

VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ v PRAZE

FAKULTA PODNIKOHOSPODÁŘSKÁ

Vedlejší specializace: Logistika - mezinárodní přeprava a zasílatelství

Název diplomové práce:

Modelová podpora řízení systému městské hromadné dopravy v Praze

Diplomant: Taťána Farmačková

Školní rok: 2007/2008

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Petr Pernica, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma
"Modelová podpora řízení systému městské hromadné dopravy v Praze"
jsem vypracovala samostatně a že jsem uvedla
veškerou použitou literaturu a podkladové materiály, ze kterých jsem čerpala
v seznamu literatury.

V Praze dne 1. května 2008

.....

Poděkování

Ráda bych na tomto místě poděkovala vedoucímu své diplomové práce doc. Ing. Petrovi Pernicovi, CSc. za trpělivý a vždy vstřícný přístup, stejně tak za řadu cenných podnětů poskytnutých v průběhu jejího zpracování.

Také bych ráda poděkovala panu Mgr. Jiřímu Dufkovi z divize dopravy a životního prostředí Centra dopravního výzkumu a kolektivu oddělení modelování dopravy Ústavu dopravního inženýrství za ochotu při konzultacích dané problematiky a poskytnutí mnoha hodnotných informací.

OBSAH:

1. Úvod	6
2. Dopravní modelování v pražských institucích	8
2.1 Ústav dopravního inženýrství hl. m. Prahy	8
2.2 Útvar rozvoje města (URM)	8
2.3 Centrum dopravního výzkumu (CDV)	9
2.4 Institut Jana Pernera	9
2.5 Soukromé projektové kanceláře a školy	10
2.6 Další instituce v pražské dopravě	10
3. Úvod do teorie	12
3.1 Simulace a modelování	12
3.1.1 Definice simulace	12
3.1.2 Dvojí pojetí simulace.....	12
3.1.3 Prvky simulace	13
3.1.4 Členění simulačních modelů	13
3.1.5 Výhody, nevýhody a oblasti využití simulačních modelů.....	14
3.1.6 Vlastnosti simulačního modelu	14
3.2 Systémová dynamika	14
3.3 Úrovně modelování	15
3.4 CAD (Computer Aided Design)	16
3.5 Geografické informační systémy	16
3.5.1 Vznik digitálních map	17
3.6 Územní plánování a urbanismus	18
3.6.1 Definice územního plánování a jeho nástroje.....	18
3.6.2 Urbanismus	19
3.7 Dopravní inženýrství	19
3.8 Některé prvky dopravní terminologie	19
4. Modelování dopravy	21
4.1 Matematické modely	21
4.2 Počítačová podpora modelování	21
4.3 Možnosti využití automatizované podpory modelování	22
4.3.1 Nástroj pro zavedení dlouhodobých dopravních cílů	22
4.3.2 Nástroj optimalizace	22
4.3.3 Nástroj analýzy a hodnocení efektivity.....	23
4.3.4 Nástroj kontroly	23
4.3.5 Nástroj řízení dopravní sítě.....	24
4.4 Význam dat v modelování	24
4.4.1 Dopravní průzkumy	25
4.5 Výběr vhodného modelovacího nástroje	26
4.6 Uživatelé modelovacího software	26

4.7	Komerční softwarové produkty pro podporu dopravy	27
4.7.1	DYNAMEQ, STAN, EMME	27
4.7.2	PTV Vision	31
4.7.3	OmniTRANS	36
4.7.4	DHV QUESTOR, GETRAM, AUTO	37
4.7.5	IDOS, SOCRET, INISS, PARIS	40
4.7.6	Software pro hodnocení vlivu dopravy na okolí	41
5.	<i>Doprava v Praze</i>.....	44
5.1	Účel městské hromadné dopravy	44
5.2	Charakteristiky městské hromadné dopravy	44
5.3	Hlavní druhy pražské hromadné dopravy	45
5.4	Porovnání MHD a individuální automobilové dopravy.....	46
5.5	Dopady dopravních kongescí.....	47
5.6	Příčiny nepříznivé dopravní situace v Praze.....	48
5.6.1	Funkční přetíženost městského centra	48
5.6.2	Nedostatečná podpora integrovaného systému městské dopravy.....	48
5.6.3	Absence adekvátní motivace	49
5.6.4	Neefektivnost stávajícího dopravního systému	49
5.6.5	Zastaralá a neúplná dopravní i technická infrastruktura.....	50
5.6.6	Masivní rozvoj automobilismu	50
5.7	Stavební boom.....	51
5.8	Rozvojové projekty hl.m.Prahy.....	51
6.	<i>Možné způsoby zkvalitnění dopravy v Praze</i>.....	52
6.1	Zkvalitnění systému MHD ze strany pražského Dopravního podniku	52
6.2	Vyloučení zbytné dopravy	54
6.3	Implementace ISO norem	54
6.4	Využití nových technologií.....	55
6.4.1	AutoTram	55
6.4.2	Bus Rapid Transit (systém rychlé přepravy)	56
6.4.3	Touch & Travel	57
6.4.4	Carfree Cities.....	58
7.	<i>Budoucnost městské mobility</i>.....	60
7.1	Městská mobilita a Evropská unie.....	60
7.1.1	Zelená kniha: "Na cestě k nové kultuře městské mobility"	61
7.2	Seminář Integrované dopravní systémy	64
7.3	Současná situace v Praze.....	64
8.	<i>Závěr</i>.....	68
9.	<i>Seznam použitých informačních zdrojů</i>.....	70

1. Úvod

System dopravy predstavuje jednu z nevýznamnějších charakteristik vyspělosti každého města. K tomu, aby v praxi skutečně fungoval a kvalitně sloužil obyvatelům příslušné lokality je nezbytné veškeré dopravní procesy a s nimi související činnosti v ní probíhající řídit, koordinovat a plánovat. V průběhu zpracování své diplomové práce jsem byla nucena přehodnotit některé své původní záměry a cíle, neboť čím více jsem se analyzovanou problematikou zabývala, tím jasnější jsem měla představu o tom, jak by ji bylo reálné pojmout. Proto jsem se rozhodla v úvodu uvést určité zpřesnění původního záměru a stručně okomentovat důvody, které mě vedly k tomu, že jsem práci zpracovala níže uvedeným způsobem.

Na pojem "modelová podpora" jsem nahlížela především ve smyslu automatizovaných¹ (softwarových) nástrojů pro podporu modelování dopravy, např. vytváření modelů různých dopravních sítí, které se v současné době v Praze k tomuto účelu u relevantních institucí využívají. Tento pohled jsem zvolila především proto, že mou "domovskou" fakultou je fakulta informatiky a statistiky a bylo proto žádoucí, abych logistický úhel pohledu na danou problematiku zkombinovala s pohledem informačně technologickým.

Poté, co jsem se detailněji seznámila s funkcionalitou některých softwarových nástrojů pro dopravní modelování, resp. podporu dopravy vůbec, jsem do jisté míry byla nucena přehodnotit původně deklarované "řízení" dopravy. Tyto automatizované prostředky, resp. některé jejich příslušné modulární komponenty, skutečně lze využít v městském dopravním provozu pro vlastní řízení v reálném čase. Jejich primárním účelem je ovšem plánování příslušných dopravních toků v určité lokalitě (křižovatka, městská část, město, atd.). Na proces dopravního plánování tak v této své práci nahlížím jako na určitou specifickou komponentu komplexního a poměrně mnohoznačného procesu řízení městské dopravy.

V názvu práce jsem také původně avizovala, že se budu zabývat modelovou podporou pražské městské hromadné dopravy. I v této souvislosti si dovoluji malé upřesnění. Softwarová podpora městské dopravy, především komplexní produkty pro dopravní modelování, které jsem se rozhodla zmapovat a v této své práci představit, není primárně určena pro potřeby hromadné dopravy. Její funkční dosah je mnohem obsáhlejší a hromadná doprava je jen jednou z oblastí, které dokáže zajistit.

¹ S pojmem automatizace v textu pracuji ve smyslu počítačového systému pro podporu řešení úloh (dopravního) projektování.

Nicméně systému pražské (hromadné) dopravy jsem se rozhodla ještě zvláště věnovat ve druhé části této své práce, neboť město Prahu, stejně jako celou řadu jiných evropských metropolí, v současné době sužují neustálé dopravní kongesce, a to se všemi negativními důsledky s tím spojenými (zejména dopad na životní prostředí a zhoršení kvality života v dané oblasti). Software pro podporu modelování dopravy je jedním z velmi účinných prostředků, jejichž pomocí lze neadekvátně fungující systém městské dopravy optimalizovat. Proto mi připadalo žádoucí tato dvě témata v práci propojit. Strukturu textu jsem pak pro větší přehlednost koncipovala jako dvě relativně samostatné, ale obsahově související části. Jedna je věnována dopravnímu modelování, druhá pražské městské dopravě.

Z hlediska metodologického aparátu zpracování své práce jsem se za účelem získání relevantních informací rozhodla provést analýzu současné situace dopravního modelování v Praze. Přesněji pak určit, kdo se jím zabývá, za jakým účelem a s využitím jakých prostředků. Zde uvedené informace jsem získala jednak z veřejně dostupných zdrojů (především webových stránek, literatury a různých periodik), jednak konzultacemi s odborníky v institucích, které se touto problematikou v praxi zabývají.

S ohledem na výše uvedené skutečnosti by bylo možné cíl mé diplomové práce popsat těmito dílčími cíli:

1. objasnit význam modelování a simulace při řešení dopravních problémů, představit některé instituce, které se v Praze modelováním dopravy zabývají a především softwarové modelovací nástroje, které za tímto účelem využívají
2. zhodnotit stávající systém dopravy v Praze, vymezit příčiny, které přispívají k vytváření a dlouhodobému udržování jeho neuspokojivého stavu a následně definovat opatření, která by mohla být nápomocná při jeho zkvalitnění

2. Dopravní modelování v pražských institucích

Institucí ovlivňujících a formujících fungování dopravy v Praze je celá řada. Problematice dopravního modelování se však věnuje jen několik málo z nich. Níže je uveden výčet těch, se kterými jsem se v průběhu zpracování práce setkala a jejichž informace mi byly nějak nápomocné:

2.1 *Ústav dopravního inženýrství hl. m. Prahy*

Začátkem tohoto roku byl Ústav dopravního inženýrství hl. m. Prahy (ÚDI Praha) sloučen s Technickou správou komunikací hl.m. Prahy. ÚDI se zabývá inženýrskou, projektovou a konzultační činností v oblasti městského dopravního inženýrství, a to pro pražské i mimopražské zákazníky (magistráty, městské, obvodní, obecní a místní úřady, investory, projektanty). Spektrum poskytovaných činností je široké²: zpracování dopravně inženýrských podkladů pro územně plánovací, přípravnou a projektovou dokumentaci staveb, navrhování koordinovaného rozvoje městského dopravního systému a řešení integrovaného systému hromadné dopravy, provádění dopravních průzkumů, měření a rozborů, správa banky dopravně inženýrských dat, návrhy opatření ke zlepšování dopravních poměrů, projektování organizace dopravy na komunikační síti, řešení dopravního zklidňování, návrhy obytných ulic a pěších zón, regulace automobilové dopravy a návrhy parkovací politiky, projektování dopravní části světelně řízených křižovatek, koordinovaných tahů, centrálního řízení a preference městské hromadné dopravy světelnou signalizací a mnoho dalších činností.

Organizace disponuje vlastním oddělením modelování dopravy, které využívá především modelovací software PTV Vision, s jehož pomocí zpracovává mimo jiné nejrůznější výstupy pro hlavní město. Od roku 2012 by pak tyto projektové práce měly být převedeny na Útvar rozvoje hl.m.Prahy.

2.2 *Útvar rozvoje města (URM)*

Útvar rozvoje hlavního města Prahy³ je příspěvkovou organizací, jejímž zřizovatelem je hlavní město Praha, pro jehož potřeby URM připravuje a zpracovává strategické, urbanistické a územně rozvojové dokumenty, např. Strategický plán hl.m.Prahy, Územní plán

² <http://www.udi-praha.cz/>

³ <http://www.urm.cz/cs/uvod>

hl.m.Prahy, Zásady územního rozvoje hl.m.Prahy, Územně analytické podklady aj. Dále spravuje soubory geodat o území, zejména digitální mapy Prahy a poskytuje odborné konzultace v oblasti územního rozvoje a strategického plánování. Je zástupcem našeho hlavního města v územním řízení, stejně tak jeho jménem participuje na projektech a aktivitách struktur EU. I v rámci této organizace operuje referát modelování dopravy, jehož atelier dopravního inženýrství také využívá modelovací software PTV Vision.

2.3 Centrum dopravního výzkumu (CDV)

Centrum dopravního výzkumu⁴ je veřejnou výzkumnou institucí a zároveň jediným dopravním vědecko-výzkumným subjektem v působnosti Ministerstva dopravy ČR. Má svá specializovaná pracoviště v Praze, Brně i Olomouci. Bylo zřízeno za účelem realizace výzkumné a vývojové činnosti s celostátní působností pro všechny obory dopravy. Zaměstnává desítky odborníků z různých dopravních oborů, kteří zpracovávají a zajišťují projekty a služby jak pro Ministerstvo dopravy ČR, tak i další orgány státní správy. Řeší výzkumné a vývojové úkoly, poskytuje expertní a poradenské služby pro státní i soukromé zadavatele. Je úspěšně zapojeno do mezinárodní vědecko-výzkumné spolupráce. Prostřednictvím svého informačního střediska pomáhá rozšiřovat výsledky výzkumu i nejnovějších zahraničních poznatků mezi dopravní veřejnost. Dopravnímu modelování se v této instituci věnuje např. oddělení modelování dopravy a emisí, které využívá softwarový produkt Emme3.

2.4 Institut Jana Pernera

Institut Jana Pernera⁵ je obecně prospěšnou společností založenou Nadací Jana Pernera a Univerzitou Pardubice⁶. Poskytuje veřejnosti obecně prospěšné služby v oblasti dopravy a spojů. Podporuje vzdělávání pracovníků v této oblasti, a to prostřednictvím poskytování stipendií, půjček a příspěvků, stejně tak i realizací různých vědeckých, výzkumných a racionalizačních projektů. Za účelem šíření osvěty v této oblasti rozvíjí příslušné informační systémy, vydává tematické publikace, pořádá specializované semináře a kurzy.

Jedním z proklamovaných cílů⁷ organizace je přispět k rozvoji dopravní soustavy ČR a jejímu začlenění do evropského dopravního systému. Dále pak prostřednictvím konzultační,

⁴ <http://www.cdv.cz/>

⁵ <http://www.perner.cz/>

⁶ <http://www.upce.cz/>

⁷ <http://www.perner.cz/>

poradenské a expertní činnosti podpořit rozvoj bezpečné, spolehlivé a efektivní dopravy a spojů s minimálními vlivy na okolí budováním kvalitních dopravních, logistických a spojových systémů a služeb a jejich napojení na evropskou dopravní infrastrukturu podnikatelských aktivit v dopravě a ve veřejných službách. Při Institutu rovněž funguje pražské Vzdělávací a informační pracoviště (VIP Praha).

Svou činností je velmi úzce provázán s aktivitami Dopravní fakulty Jana Pernera Univerzity Pardubice, kde se problematice dopravního modelování věnují.

2.5 *Soukromé projektové kanceláře a školy*

Pro úplnost by bylo vhodné dodat, že se problematice dopravního modelování věnuje kromě uvedených institucí i celá řada soukromých subjektů. A to především na komerční bázi. Některé z nich jsou zmíněny v dalším textu této práce.

Dopravní modelování je pak předmětem výuky na řadě vysokých škol především technického zaměření (katedra dopravy ČVUT, Dopravní fakulta Jana Pernera Univerzity Pardubice aj.).

2.6 *Další instituce v pražské dopravě*

Dále jsou uvedeny instituce, které mají vliv na chod a vývoj dopravy v Praze, ale vlastnímu dopravnímu modelování se významně nevěnují. Potřebují-li zpracovat určité podklady z této oblasti, zpravidla se obrátí na některou z výše zmíněných organizací.

Ropid: Ropid (Regionální organizátor Pražské integrované dopravy) je příspěvkovou organizací, která koordinuje fungování systému Pražské integrované dopravy (PID). Jejím účelem je integrovat zájmy města při vytváření, organizování a kontrole PID a v rámci toho sjednocovat nabídku jednotlivých dopravců zajištěním společných provozních, přepravních a tarifních standardů⁸. Z podpůrných nástrojů využívá především software pro správu a generování jízdních řádů a zpracování dopravních průzkumů.

Dopravní podnik hl.m.Prahy, a.s. a České dráhy, a.s.: Jedná se o organizace, které společně s dalším autobusovými dopravci zajišťují vlastní fungování PID. V těchto institucích se využívá obdobných nástrojů jako v organizaci Ropid.

Ministerstvo dopravy ČR: Ani odbory této instituce specializovaný software pro dopravní modelování nevyužívají. Potřebné dopravní analýzy pro ně zpravidla zajišťují jiné

⁸ Lubomír Zelený, Osobní přeprava, Aspi, Praha, 2007, ISBN: 978-80-7357-266-2

specializované instituce, zejména Centrum dopravního výzkumu. Na základě vyhlášených soutěží pak v rámci výzkumných a vývojových prací pro realizaci rozvoje dopravy řadu problematik pro ministerstvo zajišťují i soukromé subjekty, jakými jsou EDIP, s.r.o., KPM KONSULT, a.s., Telematix Services, a.s. ve spolupráci s ČVUT Praha, VARS Brno, a.s. či DOPRAVOPROJEKT Ostrava.

Magistrát hlavního města Prahy: Útvary pražského magistrátu se dopravnímu modelování rovněž nevěnují. Magistrát je nicméně v této souvislosti úzce organizačně navázán na Útvar rozvoje hlavního města Prahy, který pro něj společně s dalšími institucemi potřebné podklady zajišťuje.

3. Úvod do teorie

Považuji za vhodné úvodem mé práce vymežit několik základních pojmů, které s oblastí dynamického dopravního modelování úzce souvisejí.

3.1 *Simulace a modelování*

Jako informační zdroj pro zpracování této subkapitoly mi posloužila především publikace *Simulační modely I* od Ing. Milana Houšky⁹, která mi poskytla velmi cenný teoretický základ pro vnímání a pochopení dané problematiky.

3.1.1 **Definice simulace**

Simulace je numerická metoda, která spočívá v experimentování s matematickým modelem reálných (většinou dynamických a stochastických) systémů na počítači. Simulaci autor chápe jako postup, s jehož pomocí se zkoumaný proces, resp. jeho kroky v čase generují na základě vlastností parametrů zobrazovaného systému.

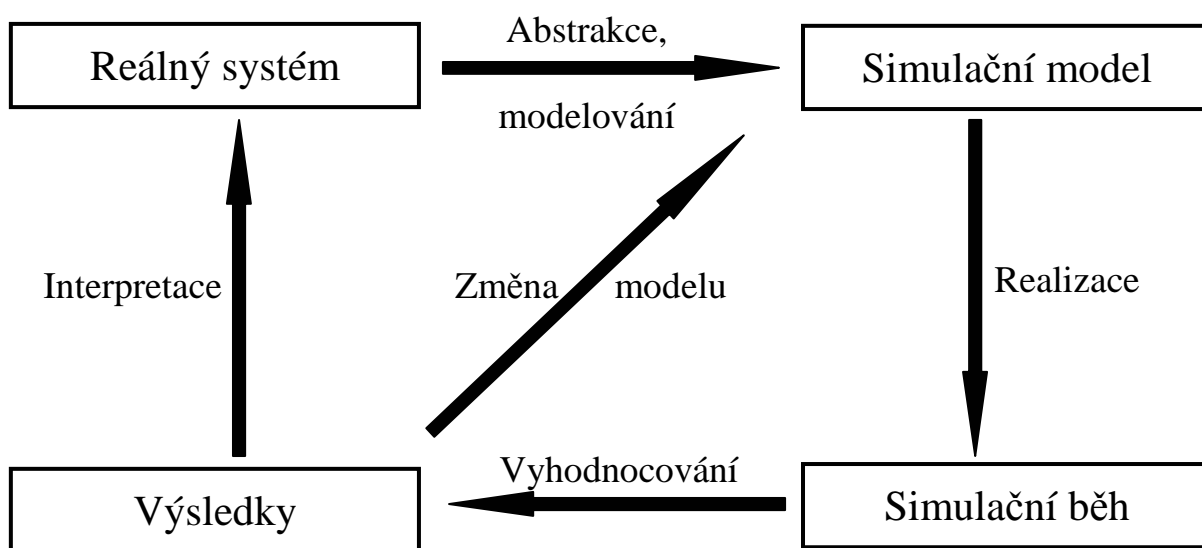
Základní myšlenka simulace vychází z přímého napodobení jednotlivých kroků chování studovaného systému. Přesněji řečeno pak simulace napodobuje chování procesů probíhajících v reálném systému. Provádíme ji proto, abychom systém poznali a pochopili principy jeho chování či posoudili různé varianty jeho činnosti, spočívající v tom, že zkoumaný systém nahradíme jeho simulačním modelem a s ním následně experimentujeme.

3.1.2 **Dvojí pojetí simulace**

Autor dále vymezuje dvě základní pojetí simulace. V širším pojetí je simulace chápána jako technika, která umožňuje vyhodnotit důsledek nějakého rozhodnutí bez jeho uskutečnění v reálném systému. Jde o libovolný způsob napodobení situace, systému změn nebo činností bez jejich realizace pomocí různých typů modelů. De facto se jedná o experimentování s matematickým modelem libovolné konstrukce. Naopak užší pojetí simulace popisuje tzv. Taylorova rovnice a je založena na konstrukci a použití speciálního typu modelu.

⁹ Ing. Milan Houška, *Simulační modely I*, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2005. ISBN 80-213-1334-X

My, běžní laikové, pak za simulaci obvykle pokládáme až samotnou výslednou fázi simulačního procesu, tj. vlastní spuštění simulačního modelu a přečtení si výsledků.



Obrázek 1: Proces tvorby simulačního modelu

3.1.3 Prvky simulace

Simulačním modelem se rozumí matematická technika spočívající v:

- Sestrojení souboru matematických a logických vztahů, vyjadřujících základní funkční nebo jiné charakteristiky prvků systému.
- Zahrnutí náhodných vlivů do modelu ve formě pravděpodobnostních technik.
- Zahrnutí času do modelu ve formě zobrazení všech změn, které v systému v čase nastávají.
- Postupných výpočtech s různými vstupními údaji, čímž se napodobuje chování reálného systému v reálném čase.

3.1.4 Členění simulačních modelů

Z hlediska zahrnutí faktoru času do modelu, můžeme rozlišovat simulaci statickou a dynamickou. Při statické simulaci generujeme stav systému v konkrétním časovém okamžiku. Naopak při dynamické simulaci modelujeme vývoj systému v čase.

Z hlediska zahrnutí náhodných vlivů do modelu, můžeme rozlišovat simulaci deterministickou a stochastickou. Při deterministické simulaci náhodné vlivy neuvažujeme.

Naopak ve stochastických simulacích modelujeme náhodné faktory zahrnutím náhodných proměnných do simulačního modelu.

3.1.5 Výhody, nevýhody a oblasti využití simulačních modelů

M. Houška uvádí celou řadu případů, kdy je simulační modely v praxi vhodné využít. Jedná se především o ty situace, kdy z různých důvodů není možné experimentovat přímo se zkoumaným systémem, ale přitom potřebujeme znát fáze jeho vývoje. Dále pro řešení problémů, jejichž analytický matematický model dovedeme zapsat, ale nedovedeme jej řešit přímými metodami. V praxi se dnes využívají jako součást nejrůznějších trenažérů.

