunelů, mýtné systémy).
- Lokální vrstva - sběr dat z jednotlivých snímačů, odesílání dat do akčních členů, kontrola funkčnosti snímačů i akčních členů (semaforey, detektory přítomnosti).

# DETEKCE VOZIDEL PROJÍŽDĚJÍCÍCH NA ČERVENOU

System ze skupiny tzv. Traffic enforcement, Red light violation systems.  
Plně automatický videodetekční systém vyvinutý na UAMT FEKT.

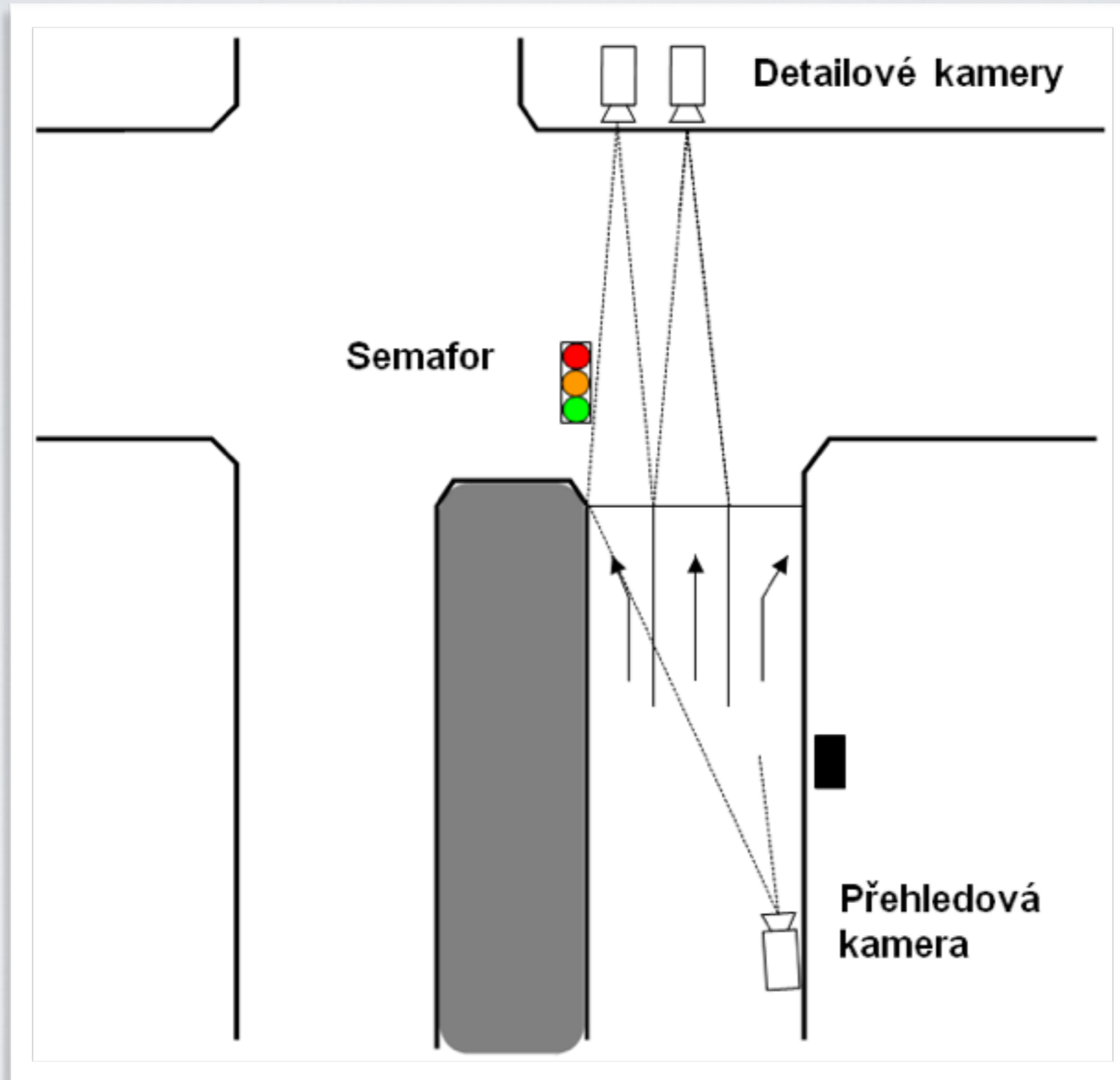
## **Princip funkce:**

Detekce vozidla (resp. SPZ/RZ) v oblasti vozovky, kde se v daný časový okamžik vyskytovat nemělo.

