



ÚVOD DO INTELIGENTNÍCH DOPRAVNÍCH SYSTÉMŮ

**9. března 2011**

(Děčín 1. března 2011)

## **Řízení dopravy ve městě**

Doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph.D.

Ing. Vladimír Faltus

Ing. Martin Spěváček

tichy@lss.fd.cvut.cz

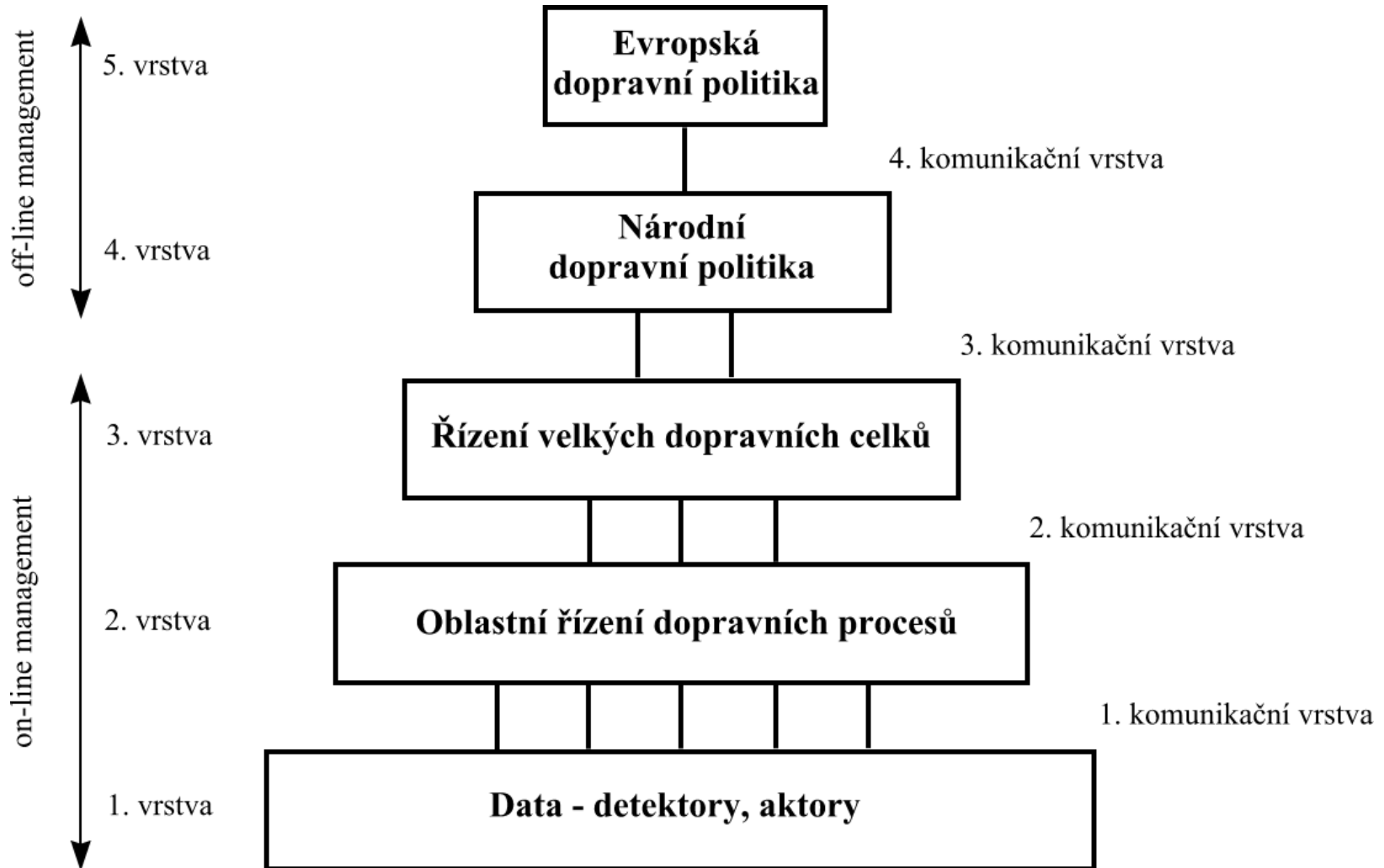


K620 – ÚSTAV ŘÍDICÍ TECHNIKY A TELEMATIKY  
ČVUT FD, Konviktská 20, Praha 1

# Obsah – Řízení dopravy ve městě

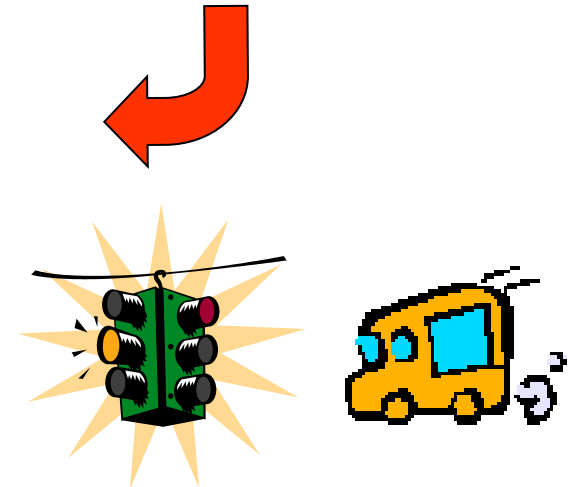
- Hierarchická struktura telematického systému
  - Rozvoj dopravy ve městech ČR
  - Názvosloví k řízení dopravy
  - Způsoby řízení dopravy
  - Princip řízení dopravy na křižovatce osazené SSZ
  - Řízení v oblasti – plošná a liniová koordinace
  - Příklady řízení dopravy
  - Preference MHD
  - Simulace dopravy
- 
- H:\Studenti\K620 UIS
  - [www.lss.fd.cvut.cz/members/tichy/dokumenty-k-vyuce](http://www.lss.fd.cvut.cz/members/tichy/dokumenty-k-vyuce)

# Hierarchická struktura telematického systému



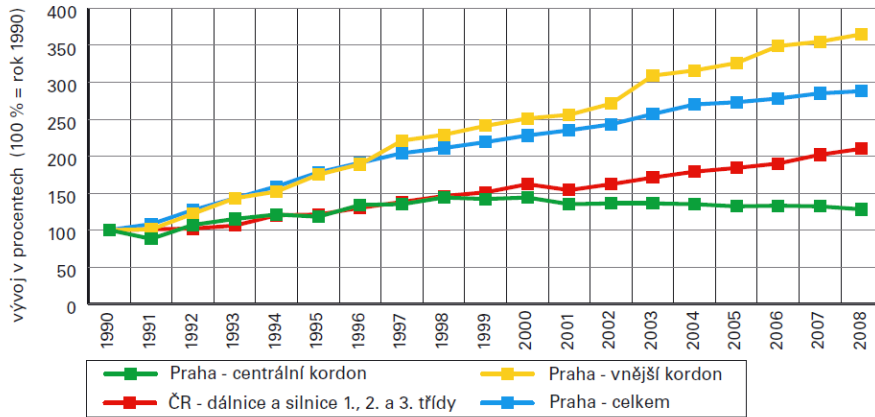
# Architektura městského systému řízení dopravy

- Úroveň útvaru – města
- Úroveň oblasti
- Úroveň uzlu



# Rozvoj dopravy ČR

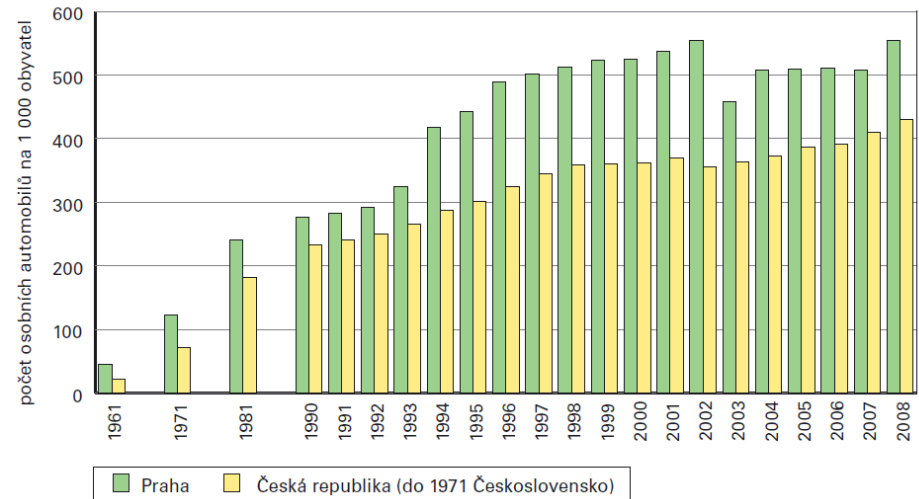
Vývoj intenzity automobilové dopravy v Praze a v ČR 1990 – 2008  
průměrný pracovní den



zdroj: TSK-ÚDI Praha 2008

- Růst intenzity silniční dopravy
- Růst stupně automobilizace

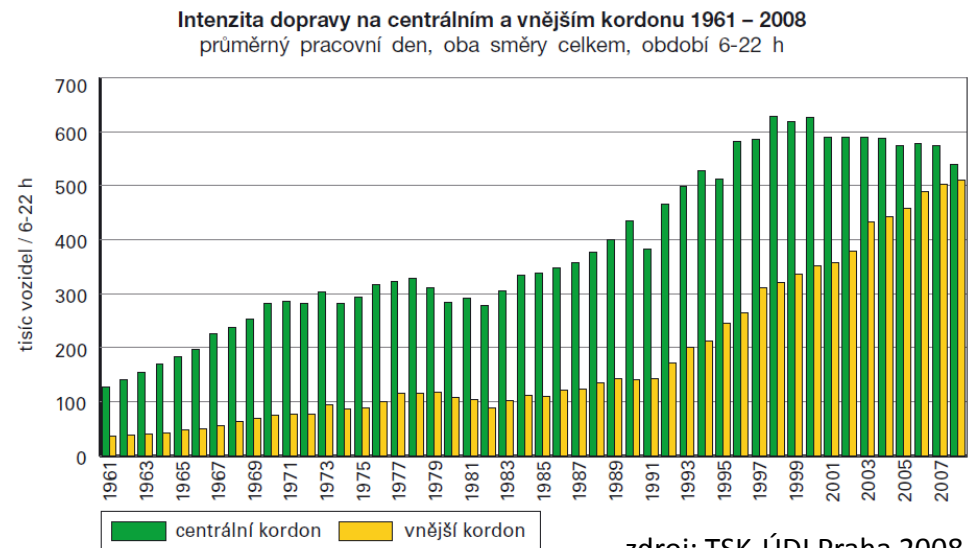
Stupně automobilizace 1961 – 2008



zdroj: TSK-ÚDI Praha 2008

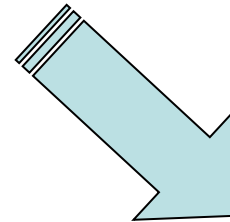
# Rozvoj dopravy v Praze

- Růst silniční dopravy
- 1 vozidlo na 1,8 obyvatele
- Zlom v roce 2000
- Omezení dopravy z centra
- Rozvoj obchodních center
- Výstavba okruhu