Nevýhodou simulačního modelu je to, že nemá obecnou platnost, neboť je zpravidla "šit na míru" konkrétnímu modelovanému systému. Chceme-li následně modelovat jiný systém, musíme vytvořit simulační model nový. Simulací můžeme ověřit, jak systém reaguje na různé vstupy. Pomocí simulačního modelu však již nezjistíme závislost vstupních a výstupních dat. Respektive můžeme tuto závislost hodnotit pouze pomocí stochastických metod, ze kterých obdržíme odhady těchto závislostí.

3.1.6 Vlastnosti simulačního modelu

Simulační model je de facto o program, jehož výpočet představuje průběh chování určitého systému. Změnou vstupních údajů můžeme se systémem experimentovat a postupnými kroky najít nejvhodnější možný způsob řízení modelovaného systému. Lze jej napsat a realizovat ve standardních programovacích jazycích i standardních programových systémech jako jsou tabulkové procesory. Pro složitější úlohy se pak zpravidla využívá specializovaných objektově orientovaných programovacích jazyků.

Důležitou součástí tvorby každého simulačního modelu je verifikace výsledků dosažených simulačními experimenty. Kvalita výsledků je závislá na přesnosti a adekvátnosti simulačního modelu a právě verifikací lze zmíněnou adekvátnost modelu ověřit. Ta spočívá v porovnání výsledků dosažených simulačním experimentem s výsledky naměřenými v reálném provozu.

3.2 *Systémová dynamika*

Systémová dynamika se jako samostatná vědní disciplína začala profilovat v 50. letech minulého století. Za jejího zakladatele a průkopníka bývá tradičně označován americký

profesor Jay W. Forrester, autor knihy *Industrial Dynamics*. Na něj svou prací navázala celá řada významných pokračovatelů¹⁰. Tato věda se zabývá systémy a jejich chováním v čase. Je prakticky orientovaná, jejím účelem je napomáhat našemu kvalitnějšímu poznávání okolních systémů, a to zejména těch, ve kterých se vyskytuje vysoká míra detailní a dynamické komplexity. Mezi ně lze zařadit jakékoliv sociální systémy, počínaje rodinou, přes různé formy organizací (firmy, státní instituce), až po celky typu států nebo globální ekonomiku¹¹.

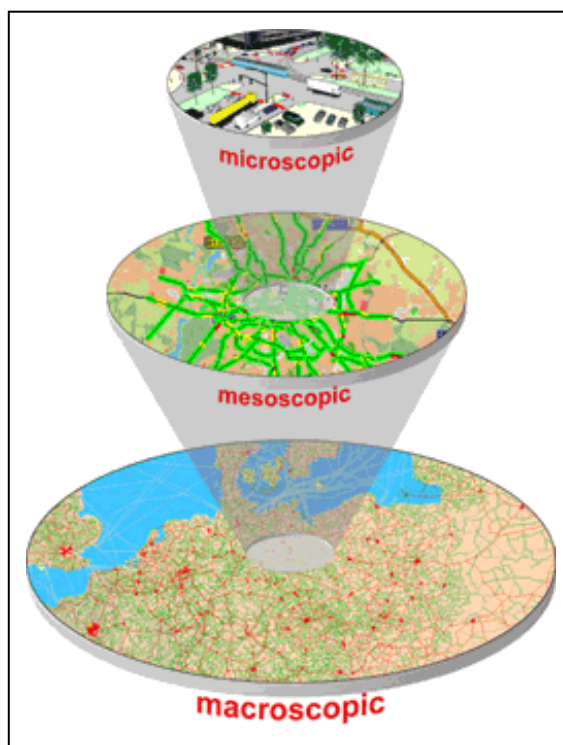
Významnou komponentou systémové dynamiky je systémové myšlení. Jejím realizačním nástrojem jsou pak především počítačové simulace a jejich pomocí generované simulační modely¹². Není pochyb o tom, že i doprava je vysoce komplexním a dynamickým systémem a podle toho k ní musíme přistupovat. V současné době zažívá systémová dynamika boom a lze předpokládat, že i v blízké budoucnosti bude její význam dále narůstat.

3.3 Úrovně modelování

V souvislosti s dopravním modelováním, a zejména pak jeho softwarovou podporou, je vhodné si uvědomit, že model je možné vytvářet a nahlížet na něj ze dvou, resp. tří základních dimenzí (viz Obrázek 2). Dopravní procesy tak lze modelovat na úrovni:

1. mikroskopické
2. makroskopické

Někdy bývá v této souvislosti uváděna i úroveň mezoskopická. S ohledem na požadovaný účel si uživatelská organizace vybírá i počítačový produkt disponující příslušnou funkcionalitou, resp. schopností operativně modelovat v příslušné dimenzi.



Obrázek 2: Dimenze dopravního modelování

¹⁰ profesor John D. Sterman, Peter Senge či třeba Donella Meadows

¹¹ <http://proverbs.cz/default.asp?id=4&ACT=5&content=18&mnu=4>

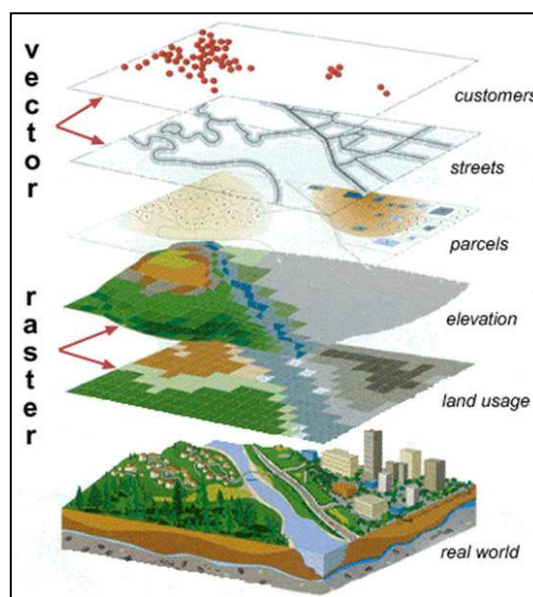
¹² Systémově-dynamických modelů byla vytvořena celá řada. V této souvislosti lze rozlišovat průmyslovou dynamiku (*Industrial Dynamics*), dynamiku města (*Urban Dynamics*), dynamiku světa (*World Dynamics, Limits to Growth*), dále pak existují modely demonstrující a řešící problémy spojené s distribučními řetězci, projektovým řízením, chováním spotřebitelů a trhů atd. (zdroj: Mildeová S., Vojtko V. *Systémová dynamika*. Praha: VŠE, 2003. ISBN: 80-245-0626-2).

3.4 CAD (Computer Aided Design)

CAD neboli počítačem podporovaný návrh, resp. počítačem podporované projektování¹³ je úzce propojeno s využíváním vyspělých počítačových programů. Jedná se o určitou formu grafické informace (vektorové výkresy). Nabízené softwarové aplikace pro CAD lze rozdělit na 2D (povrchové) a 3D (objemové) nástroje. Existují jak obecné verze, tak verze specializované na architekturu, strojírenství, mapování atd. V neposlední řadě pak nacházejí uplatnění i jako významná technologická komponenta při plánování a analyzování dopravních procesů, neboť kvalitní softwarové nástroje dnes dopravním projektantům běžně umožňují modelovat na pozadí právě CAD výkresů nebo ortofotografických snímků.

3.5 Geografické informační systémy

GIS (Geographic Information Systems) a digitální mapy (viz Obrázek 3) prožívají v současné době skutečný boom. GIS¹⁴ jsou počítačově založené informační systémy, které slouží k ukládání, zpracování a analýze geodat, tj. dat svázaných s určitým místem na zemském povrchu. Od ostatních systémů se liší tím, že dokáží pracovat s polohou jednotlivých objektů. Tyto objekty pak mohou mít kromě souřadnic přiřazeny i další vlastnosti, záleží na účelu využití. Představují nástroj pro práci s daty vztahujícími se k Zemi a zemskému povrchu, lze v nich také propojovat data z různých projektů na základě jejich vzájemné polohy. Využívají se zejména v geologii pro sestavování geologických map různého zaměření, vykreslování směrových dat, různé prostorové analýzy atd. Další z oblastí využití je pak právě modelování dopravy. Většina špičkových softwarových nástrojů pro dopravní modelování je dnes s GIS plně datově kompatibilní, stejně tak dokáže pracovat s navigačními údaji typu MapInfo, ArcView a NavTech.



Obrázek 3: Příklad struktury digitální mapy

¹³ http://cs.wikipedia.org/wiki/Computer_aided_design

¹⁴ Geologický informační server: <http://www.gweb.cz/dotazy/d-830/>

3.5.1 Vznik digitálních map

Vytváření digitálních map představuje organizačně náročný a zdlouhavý proces¹⁵. Nejprve se musí pořídit letecké snímky dané oblasti. Focení je třeba předem pečlivě naplánovat, včetně letového plánu, aby bylo zajištěno, že letadlo přelétne a vyfotí celé požadované území, a že se všechny snímky budou dostatečně vzájemně překrývat. Snímky lze pořídit jen za zcela jasného počasí, a to speciálními kamerami, které snímají obraz buď digitálně nebo na velkoformátový film (pro další použití se pak skenují). U snímků je vždy nutno zachovat informace o jejich umístění, přesné souřadnice, výšku a natočení.

Následně se snímky zpracovávají počítačově, např. se barevně sladují. Je nezbytné mít k dispozici digitální model terénu, neboli informace o přesné nadmořské výšce ve všech bodech celé oblasti s určitými rozestupy podle členitosti terénu, výsledného měřítka a požadované přesnosti. Případné deformace pořízených snímků se musí vyrovnat pomocí speciálního software. Pak je nutné ručně vyznačit hranice jednotlivých snímků, na jejichž podkladě se budou výsledné obrazy skládat. Hrany by neměly být vedeny napříč objekty, jakými jsou budovy, jejich stíny, mosty atd., pokud tyto objekty na sousedních snímcích vypadají jinak (např. v důsledku nafocení z jiného úhlu).

Sladěné sousední snímky se dále softwarově propojí do jedné velké mozaiky, která se následně zase "rozporcuje" na jednotlivé mapové listy. Důležité je v této fázi především kontrolovat to, aby jednotlivé objekty na vzájemně propojených snímcích vizuálně působily jako celistvý prvek, zejména barevně a tvarově (např. eliminovat nepřesné navázání ulice). Barevné doladění se ještě provádí i pro celou výslednou mapu, a to jak automatizovaně, tak i ručně.

Tato tzv. ortofotomapa (viz Obrázek 4) poskytuje obrazová data, která musí být obvykle, dle finálního účelu jejího využití, dále doplněna o údaje, jakými je umístění mapy ulic, inženýrských sítí či třeba aktuální data z meteorologických radarů, které jsou již mimo vlastní proces tvorby zmíněné ortofotomapy. Takto zpracovanou mapu je pak možné zařadit do vhodného geografického informačního systému, jehož prostřednictvím k ní může přistupovat např. přes internet i běžný uživatel.



Obrázek 4: Ukázka ortofotomapy

¹⁵ článek "Pohled z výšky" časopis Computer 06/2008, strana 67

3.6 Územní plánování a urbanismus

Každou dopravu je třeba posuzovat ve vztahu k řešenému území. V této souvislosti mají značný význam územní plánování a urbanismus¹⁶.

3.6.1 Definice územního plánování a jeho nástroje

Územní plánování je specifický druh plánování, označovaný někdy také jako řízení změn prostředí. Jeho vznik úzce souvisí s koncentrací obyvatelstva do měst a městských lokalit. Soustředí se především na změny hmotných složek tohoto území. Soustavně a komplexně řeší jeho funkční využití, stanoví zásady jeho organizace a věcně a časově koordinuje výstavby a jiné činnosti ovlivňující jeho rozvoj. Je postaveno mezi různými zájmovými skupinami a prakticky vždy se týká většího množství lidí. Navíc zprostředkovaně působí i na to, co se děje mimo vymezené území a čas. Lze definovat tři kategorie nástrojů územního plánování:

Územně plánovací podklady: Jedná se především o územně technické podklady, tj. soubory dat charakterizujících podmínky území, které se obvykle zpracovávají v digitální podobě pro jednotlivá města. Mohou být uspořádány jako GIS¹⁷ a obsahují mimo jiné i data o dopravě a životním prostředí v daném území. Dalšími druhy územně plánovacích podkladů jsou územní generel, území prognóza a urbanistická studie.

Územně plánovací dokumentace: Vyplývají z ní různé regulativy a omezení (např. k jakému účelu lze dané území využít). Jedná se zpravidla o územní plán velkého územního celku, resp. obce a regulační plán.

Územní rozhodnutí: Na jeho podkladě lze umisťovat na určitém území stavby, měnit jeho využití a chránit důležité zájmy v něm.

Doprava představuje jeden z nejvýznamnějších funkčních způsobů využití určitého území. Proto i její plánování musí být zahrnuto do plánování rozvoje příslušného územního celku. Právě výstupy z mnou analyzovaných modelovacích nástrojů velmi často slouží jako uvedené podklady pro nejrůznější územně plánovací projekty a běžně se stávají součástí územně plánovací dokumentace.

¹⁶ Kočárková D., Slabý P., Kocourek J., Jacura M. Základy dopravního inženýrství, kap 9 Základy urbanismu a územního plánování. Praha: ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03022-9

¹⁷ Geografické informační systémy

3.6.2 Urbanismus

Urbanismus lze definovat jako nauku o plánování a výstavbě měst. Jako vědní obor zkoumá teoretické i praktické problémy tvorby i přetváření osídlení, odhaluje tendence a zákonitosti jejich vývoje a formuluje zásady pro jejich řešení.

3.7 Dopravní inženýrství

Dopravní inženýrství¹⁸ je vědní obor, který se zabývá studiem, průzkumem, rozborem a prognózou jevů a zákonitostí v dopravě z hlediska dopravní komunikace. Jeho účelem je vytvářet podklady pro silniční projektování, plánování a dopravní řešení jak okamžitého rázu (řízení dopravy, organizační a realizační opatření), tak výhledového rázu. Tuto disciplínu zde zmiňuji proto, že právě dopravní inženýři jsou hlavní uživatelskou skupinou mnou analyzovaných modelovacích produktů.

3.8 Některé prvky dopravní terminologie

Dopravní proud: Je charakterizován třemi základními veličinami¹⁹

Intenzitou: Je definována pro vozidla jedoucí jedním směrem jako počet vozidel, projíždějících určitým úsekem komunikace za časovou jednotku. Obvykle se vyjadřuje ve voz/hod nebo jvoz/hod (jednotková vozidla). Časový interval může být i kratší než hodina, záleží na účelu.

Hustotou: Je počet vozidel, jedoucích jedním směrem, zaznamenaný v určitý okamžik a vztažený na jednotkovou délku komunikace. Vyjadřuje se obvykle ve voz/km nebo voz/100km.

Rychlostí: Rozlišují se různé rychlosti dle způsobu jejich měření i dle způsobu jejich výpočtu. Střední bodová rychlost je rychlost vypočtená jako průměr rychlostí jednotlivých vozidel, zjištěných v určitém místě komunikace během určité doby, např. radarem. Střední okamžitá rychlost je rychlost vozidel, vypočtená jako průměr údajů rychlostí zjištěných v určitém okamžiku na sledovaném úseku komunikace.

¹⁸ Kočárková D., Slabý P., Kocourek J., Jacura M. Základy dopravního inženýrství, kap.1 Úvod. Praha: ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03022-9

¹⁹ Kočárková D., Slabý P., Kocourek J., Jacura M. Základy dopravního inženýrství, kap.2.1 Způsoby sledování základních charakteristik dopravního proudu. Praha: ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03022-9

Kapacita komunikace (komunikační síť)²⁰: Představuje schopnost komunikace umožnit projet úsekem komunikace co největšímu počtu vozidel. Je dána jednak kapacitou křižovatek, jednak kapacitou mezi-křižovatek úseků.

Pozemní komunikace v intravilánu²¹: Komunikace v zastavěném území (místní komunikace). Jsou součástí dopravního vybavení určitého sídelního útvaru nebo vytváří dopravní spojení v jeho zájmovém území. Jejich řešení musí vyhovovat nárokům urbanistickým i dopravně inženýrským, musí být řešena doprava v pohybu i klidu, respektovány nároky na životní prostředí, památkovou ochranu historických center měst aj.²² Jsou jedním z klíčových objektů dopravního modelování. Jejich "vyšší" úroveň pak představují pozemní komunikace v extravilánu²³, tj. nezastavěném území (silnice a dálnice).

Dopravní prognóza²⁴: Určuje výhledové objemy dopravy jako jeden z podkladů pro návrh a uspořádání komunikační sítě v souladu s rozvojem dopravy a území. Vycházíme při ní z rozboru současných přemístovacích vztahů a z údajů ovlivňujících zdroje a cíle dopravy ve výhledu.

Multimodální dopravní model: Dopravní model zahrnující více druhů dopravy.

Multimodální dopravní proud: Dopravní proud zahrnující osobní a nákladní automobily, autobusy, tramvaje, příměstskou železnici, vlaky, cyklisty či chodce²⁵.

Kalibrace dopravního modelu: Vyvažování (ladění) simulačního dopravního modelu v průběhu jeho vzniku.

Kartogram²⁶: Jednoduchá mapa, v níž je graficky vyjádřena (barvou či rastrem) intenzita jevu ve sledovaném území. Jednou z mnoha oblastí využití je i doprava, kde může jít např. o zátěžový diagram křižovatky (tzv. pentlogram), kde jsou intenzity dopravy v jednotlivých směrech znázorněny různě širokými čarami. Generování kartogramů je běžnou součástí funkcionality dopravně modelovacího software.

²⁰ Kočárková D., Slabý P., Kocourek J., Jacura M. Základy dopravního inženýrství, kap.2.4 Kapacita komunikace - aplikace vztahů. Praha: ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03022-9

²¹ Kočárková D., Slabý P., Kocourek J., Jacura M. Základy dopravního inženýrství, kap.3.3 Pozemní komunikace v intravilánu. Praha: ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03022-9

²² Navrhují se dle ČSN "Projektování místních komunikací". Řešenými prvky v rámci návrhu jsou především rychlost, dopravní značení a kvalita osvětlení komunikace. Při návrhu dopravní sítě komunikací ve městech je třeba se zabývat i návrhem a posouzením křižovatek, vedením linek MHD, jejich stavbami a zařízeními atd.

²³ Navrhují se dle doporučené ČSN "Projektování silnic a dálnic".

²⁴ Kočárková D., Slabý P., Kocourek J., Jacura M. Základy dopravního inženýrství, kap.5. Prognóza dopravy. Praha: ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03022-9

²⁵ <http://www.cityplan.cz/ptv-vision-64.html> (soubor: ptv_vissim_CZ11.pdf)

²⁶ <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kartogram>

4. Modelování dopravy

4.1 *Matematické modely*

V této práci jsem se rozhodla věnovat softwarovým prostředkům pro podporu dopravního modelování. Na úvod by však bylo vhodné připomenout fakt, že za každým počítačovým modelováním stojí určitý matematický model zkoumaného systému²⁷. Obecně může být tento model získán buď teoreticky, ze základních fyzikálních vlastností systému, nebo empiricky, tj. ze skutečně naměřených hodnot. Především pak musí vhodně odrážet závislost výstupů systému na jeho vstupech²⁸. Možnosti každého modelu jsou do jisté míry omezené. Reálný svět a jevy, které nás obklopují, nelze vždy a zcela zachytit. Prakticky každý model určitého reálného dynamického systému se konstruuje s využitím do jisté míry zjednodušujících předpokladů, což je nezbytné vzít na vědomí při jeho využívání a vyvozování příslušných závěrů.

I oblast dopravního modelování pracuje s rozsáhlým matematickým aparátem²⁹. Nežádka se jedná o matematické konstrukce značně složité a rozsáhlé. Jde o problematiku teoreticky velmi náročnou. Jako studentka vysoké školy ekonomického zaměření nedisponuji potřebnými znalostmi z této oblasti, nebudu se jí proto dále věnovat.

4.2 *Počítačová podpora modelování*

Oblast plánování, řízení a optimalizace dopravy je dnes prakticky nemyslitelná bez využití příslušné počítačové podpory. Dopravní projektant kreativním způsobem využívá svých odborných znalostí a potřebné rutinní matematické operace za něj provádí počítačový systém³⁰. Pokud upravuje určitý již existující systém hromadné dopravy dle zadaných požadavků (např. vložení nové zastávky, úpravou trasy linky, změnou jízdního řádu atd.), dokáže příslušný automatizovaný modelovací systém určit důsledky a dopad takových změn na cestující i provozovatele dopravy. Za tím účelem je ovšem nezbytné mít k dispozici model, který simuluje i chování vlastních uživatelů sítě, tj. cestujících, a ten mu zpravidla umožní vytvořit jiná funkční komponenta daného produktu.

²⁷ http://cs.wikipedia.org/wiki/Po%C4%8D%C3%ADta%C4%8Dov%C3%A1_simulace

²⁸ Např. modely fyzikálních soustav jsou obvykle sestaveny jako soustavy několika diferenciálních rovnic. Ty se využívají i např. v kybernetice nebo elektrotechnice. V jiných oborech pak bývá zkoumaný systém popsán např. diferenciálními rovnicemi, parciálními diferenciálními rovnicemi, stochastickými diferenciálními rovnicemi atd.

²⁹ V průběhu zpracování této práce jsem se setkala např. s matematickými modely identifikace přepravní poptávky, gravitačním modelem rozdělení cest mezi různými dopravními zónami či třeba modelem volby dopravního prostředku.

³⁰ <http://www.cityplan.cz/ptv-vision-64.html> (soubor: ptv_visum_PT_CZ11.pdf)

Pro využití počítačových simulací v dopravě je celá řada důvodů. Především uživatelé umožňují získat řadu důležitých informací dříve, než provede vlastní fyzickou implementaci dopravního řešení v terénu (např. mu pomůže určit potřebný počet přestupů na dané lince či žádoucí frekvenci spojů). Další důvody jsou pak především finanční, časové, bezpečnostní a technologické. Zatímco ve vyspělých evropských státech jsou tyto podpůrné nástroje samozřejmostí, v ČR zatím jejich využívání není tak časté, jak by mělo a mohlo být.

4.3 Možnosti využití automatizované podpory modelování

Komplexní softwarová řešení pro dopravní modelování a zejména pak jejich výstup, funkční dynamický dopravní model, může v praxi vystupovat jako³¹:

4.3.1 Nástroj pro zavedení dlouhodobých dopravních cílů

- Užívá se ho pro tvorbu dopravních strategií i ke stanovení cílů dopravní politiky (např. městských úřadů). Představuje klíčový nástroj plánování dopravy v rozsáhlých městských aglomeracích, jejichž následný rozvoj umožňuje. Poskytuje také podklady a argumenty pro nejrůznější politická rozhodnutí.
- Umožňuje vhodnou formou demonstrovat zpracování a realizaci příslušného dopravního řešení a jeho následnou prezentaci např. za účelem získání státní zakázky ve veřejném výběrovém řízení či finančních prostředků, např. z fondů EU.
- S jeho pomocí lze hodnotit dopady zamýšlených dopravních staveb na jejich bezprostřední okolí, a to ještě před tím, než jsou skutečně fyzicky implementovány v terénu. Napomáhá zvolit neoptimálnější variantu nového řešení problému, včetně volby např. adekvátní strategie dopravní obslužnosti nového objektu.

4.3.2 Nástroj optimalizace

- Umožňuje testovat nejrůznější varianty řešení a vzájemně je porovnávat. Uživatel má často k dispozici variantní řešení problému přehledně uspořádaná v okně aplikace a může mezi nimi plynule přecházet či je vzájemně vizuálně porovnávat.
- Často se jedná o dopravní simulátory, které umožňují uživateli sledovat předpokládaný vývoj daného řešení v určitém časovém horizontu.