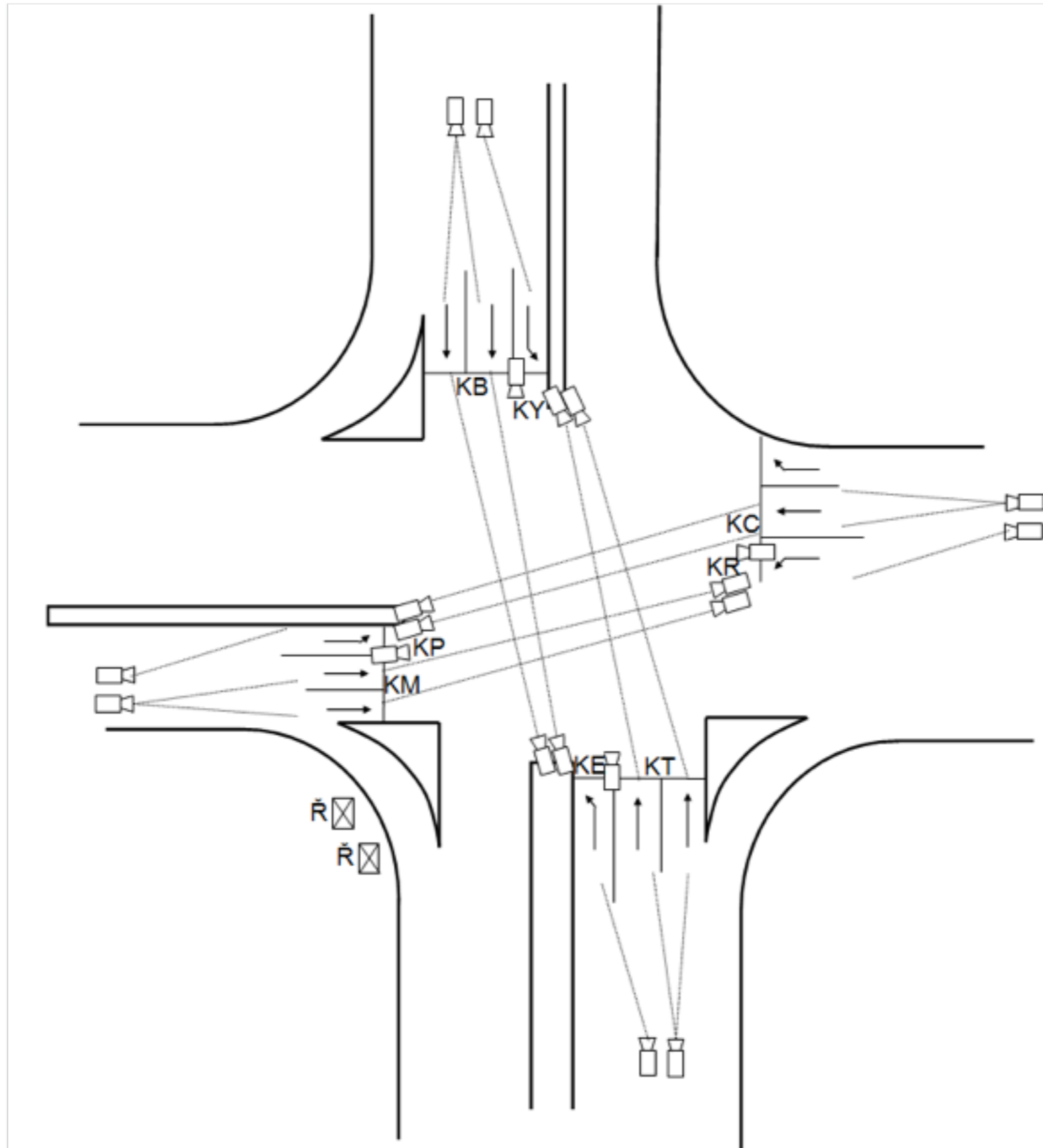
## **Požadavky na systém:**

- Automatický provoz
- Zpracování a sběr dat v reálném čase
- Vysoká variabilita a opakovatelnost instalace
- Následná prokazatelnost dokumentu o přestupku
- Distribuovatelnost systému