# Základní problémy řízení dopravy

- Omezená infrastruktura města – (soukromé pozemky)
- Výstavba komerčních center
- Výstavba kancelářských center
- Objízdny trasy
- Pěší vazby
- Cyklistická doprava
- Ekologická zátěž
- Jízda MHD



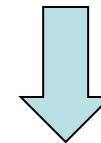
Kapacita silniční sítě

# Kapacita komunikace

- ❑ Tvorba kolon – nekapacitní komunikace
- ❑ Nehodovost, zranění, náklady
- ❑ Informovanost o stavu komunikace
- ❑ Znalost dojezdových časů
- ❑ Informace o zaparkování
- ❑ Informace o času příjezdu MHD



Telematické aplikace



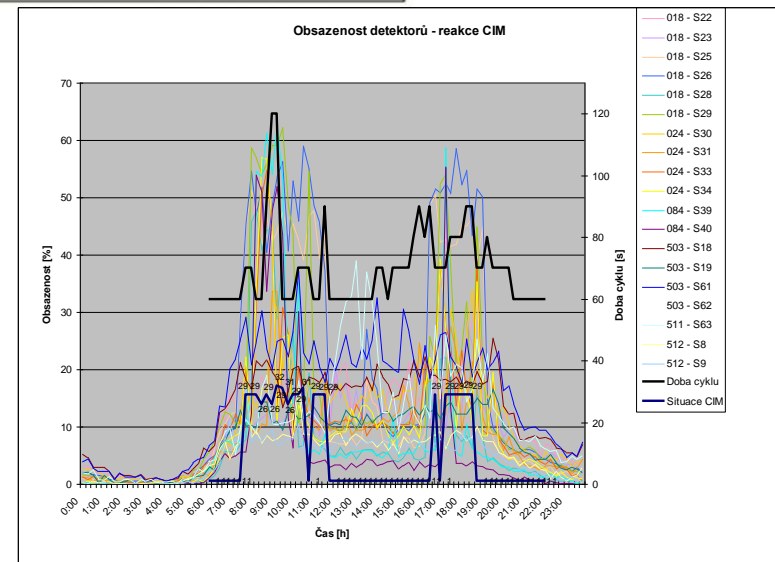
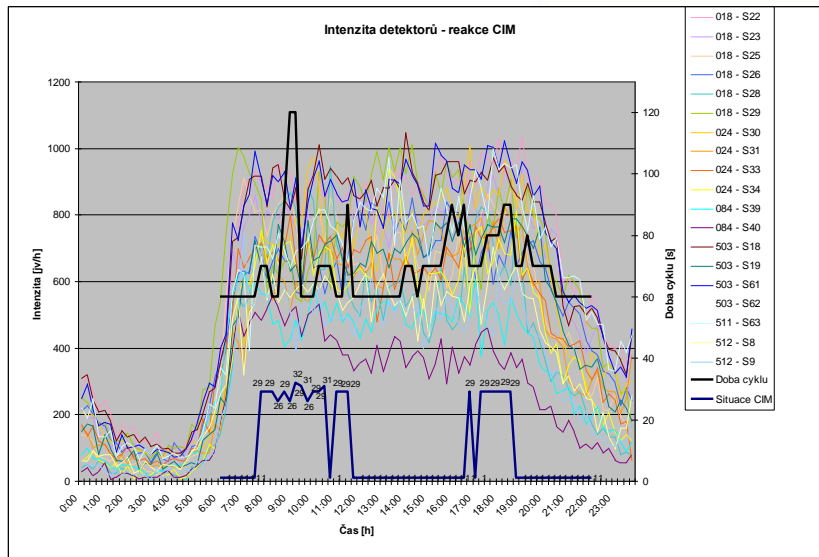
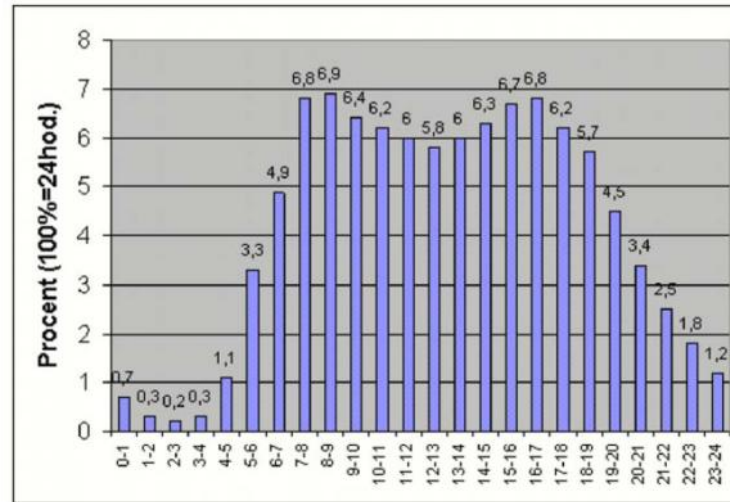
Reakce systému řízení

Včasné předání informace



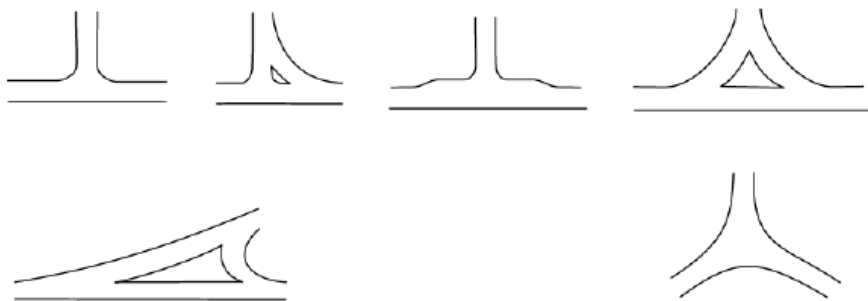
# Statický model dopravy

- Variace dopravy
- Intenzita dopravy
- Obsazenost

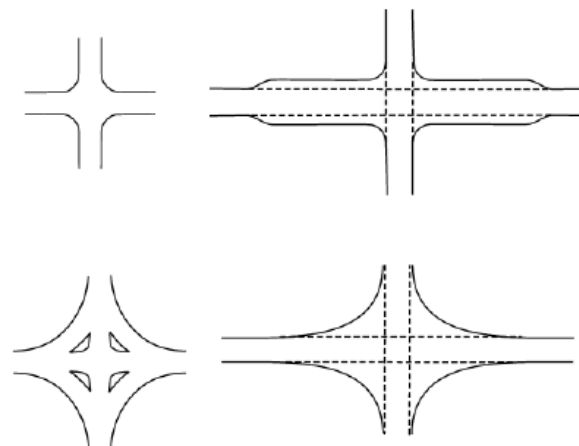


# Křižovatky

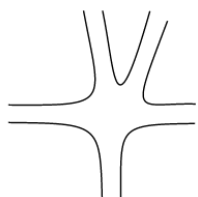
## Tříramenné



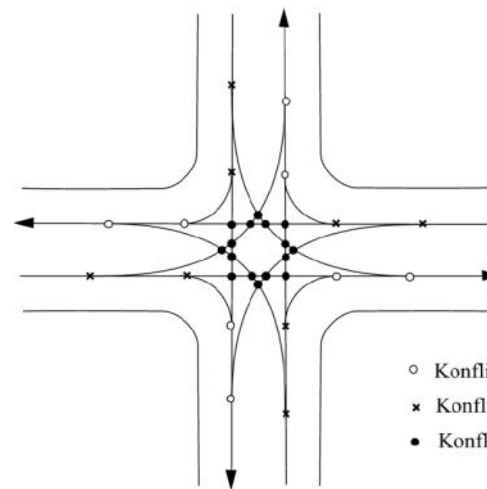
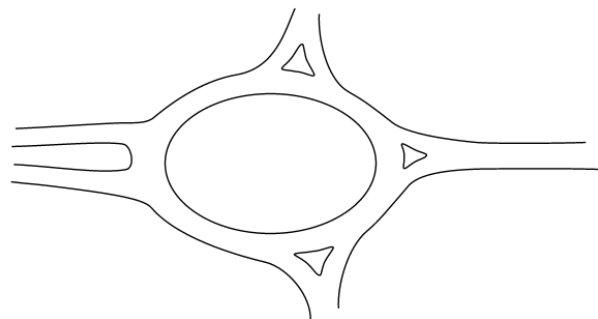
## Čtyřramenné



## Víceramenná



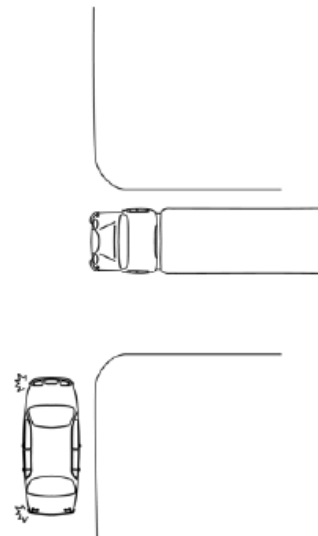
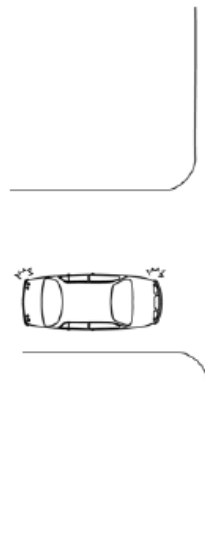
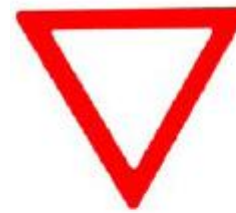
## Kruhový objezd



- Konflikty připojením = 8
- × Konflikty rozpojením = 8
- Konflikty křížením = 16

# Způsob řízení křižovatek

- Pravidlo pravé ruky
- Dopravní značky
- Světelné signalizační zařízení
- Pokyny policisty
  
- Shared space



# Terminologie světelně řízených křižovatek

**Světelné signalizační zařízení:** dopravní řadič, senzory, aktory a signálním program.

**Světelný signál:** Příkaz nebo informace udávaná návěstidlem pomocí signálních obrazů. Světelné signály *pro vozidla* jsou:

- signály tříbarevné soustavy - s plnými signály,
  - se směrovými signály,
- signál přerušované žluté světlo,
- signál doplňkové zelené šipky,
- signál pro opuštění křižovatky,
- signál přerušované žluté světlo krácejícího chodce,
- signál žluté světlo krácejícího chodce,
- rychlostní signál,
- signál pro řízení provozu v jízdním pruhu se střídavým směrem jízdy,
- signály účelové - signál pro zabezpečení vjezdu na pozemní komunikaci,
- signál pro zabezpečení vjezdu vozide s právem přednosti jízdy na pozemní komunikaci,
- signál pro řízení provozu v jednom jízdním pruhu.

Světelné signály *pro vymezený okruh* účastníků jsou:

- signály pro chodce,
- signály pro tramvaje,
- signály pro cyklisty.