³¹ <http://www.pbaprague.cz/cz/omnitrans.php>

- Modely bývají také schopny otestovat reálnost a kvalitu řešení jednotlivých variant, stejně tak zohlednit investiční náročnost daného projektu.
- Samozřejmostí bývá grafické znázornění problémů v dopravní síti. Jedná se o lokalizaci různých úzkých míst průjezdnosti komunikací, které mají tendenci k pravidelnému zahlcování dopravními kongescemi, odkud se pak tyto šíří dále.
- Zpravidla umožňuje paralelně modelovat všechny myslitelné prvky dopravního provozu (automobily, autobusy, tramvaje, metro, cyklisty, pěší, některé produkty pak i např. letadla a vlaky).
- Dokáže testovat a hodnotit dopad potenciálních změn v dopravní síti vzniklých např. v důsledku různých mimořádných událostí, implementace inteligentních dopravních systémů aj. technologických prvků.

4.3.3 Nástroj analýzy a hodnocení efektivnosti

- Je významným podpůrným analytickým nástrojem. Umožňuje např. zpracovat analýzu dopravní obslužnosti a dostupnosti, na jejichž základě je pak možné zavést nové služby v hromadné dopravě, a to v souladu se skutečnou přepravní poptávkou v dané lokalitě.
- Řada produktů v této oblasti také umožňuje uživateli generovat nejrůznější ekonomické a ekologické přehledy, jakož i laikům srozumitelné a snadno prezentovatelné grafické výstupy (ve 2D a 3D grafice, často i celé animace). Jejich samozřejmostí dnes bývá i datová kompatibilita s GIS³².

4.3.4 Nástroj kontroly

- Umožňuje posoudit dopad různých developerských projektů, jak z hlediska dopravní situace, tak i vlivu daného řešení na životní prostředí v dané lokalitě.
- Stejně tak lze s jeho podporou nastavit základní úroveň dopravní infrastruktury a přepravních služeb, které by měly být v dané lokalitě vybudovány a financovány investorem projektu.
- Demonstruje logický přístup k dopravě jako celku.

³² Geografický informační systém (Geographic Information System)

4.3.5 Nástroj řízení dopravní sítě

- Softwarové nástroje se zpravidla využívají jak v režimu off-line, tak on-line.
- Při off-line řízení jich lze využít k testování a ověřování různých situací a scénářů v dopravní síti např. při zablokování komunikace z důvodů oprav, dopravní nehody, ale i mimořádných událostí ve městě, jakými je pořádání masových sportovních a kulturních akcí, výstav, veletrhů atd., kdy velký počet cestujících směřuje v síti v určitém časovém okamžiku jedním směrem. Takové stavy dokáže software řešit např. navržením a integrováním signálních plánů do světelných signalizačních zařízení. Stejně tak bývá model schopen krátkodobé predikce dopravy a rychlé reakce na dopravní situace změnou signálních programů.
- Co se týče on-line řízení dopravní sítě, mají v sobě některé velké softwarové modelovací balíky zahrnuté i funkční moduly určené přímo pro průběžné vyhodnocování dopravních dat vznikajících v reálném provozu. V Praze jsem se však s jejich praktickým využitím nesetkala.

4.4 Význam dat v modelování

Rozhodujícím prvkem kvality budoucího modelu jsou vstupní data, kterými se model plní. Shromažďování adekvátních, úplných a opravdu kvalitních vstupních dat je v české praxi poměrně obtížné. Příprava portfolia dat potřebných pro vytvoření modelu dopravní sítě velkého města může zabrat několik měsíců nebo dokonce i let. Instituce, které se u nás dopravním modelováním zabývají, si zpravidla část relevantních údajů na právním podkladě předávají mezi sebou. Např. Ústav dopravního inženýrství čerpá data z takových externích zdrojů, jako je Český statistický úřad či Ústav pro informace ve vzdělávání.

Část dat si pak obvykle tyto subjekty obstarávají samy, neboť v tomto směru také disponují určitými, byť omezenými, kapacitami (např. mají vlastní útvar zabývající se prováděním a zpracováním dopravních průzkumů). Zbývající potřebná data nelze obvykle získat jinak, než z průzkumů prováděných specializovanými, obvykle soukromými subjekty, kterým tyto instituce zadají příslušné průzkumy ke zpracování na komerční bázi. I tato služba je veřejnou zakázkou přidělovanou na základě výběrového řízení, jejíž realizace je spojena s nemalými náklady. Po shromáždění pak musí být data strukturována do formy vhodné pro vložení do dané počítačové aplikace (např. databázový formát shp).

Jak jsem již zmínila, vlastní sběr dat za účelem tvorby dopravních modelů je činnost časově, finančně i organizačně náročná, obzvláště v českém prostředí. V této souvislosti u

nás v současné době stále chybí centrální informační zdroj, resp. databáze, ve které by byla koncentrována veškerá potřebná dopravní, demografická aj. data, ze které by je následně bylo možné dle potřeby čerpat.

4.4.1 Dopravní průzkumy

Průzkumy představují jeden z nejvýznamnějších zdrojů vstupních dat pro tvorbu dopravních modelů. Využívají se zpravidla pro identifikaci přepravních potřeb obyvatel příslušné lokality. Známe-li přepravní potřeby obyvatelstva, pak můžeme navrhnout nový či optimalizovat stávající dopravní systém (např. substitucí jednotlivých druhů dopravy, úpravou vedení linek či třeba rozsahu a hustoty dopravní sítě), stejně tak zpracovat prognózu předpokládaného vývoje přepravních potřeb obyvatel dané lokality.

R. Štěrba³³ ve svých habilitačních přednáškách věnovaných integrované dopravě vymezuje dva základní metodické postupy, které lze při zjišťování přepravní potřeby uplatnit. Jedná se buď o nepřímé metody (analýza dat a vztahů různých charakteristik příslušných lokalit) nebo přímé metody zjišťování (dopravní a přepravní průzkumy).

Autor připomíná, že při identifikaci přepravních potřeb je nutné kromě těchto průzkumů vycházet také z rozborů a analýz dalších charakteristik obyvatel a návštěvníků dané lokality a jejího charakteru. Jedná se především o údaje o počtu obyvatel, jejich struktuře, rozmístění a životní úrovni, počtu a rozmístění pracovních příležitostí, síti disponibilních dopravních komunikací, rekreačních a kulturních příležitostech, vazbě lokality na její okolí či výkonných ukazatelích dopravy.

Vlastní průzkumy se pak zaměřují na zjištění především těchto údajů³⁴: hybnost obyvatelstva (počet cest na 1 obyvatele za časové období v příslušné dopravní oblasti), zdroje a cíle cest, jejich účel, použité dopravní prostředky, čas uskutečnění cest (lze definovat dopravní špičky či sedla), struktura cestujících (dítě, žák, důchodce atd.) a intenzita přepravního proudu (zatížení daného úseku linky či spoje počtem cestujících v jednom dopravním směru za určitou časovou jednotku). Na jejich základě pak lze v praxi sestavit model přepravních potřeb, resp. pohybu cestujících, zpracovat dopravně inženýrskou prognózu předpokládaného vývoje přepravního chování obyvatel, kvalifikované návrhy změn v příslušném dopravním systému a rozčlenění daného dopravního prostoru či třeba propočty finančních toků odpovídajících příslušné variantě dopravního řešení.

³³ Roman Štěrba, *Integrované řešení dopravní obsluhy území*, kap. 3.1 - Průzkumy, ČVUT, Praha 2004, ISBN 80-01-03067-9

³⁴ Roman Štěrba, *Integrované řešení dopravní obsluhy území*, kap. 3.1 - Průzkumy, ČVUT, Praha 2004, ISBN 80-01-03067-9

4.5 Výběr vhodného modelovacího nástroje

Volba konkrétního modelovacího software je pro organizaci velmi důležitým a do budoucna zavazujícím rozhodnutím. Jednak z hlediska financí, neboť nákup a údržba skutečně kvalitních modelovacích produktů pro organizaci představuje vysoké výdaje v řádu statisíců korun. Dále pak s ohledem na uživatele produktu, který se s ním musí naučit pracovat, zpravidla nejprve díky zaškolení a následně i sám, prostřednictvím on-line podpory, manuálů, helpu a především vlastní praxí. V neposlední řadě je zvolení konkrétního produktu pro organizaci zavazující z hlediska technologického, neboť uživatelé vytvářejí modely určitým způsobem v prostředí určité počítačové aplikace, čemuž také odpovídá forma příslušných výstupů. Přechod k jinému modelovacímu nástroji, včetně převádění dříve vytvořených dopravních modelů mezi různými technologickými prostředními, může být v praxi nesmírně komplikovaný a nákladný.

Distributoři velkých softwarových modelovacích balíčků zpravidla nenutí uživatelskou organizaci nakupovat celý komplexní produkt, ale umožňují jí vybrat si a zakoupit pro ni upotřebitelné dílčí funkční moduly. I ty jsou pak zpravidla funkčně (a tudíž i cenově) diferencovány dle toho, jak velký dopravní model s nimi lze vytvořit (kolik zahrnuje dopravních zón, uzlů, úseků atd.).

Finance samozřejmě představují důležité kritérium výběru produktu. Svou roli v této souvislosti hrají různé cenově zvýhodněné nabídky poskytované producenty software např. institucím realizujícím výzkumnou činnost v oblasti dopravy. Dalším rozhodujícím faktorem pak mohou být reference jiných uživatelů daného produktu.

4.6 Uživatelé modelovacího software

Na tomto místě by bylo vhodné připomenout, kdo vlastně s technologiemi pro podporu dopravního modelování v praxi pracuje. Jedná se především o dopravní inženýry a projektanty, kteří mají pro tvorbu dopravního modelu, byť automatizovaně podpořenou, adekvátní znalosti.

4.7 Komerční softwarové produkty pro podporu dopravy

4.7.1 DYNAMIQ, STAN, EMME

Patrně nejvýznamnějším producentem komplexního software pro oblast modelování dopravy je kanadská firma INRO³⁵. Vyvíjí softwarové balíky, specializované přímo na podporu řízení, plánování a optimalizaci dopravních procesů. Svým zákazníkům nabízí produkty DYNAMIQ, STAN a EMME³⁶, které jsem se rozhodla úvodem představit i přes to, že je v Praze v současné době převážně využíván jiný konkurenční modelovací produkt, a to německý PTV Vision. Produkty firmy INRO u nás nicméně své uživatele mají. Jedním z nich je např. Centrum dopravního výzkumu, které pracuje právě s posledně zmíněným nástrojem EMME. Navíc funkcionalita, a především pak vizualizace výstupů je u velkých špičkových modelovacích produktů různých značek často velmi podobná.

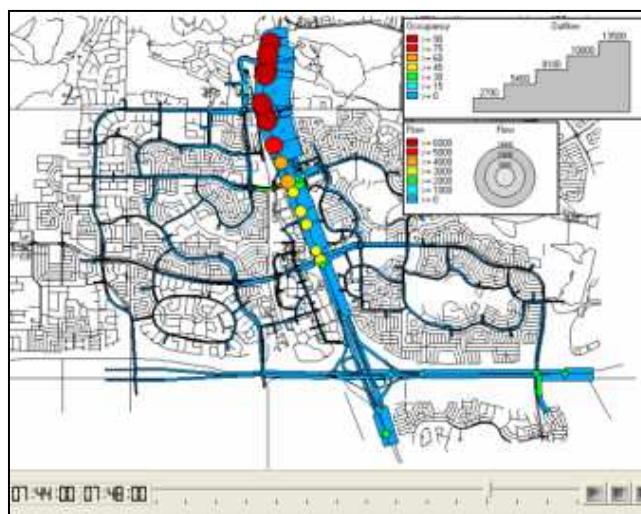
DYNAMIQ³⁷: Jde o software pro dynamické modelování a ohodnocení aktuálních dopravních podmínek při kongescích v rozsáhlých dopravních sítích. Za účelem plánování dopravních toků zohledňuje i vliv přechodných efektů dopravních kongescí a umožňuje tak uživateli dosáhnout v dané síti určité dynamické dopravní rovnováhy. V této souvislosti mu i navrhne optimální řešení problému, založené právě na zmíněném rovnovážném stavu, které je navíc ihned aplikovatelné jako určitá horní hranice výkonnosti dané sítě. Tento simulátor dále umožňuje explicitně vyjádřit podmínky, za kterých kongesce vznikají.

Může se jednat o různé druhy signalizace, úseky komunikace pokryté touto signalizací, o možné konflikty různých druhů vozidel na křižovatkách, jejich vzájemná míjení či daná omezení jejich pohybu např. při odbočování nebo opouštění jízdního pruhu v důsledku platnosti určitých pravidel provozu. Stejně tak lze simulovat další možné šíření kongesce v

³⁵ <http://www.inro.ca/en/index.php>

³⁶ <http://www.inro.ca/en/products/index.php>

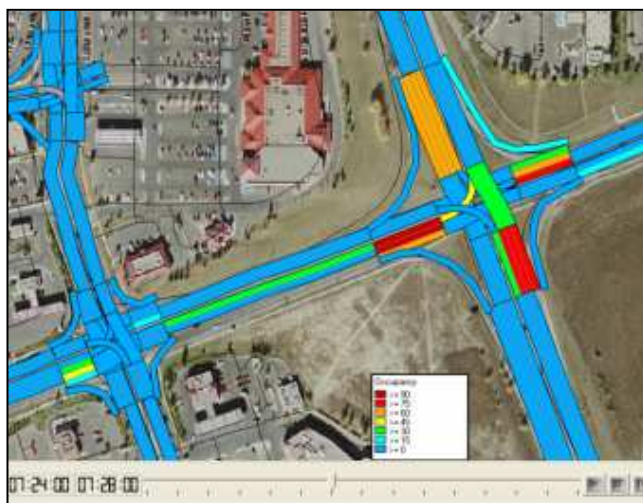
³⁷ <http://www.inro.ca/en/products/dynamiq/index.php>



Obrázek 5: Model dopravní sítě vytvořený v aplikaci Dynamiq

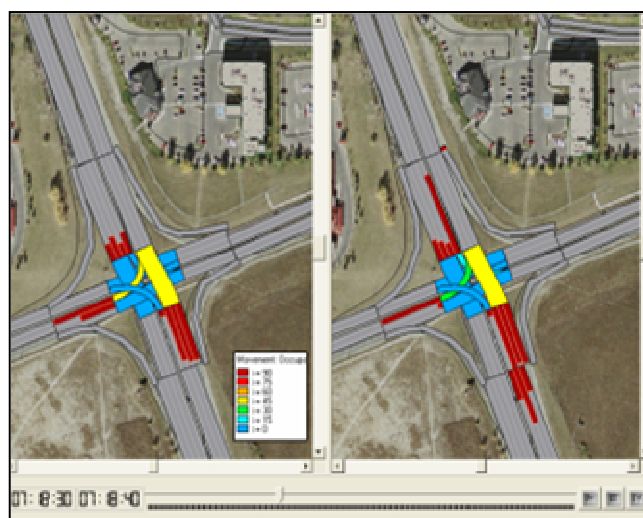
síti. Jeho výhodou je to, že pracuje podstatně rychleji než obdobné tradiční dopravní mikrosimulátory a výstupní informace poskytuje uživateli ve srozumitelné formě. Jakým způsobem je možné pomocí aplikace Dynameq namodelovat dopravní síť a pohyb v ní, je znázorněno na obrázcích.

Barevná škála představuje různou intenzitu obsazenosti, resp. zatížení, příslušného místa v síti. Červenou barvou jsou označeny kritické úseky, kde stojící vozidla vytvářejí fronty. Naopak barvou modrou jsou znázorněny úseky volné, plynule průjezdné. Počítačová animace díky simulovanému virtuálnímu pohybu po síti umožní identifikovat potenciální úzká



Obrázek 6: Simulace pohybu v dopravní síti vytvořená v aplikaci Dynameq

místa a defekty v dopravních tocích a přesně je označit. Každý dopravní pruh i pohyb vozidla může být barevně "zakódovaný" dle jeho obsazenosti, průtoku, hustoty nebo stavu. Produkt rovněž poskytuje řadu nástrojů pro provádění dopravních analýz, které přispívají k odhalení zdrojů kongescí, zejména pomocí srozumitelné vizualizace příslušných dopravních toků a cestovních časů. Stejně tak lze jeho prostřednictvím souběžně porovnávat více alternativních scénářů určitého řešení, resp. jejich dynamické diagramy. Samozřejmostí jsou agregované výstupy dat a různé statistiky pro uživatele. V současné době Dynameq umožňuje namodelovat síť až s 10 000 linkami, 5 000 křižovatkami a 1000 analyzovatelných dopravních zón.



Obrázek 6: Možnost souběžného porovnání různých variant řešení v aplikaci Dynameq

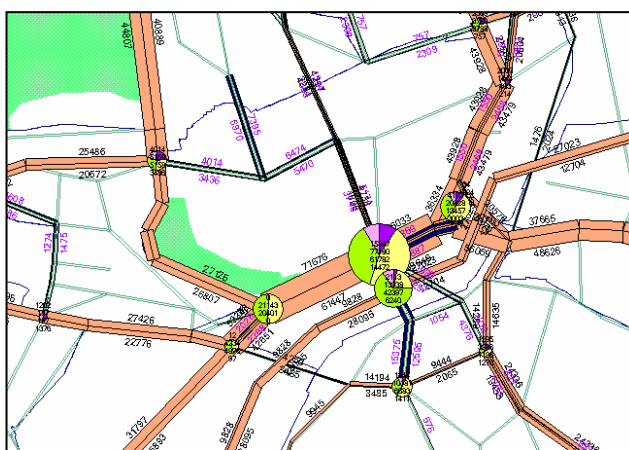
STAN³⁸: Produkt se používá pro strategické plánování a analýzu regionálních nebo národních multimodálních dopravních systémů. Jde o dynamický simulátor, jehož funkcionalita je zaměřena primárně na nákladní dopravu, a proto se mu v tomto textu nebudu dále věnovat.

³⁸ <http://www.inro.ca/en/products/stan/index.php>

EMME³⁹: Jedná se o softwarový balík zaměřený na prognózu přepravní poptávky. Jeho výhradním distributorem pro ČR je maďarská firma Kvantitas⁴⁰ a v praxi jej u nás využívá např. Centrum dopravního výzkumu. V současné době firma distribuuje produkt Emme3, který je inovovanou verzí původního EMME/2, rozšířenou především o nové grafické rozhraní a řadu nových editačních i analytických nástrojů, nových vizualizací, možností integrace s GIS⁴¹ a rozšiřitelnou knihovnou s více než sto dopravně tématickými mapami a grafy. Aplikace využívá řady komponent, která lze přenášet, jako jsou data, modely, mapy či různá makra.

Vstupní data do modelu vkládá především uživatel. V této souvislosti lze rozlišit tři základní typy dat. Jednak jde o parametry vlastní dopravní sítě, kdy je nutno nadefinovat uzly (tzv. "centroidy", které reprezentují v modelu zóny a normální uzly), křižovatky s křižovatkovými pohyby (např. zákaz odbočení, časová penalizace aj.), úseky (délka, rychlost volného proudu, počet pruhů, kapacita aj.), linky MHD (číslo a název, rychlost, interval spoje, doba přerušení jízdy aj.) a úseky linek MHD. Dále se jedná o matice obsahující údaje vztahující se k zónám modelu (např. dopravní produkce zón, tj. počet cest které začínají v dané zóně; dopravní atraktivita zón, tj. počet cest, které končí v dané zóně), socioekonomická data, počet obyvatel, pracovních míst, výměra nákupních středisek atd.). Třetí kategorii vstupů do aplikace pak představují funkce. Uživatel si je musí zadat do modelu sám, s pomocí editoru funkcí. V modelu jich může být až sto. Rozlišuje se 6 typu funkcí, z nichž nejdůležitější jsou: VDF (volume-delay - výpočet cestovního času v závislosti na přiděleném objemu dopravy), TPF (turn-penalty - výpočet zdržení na křižovatkách) a TTF (transit time - výpočet času linek MHD).

V Centru dopravního výzkumu tento software využívají především za účelem hodnocení dopadu implementace určitého dopravního prvku (výstavby nové silnice, nákupního centra, bytové zástavby, zavedení nové linky MHD atd.) jednak na stávající dopravní toky, jednak na výskyt emisí z dopravy. Dále pak pro tvorbu různých výhledových scénářů především dopravního řešení daného



Obrázek 8: Kartogram MHD
vytvořený v aplikaci Emme3

³⁹ <http://www.inro.ca/en/products/emme/index.php>

⁴⁰ <http://kvantitas.hu/>

⁴¹ Geografický informační systém

území. EMME operuje v rámci úrovně makroskopické i mikroskopické. Generovaný model je statický, tj. generuje výstupní hodnoty vždy pro danou časovou jednotku.

Kroky tvorby dopravního modelu v aplikaci EMME jsou obdobné jako v případě dalších níže uvedených nástrojů. Dovolím si je zde nyní uvést v takové podobě, jaké se mi je podařilo získat díky laskavé pomoci pana Mgr. Jiřího Dufka z oddělení modelování dopravy a emisí Centra dopravního výzkumu, který s produktem EMME pracuje:

1. rozdělení modelové oblasti na dopravní zóny
2. vytvoření modelové dopravní sítě v základním scénáři (současný stav)
3. výpočet matic přepravních vztahů (tj. množství dopravy mezi definovanými zónami) s pomocí modelování dopravní poptávky (distribuce cest, gravitační modely ...)
4. zatěžování modelové sítě maticemi přepravních vztahů za účelem výpočtu modelových intenzit dopravy
5. kalibrace modelu na výsledky dopravních průzkumů
6. vytvoření výhledového scénáře X se zahrnutím nových prvků (silnic, linek atd.)
7. výpočet výhledových matic dopravních vztahů (pokud chceme vidět čistý efekt nového opatření tak se tento krok nedělá)
8. zatěžování modelové výhledové sítě současnou nebo výhledovou maticí přepravních vztahů
9. vyhodnocení výsledků, vytvoření kartogramů změn v dopravě vyvolaných daným opatřením
10. vytvoření dalšího výhledového scénáře Y

I v tomto případě platí, že se český uživatel s produktem učí zpravidla sám. Distributorská firma sice nabízí za určitý poplatek příslušné školení v angličtině, to ale probíhá prakticky vždy v zahraničí, většinou v Kanadě nebo USA, někdy také v Evropě. Jeho případné absolvování je tak značně nákladné. Obdobná situace je i s vlastním uživatelským rozhraním aplikace, které je českému uživateli dostupné pouze v anglické verzi. Produkt tak není nijak dodatečně uzpůsoben potřebám českých uživatelů, i tak jimi ale bývá hodnocen jako vynikající, bez výraznějších nedostatků.

Mezi hlavní přínosy vnímané uživatelem patří především možnost modelování dopadů různých opatření na dopravní toky v určité lokalitě, stejně tak možnost vzájemného porovnávání jednotlivých variant řešení. Dále pak univerzálnost modelu pro výpočty na dopravní síti, využitelnost pro výpočty emisí a možnost zadání vlastních emisních faktorů v závislosti na kapacitně závislé rychlosti dopravního proudu. V neposlední řadě pak i

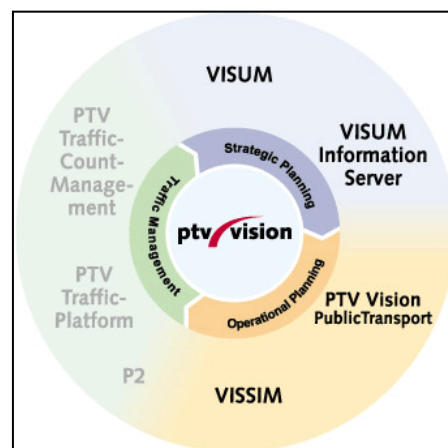
multimodalita modelu umožňující propočítávat dopravní objemy jak automobilové, tak veřejné dopravy. Modely individuální automobilové dopravy i MHD tak lze integrovat v rámci jedné dopravní sítě.