# Schématické uspořádání komponent systému:



# Reálné uspořádání komponent systému:



# Snímky z jednotlivých kamerových stanovišť





Přehled v době přestupku



Detail v době přestupku



Přehled v době oranžové



Přehled při přechodu do červené



# Vyhodnocovací operátorská aplikace

Křižovatky na červenou, Verze 2.01, (c) 1996-2002 camera s.r.o.

KB1 09:02:45.0 15.05.2002

A 82-62

09:02:45.2 15.05.2002

KB1 09:02:47.3 15.05.2002

KB1 09:02:47.4 15.05.2002

SPZ: SPZSPZSP Barva SPZ: základ Druh: osobní Barva: černá Místo: PrahaPrahaPrahaPrahaPra

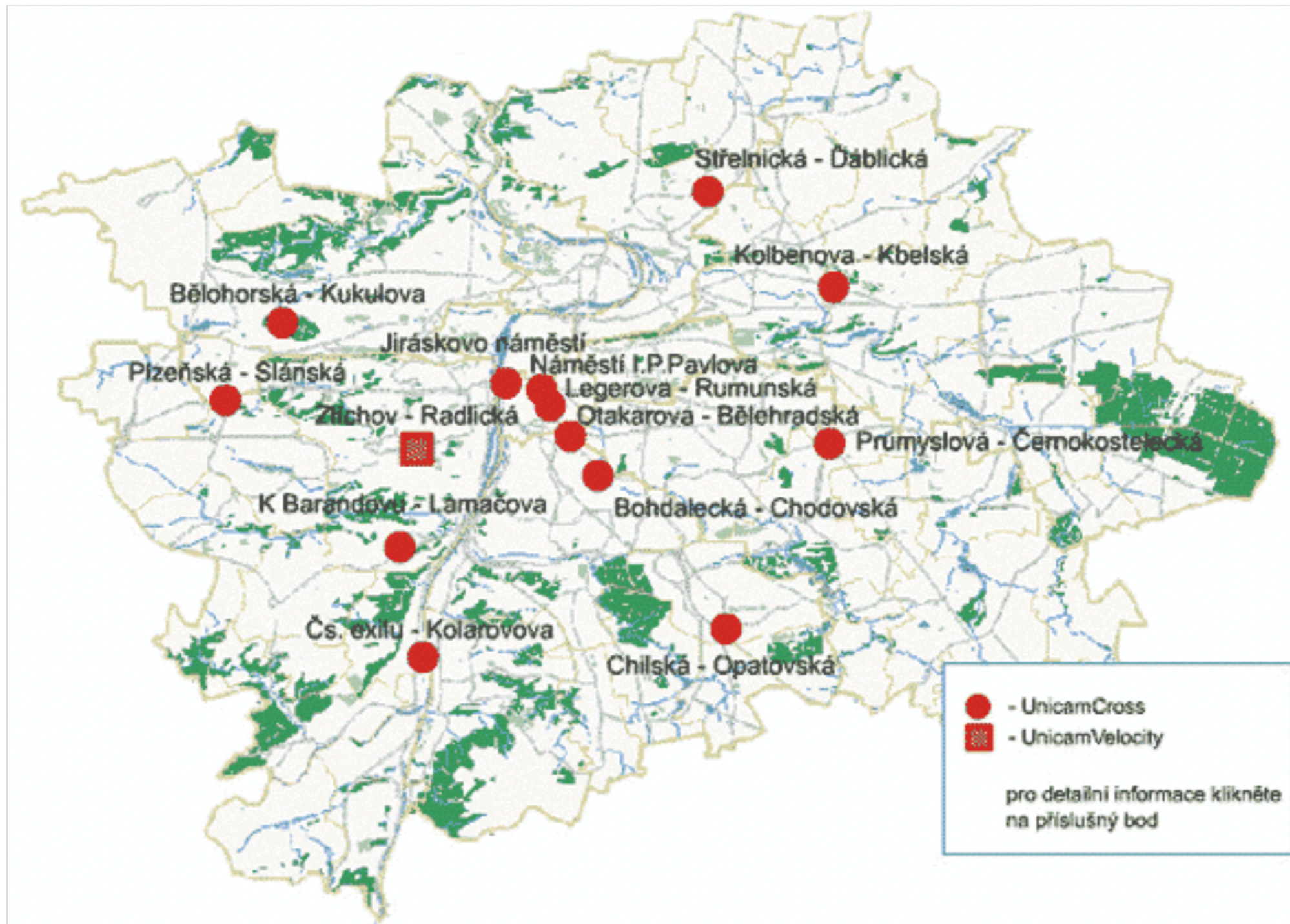
Příjmení: PříjmeniPrijmeniPrijmeniPri Jméno: JmenoJmenoJme Adresa: AdresaAdresaAdresaAdresaAdresa PSC: PSCPS