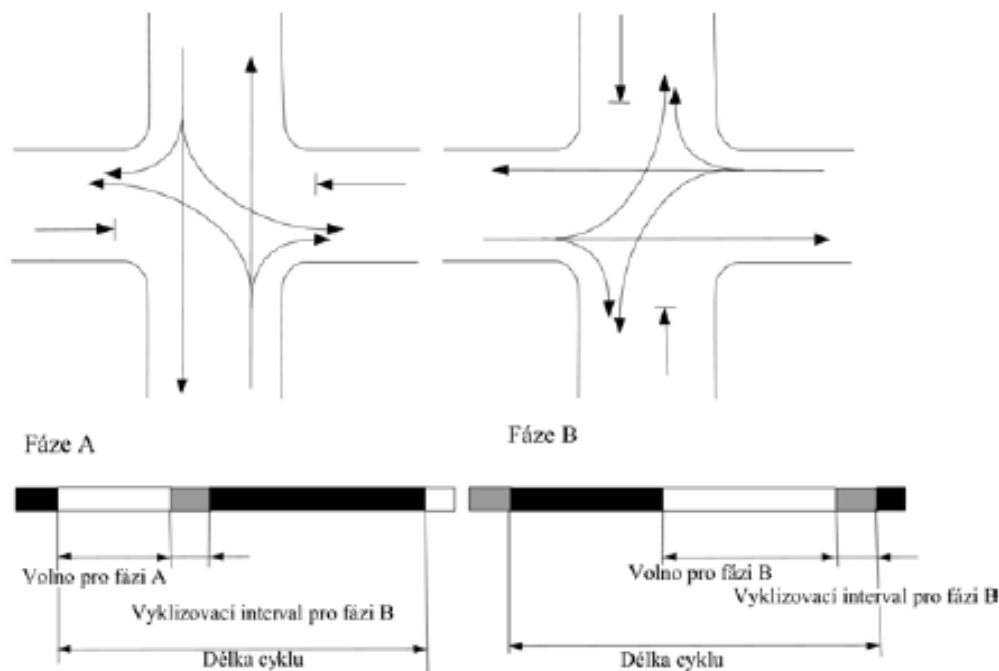
**Světelné návěstidlo:** Světelné signály se realizují pomocí návěstidel, ČSN 73 6021

**Signální skupina:** Soubor signálních ploch, stejný signální obraz pro jeden vjezd do křižovatky.

# Terminologie světelně řízených křižovatek

**Signální program:** Program řízení světelných signalizačních zařízení

**Délka cyklu:** Čas v s potřebný pro kompletní přechod posloupnosti světelných signálů do výchozího stavu.



**Fáze:** Část cyklu kdy jeden nebo více dopravních proudů má signál „Volno“

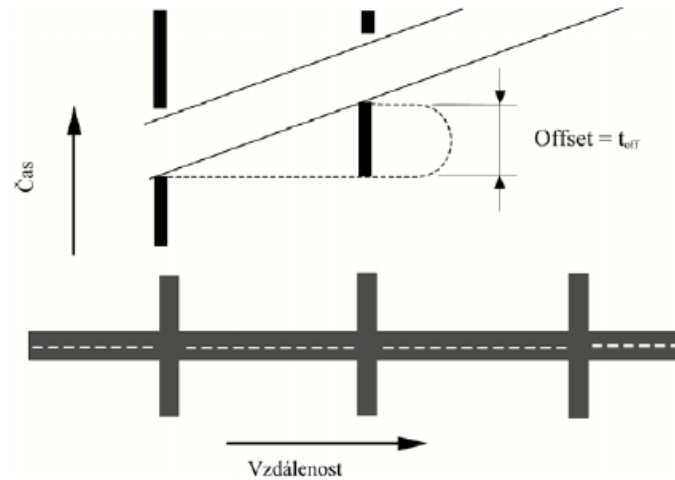
- Oranžová
- Červená
- Zelená

# Terminologie světelně řízených křižovatek

**Interval:** Část doby cyklu během které se nemění signální obraz

**Dělená fáze:** Základní fáze, modifikovaná dle dopravního řešení, přičemž vždy vychází ze základní fáze.

**Offset:** Časový rozdíl mezi začátkem zelené fáze A na jedné křižovatce a začátkem zelené na další křižovatce. Offset je vyjádřen v s nebo procentech z doby cyklu

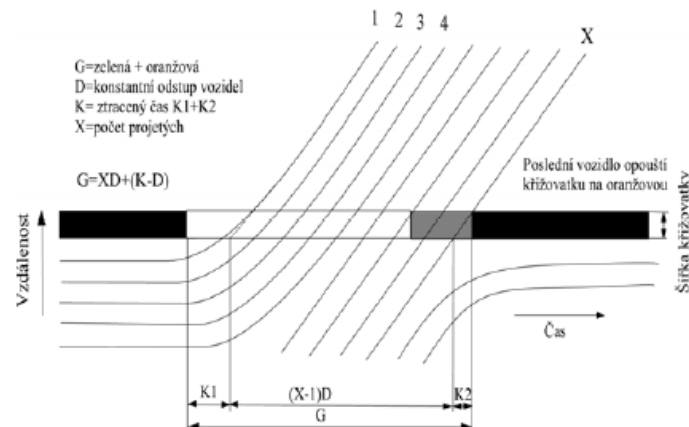


## Diagram dráha-čas:

Trajektorie jízdy vozidel v prostoru křižovatky.

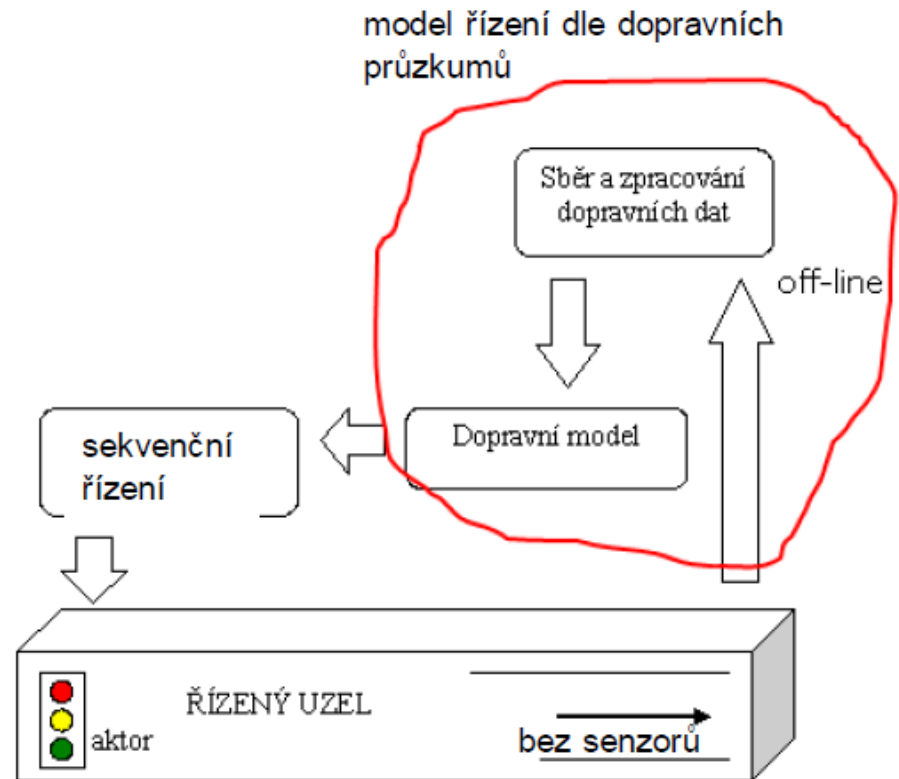
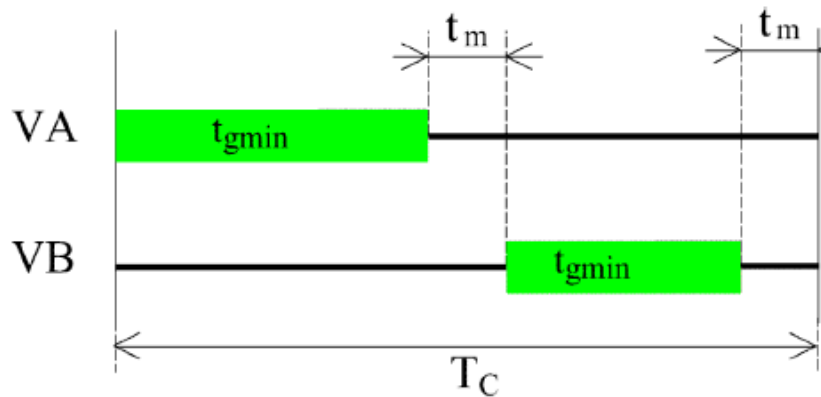
$K_1$  je počáteční zpoždění (zpoždění na začátku zelené)

$K_2$  je doba, kdy poslední vozidlo projede křižovatkou na žlutou.



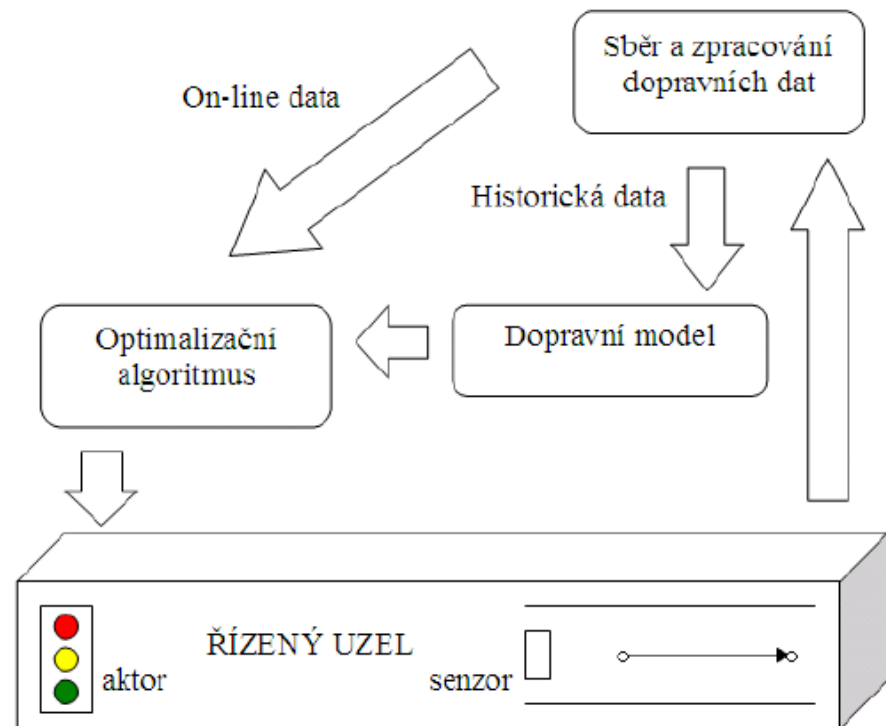
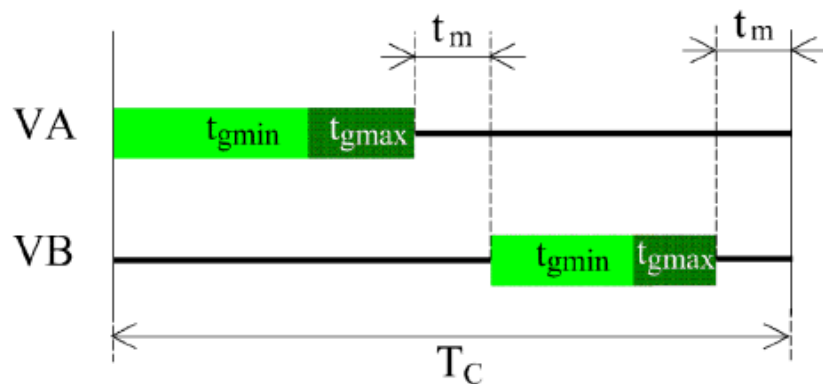
# Řízení pevným signálním plánem