4.7.2 PTV Vision

Modelovací software PTV⁴² Vision od německé firmy PTV AG⁴³ využívá jako podpůrného prostředku pro provádění dopravní analýzy např. Útvar rozvoje hlavního města



Prahy nebo Ústav dopravního inženýrství. Tento software, přesněji některé jeho funkční moduly (VISEM, VISUM a VISSIM), zde využívají již několik let. Výhradním distributorem produktu pro ČR je firma CityPlan⁴⁴ spol. s r.o. I v tomto případě se jedná o komplexní softwarový balík, určený pro podporu plánování a řízení dopravních procesů. Umožňuje uživateli pracovat hned v několika aplikacích (např. ve studii regionálních vazeb, vlivu výstavby nové komunikační sítě, návrhu koncepce řešení hromadné dopravy v území až po prvky řízení dopravy v křižovatkách⁴⁵). Plná verze produktu zahrnuje celou řadu nástrojů. Níže je uvedena charakteristika těchto komponent, detailně jsou pak popsány pouze u nás v praxi užívané moduly.



Obrázek 9: Struktura PTV Vision

VISUM⁴⁶: Software pro plánování a analýzu dopravních sítí. Modeluje paralelně síť hromadné dopravy⁴⁷ a individuální automobilové dopravy⁴⁸, které je možné následně provozovat jako jednu společnou síť (vhodné pro jednodušší modely) nebo odděleně (zohlední se specifika jednotlivých druhů dopravy). Jeho pomocí lze ohodnotit stávající nebo navrhnout zcela novou úroveň hromadné dopravy z pohledu poskytovatele i cestujících. Mohou ho využít jak operátoři, tak dopravní organizace při návrhu a kontrole dopravní infrastruktury. Jako vstup mu slouží data nabídky příslušné dopravní sítě a jízdní řády, na

⁴² čti: "pé-té-fau"

⁴³ <http://www.ptv-vision.com/>

⁴⁴ <http://www.cityplan.cz/>

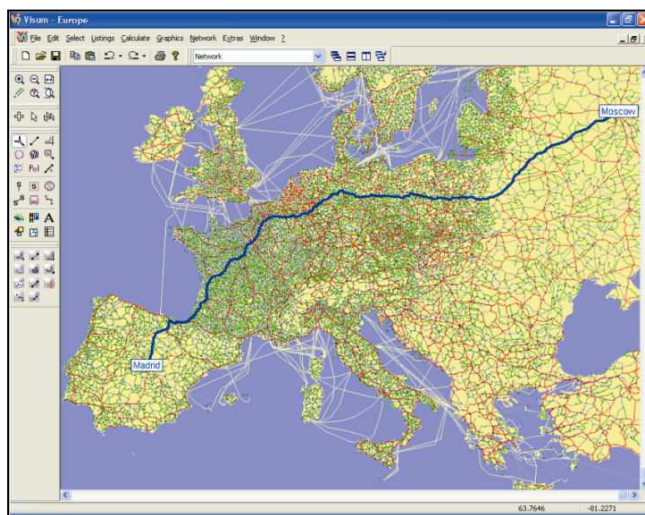
⁴⁵ <http://www.cityplan.cz/ptv-vision-64.html>

⁴⁶ http://www.ptv-vision.com/cgi-bin/traffic/traf_visum.pl + <http://www.cityplan.cz/ptv-vision-64.html> (soubor: ptv_visum_PT_CZ11.pdf)

⁴⁷ V síti **hromadné dopravy** se rozlišují různé druhy dopravních prostředků (max.10), provozovatelé, délky mezistaničních úseků, jízdní doby, zdržení v zastávkách, polohy a názvy zastávek, přestupní vazby, délky a ztráty při přestupech mezi systémy, typy a kapacity vozidel, jízdní řády atd.

⁴⁸ Pro **individuální automobilovou dopravu** se zadávají délky a typy komunikací, kapacita, rychlost, zdržení na křižovatkách, jednosměrnost, přípustné křižovatkové pohyby atd.

jejichž základě kalkuluje ukazatele výkonu systému⁴⁹. Příslušný algoritmus aplikace pak umožní stanovit odhad požadovaného počtu vozidel pro pokrytí daného úseku či sítě. Kombinací údajů o nabídce s daty přepravní poptávky pak VISUM kvantifikuje výkonnost popsanou počtem cest na cestujících a kilometrů na cestujících.



Obrázek 10: Evropská dopravní síť modelovaná v aplikaci VISUM

Umožňuje také propočítávat náklady na provoz konkrétní linky. Za tím účelem rozeznává různé složky nákladů (např. náklady na vozidlo, na personál, pohonné hmoty atd.). Na základě dat o systému jízdného a přepravní poptávce dokáže propočítat i výnosy z prodeje jízdenek (např. průměrný výnos na jednu uskutečněnou cestu). Tyto výstupy generuje jak pro jednotlivé linky, tak celé nabízené přepravní systémy, dílčí provozovatele i různé oblasti působnosti. Lze ho použít k hodnocení kvality služeb nabízených systémem hromadné dopravy a k prověřování možných dopadů změn v síti, které mohou mít vliv na cestující, stejně tak provést porovnání kvality nabízených služeb před a po implementaci určitého opatření. Za tím účelem propočítává klíčové ukazatele přepravních služeb jako jsou územní dostupnost (docházková vzdálenost k zastávce), časové požadavky (doba jízdy, celková doba, cestovní doba), měrovost (počet přestupů a čekací doby na přestupech) a časová dostupnost (frekvence spoje), a to pro různé cílové destinace (např. nádraží či nákupní zóny). Pracuje s několika základními objekty - uzly⁵⁰, úsek⁵¹, zóna⁵², konektor⁵³, impedance křižovatek⁵⁴.

Projektant si nejprve musí pomocí výše uvedených prvků celou dopravní síť vytvořit a zadat potřebné souřadnice všech zastávek a komunikační sítě. Další etapou je pak tvorba tzv. indikátorových matic. Jedná se o matice vzdáleností nebo času (resp. i jiných ukazatelů), a to vždy mezi jednotlivými zónami. Obsahují parametry pro každý jednotlivý vztah zdroj-cíl, rozhodující pro hledání nejlepší cesty. Kombinováním kritérií pro výběr cest s odlišnými

⁴⁹ Ty odrážejí provozní požadavky v prostorových (vozokilometry, osobokilometry) nebo časových jednotkách (doba obsluhy, čas mimo vozovnu).

⁵⁰ **Uzel** je bod na modelové síti, který představuje křižovátku nejméně dvou a maximálně pěti komunikací různých komunikačních systémů (včetně připojovacích a odpojovacích ramp mimoúrovňových křižovatek), zastávku MHD nebo křižovátku komunikací, která je zároveň zastávkou

⁵¹ **Úsek** je spojnice dvou uzlů kopírující trasu modelové sítě. Může být definován pro jeden nebo více dopravních systémů.

⁵² **Zóna** je dílčí plošná jednotka řešeného území s vlastní specifikací, která je zdrojem a cílem přepravních vztahů.

⁵³ **Konektor** je fiktivní spojnice, kterou je každá zóna napojena na modelovou síť prostřednictvím uzlů (tj. místo, ve kterém se zdrojová a cílová doprava vlévá na modelovou síť).

⁵⁴ **Impedance křižovatek** jsou zdržení vozidel projíždějících křižovátkou v různých směrech.

vstupními podmínkami mohou být generovány odlišné indikátorové matice. Tyto matice jsou vstupem pro program VISEM a vytváří se odděleně pro individuální automobilovou dopravu a městskou hromadnou dopravu.

Základní funkcionalitou modulu VISUM je proces přidělování matic přepravních vztahů na modelovou dopravní síť (neboli zatěžování dopravní sítě přepravními vztahy). Získaný výstup poskytuje komplexní obraz o dostupnosti, časových ztrátách, obsazenosti, obratech ve stanicích, vozokilometrech, osobokilometrech a jiných parametrech důležitých pro operativní změny provozovaného systému (výluky, změny linkového vedení a jízdních řádů), tak pro koncepční a systémové změny (prodloužení metra, nové tramvajové tratě, integrovanou dopravu, spolupráci se železnicí aj.). Vstupními informačními zdroji mohou být digitalizované údaje o síti (např. NavTech), informačním systému pro cestující (Hafas, EFA) nebo systémy rozvrhování vozidel⁵⁵.

VISUM InformationServer: Webová aplikace pro elektronické plánování, týmovou spolupráci, řízení a sdílení příslušných modelových dat (po internetu či vnitropodnikové síti) prostřednictvím internetového prohlížeče. Data jsou tak přístupná i osobám, které nedisponují znalostmi pro práci s danou technologií (další projektanti, klienti, investoři, veřejnost). Základními komponentami modulu jsou on-line datové analýzy, procesní optimalizace a účinné plánování procesů. Lze jej použít jako univerzální informační a prognózovací nástroj pro všechny plánované dopravní procesy. Integrovaná datová platforma zpracovává jak data z dopravního modelu, tak data z externích systémů (viz Obrázek 11). Jedná se o přívětivý plánovací a informační systém, který uživateli poskytne vysoce kvalitní podporu pro procesní plánování. Aplikace je dostatečně otevřená a lze ji snadno uzpůsobit dle potřeb konkrétní uživatelské organizace. Data z ní lze navíc bez větších problémů přenášet do dalších systémů, např. různých office aplikací.

VISEM: Znalost přepravní poptávky v rámci příslušné geografické oblasti je základem pro plánování a analyzování dopravních sítí. VISEM je model pro generování matic přepravních vztahů a výpočet dopravního nároku. Zmíněné matice jsou konstruovány pro homogenně se chovající skupiny obyvatel⁵⁶ (účastníků provozu). Pro každou skupinu jsou pak nadefinovány určité řetězce aktivit⁵⁷ (cest) pro ně typických.

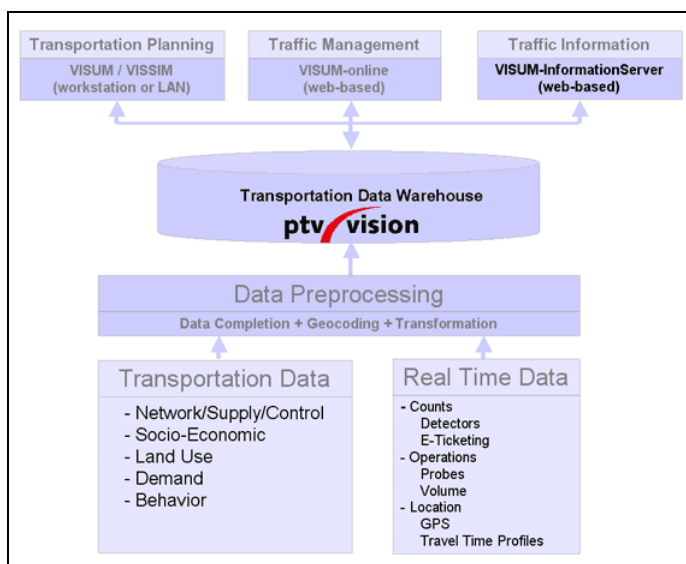
⁵⁵ např. HASTUS, MICROBUS, EPON, INTERPLAN

⁵⁶ Aby mohla být populace určité oblasti analyzována, je rozdělena do zmíněných skupin, které se od sebe odlišují na základě zvyklostí dané populační skupiny ve vztahu k mobilitě. Dělení populace do skupin probíhá na základě kritéria "Profese/Vzdělání/Způsobnost" a "Mobilita" a jedná se o skupiny typu (ne)zaměstnaní s autem, (ne)zaměstnaní bez auta, studenti vysoké školy, žáci základní školy, děti do šesti let atd.

⁵⁷ VISEM je založen na předpokladu, že mobilita vyplývá z aktivit člověka realizovaných mimo jeho bydliště. Rozlišuje aktivity typu: zaměstnání, nákupy, škola (vysoká, střední, základní,...), volnočasové aktivity, bydliště aj., se kterými následně pracuje ve formě řetězců. Ty popisují posloupnost činností člověka v průběhu dne (např. bydliště - zaměstnání - nákupy - bydliště). Pro každý takový řetězec je pak nezbytné určit i četnost, s jakou se v realitě vyskytuje. Tyto sekvence aktivit de facto představují změnu lokalit, mezi kterými se člověk pohybuje a lze je dále rozložit na dílčí cesty (bydliště - zaměstnání; zaměstnání - nákupy; nákupy - bydliště). Odrážejí průměrnou mobilitu člověka a jsou informačním vstupem pro aplikaci VISEM.

Část vstupních dat pro proces výpočtů matic přepravních vztahů programem VISEM jsou matice vzdáleností, časové dostupnosti, matice přestupů, klasifikované matice atd. v příslušných formátech, které program VISEM akceptuje.

Data, která se v reálné dopravní síti vyskytují nejsou statická, ale proměnlivá. Matice je proto nezbytné v čase průběžně udržovat, aby odrážely aktuální dopravní



Obrázek 11: Struktura dat v aplikaci PTV Vision

zvyklosti a chování příslušné populační skupiny. Je-li toto chování ustálené, data o nich jsou tak dlouhodobě stabilní, zůstávají stabilní i matice přepravních vztahů. Dojde-li však k radikální změně⁵⁸, je nutné matice buď upravit nebo ještě častěji vytvořit znovu. Při určování vlastností budoucího dopravního modelu projektant stanoví také určitý uživatelský rozptyl, tj. podrobnost s jakou jej chce vytvořit. Narozdíl od matic dopravní model zpravidla zůstává po delší dobu neměnný, nicméně i on může po delší době pozbyt své aktuálnosti⁵⁹.

Poté, co projektant vytvoří v aplikaci VISUM relevantní modelovou dopravní síť (obvykle buď pro individuální automobilovou nebo hromadnou dopravu), začne do ní přidělovat matice přepravních vztahů, které adekvátně vymezil v aplikaci VISEM⁶⁰. To mu následně umožní propočíst dopravní nároky dané sítě, resp. generovat kartogramy intenzit dopravy. I vlastní zatěžování sítě přepravními vztahy probíhá, po načtení příslušných matic přepravních vztahů, odděleně pro individuální automobilovou dopravu a městskou hromadnou dopravu. Následně pak projektant celý model kalibruje, tedy vyvažuje tak, aby dosáhl určitého optimálního rovnovážného stavu v modelované dopravní síti.

VISSIM⁶¹: Softwarový modul pro multimodální modelování, který uživateli umožňuje provádět mikroskopickou simulaci dopravního toku. Generuje realistický model chování chodců i cyklistů a dokáže velmi přesně simulovat jejich pohyb po městských komunikacích a silnicích synchronně s pohybem motorových vozidel. Veškeré simulace se dají vyexportovat do vhodného datového formátu (např. avi) a jsou uživateli k dispozici pro

⁵⁸ Taková radikální změna nastala v souvislosti s masivní výstavbou velkých nákupních center v našem hlavním městě a jeho blízkém okolí, která způsobila skutečně výrazné změny v nákupním chování Pražanů, a tudíž i jejich pohybu po příslušné dopravní síti.

⁵⁹ např. dojde-li k významné změně v územním plánu příslušné lokality

⁶⁰ Součástí VISEM je i specializovaný program MUULLI, určený pro práci s rozsáhlými maticemi, které umožňuje agregovat, rozšiřovat, násobit a v jednotlivých částech upravovat, filtrovat, zrcadlit, vytvářet maxima a minima a vyrovnávat je.

⁶¹ http://www.ptv-vision.com/cgi-bin/traffic/traf_vissim.pl

potřeby další prezentace. Lze vytvářet 3D, stejně tak 4D animace⁶². Otevřená struktura rozhraní aplikace umožňuje spolupráci s externím software.

V praxi jej lze využít⁶³ např. při zpracování prognózní studie dílčích území, návrhy řízení dopravy na expresních komunikacích, studie městské a příměstské hromadné dopravy, ohodnocení preference městské hromadné dopravy na světelných křižovatkách, návrhy terminálů hromadné dopravy, analýzy železničních přejezdů, studie dopadu na životní prostředí, analýzy inteligentních dopravních systémů či třeba studie letišť. Umožňuje modelovat všechny parametry funkční dopravní sítě, jako např. sklony vozovky, dálniční mimoúrovňové křížení, přípojné úseky, signalizovaná a nesignalizovaná křížení, protisměrná otočení, vyhrazené a smíšené jízdní pruhy, okružní křižovatky či řízení přednosti v jízdě.

Níže uvedená ukázka výstupu produktu dokládá, že lze jeho pomocí namodelovat prakticky veškeré dynamické dopravní situace: pohyb na komplexní křižovatce, na stanici autobusu či podzemní dráhy, schéma pro přednost vozidel hromadné dopravy na kruhovém objezdu, schéma fungování systémů pro řízení dopravního toku a jejich kontrolu, provoz v určených oblastech včetně výskytu všech relevantních uživatelů dané lokality nebo třeba model fungování dynamického navigačního parkovacího systému.



Obrázek 12: Možnosti mikroskopické dopravní simulace v aplikaci VISSIM

Další komponenty PTV Vision: VISEVA - Přepravní poptávka se simultánní volbou cíle, tj. místa určení. INTERPLAN - Grafické plánování a optimalizace jízdních řádů a grafikonů dopravy. INTERPLAN/select - Aplikace pro individuální a dispečerské plánování pro optimalizaci trasy. VISUM-online - Software pro řízení dopravy v reálném čase na dálnicích a silnicích. Traffic engineering workstation SITRAFFIC P2 - Aplikace pro tvorbu signálních plánů izolovaných i koordinovaných křižovatek.

⁶² 4D v sobě kombinují 3D modely se čtvrtým rozměrem, tj. časem a zvyšují tak vizuální realističnost výsledné animace.

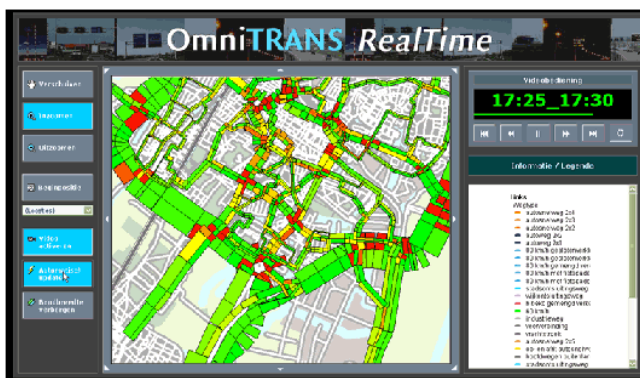
⁶³ <http://www.cityplan.cz/ptv-vision-64.html> (soubor: ptv_vissim_CZ11.pdf)

4.7.3 OmniTRANS

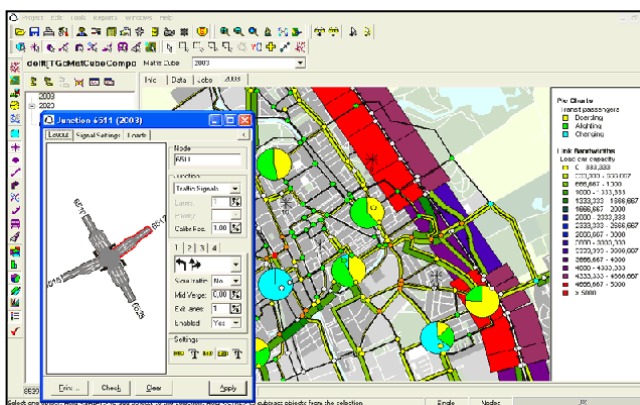
Jedná se o další produkt z kategorie multifunkčních softwarových balíčků pro dopravní modelování a plánování. Jeho distributorem pro ČR je firma PBA International Prague⁶⁴ a na

českém trhu je nabízen necelé dva roky. V Praze jej využívá např. Dopravní fakulta ČVUT. Z mimopražských organizací pak např. Dopravní fakulta Jana Pernera v Pardubicích i řada soukromých firem zaměřených na oblast městského dopravního inženýrství⁶⁵.

OmniTRANS je systém pro konvenční dopravní modelování, jehož prostřednictvím lze paralelně analyzovat a posuzovat prakticky všechny druhy dopravy (automobily, autobusy, metro, cyklisty, pěší). Produkt je otevřený, uživatelsky přívětivý a disponuje vlastním objektově orientovaným programovacím jazykem OJL (OmniTRANS Job Language). Mohou s ním pracovat různé kategorie uživatelů, s různou úrovní znalostí a potřeb: vlastní tvůrci modelu, ale i dopravní analytici a manažeři. Z hlediska funkcionality a možnosti využití aplikace disponuje např. těmito přednostmi⁶⁶: integrované grafické rozhraní pro tvůrce modelu a analytiku, strukturovaná správa multidimenzionálních dat a dopravních informací, rozšířené možnosti pro vývoj modelované situace aj. Dále obsahuje sady pro správu dat, statické a dynamické přidělování (i veřejné) dopravy, modelování dopravních požadavků či datovou výměnu s jinými aplikacemi. Uživatel může s jeho pomocí testovat dopady potenciálně vzniklých změn v dopravní síti, které mohou mít podobu např. určité mimořádné dopravní události (neprůjezdnost komunikace v důsledku dopravní nehody, opravy vozovky, mimořádné akce pořádané ve městě atd.). Stejně tak jej lze využít pro základní posouzení



Obrázek 13: Model městské dopravní sítě vytvořený v aplikaci OmniTRANS



Obrázek 14: Modelování křižovatek v aplikaci OmniTRANS

⁶⁴ <http://www.pbaprague.cz/cz/index.php>

⁶⁵ Např. ostravská firma Udimo, spol.s r.o., se v současné době účastní výběrového řízení na tvorbu dopravního modelu Uherského Hradiště a svou nabídku předložila zpracovanou právě v aplikaci OmniTRANS.

⁶⁶ <http://www.pbaprague.cz/cz/omnitrans.php> ; <http://www.omnitrans-international.com/> ;

vlivu testovaného dopravního řešení na životní prostředí v dané lokalitě, k provádění analýz dopravní dostupnosti a dopravní obslužnosti v určité lokalitě, zavádění nových služeb v hromadné dopravě, dokáže však také generovat nejrůznější ekonomické přehledy a agregované výstupy. Grafické výstupy (např. znázornění určité dopravní situace v síti) jsou samozřejmostí. Data aplikace jsou ukládána do dílčích dimenzí, vytvářený projekt tak získává strukturu, která umožňuje snazší a přehlednější správu informací a výsledků. Systém dokáže rozlišit nejrůznější uživatelem definované parametry, jakými jsou účely cest, druhy použité dopravy, časy cest, využití území a dopravního systému jako hlavní dimenze projektu.

Funkcionalita produktu je velmi široká a v mnohém obdobná jako ve výše uvedených příkladech. Jak jsem již zmínila, nejedná se o produkt, který by byl v současné době v relevantních pražských institucích využíván a jeho charakteristice se proto nebudu dále věnovat. Případného zájemce o detailní informace o tomto produktu tak odkazuji na webové stránky distributorské firmy PBA International Prague.

4.7.4 DHV QUESTOR, GETRAM, AUTO

Firma **DVH CR**⁶⁷ poskytuje konzultace a realizuje projekty v oblastech životního prostředí, dopravy a infrastruktury, regionálního rozvoje, resp. prostorového plánování, investičního poradenství a rozvoje lidských zdrojů. Patří u nás mezi největší firmy v oboru multidisciplinárního poradenství. Mezi její zákazníky patří z orgánů státní správy např. různá česká ministerstva, Fond národního majetku, CzechInvest, Úřad Vlády ČR, Státní fond životního prostředí, dále pak různé orgány regionální samosprávy (všechny kraje) a prakticky všechna velká města ČR. Řada zákazníků je pak také ze soukromého sektoru.