Křižovatka: Datum: 15.05.2002 Čas: 09.02.47 Červená: 1.14

Komentář: KomentariKomentariKomentariKomentariKomentariKomentariKomentariKomentariKomentariKomentariKomentariKome

05. Březen 2003 St 12:09:43

# Mapa instalací systému - Praha



# MĚŘENÍ RYCHLOSTI VOZIDEL

System ze skupiny tzv. Traffic enforcement, Speed limit violation systems. Automatický videodetekční systém vyvinutý na UAMT FEKT.

## **Princip funkce:**

Opakovaná detekce téhož vozidla (SPZ/RZ) v oblasti vozovky, ve dvou po sobě následujících stanovištích na liniové komunikaci. Na základě známé vzdálenosti a měřeného času je možné stanovit průměrnou rychlost vozidla mezi stanovištěmi. Z definice průměrné rychlosti plyne skutečnost, že vozidlo se v daném úseku pohybovalo alespoň v jeden časový okamžik touto rychlostí. Tj. překročení limitu průměrné rychlosti znamená též překročení okamžité rychlosti.

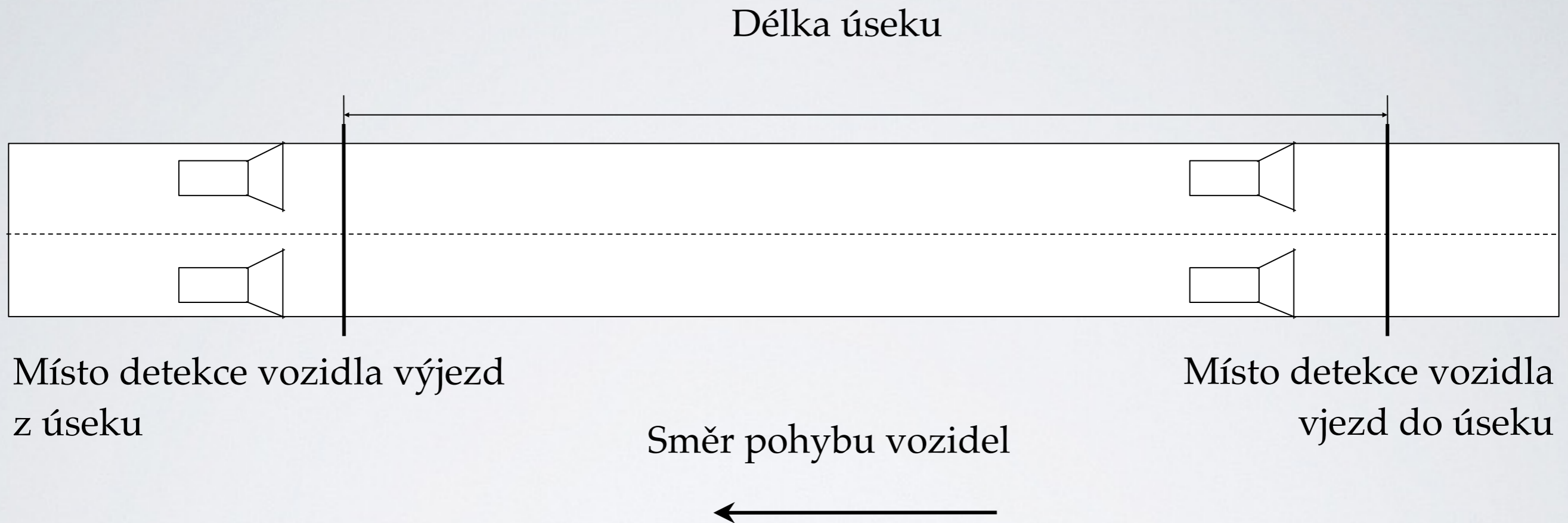
## Požadavky na systém:

- Automatický provoz reagující na změny proměnného dopravního značení.
- Zpracování a sběr dat v reálném čase
- Vysoká variabilita a opakovatelnost instalace
- Následná prokazatelnost dokumentu o přestupku
- Požadavek na distribuovatelnost systému
- Dálkové řízení systému
- Podmínka fungování systému i za špatných světelných podmínek

## Realizace systému:

- Praha - (Zlíchov- Radlická, tunel Mrázovka, tunel Strahov)
- Brno – (Svitavská radiála)
- Zlín – (Třída Tomáše Bati)
- Ústí nad Labem

# Schématické uspořádání komponent systému:



# Vliv délky úseku na přesnost měření

Vztah pro určení hodnoty rychlosti v úseku:

$$v = v(s, t) = \frac{s}{t}$$

$s$ ... dráhový interval

$t$ ... časový interval

Maximální hodnota nejistoty měření hodnoty rychlosti:

$$\Delta v_{max} = \left| \frac{\partial v}{\partial s} \Delta s_{max} \right| + \left| \frac{\partial v}{\partial t} \Delta t_{max} \right| = \left| \frac{\Delta s_{max}}{t} \right| + \left| -\frac{s}{t^2} \Delta t_{max} \right|$$

Za předpokladu lineární odchylky určení času  $t$  ( $\sigma$  - odchylka vnitřního oscilátoru časové základny zařízení):

$$\Delta t_{max} = \sigma t$$

$$\Delta v_{max} = \left| \frac{\Delta s_{max}}{t} \right| + \left| -\frac{s}{t} \sigma \right| = \Delta v_{smax} + konst_v$$

## Důsledky výpočtu:

Je-li hodnota odchylky oscilátoru časové základny v čase lineární (nebo tato skutečnost platí po dobu měření), potom neurčitost určení dané rychlosti se vzrůstajícím časovým intervalem klesá.



# Reálné uspořádání komponent systému:



# Snímky z jednotlivých kamerových stanovišť



# Vyhodnocovací operátorská aplikace


Unicam@Velocity - Browser

Umístění přestupků

f: [galerie]

- F:\
- Galerie
- ZR
- Offences
- 20030311

Detail - Odjezdový snímek



Rychlost : 087 km/h  
Max.pov.r.: 070 km/h  
Vzdálenost: 524.0 m  
Čas.interval: 00:00:21.5

2003-3-11 15:23:38.7 ZR-MR-O2  
Zlíchov-Radlická, směr Mrázovka, odjezd, pruh č.2

Přestupek

Naměřená rychlost (km/h):

**87**

Maximální povolená rychlost (km/h):