- Řízení pevným signálním plánem



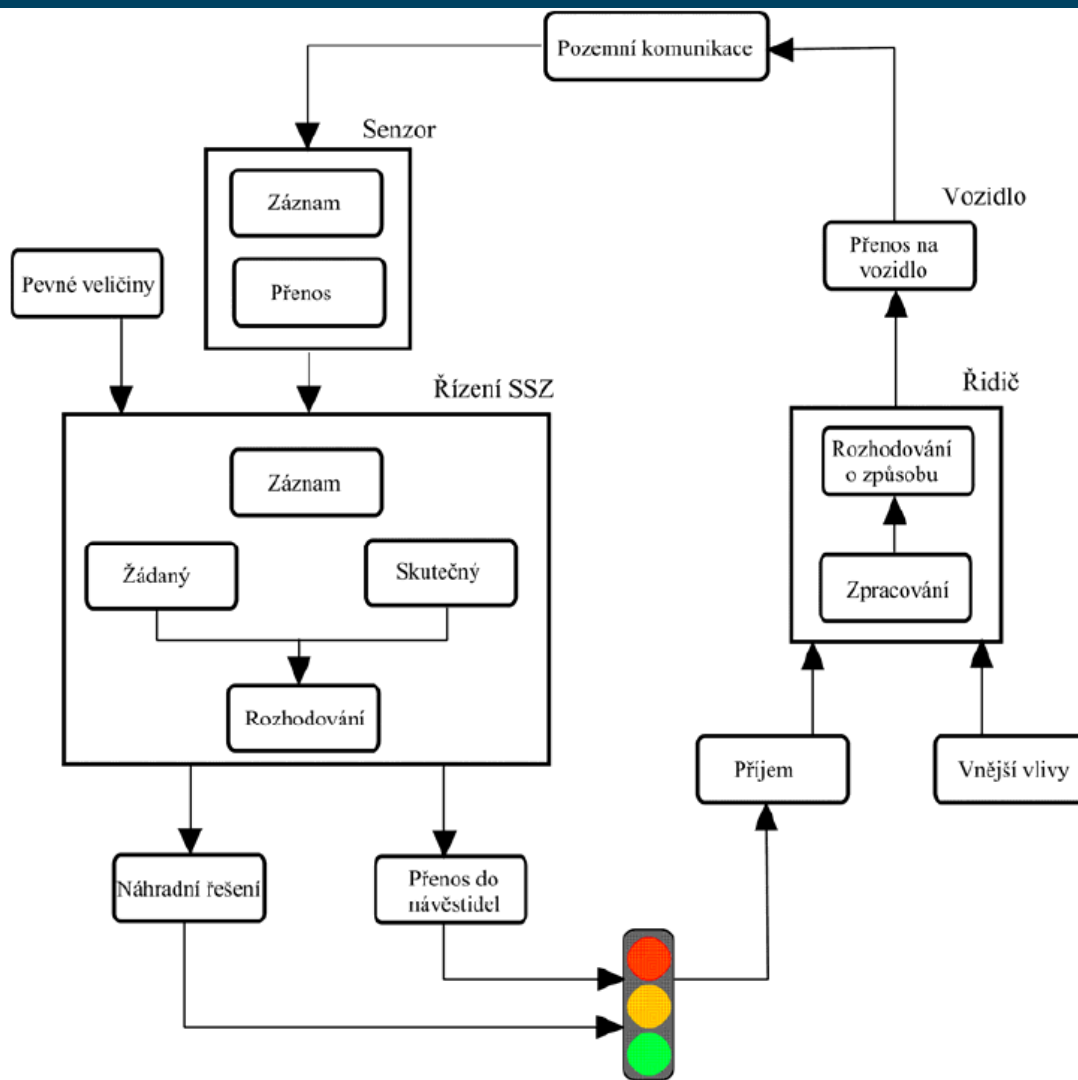
# Řízení dynamickým signálním plánem

- Řízení dynamickým signálním plánem –  $\Delta T_c$ ,  $\Delta T_g$





# Tok informací při řízení SSZ

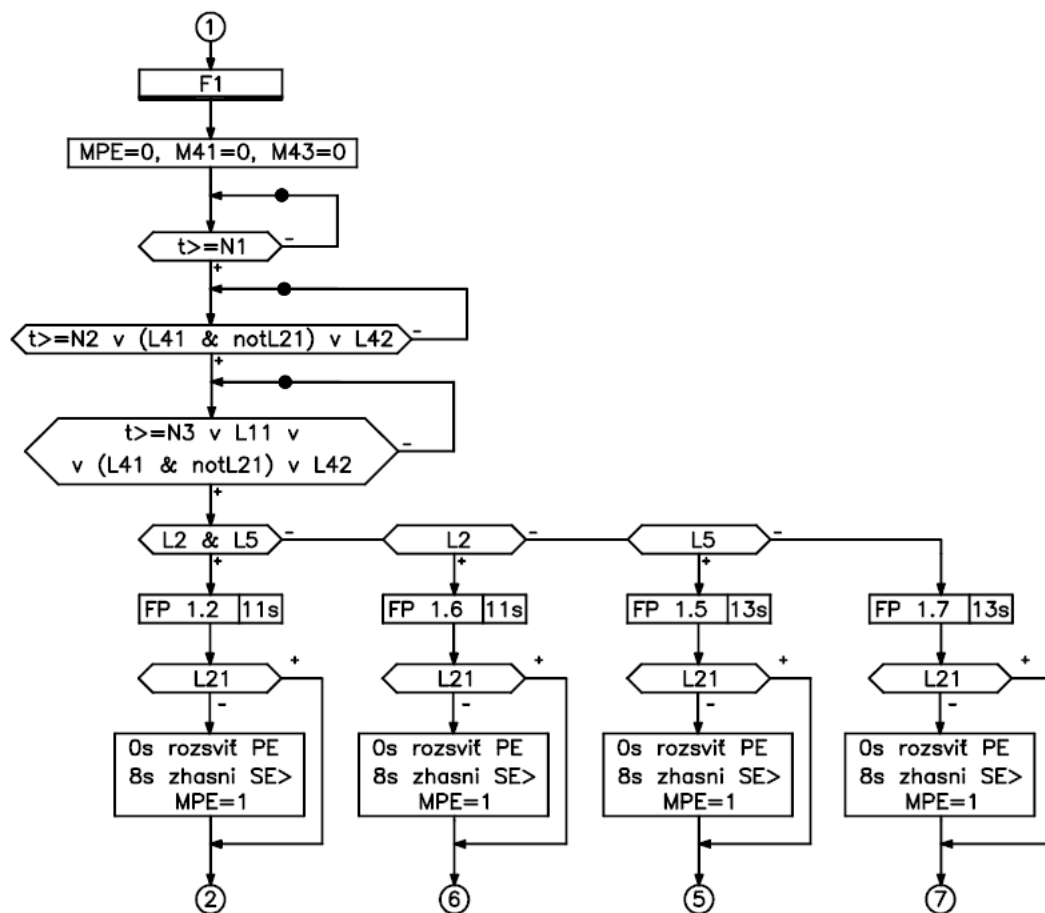


# Způsoby řízení pomocí SSZ

<p>A</p> <p>ROZHODOVÁNÍ PŘI ŘÍZENÍ MIMO PRŮBĚH SIGNÁLNÍHO PLÁNU v delších časových intervalech v krocích řádově desítek minut až hodin</p>		
volba signálních plánů a režimů řízení	A1 ČASOVĚ ZÁVISLÁ podle předem zadaného časového nastavení programů	
	A2 DOPRAVNĚ ZÁVISLÁ podle aktuálních dopravních nároků v reálném čase	
<p>B</p> <p>ROZHODOVÁNÍ PŘI ŘÍZENÍ V PRŮBĚHU SIGNÁLNÍHO PLÁNU D v krátkých časových intervalech v krocích řádově několika sekund</p>		
pevné řízení	pevný signální plán	B1 ŽÁDNÁ MOŽNOST ZMĚN podle aktuálních dopravních nároků
dopravně závislé (dynamické) řízení	modifikace signálního plánu	B2 PROMĚNNÁ DÉLKA VOLNA B3 ZMĚNA POŘADÍ FÁZÍ B4 VKLÁDÁNÍ FÁZE NA VÝZVU B5 OKAMŽITÉ DOPLNĚNÍ NEKOLIZNÍHO VOLNA DO PROBÍHAJÍCÍ FÁZE
	tvorba signálního plánu	B6 VOLNÁ MĚNITELNOST PRVKŮ podle aktuálních dopravních nároků

# Řízení křižovatek SSZ

- Dynamické řízení (dopravně závislé)
- Časově závislé řízení
- Pevný signální plán
- Celočervený režim
- Preference MHD
- Zelená v hlavním směru
- Blikavá žlutá
- Fáze na výzvu
- Preference IZS



# Řízení křižovatek SSZ

## □ Detektory

### ■ Umístění

Křižovatka  
– místní detektory

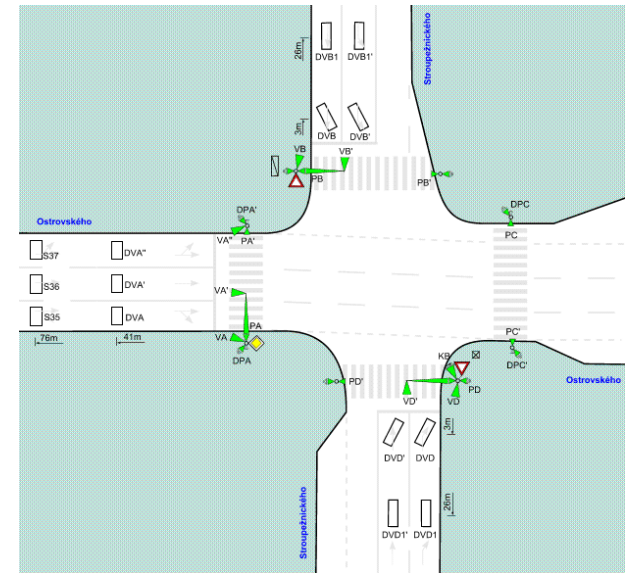
Komunikace – vybraný řez  
Strategické – širší použití

## □ Alternativní detekce

Plovoucí vozidla  
Vozidla taxi  
Vozidla MHD

## □ Informace

Účastníci dopravního provozu – rádio  
Státní správa + IZS – policie, hasiči  
Dopravní firmy