V oblasti dopravy a dopravní infrastruktury firma nabízí celou řadu služeb: zpracování dopravních průzkumů, prognóz dopravního zatížení komunikací, makroskopické modelování dopravy, dopravně inženýrské posouzení pomocí dynamické mikroskopické simulace, posouzení komunikací a křižovatek z hlediska kapacity, bezpečnosti a plynulosti silničního provozu, optimalizaci veřejné dopravy, návrhy integrovaných i inteligentních dopravních systémů aj. Při jejich realizaci firma využívá těchto technologií:

DHV QUESTOR⁶⁸: Jde o multimodální model pro dopravní prognózy, který lze využít pro dopravní studie na úrovni města, regionu i celého státu. I tento nástroj pro makroskopické modelování pracuje s maticemi přepravních vztahů a pomocí zatěžovacího modelu propočítává intenzity zatížení dopravních sítí. Uživatel má mimo jiné možnost využít

⁶⁷ <http://www.dhv.cz/article.asp?id=18>

⁶⁸ <http://www.dhv.cz/article.asp?id=99>

techniku zatěžování sítí, vyvinutou speciálně v DHV, která bere v úvahu odpor křižovatek a jejímž prostřednictvím lze získat výsledky s podrobností úrovně dílčích křižovatek. Lze volit mezi multimodálním a jednoduchým (pro auta, cyklisty nebo veřejnou dopravu) použitím modelu. Uživatel sestaví model, program pak provede potřebné výpočty a analýzy. Aplikace běží v dnes notoricky známém prostředí Windows a uživatel tak pracuje se standardními ovládacími prvky.

Vstupní data (socioekonomická, ze sčítání atd.) aplikace získává z relační databáze, která poskytuje při tvorbě modelu uživateli výhodu neomezeného počtu cílových bodů, úseků, uzlů, zastávek a linek MHD. Databáze může být přímo použita v GIS (např. ESRI ArcGis, GIS Grass) či v externích aplikacích pro další analýzu. QUESTOR umožňuje vytvořit model garantující vysokou kvalitu výpočtů a grafické prezentace s parametry až 2 500 cílových bodů, 200 000 uzlů a 100 000 úseků. Model přímo komunikuje s dynamickým mikrosimulačním programem AIMSUN2 (viz níže) a programem SENSOR, určeným pro analýzu zatížení životního prostředí vlivem dopravy.

GETRAM⁶⁹: Jedná se o software pro mikroskopické modelování, který se skládá ze dvou částí: programu pro mikroskopickou simulaci dopravy AIMSUN 2 a editoru komunikační sítě TEDI.

AIMSUN2 umožňuje uživateli provádět mikroskopickou dynamickou simulaci dopravy. Tím, že uživatel nadefinuje pro každý příslušný typ vozidla adekvátní parametry, může dosáhnout shodné skladby dopravního proudu jako v reálném provozu. Stejně tak může v rámci jednoho typu vozidel (osobní, lehká/těžká nákladní, autobusy atd.) dosáhnout rozmanitosti výskytu vozidel podle jejich provozně technických vlastností⁷⁰, ale i chování řidičů⁷¹. Uživatel si také volí čas, v rámci kterého má simulace probíhat. Rychlost simulace může být reálná nebo zrychlená. Simulováno je chování každého vozidla. Optimální trasa vozidla je hodnocena v každém simulačním kroku z pohledu řidiče vzhledem k aktuální dopravní situaci v projížděném místě (volba trasy dle časové náročnosti, řazení do pruhů, vliv kongescí, zdržení na



Obrázek 15: Mikrosimulace v aplikaci AIMSUN

⁶⁹ <http://www.dhv.cz/article.asp?id=125>

⁷⁰ Rozměry vozidla, rychlost, zrychlení, brzdné vlastnosti atd.

⁷¹ Míra dodržování předepsané rychlosti, dodržování odstupů od vozidla, jejich trpělivost atd.

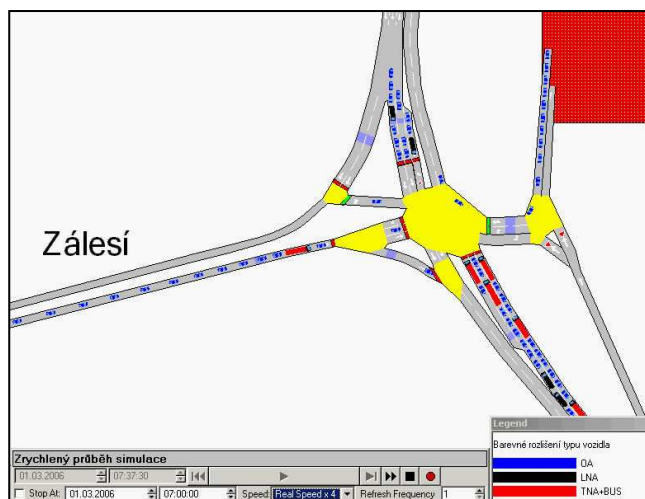
světlech atd.). Počty vozidel na jednotlivých relacích jsou definovány maticemi přepravních vztahů pro libovolný počet časových intervalů a typů vozidel. Datové dopravně inženýrské výstupy je možné doplnit vizuálními výstupy ve 2D či 3D grafice.

TEDI je grafický editor pro tvorbu komunikační sítě funkčně navázaný na zmíněný AIMSUN2. Editace geometrie sítě v rozlišení jednoho metru je umožněna prostřednictvím podpory zobrazení pozadí typu DXF, TIF ale i JPG, BMP s nastavením měřítka. Komunikační síť je možné zadat do nejmenších detailů řadících a připojovacích pruhů, vstupních a výstupních ramp, statické a dynamické světelné signalizace (dle aktuálních signálních plánů) a statického a proměnného dopravního značení.

Elementy dopravní sítě⁷² je možné ohodnotit mnohými charakteristikami⁷³. Na libovolném úseku komunikace je možné vyhradit pruh pro speciální druh vozidla, např. pro vozidla městské hromadné dopravy, zásahová vozidla atd. Dopravní vztahy a skladba dopravních proudů se zadávají prostřednictvím matic pro každý druh vozidla s různými časovými variacemi intenzit. Systém hromadné dopravy včetně trasování linek a zastávek je možné vytvořit spolu s aktuálními jízdními řady, pro specifický vozový park s konkrétními jízdními vlastnostmi vozidel vozového parku.

Systém AUTO⁷⁴: Pomocí tohoto nástroje lze provádět prognózu dopravy a zatěžování dopravních sítí automobilovou dopravou. Základní funkční strukturu produktu lze definovat těmito komponentami: Prognóza (provádí výpočty dopravních objemů a vztahů), Zatěžování (provádí výpočty zatížení na úsecích a křižovatkách zpracovávané sítě) a Grafika (zajišťuje přípravu dat pro grafické výstupy).

Jedná se o ryze český software pro makroskopické modelování, jehož autorem je Ing. Miroslav Fuchs, který také vlastní veškerá autorská práva. Tento nástroj je u nás užíván dopravními inženýry více než 10 let. V současné době již v organizacích víceméně slouží jako určitý modelovací doplněk, neboť již není delší dobu rozvíjen a jeho uživatelé tak pracují s jeho starší verzí. Stále ho však v praxi používá celá řada institucí po celé republice. Právě



Obrázek 16: Mikroskopické posouzení dopravního omezení v aplikaci AIMSUN

⁷² Tj. úseky, křižovatky, vstupy na síť.

⁷³ Může jít o sklon vozovky, rychlost při odbočení, rozhledovou vzdálenost aj.

⁷⁴ <http://www.dhv.cz/article.asp?id=124>

těmto firmám DHV, které má v současné době výhradní práva k jeho distribuci a správě, pomáhá modely v něm vytvořené udržovat, eventuálně převést do technologicky modernějšího modelovacího prostředí.

DHVBus⁷⁵: Softwarový balík pro analýzy veřejné dopravní obslužnosti, který si firma DHV vyvíjí sama. Nalézá uplatnění zejména při zpracování studií dopravní obslužnosti v určitých krajích. Umožňuje provádět analýzu dat z elektronických odbavovacích strojků, jízdních řádů, statistických údajů o městech a obcích a doplňujících dopravních průzkumů. V Praze se v současné době nevyužívá.

4.7.5 IDOS, SOCRET, INISS, PARIS

Softwarové aplikace firmy **CHAPS**⁷⁶ **spol. s r.o.** zde uvádím více méně pro úplnost. Jedná se o firmu, která se zabývá tvorbou specializovaného dopravního software na zakázku zaměřeného na problematiku optimalizace vedení linek, tvorby jízdních řádů⁷⁷, oběhu dopravních prostředků, dopravní obslužnosti, informačních systémů pro cestující, pokladních systémů aj. Nejedná se tedy o nástroje určené pro dopravní modelování, ale spíš určitou automatizovanou podporu řízení a plánování dopravy.

Uvádím ji zde proto, že je tvůrcem a správcem hned několika podpůrných softwarových nástrojů v organizaci ROPID i v Dopravním podniku hl.m.Prahy. Speciálně pro tyto instituce vyvinula systém pro automatizovanou podporu generování a správu jízdních řádů a zpracování dopravních průzkumů. Mezi další zákazníky firmy patří České dráhy, a.s., ČD-Telematika, a.s., ČSAD SVT Praha s.r.o. aj. V rámci své běžné komerční nabídky pak firma poskytuje tyto technologie:

IDOS⁷⁸: Jedná se o programové vybavení umožňující prohlížení a vyhledávání informací o dopravním spojení vlakem, autobusem, letadlem a městskou hromadnou dopravou jak samostatně, tak jejich vzájemným propojením v kombinaci případných přestupů. České veřejnosti je tento produkt již delší dobu dobře známý. IDOS na internetu je v současné době jedna z nejvyužívanějších informačních služeb v prostředí českého internetu⁷⁹. U vybraných vlakových spojení pak umožňuje provést předrezervaci místenky, lehátka či lůžka, případně zjistit polohu vlaku (zpoždění). Vyskytuje se i ve verzi pro mobilní

⁷⁵ <http://www.dhv.cz/article.asp?id=93>

⁷⁶ <http://www.chaps.cz/>

⁷⁷ Firma Chaps je v souladu se zákonem o silniční dopravě je od 26.10.2001 pověřena Ministerstvem dopravy ČR vedením **Celostátního informačního systému** o jízdních řádech veřejné linkové osobní dopravy .

⁷⁸ <http://www.chaps.cz/idos.asp>

⁷⁹ <http://www.idos.cz>

telefony. Informace jsou podávány také hlasovou formou, po zavolání na některou z dále uvedených telefonních linek.

SOCRET⁸⁰: Software pro automatizovanou tvorbu a správu jízdních řádů pro veřejnou dopravu osob, především pro systémy městské a příměstské dopravy. Umožňuje zpracování jízdních řádů v grafickém nebo alfanumerickém prostředí, vyhodnocení sestavených jízdních řádů, vyhotovení výstupů jízdních řádů do prostředí MS Excel umožňujících přizpůsobení specifickým požadavkům a elektronickou distribuci, vyhotovení provozně-ekonomických sestav dle konkrétních požadavků klienta, automatizovaný export dat do informačních systémů ve vozidlech dopravce, pro cestující aj. Umožňuje sestavení plánu dopravy pro jeden i více druhů dopravy, sledování kvality navrženého časového plánu ve vztahu ke koordinaci linek jednoho či více druhů doprav v uzlech a na úsecích dopravní sítě.

INISS⁸¹ je audio-vizuální systém sloužící k informování cestujících a zaměstnanců ve stanicích o pravidelné veřejné osobní dopravě a mimořádných událostech v dopravním provozu⁸². Poskytuje informace o příjezdech a odjezdech, o zpoždění vlaků či autobusů, o obsazení kolejí a nástupišť apod., dále pak dopravní informace navazujících dopravních systémů (např. o městské hromadné dopravě) a různé doplňkové informace. Skládá se z centrální řídicí jednotky, zobrazovací tabule, audiovýstupu a programového vybavení.

PARIS⁸³: Prodejní a rezervační informační systém pro odbavování cestujících, který byl vyvinut speciálně pro potřeby Českých drah. Umožňuje vydávání drážních jízdenek vnitrostátní a mezinárodní dopravy, rezervaci jízdenek, vyhledávání v jízdních řádech, vyhledávání spojení na základě vydané jízdenky, vydání jízdenky pro vyhledané spojení, správu záznamů o vydaných jízdenkách aj. služby v této oblasti.

4.7.6 Software pro hodnocení vlivu dopravy na okolí

Většina z uvedených modelovacích produktů v určitém, byť alespoň minimálním rozsahu, umožňuje uživateli souběžně s realizací příslušného dopravního projektu, generovat i určité ekologické zhodnocení dopadu daného řešení na životní prostředí v dané lokalitě, a to zejména z hlediska emisí a hluku. Nicméně k tomuto účelu se praxi využívají i speciální k tomu určené nástroje⁸⁴. Ke své práci je využívají některá oddělení a odbory životního

⁸⁰ <http://www.chaps.cz/socret.asp>

⁸¹ <http://www.chaps.cz/iniss.asp>

⁸² V našem hlavním městě je implementován např. v železničních stanicích Praha Masarykovo nádraží, Praha Holešovice, Praha Smíchov nebo v železniční stanici Praha Libeň s napojením do Sazka Areny .

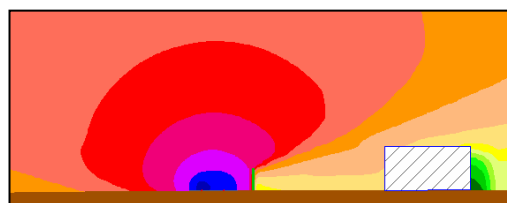
⁸³ <http://www.chaps.cz/paris.asp>

⁸⁴ Mezi známější pak patří např. i Aeolius či model Atem.

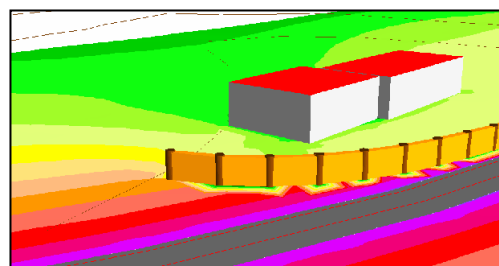
prostředí v příslušných institucích, dále pak i specializované profesionální firmy, které příslušná hodnocení a studie zpracovávají na zakázku pro své klienty, veřejné i soukromé.

Do této kategorie spadají i produkty, které u nás distribuuje firma **SYMOS s.r.o.**⁸⁵. Některé z nich jsou využívány např. v Centru dopravního výzkumu či na pražském magistrátu. Technologie této firmy jsou orientovány primárně jako podpora pro oblast stavebnictví. Jedná se o komplexní CAD řešení ve 3D grafice pro rekonstrukce a dopravní projekty v městských aglomeracích. Jejich uživateli jsou především různé projektové, investorské a dodavatelské organizace jak u nás, tak i v zahraničí. Pro účel této práce jsou relevantní zejména jejich produkty pro zpracování studií vlivu hluku a emisí ze silniční, železniční, letištní dopravy a z průmyslu, pro výpočet vnitřního průmyslového hluku, pro zpracování hlukových map (plánů) měst a hlavních komunikací.

Pod obchodní značkou **SoundPLAN**⁸⁶ SYMOS nabízí komplexní systém pro zpracování hlukových, emisních a rozdílových map a studií, stejně tak pro projektovou přípravu dopravních a průmyslových staveb. Umožňuje provádět výpočet optimalizace protihlukových stěn, dimenzování oken, výpočet hlukových plánů pro velká města, počet zasažených obyvatel, sdílený výpočet na více počítačích najednou atd. Výhodou je, že veškeré produkty jsou lokalizované, uzpůsobené tuzemským podmínkám a omezením, zároveň však i požadavkům zákazníků. Uživateli poskytuje různé náhledy (řezy), perspektivy a vizualizace. Výstupy dokáže generovat ve 2D i 3D grafice.



Obrázek 18: Účinek protihlukové stěny modelovaný v aplikaci SoundPLAN (2D)



Obrázek 17: Účinek protihlukové stěny modelovaný v aplikaci SoundPLAN (3D)

Jiným zajímavým produktem, který firma na český trh dodává, je **Strab VR**⁸⁷, software pro vizualizaci a animaci dopravních, stavebních aj. projektů. Produkt dokáže vytvářet virtuální realitu z 3D ploch, resp. z dat, AutoCADu (viz příslušná subkapitola). Jeho pomocí tak lze namodelovat různé průlety a procházky ještě nerealizovanými stavbami komunikací, mostů, tunelů s reálným zobrazením již existujících částí, ale i budov, aut, lidí či okolní vegetace. Princip fungování aplikace je demonstrován níže (viz Obrázek 19).

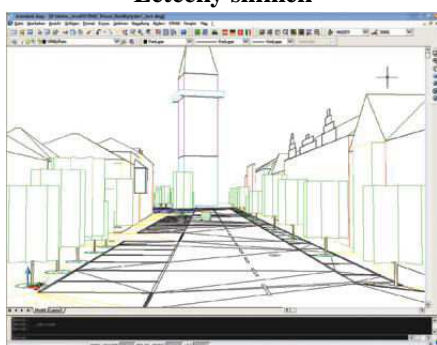
⁸⁵ <http://www.symos.cz/>

⁸⁶ http://www.symos.cz/produkty/hluk_a_imise.htm

⁸⁷ <http://www.symos.cz/produkty/vizualizace.htm>



Letecký snímek



AutoCAD polohopisný plán

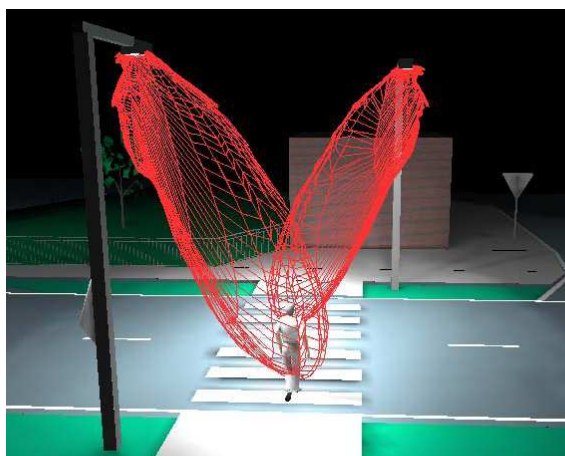


Fotografie



Obrázek 19: Finální 3D výstup z aplikace StrabVR

Přínos vizualizace je zřejmý - veškeré projekty, jejich řešení a výstupy jsou pro netechnickou veřejnost, např. některé zákazníky, mnohem snáze prezentovatelné a pochopitelné. Tyto technologie hrají svou roli např. i při zajištění bezpečnosti dopravního provozu, kdy lze jejich pomocí demonstrovat a zhodnotit dopad implementace určitého technického prvku, např. světelné signalizace, dopravních značek, informačních návěstí, osvětlovací soustavy atd., na rizikových místech komunikace, např. na přechodu pro chodce (viz Obrázek 20).



Obrázek 20: Vizualizace efektu osvětlení přechodu pro chodce

5. Doprava v Praze

Jak jsem již uvedla v úvodu své práce, představují automatizované prostředky pro podporu plánování, řízení a optimalizace dopravy významný nástroj zefektivnění fungování určitého městského dopravního systému. Ten pražský se v současné době potýká s celou řadou problémů. Za účelem úplnosti i aktuálnosti zpracovávané problematiky jsem se rozhodla výše uvedenou část své práce, pojednávající o dopravním modelování, doplnit o základní charakteristiku systému pražské městské hromadné dopravy (dále jen MHD) jako dominantní složky městské dopravy a dále pak o určitou analýzu celkového současného stavu dopravy v Praze.

5.1 Účel městské hromadné dopravy

Jejím účelem je realizovat hromadnou přepravu osob, a to zejména mezi třemi funkčními složkami území: bydlištěm, pracovištěm a místy občanské vybavenosti (školy, instituce, obchody, restaurace, zdravotnická zařízení aj.). Hromadná doprava vykazuje oproti jiným dopravním systémům řadu specifických charakteristik (jejím prostřednictvím se přepravují pouze lidé, nikoliv náklad, je realizována k tomu určenými dopravními prostředky, poskytuje služby v pravidelných intervalech, dle jízdního řádu, a to obvykle celodenně, jízdné se stanovuje dle pevných tarifů atd.). Z hlediska optimalizace pražského systému dopravy je důležité, že představuje hlavní alternativu individuální automobilové dopravy, která je jednou z příčin současného zahlcení pražských ulic.

5.2 Charakteristiky městské hromadné dopravy

Za účelem poznání a hodnocení systému MHD je nezbytné se seznámit se základními ukazateli a charakteristikami jeho fungování. Jde především o tyto ukazatele⁸⁸:

- **Hybnost obyvatelstva v prostředcích MHD:** je vyjádřena počtem cest za časovou jednotku (počet cest/den, rok).
- **Přepravní kapacita:** vyjadřuje schopnost přepravit určité množství cestujících v daném směru traťového úseku.
- **Obsaditelnost:** vyjadřuje, kolik osob je schopen daný prostředek přepravit.

⁸⁸ Kočárková D., Slabý P., Kocourek J., Jacura M. Základy dopravního inženýrství, kap 6 - MHD. Praha: ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03022-9

- **Obsazenost:** vyjadřuje počet cestujících, kteří se v daném čase nacházejí v dopravním prostředku.
- **Interval:** časový odstup mezi jednotlivými spoji, a to buď linkový, tj. časový interval mezi projetím souprav stejné linky, nebo traťový, tj. časový interval mezi projetím na jedné trati bez linkové příslušnosti.
- **Propustnost:** maximální počet vozidel, která mohou za jednotku času projet v jednom směru.
- **Jízdní rychlost:** rychlost jízdy vozidla MHD zahrnující i doby zastavení nebo stání v souvislosti s pohybem dopravního proudu; nezahrnuje dobu zastávky.
- **Cestovní rychlost:** podíl ujeté vzdálenosti a hrubé jízdní doby při jízdě mezi dvěma určenými místy tratě MHD.
- **Oběžná rychlost:** podíl ujeté vzdálenosti a oběžné doby při jednom oběhu linky, je přímo závislá na cestovní rychlosti a nepřímo na době stání na konečných zastávkách.

Mezi hlavní hodnocené aspekty kvality MHD pak patří její časová dostupnost, interval, cestovní rychlost, pravidelnost, spolehlivost, bezpečnost, pohodlí v dopravním prostředku a na zastávce, ceny za dopravu a způsob odbavování.

5.3 *Hlavní druhy pražské hromadné dopravy*

V Praze se využívá především metro, autobusy, tramvaje a v menší míře i železnice.

Metro: Ze všech druhů pražské MHD umožňuje dosáhnout nejvyšší kvalitativní úrovně přepravy. Jeho výstavba i provoz jsou finančně, organizačně i časově velmi náročné. Buduje se obvykle pouze v aglomeracích s více než 1 milionem obyvatel, kde je zaručeno, že jednotlivé zátěžové proudy v dopravní špičce dosahují hodnot 20-30 tisíc cestujících za hodinu v jednom směru. Vyznačuje se vysokou cestovní rychlostí i přepravní kapacitou. Provozovatelem metra, jehož výstavba byla původně zahájena jako projekt podpovrchové tramvaje, je pražský Dopravní podnik. Většina jeho stanic je přístupná i osobám se sníženou možností pohybu či orientace.

Autobusy: Ačkoliv metro bývá označováno za páteř systému pražské MHD, zůstává zde nejrozšířenějším dopravním prostředkem stále autobus. Významnou výhodou autobusové dopravy je to, že pro její provoz není třeba budovat žádné tratě, neboť autobusy se pohybují po již existujících běžných komunikacích. Finančně náročné je však pořízení samotných vozidel. Zároveň se jedná o nejméně ekologický prostředek MHD (netýká se moderních

hybridních autobusů), vyznačující se relativně malou přepravní kapacitou i rychlostí. Velká část pražských autobusů je koncipována jako nízkopodlažní.

Tramvaje⁸⁹: Jedná se o zástupce kolejové dopravy, přepravující cestující po povrchu pozemní komunikace, která je součástí městské komunikace, obvykle ulice. Tramvajové vozy⁹⁰ mají relativně vysokou životnost. Jejich provoz je považován za jeden z nejekologičtějších, neboť je hnaný pomocí elektrické trakce. Budování nových tramvajových tratí je finančně i časově náročné.