**70**

Příjezdový snímek

Jas: 0

Kontrast: 1

Zrušit

**BZH 33-44**

Odjezdový snímek

Jas: 17

Kontrast: 1,6

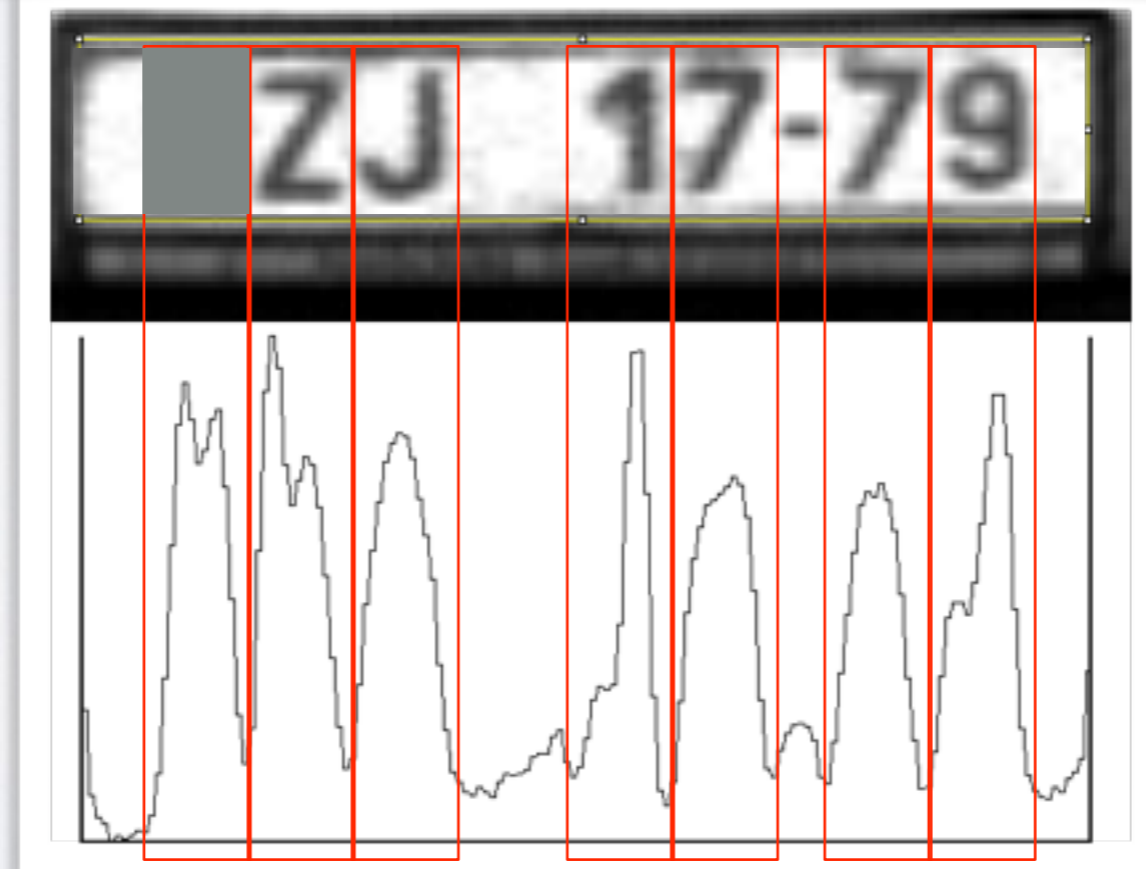
Zrušit

**BZH 33-44**

Rychlost : 87 km/h  
Max.pov.r.: 070 km/h  
Vzdálenost: 524.0 m  
Čas.interval: 00:00:21.5

2003-3-11 15:23:38.7 ZR-MR-O2  
Zlíchov-Radlická, směr Mrázovka, odjezd, pruh č.2

# Příklad segmentace znaků RZ v nočním režimu



# AUTOMATICKÉ MĚŘENÍ HUSTOTY PROVOZU

Využívají se různé detektory pohybu a přítomnosti vozidel na vozovce (indukční smyčky, IR čidla, kamerové systémy).

## **Definice hustoty provozu:**

1. stupeň - plynulý provoz
2. stupeň - houstnoucí provoz
3. stupeň - silný provoz
4. stupeň - tvorba kolon
5. stupeň - dopravní kolaps

Kamerová varianta tohoto systému vznikla v roce 1995 ve skupině počítačového vidění na tehdejšímu ústavu automatizace a měření VUT v Brně, jako výsledek prvních výzkumných prací v oblasti detekce vozidel na snímcích dopravní situace. Úloha se stala součástí projektu Policie ČR „Monitorování dopravní situace“.