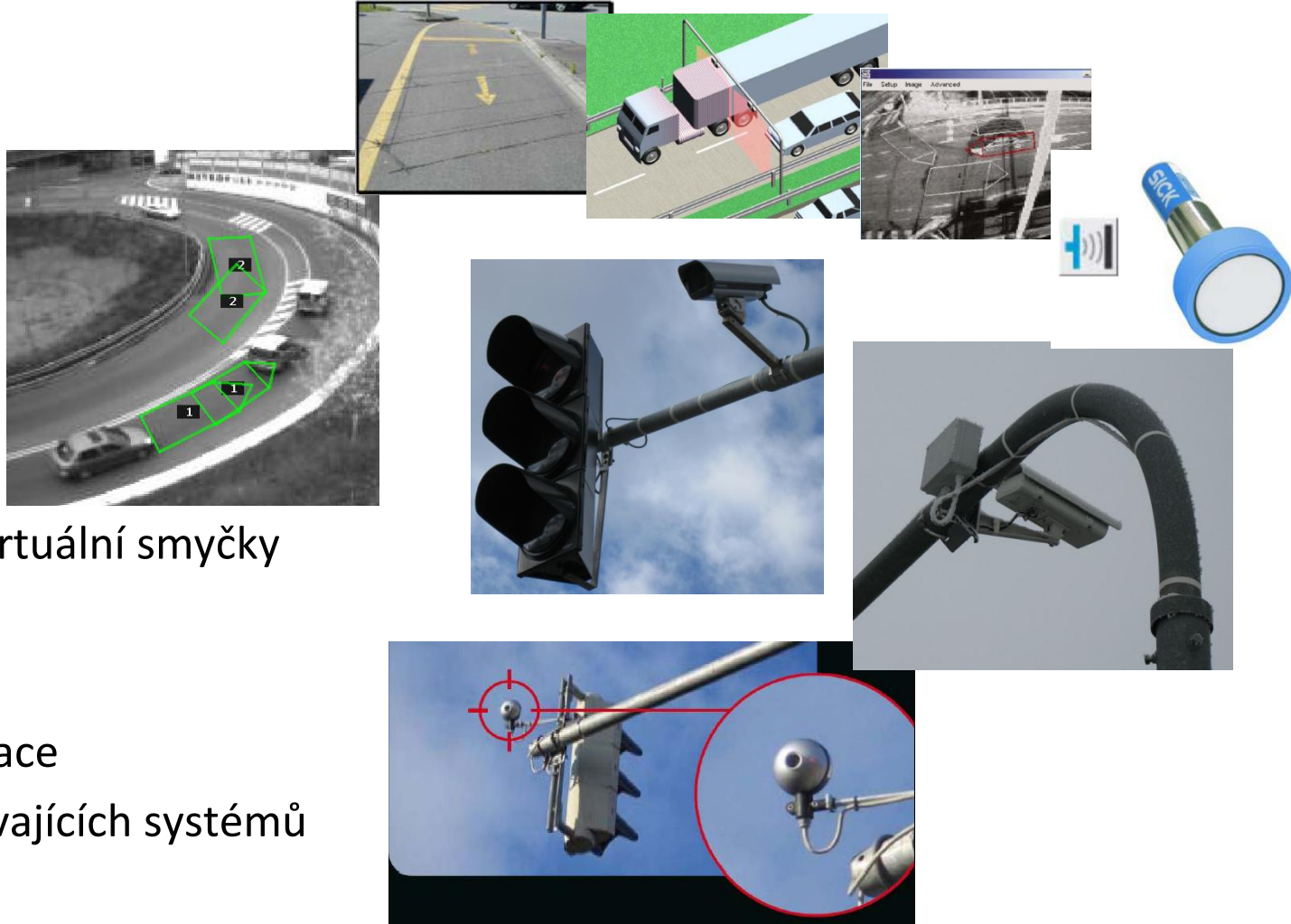


# Dopravní detektory

- Indukční smyčky
- Infračervené
- Videodetekce
- Ultrazvukové

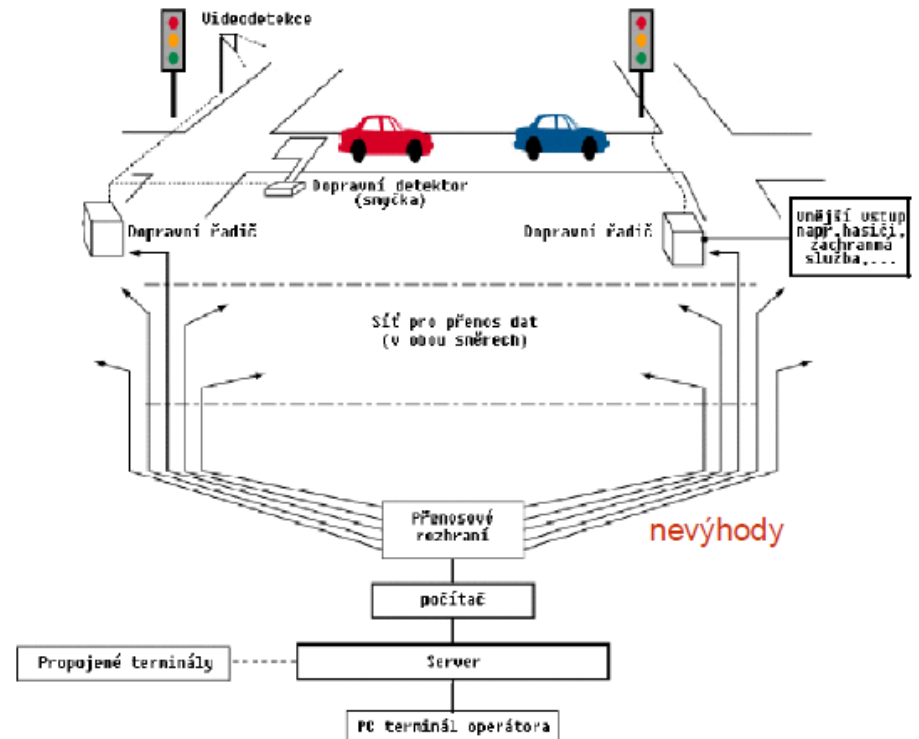
## TrafiCam

- Nízká cena – 4 virtuální smyčky
- Snadná instalace
- Vysoká mobilita
- Snadná konfigurace
- Integrace do stávajících systémů



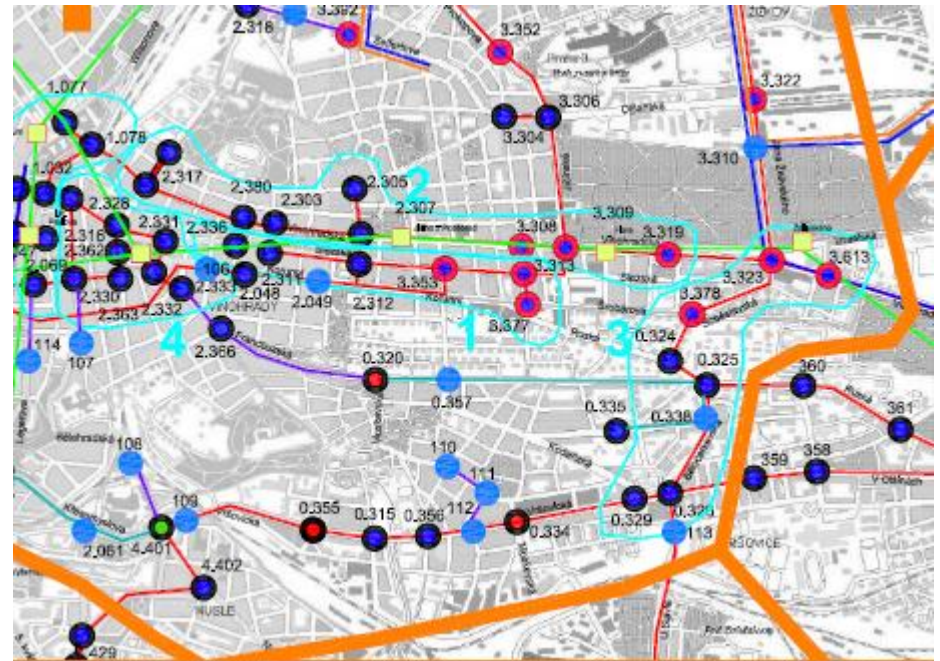
# Způsoby řízení oblasti

- **Centralizovaná inteligence řízení** – spočívá ve vyhodnocení všech detektorů v oblasti a optimalizačním výpočtu pohybu vozidel. Na základě výpočtů se v reálném čase mění řízené parametry.
- $\Delta T_c$ ,  $\Delta T_{off}$ ,  $\Delta T_g$ ,  $\Delta F_{skl}$
- Tento způsob řízení je technicky a ekonomicky náročný. Příkladem on-line řízení je systém *SCOOT (Split, Cycle and Offset Optimisation Technique)* v Aberdeen a Londýně – Velká Británie a Nijmegen – Nizozemí, a systém *SCATS (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System)* v Oakland County – Austrálie.



# Způsoby řízení oblasti

- **Decentralizovaná inteligence řízení** – dopravní uzel reaguje okamžitě na stavy dopravy. Vyšší úroveň je řídicí počítač ve funkci koordinátora jednotlivých uzlů sítě. Decentralizovaná inteligence řízení sbírá data od všech detektorů a podle momentální dopravní situace mění délky cyklu, skladbu fází, případně délky zelených.
- $\Delta T_c$ ,  $\Delta T_{off}$ , řadič -  $\Delta T_g$ ,  $\Delta F_{skl}$
- Více světelných signalizačních zařízení je sdruženo do oblastí uspořádaných liniově nebo plošně a jsou řízeny adaptivně v určitém časovém rastru pohybující se od 10 do 30 min. Příkladem tohoto řízení je systém MOTION (*Method for the Optimisation of Traffic Signals In On-line controlled Networks*) a TASS (*Traffic Actuated Signalplan Selection*), které se uplatňují v Evropě (Německo, Rakousko) a jsou nasazeny i první aplikace v ČR (Praha)



# Řízení oblasti

- Monitorování stavu SSZ
- Vizualizace SSZ
- Řízení SSZ
- Prioritní trasy
- Sběr DI dat
- Archivace a zpracování dat
- Hlášení poruchy
- Rozhraní na další systémy

**Demonstrator**

**Funktionen**

- Verkehrsdaten
- Verkehrssteuerung
- Umfelddaten
- Schlichtersteuerung
- Parkieren
- OePNV
- Meldungen
- Medienmanager
- Aktionspläne
- CCTV
- Übergeordnetes
- Strategiemodul
- Freeway Management
- Visualisierung
- Benutzer

**Aufgaben**

Storistand Nichtausgestellte Objekte  
Zu korrigierende Ausstellungsprobleme

Schweregrad	Kategorie	Speicherzeit
Info	LSA	06.09.2006 1
Info	LSA	06.09.2006 1
Info	LSA	06.09.2006 1
Info	LSA	06.09.2006 1
Info	LSA	06.09.2006 1
Info	LSA	06.09.2006 1
Info	LSA	06.09.2006 1
Info	LSA	06.09.2006 1
Warnung	UTC	06.09.2006 1
Warnung	UTC	06.09.2006 1
Info	LSA	06.09.2006 1