Železnice: Na rozdíl od jiných vyspělých zemí Evropy zůstává železnice z hlediska intenzity využití v rámci pražského městského dopravního systému stále poměrně okrajová. A to i přes to, že se České dráhy v poslední době snaží přicházet s určitými inovacemi svých služeb. Takovým rozšířením nabídky je např. provozování aglomerační železnice Esko - "Spojení pro město"⁹¹.

5.4 Porovnání MHD a individuální automobilové dopravy

- **Výhody MHD pro uživatele:** cestovní rychlost, vysoká četnost spojů, relativně nízké náklady (jízdné), sociální kontakt, nízké riziko vzniku dopravní nehody
- **Nevýhody MHD pro uživatele:** malý komfort, malá atraktivita i časová flexibilita (noční výluky), riziko incidentů (např. kriminálního charakteru)
- **Výhody automobilu pro uživatele:** rychlost (při průjezdných komunikacích), časová i prostorová flexibilita, vysoká míra mobility, cestovní komfort
- **Nevýhody automobilu pro uživatele:** vysoké provozní náklady, časové zdržení v důsledku dopravních kongescí, riziko dopravní nehody, stresová zátěž, sociální izolace

⁸⁹ Jejich předvojem byla pražská koňka, provozovaná Anglicko-českou tramwayovou společností v letech 1875 až 1905.

⁹⁰ Autorem "tradičního" modelu pražské tramvaje T3 je konstruktér František Kardaus. V současné době je vozový park rozšiřován o nové bezbariérové modely.

⁹¹ Jedná se o systém linek příměstských a městských osobních vlaků, který funguje od konce roku 2007. Jeho cílem je umožnit snadné spojení mezi Středočeským krajem a hlavním městem Prahou. Na základě spolupráce ČD, pražského Dopravního podniku, organizace Ropid a Středočeského kraje je za tím účelem provozováno 11 vlakových linek napojených prostřednictvím přestupních uzlů na pražskou městskou a příměstskou hromadnou dopravu.

5.5 *Dopady dopravních kongescí*

Hodnocení vlivu na životní prostředí je neopomenutelnou součástí celkového hodnocení kvality systému hromadné dopravy. Negativních faktorů, vyvolaných vysokou mírou užívání (nejen osobních) automobilů, ale částečně i některých prostředků hromadné dopravy v rámci městské aglomerace, je celá řada. Mezi nejčastěji uváděné patří tyto: dopad na životní prostředí, omezení volného prostoru, stres (sociální konflikt), nehodovost, energetická náročnost.

Znečištění ovzduší: Problémy se znečištěním životního prostředí sužují Prahu již od 60. let minulého století. Zatímco v 80. letech bylo špatné pražské ovzduší generováno především neregulovanou průmyslovou výrobou, v současné době je hlavním viníkem bezesporu automobilová doprava, která je dominantním producentem prachu, emisí oxidů dusíku a řady dalších škodlivin. Pražské centrum dnes v tomto ohledu vykazuje nejvyšší koncentrace NO_x v ČR. K vytváření smogového oparu v hlavním městě navíc přispívá i samotný terén pražské kotliny, v rámci kterého se mohou nahromaděné škodliviny jen velmi obtížně rozptýlovat. Koncentrace těchto látek v pražském ovzduší pak samozřejmě nepoškozuje pouze zdraví obyvatel a pravidelných návštěvníků města (nárůst počtu alergiků a astmatiků), ale má dopad i na stav městské zeleně a fauny, městské zástavby atd.

Hlukové znečištění (akustické klima): Intenzita hluku a vibrací, vznikajících při provozu dopravního prostředku, záleží na celé řadě faktorů - typu vozidla, rychlosti jízdy, kvalitě trati, po které se pohybuje, jeho konstrukci, technickém stavu atd. Je velice nepříjemným důsledkem provozu nejen automobilové dopravy, ale i prostředků pozemní hromadné dopravy (tramvaje, autobusy). Znepříjemňuje pohyb chodců po pražských ulicích a vytváří výrazně stresové prostředí. V naší metropoli se, bohužel, stal nadměrný hluk všudypřítomnou samozřejmostí. Stejně, jako v případě znečištěného ovzduší, i v tomto směru je Praha považována za nejvíce postižený region ČR. Nadmíra hluku způsobuje nejen poškození sluchu, ale i psychiky obyvatel města, neboť jde o jeden z významných stresových faktorů, negativně zasahující vnímání obyvatel i atmosféru samotného města. I zde je hlavním původcem pozemní doprava, která generuje přibližně 90% celkového hlukové zátěže v Praze. Vlastní "sociální hluk", generovaný samotnými lidmi v rušných částech města, se tak vedle něj stává prakticky zanedbatelný. Vibrace navíc narušují i statiku budov a historických objektů, které je pak nutno s velkými náklady rekonstruovat.

Omezení volného prostoru: Zábor volného místa je kupodivu jedním z nejméně diskutovaných dopadů vysoké míry automobilismu. Přitom se s ním jako obyvatelé velkoměsta setkáváme prakticky denně. Právo zaparkovat si auto na veřejném prostranství se

u nás již celá dlouhá desetiletí považuje za něco samozřejmého a nezpochybnitelného. Navíc i lidé, kteří neholdují automobilismu, si už na danou skutečnost tak zvykli, že jim často ani nedochází, že každá jejich cesta do práce, s dětmi do školy, na nákup či úřad je od momentu, kdy opustí své domovy, vlastně jedno velké vyhýbání se, ať už jedoucím, či parkujícím vozidlům. Jak neuvěřitelně velké množství volného místa auta zabírají si uvědomíme možná tak 1 - 2 x do roka, když se v místě našeho bydliště čistí komunikace a tamní majitelé jsou, byť na krátkou dobu, donuceni svá vozidla z ulice odklidit. Teprve pak začneme pořádně vnímat, jak naše okolí skutečně vypadá a jaký byl původní vizuální záměr architekta.

5.6 Příčiny nepříznivé dopravní situace v Praze

Na současné špatné situaci v našem hlavním městě se podílí celá řada skutečností. Za hlavní z nich by bylo možné vymezit tyto:

5.6.1 Funkční přetíženost městského centra

Projevy: V pražském centru je koncentrována drtivá většina celoměstských funkcí (sídla firem, administrativní komplexy, státní orgány, školy, knihovny, kulturní instituce aj.), stejně tak nadregionálních funkcí; dochází zde k významnému turistickému přetížení pražského historického jádra; rozdílná atraktivita jednotlivých území.

Možné řešení: Cílený systematický přechod od monocentrického k polycentrickému uspořádání města; rovnoměrné rozptýlení celoměstských funkcí po lokalitě; vytěsnění maximálně možného množství aktivit z centra, obzvláště historické části; rozšiřování turistických tras i do jeho jiných částí lokality, což umožní odlehčit přetíženému historickému jádru; obslužné funkce dané lokality zanechávat v ní; vyžadovat, aby nezbytná obsluha a zásobování vybraných částí centrální oblasti města byly zajišťovány pouze v časově vymezených vhodných obdobích dne, a to ekologicky přijatelnými vozidly.

5.6.2 Nedostatečná podpora integrovaného systému městské dopravy

Příznaky: Způsobuje jeho nízkou výkonnost, spolehlivost i bezpečnost; stávající systém stále významně přispívá ke znečištění životního prostředí; část potřebné infrastruktury zde nadále chybí; využití stávajících systémů a kapacit dopravní infrastruktury není zcela uspokojivě optimalizováno; potřeba modernizace.

Možné řešení: Systematicky jej rozvíjet, zvyšovat jeho kvalitu i konkurenceschopnost vůči automobilismu; omezit úroveň i způsob užívání automobilů v městském centru; vytvářet podmínky k plné integraci dílčích druhů dopravy a dosáhnout tak úrovně infrastruktury srovnatelné s vyspělými evropskými městy.

5.6.3 Absence adekvátní motivace

Příznaky: Uživatelé osobních automobilů nejsou ze strany pražského magistrátu, Dopravního podniku ani dalších subjektů dostatečně motivováni k využívání systému hromadné dopravy; v této oblasti zcela chybí propagace; nízká míra společenské i občanské uvědomělosti, stejně tak povědomí Pražanů i návštěvníků Prahy o dopadech jejich individuálních dopravních aktivit na rozvoj celého města a kvalitu života v něm; ignorování veřejného zájmu společnosti; absence potřebného patriotismu i angažovanosti nejširší veřejnosti; zanedbatelná podpora osvětových akcí typu Den bez aut⁹².

Možné řešení: Větší angažovanost příslušných orgánů; otevřená a kvalitní komunikace s veřejností; zvýhodňování ekologicky šetrných dopravních prostředků; omezení rychlosti ve vybraných zónách; zvýšení informovanosti; větší zapojení veřejnosti do plánování a řešení problémů města, stejně tak její výchova ve vztahu ke společenské odpovědnosti jednotlivce a seznámení s praktickými dopady jeho počínání.

5.6.4 Neefektivnost stávajícího dopravního systému

Příznaky: Prahou stále projíždí enormní množství vozidel, jejichž cíl je mimo tuto lokalitu, neboť hlavní dopravní tepna (Severojižní magistrála) vede v důsledku nevhodného architektonického řešení, vzniklého v 70.-80. letech minulého století, prakticky přímo středem města; nejvíce zatěžující je tranzit těžké kamionové dopravy uvnitř silničního okruhu a těžké nákladní dopravy uvnitř městského okruhu.

Možné řešení: Zásah do stávajícího systému, který umožní odklonění dopravy z města na okruhy⁹³, především dobudování obchvatu za účelem zajištění objízdne komunikační trasy kolem Prahy, jejíž součástí budou stávající a některé nové úseky silničního a městského okruhu, Vysočanské a Štěrboholské radiály; město by mělo pokračovat ve

⁹² Je pořádán u příležitosti Evropského týdne mobility ve městech členských států EU.

⁹³ **Pražský okruh** (resp. rychlostní silnice R1, silniční vnější rychlostní okruh): Vychází z něj papsřitě většina českých dálnic a rychlostních silnic. Po dobudování by měl tvořit vnější obchvat Prahy, jehož účelem je z území města odvést těžkou tranzitní dopravu. Dostavba je plánována na rok 2014. **Pražský městský okruh:** Má charakter rychlostní místní komunikace. Je určený k objíždění městského centra. Zatím je vybudován zhruba z poloviny. Výstavba je zajišťována z finančních prostředků hl.m. Prahy. (zdroj: http://cs.wikipedia.org/wiki/S%C3%AD%C5%A5_pozemn%C3%ADch_komunikac%C3%AD_v_Praze)

spolupráci se státem na vybudování silničního okruhu jako pražské komunikační objízdné trasy sloužící k ochraně místních komunikací ve městě; v koordinaci s tím zajistit etapovou výstavbu městského okruhu jako klíčového prvku hlavní uliční sítě pro převedení podstatné části vnitroměstské automobilové dopravy po obvodu centrální části Prahy; s ohledem na omezené možnosti území na okraji centrální části města pojmout kapacitní komunikaci není možné městský okruh dimenzovat pouze podle nároků dopravy⁹⁴.

5.6.5 Zastaralá a neúplná dopravní i technická infrastruktura

Příznaky: Vyznačuje se vysokou energetickou spotřebou; je kapacitně nedostatečná pro absorpci masivního nárůstu automobilového provozu; v důsledku přetížení kolabuje; nedostatečně podporuje fungování a rozvoj města; je nespolehlivá, neekologická a málo efektivní.

Možné řešení: Systematické budování, rozvoj a provoz dopravní i technické infrastruktury; zlepšení je možné jen na základě masivních finančních investic a fundované strategie rozvoje.

5.6.6 Masivní rozvoj automobilismu

Příznaky: Nadužívání automobilů⁹⁵; absence efektivního systému redukujícího automobilovou dopravu v městském centru; preference před vozidly hromadné dopravy; zábor volného prostoru; zhoršení životního prostředí; málo pěších zón; omezení prostoru využitelného pro pěší, absence možnosti využívat celou šíři komunikace pro tento účel; absence cyklistických tras, malá podpora cykloturistiky a jiných obdobných volnočasových aktivit..

Možné řešení: "Dát přednost lidem", tj. vytvoření příznivých podmínek pro pěší a cyklisty; vyšší míra realizace pěších zón i obytných ulic; oddělování hlavních pěších tras od kapacitní automobilové dopravy; regulace výskytu automobilů v pražských ulicích s tím, že míra této regulace by měla narůstat úměrně směrem k centru; nezvyšovat stávající kapacity automobilových tras vedoucích do území uvnitř městského okruhu; implementace

⁹⁴ http://www.magistrat.praha-mesto.cz/files/=30603/cz_8.pdf

⁹⁵ Počet aut na českých silnicích loni stoupl o 171 tis. na 4,28 mil. Vozový park mírně zestárl na 13,93 roku. Lidé si loni v Česku poprvé zaregistrovali 132 542 nových aut a 212 864 ojetin, zhruba 174 tis. aut mělo být naopak z provozu vyřazeno. Průměrné stáří osobních aut se blíží rekordním hodnotám z druhé poloviny 90. let, kdy se pohybovalo kolem 14,3 roku. Počet užitkových aut vzrostl o téměř 69 tis. na 562 tis. vozů s průměrným stářím 10,2 roku. Největší nárůst byl v kategorii malých užitkových aut, kam spadá i část upravených osobních aut. Loni v registru vozidel přibýlo 85 autobusů a jejich celkový počet se tak zvýšil na 20 416. Průměrné stáří vozů se pohybovalo kolem 14,63 roku. Celkem bylo v ČR koncem roku 2007 registrováno 6,8 mil. vozidel všech kategorií, což je o 316 tis. více než v roce 2006. (článek Přibýlo aut, Logistika, 02/2008, str. 6)

podpůrných programů typu "Okruhy slouží a chrání"; omezení průjezdu automobilů napříč centrem; aplikace mytného systému a různých (nejen) finančních stimulů i sankcí za účelem regulace chování osob cestujících po Praze; rozšíření placených parkovacích zón; preference automobilů s ekologickým provozem; rozšíření odstavných parkovišť typu "P+R" a jejich provázanost s integrovaným systémem hromadné dopravy.

5.7 *Stavební boom*

Příznaky: Neustálé rozrůstání se města (především městských předměstí), stejně tak jeho okolí o nové (nejen) bytové komplexy a kolonie rodinných domů, často v lokalitách bez potřebné občanské vybavenosti a napojení na síť veřejné dopravy, lidé pak musí za potřebnými službami dojíždět osobními automobily; vysoká koncentrace obyvatelstva; masivní příliv nových obyvatel do hlavního města a jeho blízkého okolí pak představuje dodatečnou zátěž pro již tak nadmíru vytížený dopravní systém.

Možné řešení: Důsledná a nekompromisní regulace nové výstavby ze strany státu; tvůrci stavebních projektů budou ve svých návrzích více nuceni počítat s využitím systému hromadné dopravy osob, eventuálně přesunou své projekty do lokalit, kde je tento systém již implementován nebo se s jeho zavedením v nejbližší době počítá; hledání inspirace v alternativních urbanistických koncepcích typu "carfree"; pečlivější zvažování zásahů do krajiny i provádění změn v rámci územního plánu hlavního města.

5.8 *Rozvojové projekty hl.m.Prahy*

K řešení části problémů hlavního města by měly do budoucna přispět některé rozvojové projekty⁹⁶, zpracovávané Útvarem rozvoje hl.m. Prahy, příspěvkové organizace zřízené pražským magistrátem, s jejichž realizací se v nejbližších letech počítá. V této souvislosti má značný význam Strategický plán hl.m. Prahy⁹⁷. Bývá zpracován odborem strategické koncepce Útvoru rozvoje hl.m. Prahy a následně schvalován Zastupitelstvem hl.m. Prahy. Úspěšnost jeho naplnění je každoročně zhodnocována prostřednictvím monitorovací zprávy o naplňování strategické koncepce hl.m.Prahy. Stejně tak je vlastní dokument průběžně aktualizován. Jedna z kapitol tohoto dokumentu je věnována přímo rozvoji dopravy v hlavním městě.

⁹⁶ <http://www.magistrat.praha-mesto.cz/Uzemni-planovani-a-rozvoj/Rozvojove-projekty/Strategicky-plan>

⁹⁷ Jedná se o dlouhodobý koncepční dokument, stanovující cíle, priority a postupy řešení nejrůznějších strategických otázek rozvoje hlavního města, a to z hlediska časového horizontu 15-20 let.

6. Možné způsoby zkvalitnění dopravy v Praze

6.1 Zkvalitnění systému MHD ze strany pražského Dopravního podniku

System hromadné dopravy v naší metropoli je relativně kvalitní, rychlý a provozně spolehlivý. Chybí mu však atraktivita a komfort, tedy vlastnosti, které vyhledávají pravidelní uživatelé osobních automobilů. Je asi zbytečné si dělat iluze o tom, že by se městská hromadná doprava v této oblasti někdy vyrovnala osobním automobilům. To ostatně ani není jejím prvotním posláním. Její prioritou vždy bude kvalitně a za nákladově efektivních podmínek přepravit velké množství platících pasažérů. Přesto však existuje celá řada opatření, která by mohla pohodlí cestujících výrazně zvýšit. Jako pravidelný uživatel systému pražské hromadné dopravy se domnívám, že by Dopravní podnik měl zlepšit kvalitu svých služeb zejména v těchto oblastech: bezpečnost při cestování, vyloučení černých pasažérů z přepravy a kvalita údržby vozidel.

Nízká míra zajištění bezpečnosti cestujících ve vztahu k různým nečekaným incidentům kriminálního (krádeže, fyzické napadení) a jiného charakteru (srdeční kolaps některého z cestujících) je z mého pohledu tím nejvíce absentujícím prvkem fungování městského hromadného dopravního systému. Např. pražskému metru v tomto směru naprosto chybí adekvátní prostředky, jejichž pomocí by si mohli cestující v určitém stavu nouze snadno a rychle přivolat kompetentní pomoc. Mám tím namysli nejrozumnější výstražná technologická zařízení, umístěná v jednotlivých dopravních prostředcích a prostorách, ale i kompetentní a ochotný personál, hlídající městské strážníky či třeba členy najatých bezpečnostních agentur, kteří by byli permanentně k dispozici např. na nástupištích a dle potřeby poskytli cestujícím pomoc nebo alespoň poradili. Pro případ nepříjemných situací jsou však tuzemští i zahraniční uživatelé pražské hromadné dopravy stále většinou odkázáni sami na sebe, respektive na pomoc a solidaritu svých spolucestujících.

Dalším významným problémem je absence efektivního systému, který by umožnil vyloučit z přepravy černé pasažéry. Odhaduje se, že pražský Dopravní podnik ročně přepraví asi 70 milionů černých pasažérů, čímž přichází přibližně o 1,4 miliardy korun z jízdného. Současný kontrolní systém je založen na principu náhodné kontroly cestujících prováděné revizory. Tito pracovníci za loňský rok zkontrolovali necelých 260 tisíc cestujících, zatímco jich bylo přepraveno přibližně 1,2 miliardy. Z těchto údajů je jasné, že stávající systém nedosahuje požadovaného efektu. Již celé roky je v tomto ohledu Dopravní podnik neuvěřitelně benevolentní. Přesněji řečeno se jeho benevolence vztahuje pouze na zmíněné

černé pasažéry, sankcionované směšně nízkými pokutami, nikoliv však na platící uživatele systému.

Stále častěji začínají právem nespokojení platící cestující volat po navrácení takových technických prvků, jakými byly turnikety v pražském metru v počátcích jeho zprovoznění. Často v této souvislosti zaznívají protiargumenty, že zavedení takových prvků by bylo drahé, jejich fungování technicky náročné. Navíc by zdržovaly provoz a cestující obtěžovaly. K tomu lze dodat snad jediné - není důvod se domnívat, že to, co je dobré pro řadu jiných významných evropských metropolí (Paříž, Londýn atd.), není dost dobré pro nás. Navíc efekt zavedení takových regulativních opatření by byl nepochybně dvojitý. Kromě radikálního zvýšení počtu platících cestujících by bylo možné kromě černých pasažérů přirozeně vyloučit z přepravy i osoby, které svou asociálností znepříjemňují cestování všem ostatním. Také nemůže být pochyb o tom, že by dané opatření významně posílilo i bezpečnost v pražském systému hromadné dopravy.

Z hlediska cestovní komfortu je nezanedbatelnou komponentou hromadné dopravy i kvalita údržby vozového parku. Vozový park užívaný v rámci systému pražské městské a příměstské dopravy je kvalitní a rozsáhlý. Žádnému pravidelnému uživateli tohoto systému však nemohlo uniknout, že dopravní prostředky, nasazované na pravidelné linky, byť technologicky moderně řešené, bývají čím dál, tím častěji zdemolované nebo minimálně vizuálně znehodnocené zásahy vandalů. Děje se tak v důsledku nedostatečné ochrany dopravních prostředků jednak při samotném provozu (zejména v nočních hodinách), především pak v dopravních terminálech a vozovnách. Pokud je majitel např. osobního automobilu v hodnotě několika stovek tisíc ochoten vynaložit nemalé náklady na jeho zabezpečení např. tím, že jej umístí do placené garáže nebo na hlídané parkoviště, je zajímavé, že se nevyplatí pražskému Dopravnímu podniku investovat do dokonalého zabezpečení vozidel v hodnotě stovek milionů, ne-li miliard korun. Zejména vozové soupravy pražského metra a tramvají jsou v tomto směru velmi tvrdě zasaženy a jízda s nimi je pro cestující zbytečně traumatizujícím zážitkem. Kvalitní údržbu prostředků pražské hromadné dopravy pak může také znesnadňovat jejich nevhodné vybavení. Jedná se o takové prvky, jakými jsou např. čalouněné sedačky, které na rozdíl od hladkých plastových sedadel neumožňují potřebnou hygienickou údržbu. V současné době na ně cestující, bohužel, narazí jak v pražském metru, tak v autobusech i tramvajích.

6.2 Vyloučení zbytné dopravy

Má-li pražský dopravní systém fungovat efektivně, je nezbytné z něj vyloučit, resp. alespoň minimalizovat, každou dopravu, která je pro území našeho hlavního města nežádoucí. Obecně lze v této souvislosti vymezit tři základní stupně zbytné dopravy⁹⁸:

1. stupeň

Charakteristika: Doprava nemá v daném území ani zdroj/začátek, ani cíl/konec.

Příklad: Centrum města slouží dopravním prostředkům pouze pro průjezd.

Řešení: Odklon dopravního proudu mimo kritické území.

2. stupeň

Charakteristika: Doprava má v daném území buď svůj zdroj/začátek nebo cíl/konec, který je však nevhodně umístěn.

Příklad: Parkovací plocha v centru města namísto odstavného parkoviště na jeho okraji. Obdobným problémem může být např. i nevhodná lokace průmyslového areálu, vyžadujícího intenzivní dopravní obsluhu.

Řešení: Přesun nevhodně umístěného zdroje/cíle mimo kritické území a následný odklon dopravního proudu.

3. stupeň

Charakteristika: Cíl dopravy je vhodně i funkčně umístěn, ale je ho dosahováno prostřednictvím nevhodného dopravního prostředku.

Příklad: Současná situace v našem hlavním městě - kongesce v důsledku nadužívání automobilů pro pohyb po centru v kombinaci s absencí potřebných regulujících opatření pro omezení množství vjíždějících vozidel.

Řešení: Poskytnutí kvalitního alternativního dopravního prostředku s paralelním omezením vjezdu nežádoucích dopravních prostředků do kritického území.

6.3 Implementace ISO norem

Ke zvyšování kvality v městské hromadné dopravě může významně napomoci i implementace příslušných ISO norem. Pro danou oblast je přímo určen standard ČSN EN

⁹⁸ Kočárková D., Slabý P., Kocourek J., Jacura M. Základy dopravního inženýrství. Praha: ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03022-9

13816 Doprava – Logistika a služby – Veřejná přeprava osob – Definice jakosti služby, cíle a měření. Někdy se též hovoří o Systému řízení v oblasti veřejné přepravy osob (European Transportation Standard), podporující řízení kvality v dané oblasti.