**Úloha byla rozdělena na dvě části:**

1. Orientační detekce počtu a rychlosti vozidel v jednotlivých dopravních pruzích.
2. Detekce krizových dopravních situací narušujících provoz v dopravních pruzích.

V první části úlohy se předpokládá pouze statistické měření počtu vozidel, proto není nutné určovat přesný počet vozidel.

Ve druhé části úlohy je požadavkem detekce krizových situací narušujících provoz v jednotlivých dopravních pruzích (např. nehoda, dopravní kolona). Úkolem je vytvořit metody pro spolehlivou detekci těchto mimořádných dopravních situací. Vzniklé metody se opírají o skutečnost, kdy jakákoliv mimořádná dopravní situace znamená při reálném provozu jeho zastavení v daném dopravním pruhu nebo alespoň jeho výrazné omezení.

# Metody založené na detekci hran

Metoda vychází z předpokladu, že jednotlivá vozidla lze v obraze dopravní situace detekovat jako oblasti s výskytem hran kolmých na směr jízdy v jednotlivých jízdnicích pruzích.





# Metody založené na aktualizaci barevného modelu

Metoda založená na segmentaci popředí (vozidla) na základě barevné odlišnosti od dlouhodobého průměrného snímku (vozovka).



V současné době poskytuje pražský systém měření hustoty provozu informace pro 266 úseků komunikací v Praze a to na základě kombinace různých systémů detekce. Část těchto informací je aktualizována v pětiminutových a část v patnáctiminutových intervalech. Data jsou k dispozici na webu a také vysílána radiově pro účely navigačních systémů (pomocí RDS-TMC).



# ELEKTRONICKÉHO VÝBĚR MÝTNÉHO

Moderní metody používané dnes hlavně u tzv. výkonového elektronického výběru mýtného (ETC – Electronic Fee Collection), které umožňuje zpoplatnění uživatele dálniční komunikace podle skutečně ujeté vzdálenosti (uživatel vozidla platí přesně za opotřebení a škody, které způsobuje provozem svého vozidla) pohodlně bez nutnosti jakéhokoliv omezení jeho rychlosti nebo směru (free-flow system), jsou založeny na komunikaci mezi jednotkou umístěnou ve vozidle (tzv. OBU – On-Board Unit) a systémem pro shromažďování a vyhodnocování dat.

## Používané jsou metody:

- DSRC (Dedicated Short Range Communication) - systém komunikující na bázi mikrovlnného nebo infračerveného přenosu
- GNSS / CN (Global Navigation Satellite System / Cellular Network) - systém založený na globálním navigačním satelitním systému a mobilní datové síti
- LSVA (Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe) - systém využívající technologie DSRC a GNSS ve spojení s digitálním tachografem

DOTAZY?

# LITERATURA, POUŽITÉ SNÍMKY

- [1] Příbyl P., Svítek M.: Inteligentní dopravní systémy, Technická literatura BEN, Praha 2001, ISBN 80-7300-029-6
- [2] Jan J.: Poznámky ke kurzu Digitální zpracování a analýza obrazového signálu, FEKT 1999
- [3] Jan J., Dub P.: Poznámky ke kurzu: Vyšší metody číslicového zpracování obrazu, FEKT 2001
- [4] Šonka M., Hlaváč V.: Počítačové vidění, Computer press 1992, ISBN 80-85424-67-3
- [5] Hlaváč V., Sedláček M.: Zpracování signálů a obrazů, skriptum ČVUT 2001
- [6] Žára J., Beneš B., Felkel P.: Moderní počítačová grafika, Computer press 2004, ISBN 80-251-0454-0
- [7] Žára J. a kol.: Počítačová grafika - Principy a algoritmy, Grada 1992, ISBN 80-85623-00-5
- [8] Wiley InterScience: Encyclopedia of Imaging Science and Technology, <http://www3.interscience.wiley.com>
- [9] Wikipedia, The free encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki>

DĚKUJI ZA POZORNOST