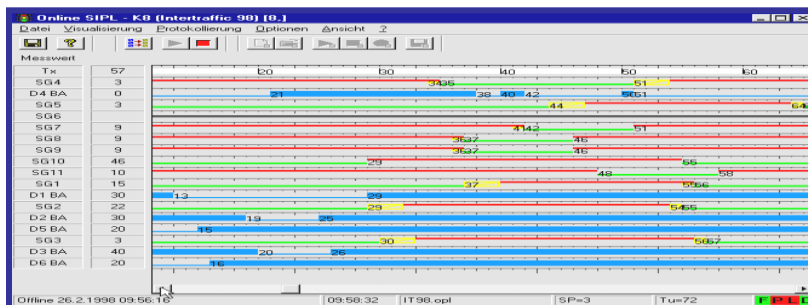
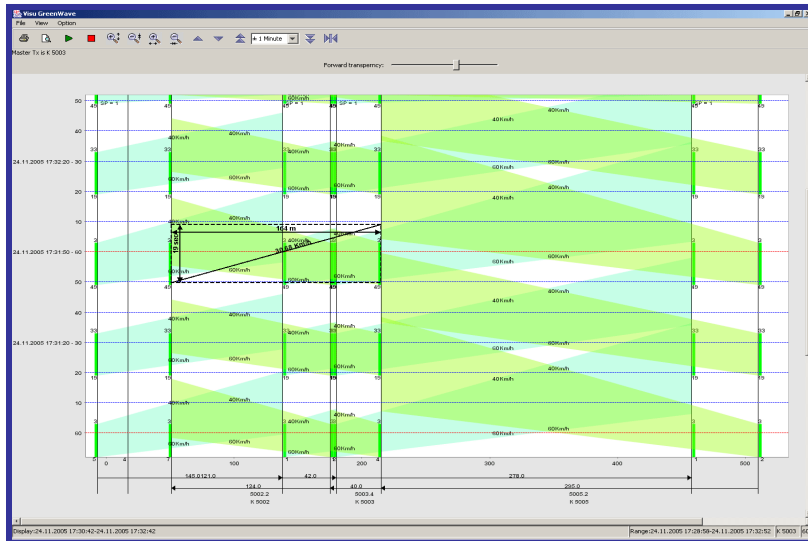
Filter: Alle

**Detail**

- Bema vyhledávání
- Ruční operační hlášení
- Obsluhovat SSZ
- EFR
- Spínání SSZ
- Změna sig. pl.
- VIZU signální plán
- VIZU Zelená vlna
- VIZU křižovatku
- Přehled denního plánu
- Reportu



# Řízení z úrovně města – vizualizace



Listenansicht L5A (Knoten)

G...	Kurzname	Name	S...	De...	Si...	Wl...	St...	Grup...	Letzt...	Scha...	Aktu...
ok	Sicomp Tes...	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	K993	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	K991	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	K993	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	K995	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	Sicomp Tes...	Sicomp ...	5				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	K995	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	Sicomp Tes...	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	Sicomp Tes...	Sicomp ...	1				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	Sicomp Tes...	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	Sicomp Tes...	Sicomp ...	1				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	K995	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	Sicomp Tes...	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	Sicomp Tes...	Sicomp ...	1				lokaler T...	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	K44	Sicomp ...	1				lokaler T...	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	K44	Sicomp ...	1				lokaler T...	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	Sicomp Tes...	Sicomp ...	1				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	K996	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	K40	Sicomp ...	1				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	Sicomp Tes...	Sicomp ...	1				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	K996	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	K44	Sicomp ...	1				lokaler T...	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	K993	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	K996	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	K991	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	Sicomp Tes...	Sicomp ...	1				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	Sicomp Tes...	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	K994	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	K991	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	K44	Sicomp ...	1				lokaler T...	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	K992	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	Sicomp Tes...	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	K991	Sicomp ...	0				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	Sicomp Tes...	Sicomp ...	1				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		
ok	Sicomp Tes...	Sicomp ...	1				Unbekannt	Sicomp ...	28.10.20...		

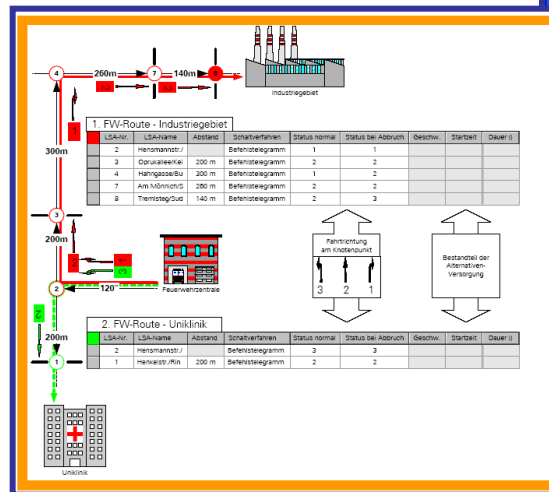
Knotennummer = 44, Kurzname = K44, Status = ok, Subsystem = Sicomp Test AMT64, Signalplan = 1, Gruppen = Sicomp Test AMT64G1, Sicomp Test AMT64G63, Steuerebene = lokaler Termin, Aktualisierung = 28.10.2004 17:02:05

# Dispečerské řízení

- Systém navržen pro automatický provoz
- V případě potřeby manuální zásah
- Informace o aktuálním stavu SSZ
- Hasičské trasy

- Základní povely

- Zapnout SSZ
- Vypnout SSZ
- Volba signálního plánu
- Lokální řízení
- Zapnout/vypnout JAUT (časová volba SP zadaná na ústředně)
- Zapnout/vypnout dopravně závislé řízení



**Operate TSS: Route 66 / PanAm - 12/4101, Traffic Center No.=41, TSS No.=4101**

Name: Route 66 / PanAm - 12/4101  
 Short Name: K4101  
 Subsystem: UTC41  
 Category: 5  
 Communication Me...: BefuOcit  
 Operating Mode: Control Center

Signal Plan: 4  
 Control Level: Manual  
 Detailed Status: -  
 Device Type: C800V

Control Level: Highest Priority: Manual

Control Center Behavior: Traffic Actuation: Offline, No; TSS Status Archiving: Yes, Message Suppression: No

Device Status: Main TSS: Signal Plan: 4, Local Traffic: ---, PT: ---; Sub-TSS: P11 On, P12 ---, P13 ---, P14 ---

Operating Mode: Junction On

Cycle Time: Time: 60.0

Reference: Update: 30-Mar-2006 16:12:01

Buttons: Accept, Save, Operate Control Center, Operate Device, Update, Status Input, Expert Mode

# Nadstavbové řízení – decentralizované

## MOTION

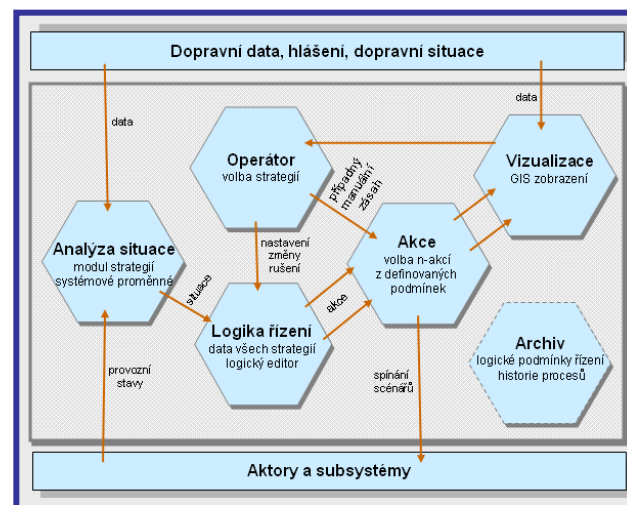
- Adaptivní systém řízení dopravní sítě
  - Strategická úroveň – 15min
  - Taktická úroveň – 60-90s
  - Lokální úroveň – 1-2s

## STRAMO

- Strategické řízení na úrovni města
- Provázání oblastí řízení
- Provázání různých technologií
- Definování dopravních scénářů

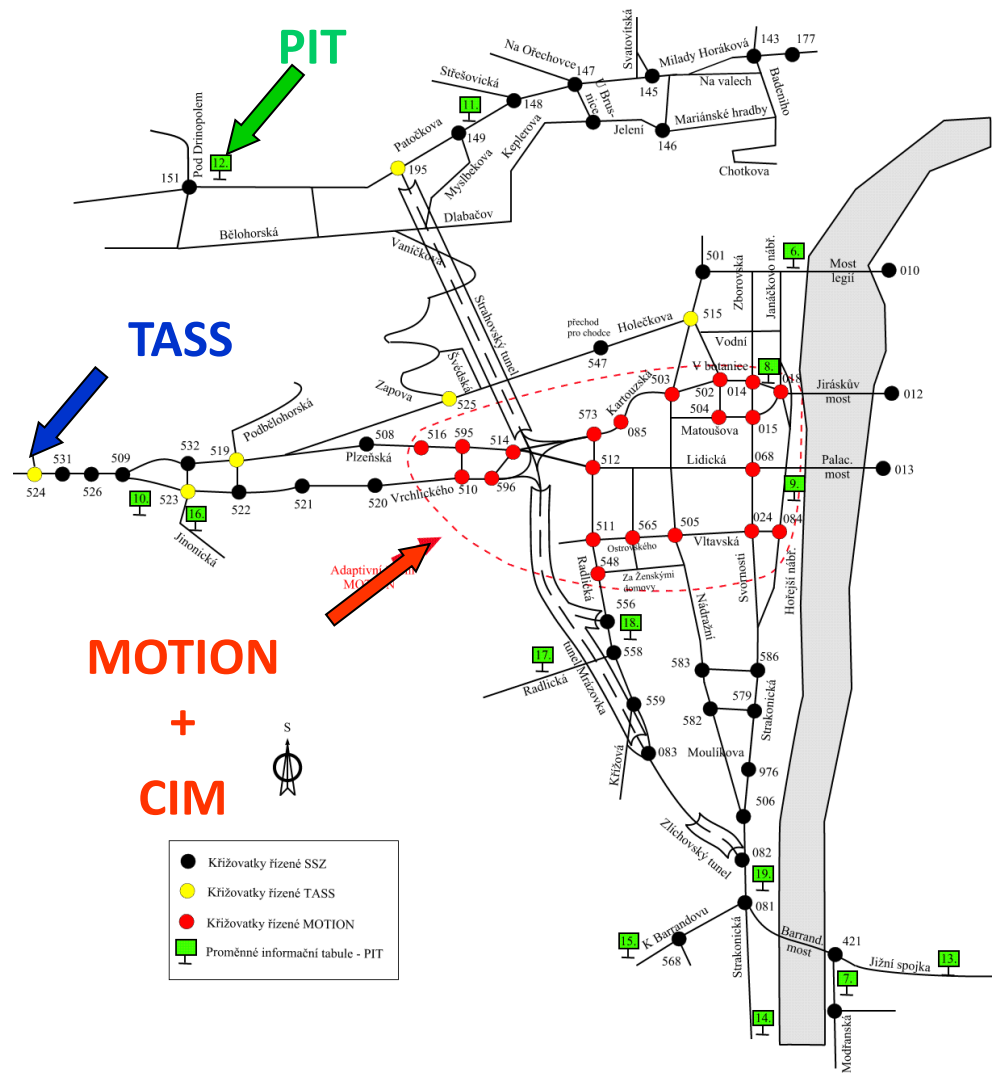
## TASS

- Dopravně závislý výběr signálních plánů
  - Strategická úroveň – logické podmínky
  - Taktická úroveň – SSZ



# Řízení oblasti Prahy 5 – Smíchova

- Řízení vstupů – TASS
- Řízení oblasti – MOTION
- Taktiky v oblasti – CIM
- Informování řidičů – PIT
- Další systémy řízení dopravy