Součástí realizace zmíněného systému je mimo jiné i pravidelné zjišťování spokojenosti cestujících s poskytovanými službami. Zpravidla se tak děje prostřednictvím nejrůznějších anket⁹⁹, realizovaných např. na bázi sčítacích lístků či v elektronické podobě zpřístupněné na webových stránkách Dopravního podniku. Jedinou zatím certifikovanou částí systému pražské MHD je trasa metra C, která je certifikována dle ČSN ISO 9001:2001. V zájmu zvýšení kvality poskytovaných služeb by bylo samozřejmě vhodné dosáhnout certifikace pro co největší část celého systému.

6.4 Využití nových technologií

Ke zvýšení atraktivity a efektivnosti pražského systému městské hromadné dopravy může přispět také implementace zcela nových nebo již v praxi osvědčených koncepcí a technologií. V této části práce bych ráda upozornila na některé zajímavosti v oblasti městské hromadné dopravy, které by mohly být využitelné i pro naše hlavní město.

6.4.1 AutoTram

Jedna z technických novinek v oblasti konstrukce prostředků hromadné dopravy pochází z dílny koncernu Siemens AG, který jej vyvinul ve spolupráci s německým Fraunhofer Institutem pro dopravní a infrastrukturní systémy. Jedná se o hospodárnou a zároveň ekologickou kombinaci kloubového autobusu a tramvaje. AutoTram¹⁰⁰, jak je toto nové hybridní vozidlo nazýváno, se pohybuje



Obrázek 21: AutoTram

po pneumatikách, jako klasický autobus, ale je řízeno elektronickými senzory. Jde však zároveň také o tramvaj pohybující se po "virtuálních" kolejích, neboť řidiči navíc při vedení vozidla po komunikaci pomáhají optické systémy. Ten samozřejmě může do automaticky

⁹⁹ Jejich prostřednictvím se uživatelé systému mohou vyjádřit, zda cestují daným druhem dopravy rádi/nerádi, jak často, jak jsou spokojeni s prací a chováním revizorů, s chováním zaměstnanců a obslužného personálu, se způsobem poskytování informací při mimořádných dopravních situacích, s funkčností bezbariérových zařízení, zda mají zkušenosti s nedodržováním časových intervalů, stávajícího jízdního řádu atd.

¹⁰⁰ článek "Ekologická městská doprava v Drážďanech" - periodikum Technický týdeník 11/2006, strana 13

vedené jízdy vozidla dle potřeby zasahovat volantem i brzděním. Výhodou stroje je to, že ke svému pohybu nepotřebuje žádné koleje a není tedy třeba pro jeho zavedení rozkopávat ulice, stejně tak ani venkovní sběrače elektrické energie.

Mělo by být poháněno elektromotory¹⁰¹, napájenými z bloku vodíkových palivových článků s tím, že hlavní část brzděné energie je spotřebována na razantní rozjezd vozidla, energie setrvačníku mu pak má vystačit k autonomnímu dojezdu až do vzdálenosti 4 km. Celkové provozní náklady vozidla by mohly být, ve srovnání s "klasickými" prostředky, o 30 až 50% nižší. V nejbližší době bude vozidlo nasazeno do reálného provozu nejprve v Drážďanech, dle úspěchu pak i v dalších německých městech. Mělo by být kompromisním způsobem pro dopravní pokrytí oblastí, které jsou hustě obydlené, ale ne natolik, aby se zde vyplatilo budovat např. metro.

6.4.2 Bus Rapid Transit (systém rychlé přepravy)

Bus Rapid Transit¹⁰² je jednou z koncepcí řešení městské hromadné dopravy. Jedná se o systém, který může být použit v nejrůznějších lokalitách, tj. velkých i malých městech.

Hlavními prvky systému jsou především komfortní autobusy, časté odjezdy, kvalitní informovanost cestujících a dostatečná mobilita, podporovaná samostatnými jízdními pruhy. Navíc jde o řešení ekologické. Jeho výhodou, obzvláště ve srovnání s kolejevoými vozidly, jsou relativně nižší pořizovací



Obrázek 22: Bus Rapid Transit

investice i provozní náklady. Nevýhodou pak může být nižší přepravní kapacita, která by však mohla být kompenzována vyšší frekvencí odjezdů. Klíčovým prvkem je zmíněný vyhrazený jízdni pruh (viz Obrázek 22), vozidlo se tak může po komunikaci pohybovat mnohem rychleji, a to především ve srovnání s běžnými autobusovými spoji. Plně fungující BRT systém by tak údajně mohl být svou výkonností srovnatelný i s metrem. Samotná vozidla mají být konstruována jako nízkopodlažní s plošinami v každých dveřích, což umožní do vozidla rychle nastupovat i vystupovat. Bude tak zachován plynulý pohyb cestujících i minimalizována doba potřebná pro zdržení vozidla na zastávce. Jejich technické řešení navíc počítá i s možností alternativního umístění dveří, dle přání zákazníka.

¹⁰¹ V porovnání s klasickým vznětovým motorem přináší hybridní technologie až 30% úsporu paliva, o 90 % nižší emise pevných částic a o 40 % nižší emise oxidů dusíku. Největším producentem hybridních dopravních prostředků je v současnosti koncern Daimler (článek Hybridní autobusy v kurzu, Logistika, 02/2008, str. 71)

¹⁰² BRT = rychlá doprava autobusem; zdroj: článek BUS RAPID TRANSIT je budoucností městské dopravy, Dopravní noviny 09/2007, strana 17

V oblasti rozvoje zmíněného projektu se angažuje především společnost Volvo Bus Corporation, která je v současnosti jedním z největších výrobců autobusů BRT. Dalším významným producentem je pak Mercedes-Benz se svým modelem Mercedes-Benz Capacity. Je velmi pravděpodobné, že právě autobusy s alternativním pohonem a na nich založený systém BRT se stanou klíčovým prvkem budoucích účelně integrovaných systémů veřejné hromadné dopravy¹⁰³.

6.4.3 Touch & Travel

Experiment Touch & Travel¹⁰⁴ by měl cestujícím přinést novou možnost rychle a jednoduše hradit jízdné v dopravních prostředcích, a to prostřednictvím mobilního telefonu



Obrázek 23: Bezdotykový terminál systému Touch & Travel

(viz Obrázek 23). Mezi jeho evropské průkopníky patří mobilní operátor Vodafone a sousední Deutsche Bahn AG, ty také koncem minulého roku zahájily jeho zkušební provoz. Počítá se s tím, že nový způsob platby pokryje veškerou veřejnou dopravu v Berlíně a jeho okolí, stejně tak i některá železniční spojení. Osobní telefon plní cestujícímu funkci jakési digitální jízdenky, kterou může uplatnit ve všech veřejných dopravních prostředcích. Omezením systému by mohlo být to, že může spolupracovat pouze s vybranými modely telefonů od americké Motoroly. Ty budou vybaveny komunikačním bezdrátovým čipem NFC firmy NXP, který je dnes standardem pro čipy ve veřejné dopravě. Úspěšně je tato technologie k danému účelu využívána např. v mobilních telefonech v Japonsku nebo v Londýně, kde je čip zabudovaný v samostatných kartách.

Cestující se po vstupu do dopravního prostředku (do určených prostor, na nástupiště, zastávku atd.) pomocí telefonu a příslušného čtecího zařízení zaregistruje, při výstupu pak odhlásí. K úhradě jízdného nepotřebuje žádný dodatečný doklad. Veškeré informace o jeho pohybu se nejprve ukládají na SIM kartě jeho telefonu, následně jsou odeslány ke zpracování do počítačové centrály mobilní sítě. Účet za použití prostředků hromadné dopravy je uživateli vystavován zpravidla měsíčně. Jedná se o systém, který by mohl při úspěšném provozu významně ušetřit výdaje na infrastrukturu a mohl by se v brzké době stát technologickým platebním standardem pro celou Evropu¹⁰⁵.

¹⁰³ článek Mobilita pro budoucnost, časopis Logistika 01/2008, strana 43

¹⁰⁴ článek "Mobil jako jízdenka", časopis Logistika 04/2007, strana 26

¹⁰⁵ Využívání bezkontaktní technologie se postupně začíná prosazovat i u nás. Např. firma MasterCard Worldwide uzavřela z kraje letošního roku dohodu s Global Payments Europe o implementaci bezkontaktní technologie MasterCard PayPass v ČR. Ta umožňuje platby prostřednictvím platebních karet, lze ji však zabudovat i do mobilního telefonu, hodinek, přívěsku na klíče atd. Platba se realizuje rychle a

Moderní technologie odbavovacích systémů nacházejí v oblasti veřejné přepravy osob široké uplatnění. V Praze, na rozdíl od jiných evropských, ale i českých měst (např. Pardubice), za tímto účelem, bohužel, využívány nejsou.

6.4.4 Carfree Cities

Řešení problematické dopravní situace se nemusí vždy vyskytovat jen v oblasti vlastní dopravy. Svědčí o tom i jeden z urbanistických projektů, který si klade za cíl zlepšit současnou dopravní situaci ve velkých městech. Nese název Carfree Cities¹⁰⁶ (Města bez aut) a jeho autorem je J.H.Crawford, americký publicista a odborník na rozvoj měst dle principu udržitelného rozvoje. Přestože se ve vztahu k této koncepci objevují četné kritiky, zejména bývá napadána pro svou údajnou nereálnost a radikalitu, stojí dle mého názoru minimálně za povšimnutí. Crawfordova myšlenka je jasná: vyloučit automobily z městských aglomerací.

Crawford ve své práci uznává smysluplnost využívání automobilů, ale především v malých městech a na venkově, kde lidé nemají možnost žádného jiného alternativního způsobu přemístění. Nikoliv však ve velkoměstech. Poukazuje na skutečnost, jak velká města masivně ustupují automobilismu, rozšiřují dopravní kapacity komunikací, a to na úkor jiných způsobů užitečného využití městského prostoru: *"Města se nafukují, polykají příměstské a venkovské oblasti. Jejich obrovská a rozptýlená podoba ale znamená delší zásobovací cesty, delší cestování za prací či zábavou do center, a tedy více aut."*

Autor zastává názor, že možným řešením současné dopravní krize ve městech je promyšlený a komfortní systém veřejné hromadné dopravy a zásobování, kombinovaný se zahušťováním nově vznikající urbanistické struktury. Pokud bychom byli schopni odstranit z určitého města využívání automobilů, mohlo by se toto město zmenšit na mnohem kompaktnější celek, který by bylo možné snáze, s nižší kapacitní i energetickou náročností dopravně obsloužit. Jedná se tedy o přesný opak toho, co právě prožívají evropská velkoměsta, tj. neustálé rozrůstání se předměstí. Účelu "carfree" se samozřejmě musí uzpůsobit i charakter zástavby dané oblasti. Počítá se např. s výstavbou domů ne vyšších než čtyřpatrových, u kterých ještě není třeba budovat výtah .

Crawford tvrdí, že je primárně nezbytné začít významně investovat do infrastruktury, hlavně do výstavby metra, tramvajových linek a zásobovacích systémů. Jakmile bude město

snadno pouhým přiložením karty ke speciální čtečce. U nákupů v hodnotě nižší než 500 Kč není vyžadován ani podpis držitele karty. PayPass je vhodný pro místa, kde je důležitá rychlost, např. ve fast foodech, trafikách, parkovištích a i v MHD. Ke konci listopadu 2007 bylo na celém světě vydáno více než 20 milionů nosičů technologie MasterCard PayPass. Pomocí tohoto bezkontaktního řešení je dnes možné platit u více než 80 tisíc obchodníků ve 22 zemích světa. (článek MasterCard PayPass přichází do ČR, časopis Logistika, 02/2008, str. 10)

¹⁰⁶ článek "Město bez aut? Vize, která se v Česku zatím "nechytá" ", časopis Technik 10/2007, strana 29

schopné svým obyvatelům poskytnout kvalitní veřejnou dopravu, může začít s postupným vylučováním automobilů z jeho jednotlivých oblastí. Nejedná se o 100% drastickou eliminaci vozidel z města, spíše o prosazení principu, aby automobil vjel do lokality pouze nezbytně a jeho majitel za to poskytl určitou finanční kompenzaci. Autor uvažuje i o možnosti úplného vyloučení automobilů, ale to především pro oblasti typu městských center. V současné době existuje jen mizivý počet evropských měst, která by do koncepce "100%-carfree" mohla zapadnout. Jsou to např. italské Benátky či švýcarský Zermatt.

Pro současnou situaci v Praze je zajímavé, že se daná myšlenka začíná v Evropě úspěšně aplikovat nikoliv plošně, tj. na celé město, ale lokálně, při řešení určitých jeho částí. V holandském Amsterdamu tak byla přesně v souladu s filozofií carfree vybudována čtvrť Westpark. Obdobná výstavba probíhá v současné době i v rakouské Vídni. Projekty jsou celkově koncipovány jako ekologické a využívají takových funkčních prvků jako je solární energie nebo recyklace užitkové vody. Ve Velké Británii se začínají na některých místech účelově stavět domy a byty bez parkování, do kterých se stěhují pouze lidé, kteří automobil nemají, resp. jej nevyužívají.

7. Budoucnost městské mobility

7.1 Městská mobilita a Evropská unie

Nelze obecně říci, že by se problematikou městské dopravy přímo zabývala některá konkrétní politika EU. Jednotlivé členské státy ji v tomto smyslu zpravidla řeší samostatně na příslušné národní úrovni. Nicméně existuje celá řada dílčích unijních předpisů, které se jí dotýkají, a to zejména v souvislosti s dopravou a její bezpečností, dále i z pohledu spotřebitelské politiky a ochrany životního prostředí.

EU věnuje zvýšené úsilí tomu, aby doprava ve městech byla udržitelnější, čistší a bezpečnější¹⁰⁷. Angažuje se proto v pořádání akcí, jakými je např. Týden mobility¹⁰⁸



(European Mobility Week), jejichž účelem je připomenout obyvatelům členských zemí význam mobility ve městech. Významným unijním dokumentem v dané oblasti je pak nová Zelená kniha nazvaná "Na cestě k nové kultuře v městské mobilitě", řešící základní otázky typu: Jak odlehčit hlavním dopravním tepnám, aniž by tím utrpěli jejich každodenní uživatelé? Jak sladit zvýšení mobility s šetrným přístupem k životnímu prostředí a s nezávislostí na energiích? Jak přesvědčit občany, že chůze a jízda na kole mohou být plnohodnotnými způsoby dopravy? atd.. Jedním z poslání zmíněného dokumentu je vyvolat adekvátní veřejnou diskuzi k dané problematice, jejímž přínosem by mělo být získání podnětů k řešení daného problému. Na dokument by pak měl později navázat příslušný akční plán.

EU rovněž věnuje pozornost výsledkům průzkumů veřejného mínění obyvatel v jednotlivých členských zemích (Eurobarometr¹⁰⁹). Ve vztahu k veřejné dopravě z nich vyplývá, že Evropané připisují otázkám a problémům silničního provozu stále větší význam. I nadále však přes 81% z nich považuje automobil (a soukromou dopravu vůbec) za hlavní dopravní prostředek. Sice mění své chování, pokud jde o způsob přepravy, nedávají však jednoznačně přednost veřejné dopravě. Pouze 57 % respondentů mění způsob řízení nebo věnuje více času chůzi či jízdě na kole a pouze 26 % častěji využívá veřejnou dopravu. Nepatrná většina (54 %) je ochotna více přispívat na méně znečišťující soukromou či veřejnou evropskou dopravu.

¹⁰⁷ http://ec.europa.eu/news/transport/070925_1_cs.htm

¹⁰⁸ <http://www.mobilityweek.eu/>

¹⁰⁹ http://ec.europa.eu/news/transport/070726_1_cs.htm

7.1.1 Zelená kniha: "Na cestě k nové kultuře městské mobility"

Zmíněná Zelená kniha¹¹⁰ EU představuje dokument věnující se přímo problematice městské mobility. V jejím textu jsou, bohužel na poměrně dost obecné úrovni, vymezeny klíčové problémy této oblasti i cíle a návrhy jejich možného řešení. Vymezuje pět základních cílů. Níže je uveden pouze určitý výběr z plného znění.

Cíl první: Města s plynulým dopravním provozem

Problém: Existence dopravních kongescí s dopady ekonomickými, sociálními, zdravotními i ekologickými, omezující kapacitu transevropské dopravní sítě (TEN-T) atd.

Co přispěje k řešení dle Zelené knihy EU: Rozvoj alternativ k osobním automobilům, jako jsou chůze, jízda na kole, hromadná doprava použitím motocyklu či skútru; zajištění účinného propojení mezi různými druhy dopravy a podpora součinnosti více druhů dopravy ze strany veřejných orgánů; rozvoj inteligentních a přizpůsobivých systémů řízení dopravy.

Cíl druhý: Zelenější města

Problém: Masivní užívání ropného paliva (CO₂, emise,...) spojené s dopravou, způsobující změny v globálním ekosystému; vysoká míra hlukového a jiného znečištění; časté popojíždění v městských oblastech atd.

Co přispěje k řešení dle Zelené knihy EU: Zpracování logistického akčního plánu (např. podpora přechodu k udržitelným druhům dopravy ve městech); zpřísnění emisních norem Euro; aplikace evropské směrnice o hlukovém mapování (směrnice o hluku); obnova a modernizace ekologické městské veřejné dopravy (trolejbusy, tramvaje, metro, příměstské železnice); aplikace nových technologií (katalyzátory a filtry částic, ekologické a energeticky účinné technologie vozidel); využívání alternativních paliv¹¹¹ (biopaliva, vodík, palivové články); harmonizace norem pro provoz vozidel (šetrnost vůči životnímu prostředí, postupné stahování starých vozidel z užívání); užití ekonomických nástrojů (např. pobídky k nákupu a provozování čistých a energeticky účinných vozidel veřejnými orgány); užití neekonomických nástrojů (např. omezení pro velké znečišťovatele a výsadní přístup do citlivých oblastí pro vozidla s nízkými emisemi); podpora myšlenky čisté městské dopravy

¹¹⁰ http://ec.europa.eu/transport/clean/green_paper_urban_transport/doc/2007_09_25_gp_urban_mobility_cs.pdf

¹¹¹ Nejžádanějším zdrojem alternativní energie je v současnosti etanol, který lze snadno vyrábět biologickou cestou. Např. ve švédském Stockholmu je tímto palivem poháněno více než 400 městských autobusů Scania, vybavených speciálním etanolovým motorem. Výhodou hybridních etanolových autobusů je to, že dokáží snížit emise CO₂ až o 90% a spotřebu paliva až od 25%.

mimo území EU (projekt Civitas¹¹²); ekologické veřejné zakázky zohledňující internalizaci externích nákladů (zahnutí nákladů za dobu životnosti do rozhodování o zadání zakázky) upřednostňující nové normy Euro; užívání ekologického způsobu jízdy (změna jízdnicích návyků v autoškolách, na základě školení profesionálních řidičů) podpořená elektronickými systémy; místní omezení dopravy na základě poplatků (hrozí roztržitost městských oblastí!); vypracování harmonizovaných pravidel pro městská zelená pásma (zavádění pěších zón, omezení vjezdu, omezení rychlosti, poplatky za používání městských komunikací atd.); přeshraniční prosazování práva ve městech.

Cíl třetí: Inteligentní městská doprava

Problém: Sílicí tok nákladu a cestujících ve městech, který naráží na nedostatečnou dopravní infrastrukturu; nedostatečné využití inteligentních dopravních systémů pro účinné řízení městské mobility; nedostatečná interoperabilita mezi různými inteligentními dopravními systémy atd.

Co přispěje k řešení dle Zelené knihy EU: Intenzivnější aplikace integrovaných inteligentních dopravních i platebních systémů, které umožní lepší časové plánování provozu, vyšší faktory zatížení příslušných komunikací a efektivnější využívání vozidel; zainteresované strany ve výše uvedeném případě budou: poskytovatel technologie, provozovatel dopravy a infrastruktury, odvětví, poskytovatel služeb s přidanou hodnotou, zhotovitel digitálních map, donucovací orgány a uživatel infrastruktury; podpora dílčích aplikací satelitním systémem Galileo; dosažení interoperability výměny dat a informací (jednotné přenosové protokoly); interoperabilita norem i příslušných funkčních prvků mezi různými druhy dopravy (např. čipové karty), stejně tak různými funkcemi i oblastmi; vytvoření jednotného rámce pro použití inteligentních dopravních systémů v EU.

Cíl čtvrtý: Přístupná městská doprava

Problém: Ztížená přístupnost pro osoby s omezenou pohyblivostí, postižené, seniory, rodiny s malými dětmi atd.; nedostatečná kvalita přístupu; chybí účinná spojení uvnitř měst, stejně tak propojení měst s okolními oblastmi, mezi městskými a meziměstskými sítěmi a s transevropskými sítěmi (TEN-T), dobrá napojení na letiště, železniční nádraží atd.; chybí integrovaná řešení hromadné dopravy (příměstské železniční systémy, systémy kombinující vlaky a tramvaje a dobře umístěná parkoviště typu Park&Ride na konečných zastávkách

¹¹² <http://www.civitas-initiative.eu/main.phtml?lan=en>

hromadné dopravy na okraji měst); vytváření předměstí a neustálé rozšiřování měst vede ke vzniku prostorově oddělených oblastí s nízkou hustotou obyvatelstva, které je následně obtížné dopravně obsloužit, zvyšuje poptávku po dopravě atd.

Co přispěje k řešení dle Zelené knihy EU: Vypracování Evropské charty práv a povinností cestujících v hromadné dopravě; vyrovnání délky trvání cest srovnatelné s automobilem; rozvoj služeb "na požádání" (např. taxi) realizovaných menšími, úspornými vozidly; aplikace směrnic o veřejných zakázkách na služby, jako je např. doprava autobusem či tramvají, které umožní větší průhlednost, zlepšení kvality a účinnosti; podpora méně nákladných řešení dopravy (např. upřednostnění autobusů BRT před tramvajemi); vypracování pokynů k intermodálním terminálům pro hromadnou dopravu; nasazení vysoce kvalifikovaného personálu v městské dopravě (např. výuka ekologické jízdy); vyvážená koordinace využití území a integrovaného přístupu k městské mobilitě; účinné plánování městské mobility.

Cíl pátý: Bezpečná doprava

Problém: Nedostatečná bezpečnost v dopravě v městských aglomeracích; nízká míra osobní odpovědnosti účastníků dopravního provozu (ke zhruba 2/3 nehod a 1/3 úmrtí na silnicích dochází v městských oblastech); vysoká zranitelnost chodců a cyklistů, pocit nízké osobní bezpečnosti cestujících atd.

Co přispěje k řešení dle Zelené knihy EU: kvalitní koncepce infrastruktury (hl. na křižovatkách); zvyšování povědomí občanů o bezpečnosti a jejich odpovědnosti v dopravním provozu; **bezpečné chování:** implementace inteligentních dopravních systémů zvyšujících bezpečnost; vzdělávací a informační kampaně pro zvýšení povědomí o osobní odpovědnosti účastníků dopravního provozu; podpora bezpečného chování mezi cyklisty (užívání ochranných přileb); přísné prosazování dopravních předpisů; **bezpečnější infrastruktura:** budování vysoce kvalitní infrastruktury, včetně dobrých chodníků; zvýšení viditelnosti (lepší osvětlení); čtenější přítomnost pracovníků donucovacích orgánů na komunikacích; rychlá dostupnost adekvátních informací; řízení dopravy založené na bezpečnosti; začlenění bezpečnostních norem pro městskou dopravu do koncepce městské infrastruktury; **bezpečnější vozidla:** využívání nových technologií (pro noční vidění, brzdový asistent, pro předcházení srážkám, varování před usnutím); zajišťování dopravy i "městskými vozidly"; implementace e-bezpečnosti; iniciativa i2010 Inteligentní automobil „Zvyšování povědomí o informačních a komunikačních technologiích pro promyšlenější, bezpečnější a čistší vozidla“.