# System MOTION

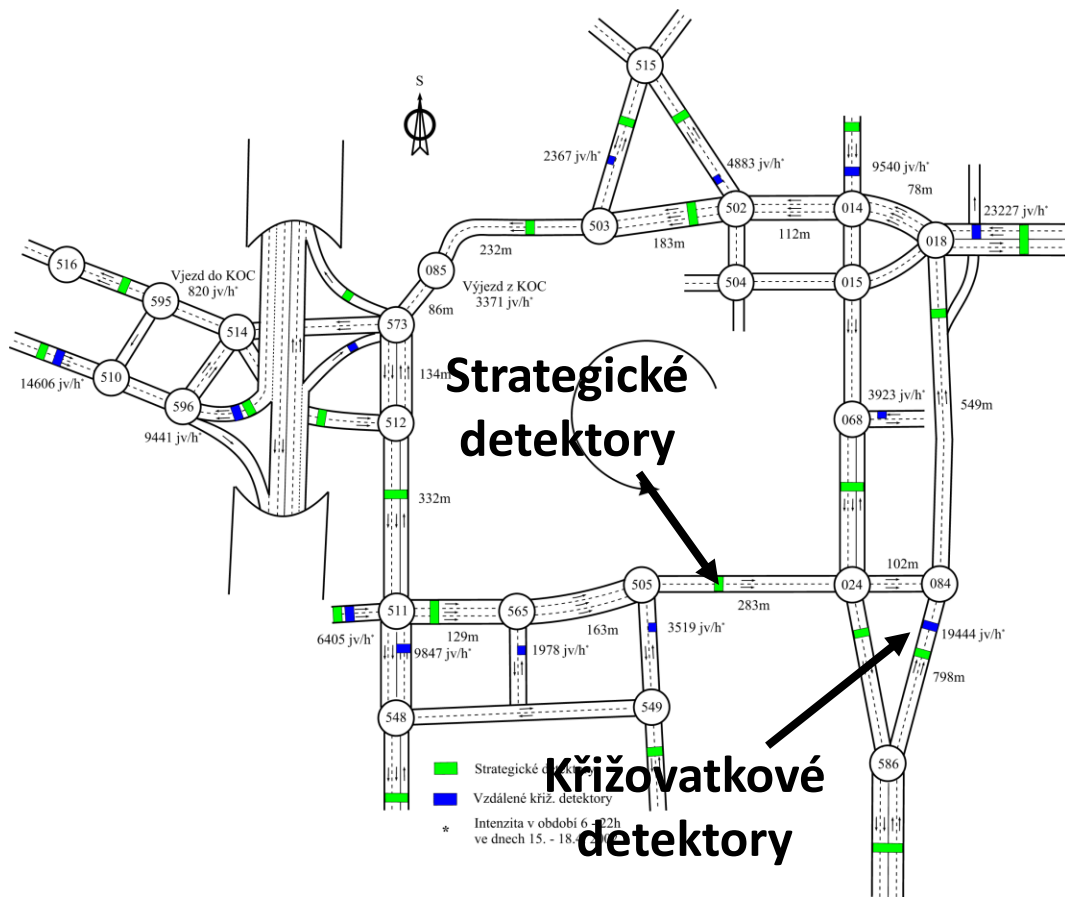
## Method for the Optimisation of Traffic Signals On-line Controlled Networks

### Oblast Smíchova

- 21 křižovatek
- Mimořádné stavy tunelu
- Mimořádné stavy tramvaje

### MOTION

- Optimalizace dopravního toku
- 1. Strategická úroveň – 15min
- 2. Taktická úroveň – 60-90 s
- 3. Lokální úroveň – 1-2s



# System TASS

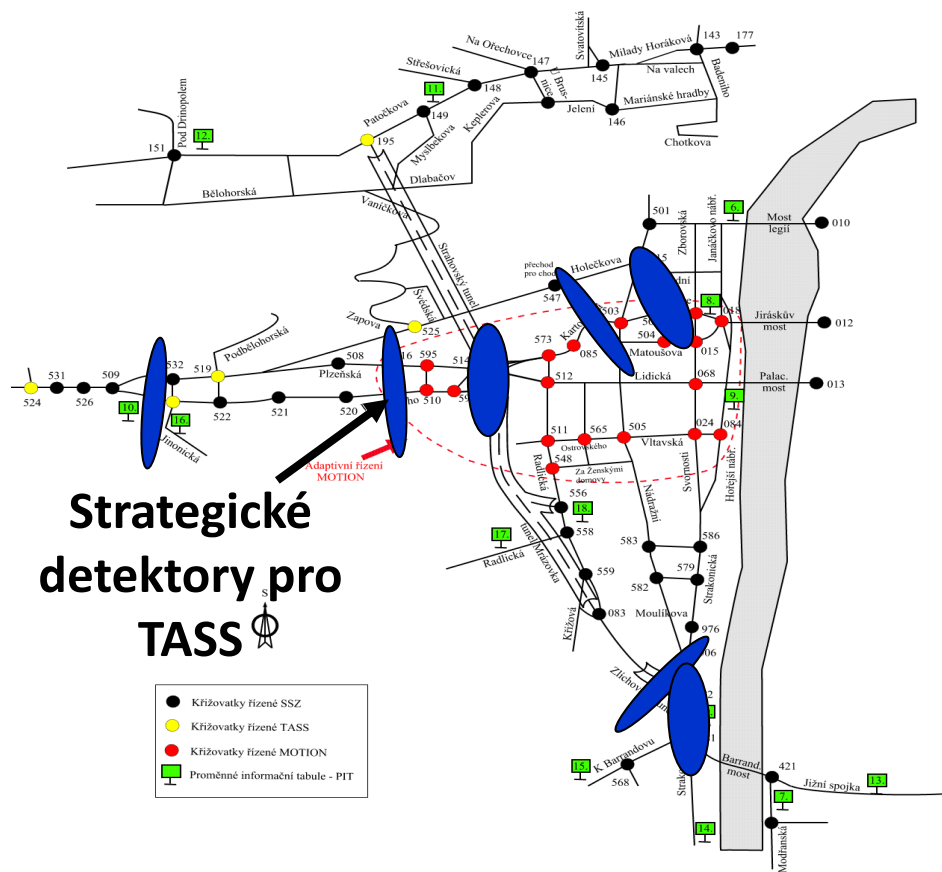
## Traffic Actuated Signalplan Selection

### Oblast Prahy 5

- 6 křižovatek
- Redukuje vjezd do oblasti
- Preference objízdné trasy
- Reakce na události v oblasti

### TASS

- Dopravně závislý výběr
- signálních plánů
- Strategická úroveň
  - Logické podmínky
- Taktická úroveň – SSZ



# Preference MHD

- ❑ Pasivní preference – trolejové kontakty
- ❑ Aktivní preference – bezdrátová komunikace
- ❑ Inteligentní zastávky
  - On-line informace
  - Jízdní řády
  - Čas příjezdu a odjezdu



# Preference MHD

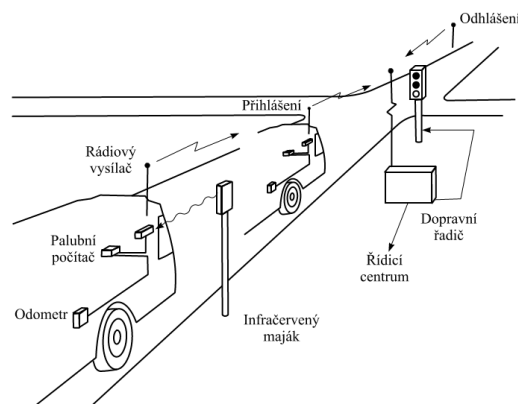
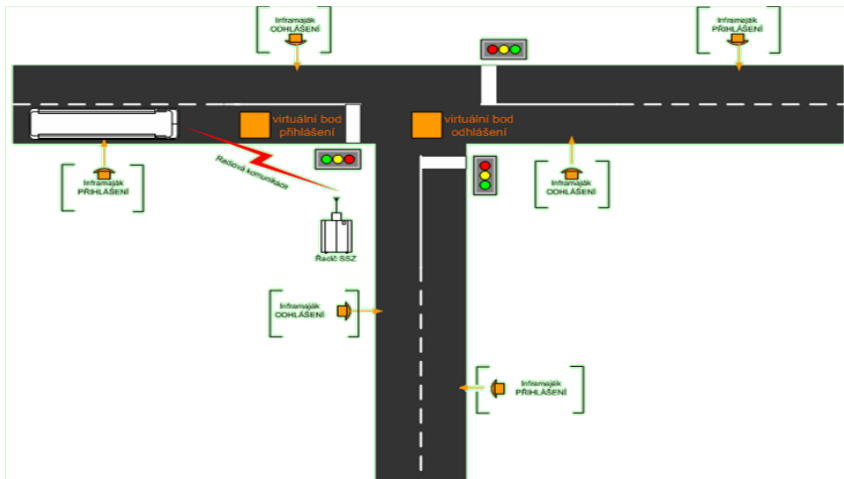
- **Pasivní preference** – využívají ji převážně tramvaje pomocí trolejových kontaktů nebo autobusy, které využívají smyčkové detektory. Nevýhodou této preference může být nevhodné umístění trolejových kontaktů případně smyčkových detektorů. Trolejové kontakty patří mezi nejpoužívanější pasivní detektory využívané k preferenci MHD





# Preference MHD

- **Aktivní preference** – především využívá bezdrátového způsobu detekce a přímého přihlášení do řadiče křižovatky. Vozidlo vybavené palubním počítačem vyhodnotí signál z infračerveného majáku o poloze vozidla. Následně palubní počítač vozidla vyšle radiovou informaci do řadiče SSZ, která obsahuje informace o lince, vzdálenosti a směru vozidla před křižovatkou. Řadič informaci vyhodnotí a nastaví příslušný sled fází nebo fázi pro vozidlo MHD



# Dopravní modelování

## Základní silné stránky dopravního modelování

- ❑ Off-line práce, vyloučení způsobu „pokus – omyl“
- ❑ Není zapotřebí znát analytický popis problému
- ❑ Vychází se z běžně dostupných informací
- ❑ Možno modelovat situace a řešení dnes neexistující
- ❑ Simulace ukazuje možnou cestu řešení
- ❑ Simulace poskytuje časoprostorovou informaci o situaci
- ❑ Stanoví, které parametry významně ovlivňují výsledek a které nikoli
- ❑ Lze studovat efekt změny jednotlivých vstupních parametrů
- ❑ Poskytuje parametry pro posouzení jednotlivých alternativ řešení
- ❑ Umožňuje přímo vyvodit potenciálně nebezpečné situace