7.2 *Seminář Integrované dopravní systémy*

Příkladem české instituce, která svou činností aktivně usiluje o kvalitativní zlepšení a rozvoj dopravních systémů u nás, je Institut Jana Pernera. Jednou z akcí každoročně pořádaných touto organizací je odborný **seminář na téma Integrované dopravní systémy**. Jedná se o několikadenní setkání různých odborníků z této oblasti, především organizátorů integrovaných dopravních systémů a dopravců, ale i zástupců krajů, magistrátů, městských úřadů, projektových a výzkumných ústavů. Je zaměřen na aktuální problémy integrovaných dopravních systémů a zabezpečení dopravní obslužnosti v ČR.

Z každého semináře bývá Institutem vypracováno a publikováno resumé. Na zatím posledním loňském setkání byla ve vztahu k městské mobilitě zmíněna např. tato témata: nevyužitý potenciál městské železnice v ČR a její možné využití v aglomeraci hl.m.Prahy¹¹³; současné problémy související s provozováním integrovaných dopravních systémů v ČR a účast Českých drah v těchto systémech¹¹⁴; problematika a současný stav připravovaného nového Nařízení EU O veřejných službách v osobní dopravě a jeho předpokládané dopady na dopravní legislativu ČR¹¹⁵; prognóza dělby přepravní práce mezi hromadnou a individuální dopravou¹¹⁶; možnosti využití budoucího projektu GALILEO¹¹⁷; princip tvorby integrálního taktového grafikonu a jeho aplikace při plánování dopravní obsluhy území¹¹⁸; možnosti využívání pro integrované dopravní systémy jednotné dopravní vektorové mapy¹¹⁹ a geografických informačních systémů¹²⁰ (GIS); význam interaktivních plánů k propagaci veřejné dopravy¹²¹; řešení dopravní obslužnosti v regionech za podpory dopravních telematických systémů¹²²; současný stav vývoje odbavovacích systémů na bázi čipových karet, se záměrem realizovat v hl. m. Praze čipovou kartou, tzv. "opencard"; požadavek na centrální zajištění kompatibility kartových systémů.

7.3 *Současná situace v Praze*

Koncem minulého roku vydalo Ministerstvo životního prostředí ČR zprávu o současném stavu životního prostředí u nás. Z dokumentu vyplývá, že jeho kvalita dlouhodobě

¹¹³ autor příspěvku: Ing. P. Šlegr, náměstek ministra dopravy

¹¹⁴ autor příspěvku: Doc. Ing. Karel Kavalec, CSc., odborný garant

¹¹⁵ autor příspěvku: Ing. Mgr. J. Nálevka, ředitel odboru veřejné dopravy MD ČR

¹¹⁶ autor příspěvku: Ing. M. Vančura, Ph.D., Centrum dopravního výzkumu

¹¹⁷ autor příspěvku: Ing. M. Pichla, ředitel odboru strategie MD ČR

¹¹⁸ autor příspěvku: Ing. V. Jánoš, FD ČVUT

¹¹⁹ autoři příspěvku: Ing. M. Břich, Mgr. Š. Žežula, Centrum dopravního výzkumu

¹²⁰ autor příspěvku: Ing. S. Jakešová, vedoucí odboru dopravy KÚ Libereckého kraje

¹²¹ autor příspěvku: Ing. M. Jindáček, SmartGIS

¹²² autoři příspěvku: Ing. F. Kopecký, Ph.D. z firmy KPM Consult

stagnuje a ČR začíná v tomto směru zaostávat za ostatními vyspělými evropskými státy. Nejproblematictější jsou jemné prachové částice, jejichž plošné limity dané Evropskou unií překračuje naše země již druhým rokem. Ovzduší s nadlimitními koncentracemi prachu je tak nuceno dýchat více než 60% Čechů! Zdraví nebezpečné je rovněž vysoké množství polycyklických aromatických uhlovodíků a přízemního ozonu ve vzduchu. V Praze je hlavním zdrojem těchto cizorodých škodlivých látek automobilová doprava.

Zdravý lidský rozum napovídá, že vyskytne-li se určitý závažný problém, je vhodné jej co nejrychleji řešit, dříve než dojde k jeho prohloubení. Přes tuto alarmující skutečnost jako by se kompetentní státní orgány stále nemohly k adekvátnímu řešení, tedy omezení automobilové dopravy v centru města, odhodlat. Ba naopak. Podnikají kroky, které mohou aktuální špatnou situaci ještě gradovat a někdy jsou i v rozporu s jejich veřejnými proklamacemi. Za takové gesto lze považovat např. nedávné bleskové odsouhlasení výrazného zdražení jízdného v pražské městské hromadné dopravě, která je hlavní a v současné době jedinou ekologickou alternativou k individuálnímu automobilismu. Stejně tak neustálé oddalování implementace mýtného systému v centru Prahy.

Škoda, že se pražská radnice nenechá v tomto směru inspirovat např. již v praxi plně a efektivně fungujícím londýnským modelem mýtného, kde se vedení města rozhodlo vyřešit ulice ucpané automobily radikálně, zpoplatněním jejich vjezdu do centra. Navíc zde řidičům, kteří se rozhodnou platbám mýtného vyhnout, hrozí vysoké pokuty (až stovky liber), dokonce mohou přijít i o své vozidlo (nezaplatí-li za něj, může být prodáno v dražbě). Hlavním účelem systému není ani tak nutit Londýňany platit, jako spíš užití motorového vozidla omezit. Auto vjíždějící do placené zóny je monitorováno kamerami, které přečtou jeho značku a následně ji porovnají s databází platících vozidel. Je-li toto auto identifikováno jako platící, může se následně pohybovat po městě bez omezení. Zavedení systému vedlo k poklesu dopravy v ulicích města přibližně o 15%. Zároveň asi o 1/3 poklesla míra dopravních kongescí. Londýnské radnici se navíc podařilo za účelem snížení hlukové zátěže souběžně prosadit i omezení nočního provozu letadel nad městem. Stejně tak nesmí do Londýna po desáté hodině večerní vjet ani jeden nákladní vlak. Mýtný model podobný londýnskému užívá i norské Oslo¹²³.

U nás taková opatření neustále narážejí na odpor v legislativním procesu i kompetentních správních orgánů. Protiargumenty padají v této souvislosti různé - nedostatek

¹²³ Asi by bylo správné uznat, že ne každý takový projekt musí skončit úspěšně. Např. o systému mýtného ve Stockholmu, který byl implementován v létě roku 2007, se již nyní hovoří jako o ekonomickém fiasku. Z provedených analýz je jasné, že původně předpokládané náklady na jeho vybudování budou překročeny asi o 100%. Stejně tak doba návratnosti financí do něj vložených se odhaduje až na několik let. Navíc se celý systém stává značně byrokratickým. Poplatky z mýtného jsou určeny na rozvoj dopravní infrastruktury ve Stockholmu a okolí, část z nich pak na zlepšení hromadné dopravy. Jeho provozovatelem je firma IBM, která údajně v současnosti utrácí na místo předpokládaných 100 mil. švédských korun ročně 400 mil. Náklady na provoz systému tak pohlcují asi polovinu příjmů z něj. (článek Městské mýto ve Stockholmu, časopis Logistika, 03/2008, str.53)

financí, technická náročnost implementace příslušných opatření či pochyby o jejich efektivnosti. Nezřídka zaznívá v této souvislosti i názor, že každý jedinec má právo na mobilitu, a že záleží na jeho svobodné vůli, jakého dopravního prostředku využije, a to bez ohledu na to, jaký dopad bude jeho volba mít pro okolí. Toto právo individua se ovšem zcela jasně dostává do rozporu se zájmy společnosti jako celku a dochází tak ke vzniku určitého sociálního konfliktu. Stojí tu proti sobě dva tábory: ti, kteří se domnívají, že míra využívání automobilů již překročila únosnou mez a je třeba jejich "nadužívání" učinit přítrž a ti, kteří naopak zastávají názor, že žádná výraznější ekologická krize dosud nenastala, tedy že je současné životní prostředí stále schopno následky plynoucí z všudypřítomného provozu čím dál tím většího množství automobilů bez fatálních následků absorbovat.

Především ekonomické důsledky včasného řešení, nebo spíše neřešení, ekologických problémů jsou zajímavým způsobem demonstrovány ve Sternově studii¹²⁴. Jedná se o dokument, zpracovaný významným klimatologem sirem Nicholasem Sternem, který na základě vědeckých důkazů a nejnovější ekonomické literatury analyzoval ekonomické aspekty probíhajících klimatických změn. Zaměřil se především na vztah mezi změnami podnebí a současným a budoucím celosvětovým hospodářstvím. Celý dokument vyznívá jako varování před globální hrozbou udržitelnosti života na Zemi, kterou představují změny klimatu vyvolané aktivitami člověka. Nejhorší rizika a potenciální dopad klimatických změn můžeme zmírnit, a to za přijatelnou cenu, ale jen tak, že urychleně podnikneme potřebné a koordinované kroky na národní i mezinárodní úrovni. Rozhodneme-li se s řešením situace vyčkávat, bude nás to později stát mnohem víc.

Řešení vzniklého problému nebude ani levné, ani jednoduché. Nemá-li se však z Prahy stát evropský Peking, je nutné k němu ihned přistoupit. Klíčové role v tomto případě musí příslušet politikům, urbanistům i dopravním společnostem. To, co Praha v současné době skutečně postrádá je efektivní, bezpečný a ekologický dopravní systém, který by mohl růst a rozvíjet se společně s městem. Toho však nelze dosáhnout bez skutečně kvalitní koncepce systému dopravy, adekvátní legislativní podpory, cílené činnosti výkonných orgánů všech úrovní i odpovídajících kontrolních mechanismů. Stejně tak bez adekvátní, citlivé a umírněné strategie rozvoje celého města.

Vhodnou součástí proměny naší metropole by ve vztahu k ozdravení pražského mikroklimatu mělo být i cílené rozšiřování městské zeleně. Ta sice v současnosti pokrývá přibližně jednu třetinu Prahy, ale je rozložená velmi nerovnoměrně a nemůže tak adekvátně plnit své ekostabilizační funkce. Navíc v důsledku stávající situace zeleň rychle ubývá. Nejrychleji zaniká v samotném centru města, tedy tam, kde je její tlumící efekt nejpotřebnější.

¹²⁴ Sternova studie [http://www.env.cz/osv/edice.nsf/E7EF577C57BA9B18C12572BB002DAF3D/\\$file/Sternova%20zprava.pdf](http://www.env.cz/osv/edice.nsf/E7EF577C57BA9B18C12572BB002DAF3D/$file/Sternova%20zprava.pdf)

Systematické propojování pásů zeleně je zde navíc ztěžováno masivní výstavbou a rychlým úbytkem nezastavěných ploch, které jsou jediným možným prostorem, pro její další vysazování.

Technické řešení v podobě obchvatů a okruhů, které umožní odklon tranzitního dopravního proudu z centra města, představuje sice výrazné, přesto jen částečné řešení celého problému. Pro spoustu uživatelů automobilů je totiž samotné pražské centrum cílovou destinací. Dalším velkým úkolem bude motivovat tyto účastníky dopravního provozu k využívání systému městské hromadné dopravy, avšak neváhat i s použitím represivních prostředků, jako se děje nyní. Tento systém však na to samozřejmě musí být kapacitně i organizačně připraven, aby pod tíhou přílivu dodatečných uživatelů nekolaboval.

V neposlední řadě bude třeba, aby se v tomto směru pozměnilo samotné myšlení lidí, zejména pak chronických uživatelů osobních automobilů, kteří kromě snížení osobního pohodlí, velmi často nemají významnější důvod prostředků veřejné dopravy nevyužívat. Právní a odpovědnostní vědomí městské populace dle mého názoru není v tomto směru na odpovídající úrovni. Jeho stav skýtá pole působnosti pro účinnější mediální vliv, občanská sdružení, různá alternativní hnutí apod. Je mi líto, že Pražané ve vztahu ke svému městu postrádají stejný patriotismus jako např. Pařížané.

Existují dvě cesty, kterými se můžeme dát. Buď budeme i nadále ustupovat automobilismu a všemu, co k němu patří, tj. výstavbě parkovišť, podzemních a nadzemních garáží, ulicím ucpaným zaparkovanými auty, záborům volných ploch, nedýchatelnému vzduchu a všudypřítomnému hluku, nebo si řekneme "DOST!" a začneme s tím něco dělat. Potřebné změny si vyžádají spoustu financí, ale také tvrdou práci kvalitních lidí, kteří řešené oblasti skutečně rozumějí a mají snahu s problémem pohnout. Lidí, kteří nevnímají pouze své osobní zájmy a pohodlí, ale berou ohled i na kvalitu života ostatních a celé společnosti.

8. Závěr

Modelování dynamických dopravních systémů je v současné době již nemyslitelné bez adekvátní automatizované podpory. Kvalitní plánování a efektivní organizace dopravních procesů jsou pak kritické tím spíše ve městech, kde ovlivňují život desetitisíců, obvykle však i statisíců obyvatel dané aglomerace.

Současný trh nabízí celou řadu podpůrných softwarových produktů, od malých programů s dílčí funkcionalitou, až po komplexní softwarové balíky pro dopravní modelování. Úroveň funkcionality využívaného produktu je zcela logicky určena charakterem požadavků vyplývajících z činnosti a odborného zaměření uživatelského pracoviště. Vliv mají samozřejmě i náklady spojené s pořízením daného modelovacího produktu, které se v případě skutečně kvalitních modelovacích nástrojů mohou pohybovat až v řádech statisíců korun, náklady na údržbu pak v řádu desítek tisíc korun ročně.

To je patrně také jeden z důvodů, proč v případě velkých multifunkčních licencovaných produktů platí, že jsou implementovány a využívány v poměrně úzkém okruhu větších a vysoce odborných institucí, jakými je např. Ústav dopravního inženýrství, Centrum dopravního výzkumu aj., resp. ve velkých dopravně projekčních kancelářích, které následně pro ostatní subjekty (soukromé i státní) za účinného využití této automatizované podpory příslušné podklady, návrhy a posouzení realizují.

Software pro modelování městské dopravy je tak kategorií poměrně speciální. Skutečně špičkových technologií z této oblasti je u nás nabízeno a implementováno několik. V Praze má v současnosti dominantní postavení nástroj PTV Vision, resp. jeho dílčí moduly (Ústav dopravního inženýrství, Útvar rozvoje města). Další větší aplikací pro dopravní modelování je produkt EMME/2, resp. jeho nová verze Emme3 (Centrum dopravního výzkumu). K těmto produktům by se mohl časem připojit i např. modelovací systém OmniTRANS (ČVUT v Praze, Dopravní fakulta Pardubice), který je však na našem trhu nabízen poměrně krátkou dobu a své zákazníky si teprve hledá.

Prakticky veškeré špičkové modelovací produkty jsou k nám dováženy ze zahraničí a nabízeny prostřednictvím lokálních distributorů. Málokdy bývají uzpůsobené na míru českému uživateli např. z hlediska uživatelského rozhraní. Ten tak s aplikací musí pracovat v původním anglickém znění. Ani to však pro něj nepředstavuje výraznější překážku a práci s těmito komplexními modelovacími technologiemi zpravidla hodnotí jako vynikající. Eventuální problémy při jejich využívání uživatelé pocítují např. při přechodu na novou verzi určitého programového produktu.

Trochu jiná situace je v případě jednodušších aplikací, kde není problém najít ty české provenience. Za samostatnou kapitolu lze pak označit různé modelovací, dopravně analytické aj. technologie vyvíjené na zakázku pro potřeby konkrétní organizace.

Výčet technologií, které jsem zde uvedla, bezpochyby není vyčerpávající. Ve své práci jsem zmínila pouze ty, se kterými jsem se v průběhu jejího zpracování měla možnost seznámit. Stejně tak detailní informace o funkcionalitě může případný zájemce získat např. prostřednictvím uživatelských manuálů a není dle mého názoru účelné pokoušet se zde o její rozsáhlý popis.

V souladu s cíli vymezenými v úvodu práce jsem především chtěla, aby si čtenář tohoto textu utvořil představu o tom, že i dopravní modelování jako vysoce specializovaná činnost ve značné míře využívá moderních podpůrných technologií, že jsou u nás tyto technologie v příslušných organizacích implementovány, a že pro zkušeného uživatele představují vysoce efektivní podporu řešení celé řady problémových domén městské dopravy. Stejně tak jsem chtěla zdůraznit, že jsou pouze jedním z mnoha možných prostředků optimalizace neoptimálně fungujícího pražského dopravního systému, které mohou přispět k jeho zkvalitnění a dalšímu účelnému rozvoji.

Při své práci jsem byla limitována omezeným přístupem k relevantním informacím, jedinečností problematiky dopravního modelování i malou frekvencí jejího odborného zpracování. Komplexní a složitou dopravní problematiku jsem navíc posuzovala z pohledu studentky ekonomie, ačkoliv se jedná o oblast převážně technického rázu. Přes tyto skutečnosti se domnívám, že se mi stanovené cíle podařilo naplnit.

9. Seznam použitých informačních zdrojů

Knihy:

- [1] Kočárková D., Slabý P., Kocourek J., Jacura M. Základy dopravního inženýrství. Praha: ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03022-9.
- [2] Mildeová S., Vojtko V. Systémová dynamika. Praha: VŠE, 2003. ISBN: 80-245-0626-2.
- [3] Zelený, L. Osobní přeprava. Praha: Aspi, 2007. ISBN 978-80-7357-266-2.
- [4] Houška, M. Simulační modely I. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2005. ISBN 80-213-1334-X.
- [5] Štěrba, R. Integrované řešení dopravní obsluhy území. Praha: ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03067-9.

Periodika:

- [1] Pohled z výšky, *Computer*, 06/2008, str. 67
- [2] Přibylo aut, *Logistika*, 02/2008, str. 6
- [3] Ekologická městská doprava v Drážďanech, *Technický týdeník*, 11/2006, str. 13
- [4] BUS RAPID TRANSIT je budoucností městské dopravy, *Dopravní noviny*, 09/2007, str. 17
- [5] Mobilita pro budoucnost, *Logistika*, 01/2008, str. 43
- [6] MasterCard PayPass přichází do ČR, *Logistika*, 02/2008, str. 10
- [7] Mobil jako jízdenka, *Logistika*, 04/2007, str. 26
- [8] Město bez aut? Vize, která se v Česku zatím "nechytá" ", *Technik*, 10/2007, str. 29
- [9] Městské mýto ve Stockholmu, *Logistika*, 03/2008, str.53

Elektronické zdroje:

- [1] Ústav dopravního inženýrství [on-line]. Dostupné z www: < <http://www.udl-praha.cz/> >
- [2] Útvar rozvoje města [on-line]. Dostupné z www: < <http://www.urm.cz/cs/uvod> >
- [3] Centrum dopravního výzkumu [on-line]. Dostupné z www: < <http://www.cdv.cz/> >
- [4] Institut Jana Pernera [on-line]. Dostupné z www: < <http://www.perner.cz/> >
- [5] Ropid [on-line]. Dostupné z www: < <http://www.ropid.cz/> >
- [6] Dopravní podnik hl.m.Prahy [on-line]. Dostupné z www: < <http://www.dpp.cz/> >
- [7] Proverbs [on-line]. Dostupné z www: < <http://www.proverbs.cz/> >
- [8] PTV AG [on-line]. Dostupné z www: < <http://www.ptv-vision.com/> >
- [10] Wikipedia [on-line]. Dostupné z www: < http://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavn%C3%AD_strana >
- [11] Geologický informační server [on-line]. Dostupné z www: < <http://www.gweb.cz/dotazy/d-830/> >
- [12] CityPlan [on-line]. Dostupné z www: < <http://www.cityplan.cz/ptv-vision-64.html> >
- [13] PBA International [on-line]. Dostupné z www: < <http://www.pbaprague.cz/cz/omnitrans.php> >
- [14] INRO [on-line]. Dostupné z www: < <http://www.inro.ca/en/products/stan/index.php> >
- [15] DHV CR, spol. s r.o., Praha [on-line]. Dostupné z www: < <http://www.dhv.cz/article.asp?id=18> >
- [16] CHAPS spol. s r.o. [on-line]. Dostupné z www: < <http://www.chaps.cz/> >
- [17] SYMOS [on-line]. Dostupné z www: < <http://www.symos.cz/> >
- [18] Magistrát hl.m.Prahy [on-line]. Dostupné z www: < <http://www.magistrat.praha-mesto.cz/> >
- [19] Evropská komise [on-line]. Dostupné z www: < http://ec.europa.eu/news/transport/070925_1_cs.htm >
- [20] Sternova studie [on-line]. Dostupné z www: < [http://www.env.cz/osv/edice.nsf/E7EF577C57BA9B18C12572BB002DAF3D/\\$file/Sternova%20zprava.pdf](http://www.env.cz/osv/edice.nsf/E7EF577C57BA9B18C12572BB002DAF3D/$file/Sternova%20zprava.pdf) >

Jiné informační zdroje:

- [1] Farmačková, T. Pražský systém městské hromadné dopravy a dopravní kongesce - jejich negativa a možná řešení. Seminární práce zpracovaná pro předmět Logistika - aplikace, ZS 2007/08.

Obrázky:

Obrázek 1: Houška, Milan. Simulační modely I., kap 2.1 Pojem a podstata simulace, Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2005. ISBN 80-213-1334-X.

Obrázek 2: PTV AG [on-line]. Dostupné z www:

<<http://www.ptv-vision.com/>>

Obrázek 3: The University of Western Ontario [on-line]. Dostupné z www:

<<http://ssnds.uwo.ca/sscnetworkupdate/2006winter/images/gis.jpg>>

Obrázek 4: CCE Praha [on-line]. Dostupné z www:

<http://www.ccepraha.cz/img/preview/1_ortofotomapa.jpg>

Obrázek 5,6,7: INRO [on-line]. Dostupné z www:

<<http://www.inro.ca/en/products/dynameq/visualization.php>>

Obrázek 8: jedná se o výstup generovaný v aplikaci Emme3

Obrázek 9: PTV AG [on-line]. Dostupné z www:

<<http://www.ptv-vision.com/>>

Obrázek 10: PTV AG [on-line]. Dostupné z www:

<http://www.ptv-vision.com/cgi-bin/traffic/traf_visum.pl>

Obrázek 11: PTV AG [on-line]. Dostupné z www:

<http://www.ptv-vision.com/img/traffic/data_warehouse_vis_e.gif>

Obrázek 12: PTV AG [on-line]. Dostupné z www:

<http://www.ptv-vision.com/cgi-bin/traffic/traf_vissim.pl>

Obrázek 13,14: PBA International [on-line]. Dostupné z www:

<<http://www.pbaprague.cz/cz/omnitrans.php>>

Obrázek 15,16: animace vytvořená v aplikaci AIMSUN pracovníky firmy DHV

Obrázek 17,18: SYMOS [on-line]. Dostupné z www:

<<http://www.symos.cz/Texts/SP63.pdf>>

Obrázek 19: SYMOS [on-line]. Dostupné z www:

<<http://www.symos.cz/Texts/VisualReality.pdf>>

Obrázek 20: Bezpečné přechody [on-line]. Dostupné z www:

<<http://www.bezpecneprechody.cz/?strana=prisvetleni>>

Obrázek 21: Hybrid Car News [on-line]. Dostupné z www:

<http://www.hybridcarnews.org/images/new-modular-vehicle-concept_9.jpg>

Obrázek 22: BRT Policy Center [on-line]. Dostupné z www:

<<http://www.gobrt.org/eugene.jpg>>

Obrázek 23: Giesecke & Devrient GmbH [on-line]. Dostupné z www:

<http://www.gi-de.com/pls/portal/maia.display_custom_items.DOWNLOAD_IMAGE_BLOB?p_ID=137825>