# Možnosti využití simulace

## Plánování dopravy

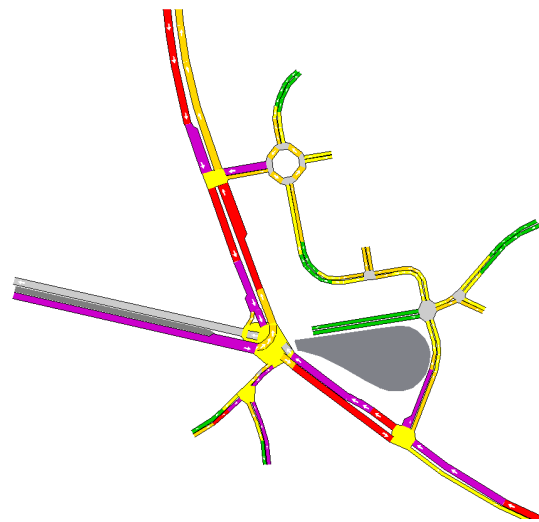
- Využití při vytváření územního plánu
- Stanovení potřebné kapacity komunikace
- Hledání optimálního vedení dopravy
- Stanovení těžišť dopravy
- Posouzení dlouhodobé kapacitní dostatečnosti
- Posouzení vhodné konfigurace křižovatky
- Posouzení návrhu dopravního řešení (SSZ)

## Využití simulace pro hledání kritických míst v oblasti

- Místa s nízkou dopravní kapacitou - vznik kongescí
- Místa se sníženou bezpečností účastníků provozu
- Místa s nedodržováním dopravních předpisů

## Hledání optimální alternativy

- Z dostupných alternativ řešení výběr nejvhodnější
- Široké spektrum kritérií
- Na základě dílčích výstupů zlepšování řešení
- Sestavování alternativ je finančně méně nenáročné



# Vstupy pro simulaci

## **MIKRO simulace se skládá z několika dílčích modelů**

- Dopravní infrastruktura
- Intenzita a skladba dopravního proudu
- Prvky aktivního řízení dopravy (SSZ, tunely)
- Intenzita pěších a jejich chování na přechodech
- Provoz hromadné dopravy

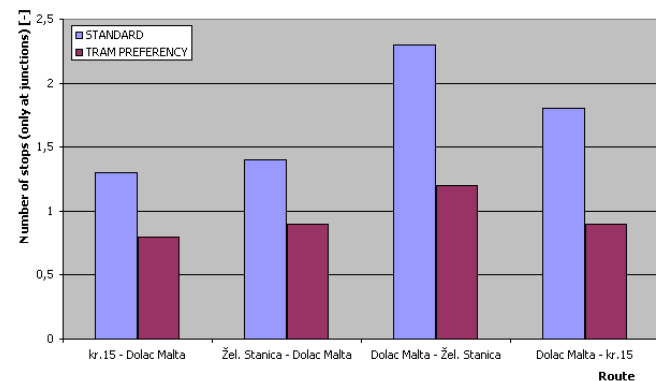
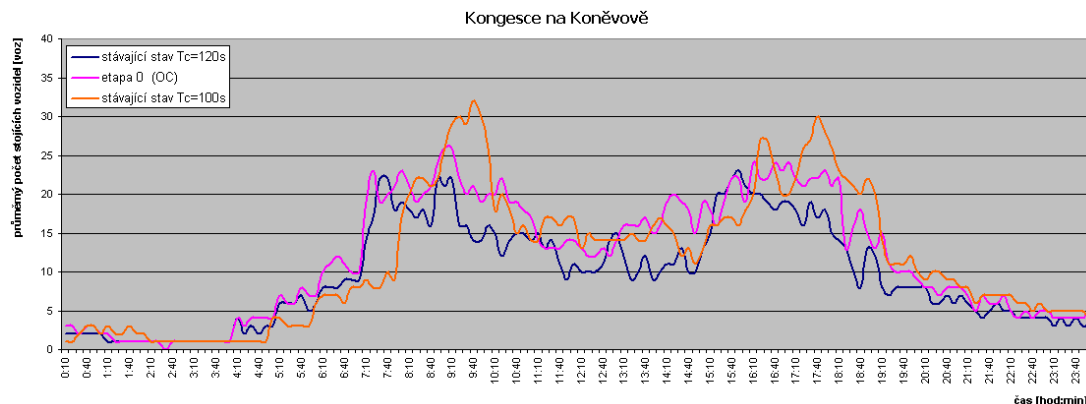
## **MAKRO simulace dále zahrnuje**

- Urbanistické členění města, demografické údaje
- Předpoklady o dopravní poptávce a nabídce

# Výstupy ze simulace

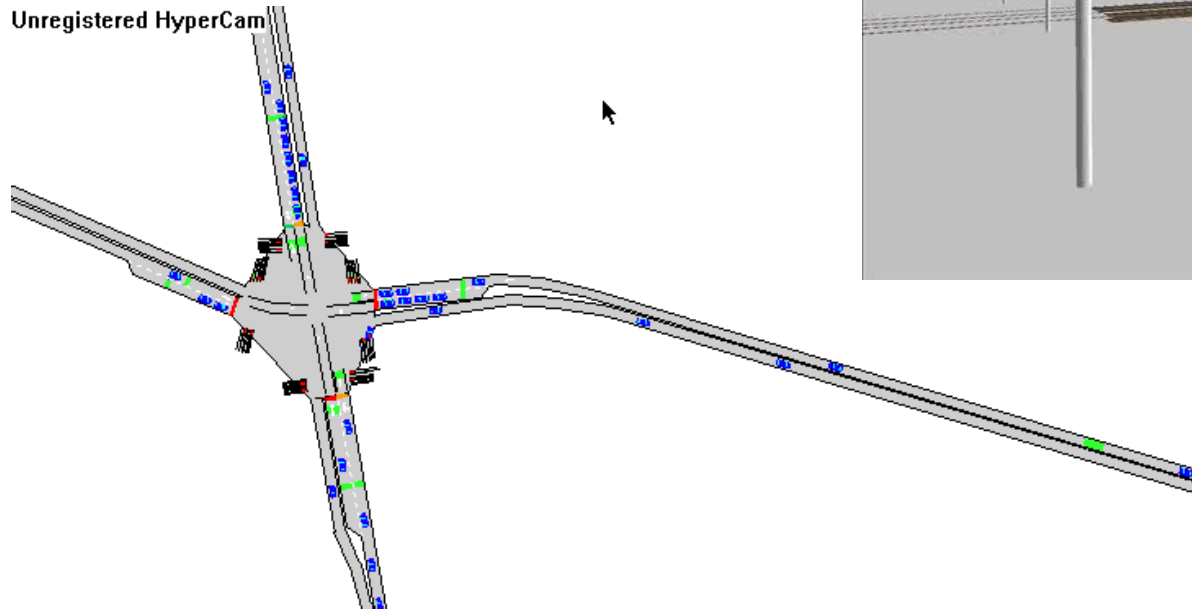
## Výstupy

- Doby zdržení, doba průjezdu
- Kapacita křižovatky či komunikace
- Zdržení chodců a MHD na křižovatce
- Energetická spotřeba MHD, emise
- Zátěžové mapy
- Vizualizace 2D a 3D
  
- Nalezení optimálního řešení
- Vytipování nejcitlivějších prvků v síti
- Omezení nevhodně proinvestovaných prostředků
- Ověření stability oblasti z hlediska dlouhodobého horizontu



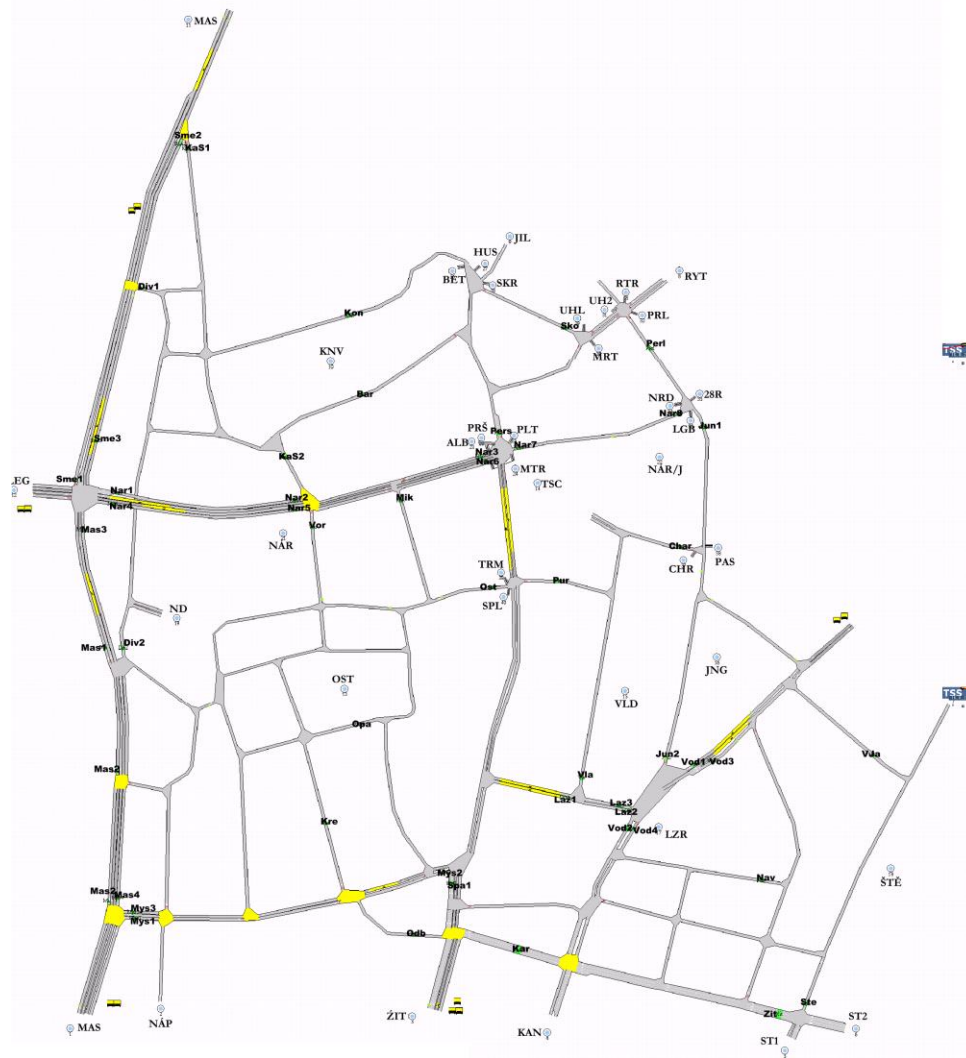
# Simulace výstup 3D + 2D

Unregistered HyperCam



# Příklad využití simulačních nástrojů

- Řešení oblasti Národní třídy, Jungmannovy a Spálené ulice a části Karlova náměstí v souvislosti s přípravou výstavby nového centra u obchodního domu TESCO
- Hledání organizace dopravy pro její 30 % nárůst
- Hledisko
  - Jízdní doby
  - Emise



# Literatura

- Příbyl P., Mach R.: Řídící systémy silniční dopravy, vydavatelství ČVUT, 2003
- Příbyl P., Svítek M.: Inteligentní dopravní systémy, BEN, 2002
- Tichý T.: Řídící systémy dopravy – Dopravní telematika, ČVUT 2004
- Technické podmínky – TP81 – Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení silničního provozu – 2006
  
- H:\Studenti\K620 UIS
- [www.lss.fd.cvut.cz/members/tichy/dokumenty-k-vyuce](http://www.lss.fd.cvut.cz/members/tichy/dokumenty-k-vyuce)





## ÚVOD DO INTELIGENTNÍCH DOPRAVNÍCH SYSTÉMŮ

### **Děkuji za pozornost**

Doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph.D.

Ing. Vladimír Faltus

Ing. Martin Spěváček

tichy@lss.fd.cvut.cz

