

Assessment of suburbanization impact to transport

Hodnocení vlivu suburbanizace na dopravu

Ivo DOSTÁL^a, Jiří DUFEK^a, Marek HAVLÍČEK^b

^aCentrum dopravního výzkumu, v.v.i., ivo.dostal@cdv.cz

^bVýzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i., marek.havlicek@vukoz.cz

Abstract

The paper presents how to evaluate the process of urban sprawl, current and projected land use, the traffic flows using transport modelling. The travel time factor in both - individual and public transport - is presented as the key indicator. First, it describes the procedure for assessing and monitoring changes in land use pattern in Brno and its surrounding, which, together with socio-demographic data is the main factor of production and the attractiveness of different transport zones. These characteristics are used as input data for multimodal model in the program EMME/3 based on peak-hours traffic. Presented are used functions including utility function to estimate the modal split between public and individual transport. Calibrated model is used for comparison of different scenarios of potential development of area.

Keywords: transport modelling, suburbanization, land use, travel time

Klíčová slova: dopravní modelování, suburbanizace, využití území, cestovní čas

1. Úvod

Významným fenoménem druhé poloviny 20. století a počátku 21. století se ve vyspělých, a často i rozvojových zemích, stala suburbanizace - přesun obyvatel, jejich aktivit a některých funkcí z jádrového města do jeho zázemí. V evropském prostředí se obvykle projevuje rozrůstáním již existujících sídel o nové ulice i čtvrti – tedy expanzí stávajících sídelních útvarů do okolní volné, zpravidla zemědělské krajiny. Výstavba úplně nových sídel, typická pro urban sprawl, je jevem výjimečným. V postsocialistických evropských zemích se suburbanizace začala výrazněji projevovat až po změně společenských poměrů na konci 80. let minulého století, o to však s větší razancí.

Suburbanizace znamená také odklon od polyfunkčního uspořádání území k prostorové segregaci jednotlivých typů funkčního využití území, se zvyšuje tlak na prudký růst celkové poptávky po dopravě i potřebná průměrná délka jednotlivých cest. Vytváří se tak nepřímá úměra mezi intenzitou využívání území a poptávkou po dopravě, včetně návazných efektů jako je spotřeba energie nebo environmentální dopady.

2. Dopravní model Brna a jeho okolí

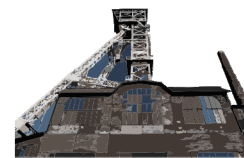
2.1 Princip dopravního modelu

Cílem dopravního modelování je předvídaní celkové poptávky po dopravě a identifikování očekávané změny v prostorovém rozložení a intenzitách dopravy. Díky tomu jde o neocenitelný nástroj v kvantifikaci environmentálních dopadů dopravy a evaluaci

navrhovaných dopravních opatření. Může tak působit jako nástroj, který umožní vybrat nejvhodnější z předkládaných variant rozvoje a umožní také zjistit, ve kterých lokalitách může záměr vyvolat dopravní problémy.

Proces samotného modelování vychází ze základů stanovených v Severní Americe již na přelomu padesátých a šedesátých let (např. CATS, 1959) a skládá se celkem ze čtyř základních kroků:

1. vznik cest (trip generation) – stanovení počtu cest, které v každé jednotlivé zóně vznikají (dopravní produkce), a které v dané zóně končí (dopravní atraktivita). A to pro každý ze základních účelů cest samostatně (dojížděka do zaměstnání, nakupování, příp. volnočasové aktivity).
2. rozdělení cest (trip distribution) – stanovení matice dopravních vztahů mezi jednotlivými dopravními zónami na základě jejich produkce a atraktivity. Nejčastěji se využívá gravitačních modelů.
3. podíl jednotlivých druhů dopravy (modal split) – známý celkový počet cest mezi dvěma zónami se rozdělí mezi jednotlivé modelované druhy dopravy.
4. zatěžování sítě (assignment) – objemy poptávky po dopravě stanovené ve třetím kroku jsou přiděleny na implementované dopravní síť, samostatně pro každý z modelovaných dopravních módů. Přidělení dopravy na síť je iteračním procesem, při kterém je hledána taková rovnováha (equilibrium), při které již není možné zlepšit cestovní čas pro žádný z dopravních vztahů. Tento proces je kapacitně závislý – zohledňuje kapacitu jednotlivých komunikací, v případě, že tato je na dané



komunikaci překročena, snižuje se cestovní rychlost, čímž dochází k prodloužení času nutného k překonání daného úseku a tím i ke snížení jeho atraktivity. Tento přístup odráží výskyt kongescí na přetížených úsecích sítě.

Výsledkem výše popsaného procesu jsou dopravní objemy přidělené k dané dopravní síti a to samostatně v jednotlivých dopravních módech. Mezi další údaje, které lze zjistit, patří kapacitně závislá rychlost nebo čas, který je potřebný k překonání jednotlivých úseků i celé trasy, mezi zdrojovou a cílovou zónou. Doprava realizovaná na krátké vzdálenosti v rámci jednotlivých zón (intrazonální) není součástí modelu.

2.2 Stanovení modelové oblasti

Při sledování suburbanizace a souvisejících procesů byly využity především topografické mapy, družicové a letecké snímky ze současnosti a období několika posledních let. Pro území České republiky je velmi důležité zachytit tento proces od počátku 90. let 20. století, kdy začínal nabývat na své intenzitě. V Brně a okolí byl využit tento přístup například v pracích Mulíčka a Olšové (2002) nebo Havlíček a Dostál (2010). Dle základní kategorizace využití území (Mackovčín, 2009) byla v zázemí města Brna identifikována oblast s největšími nárůsty zastavěných ploch, tvořící příměstskou do přibližně 15 km od centra města.. Modelová oblast tak zahrnuje skoro celý okres Brno-venkov, i některá území okolních okresů a lze ji vymezit přibližně linií měst: Blansko – Tišnov – Zastávka u Brna – Ivančice – Židlochovice – Slavkov u Brna – Jedovnice.

2.3 Funkční členění území z pohledu dopravy

Dopravní model širšího okolí města Brna pokrývá celkovou rozlohu 1179 km² a zahrnuje celkem 437 dopravních zón, které vycházejí z dělení na základní sídelní jednotky (ZSJ). Zastavěné plochy byly kategorizovány podle jejich funkčního využití vycházejícího ze seznamu standardních typů ploch využívaných pro digitální zpracování územních plánů v GIS (Poláček et al., 2009) a modifikovaného s ohledem na další využití pro stanovení dopravních charakteristik různých typů území:

- BI – bydlení individuální,
- BH – bydlení hromadné,
- SX – smíšené plochy,
- OK – komerční zařízení (obchodní areály),
- OX – plochy občanského vybavení (sportovní zařízení, veřejná infrastruktura),
- DX – plochy dopravní infrastruktury,
- VT – těžký průmysl a energetika,
- VL – lehký průmysl, drobné řemeslné provozovny, montážní závody,
- VK – plochy pro logistiku a skladování,
- VZ – zemědělská výroba,

ZX – veřejná zeleň a parky

2.4 Dopravní produkce a atraktivita jednotlivých zón

Na základě funkčního členění zastavěného území byla stanovena pro jednotlivé zóny produkce (doprava, která v zóně začíná) jež je reprezentována zejména obyvatelstvem (funkční plochy BI, BH, částečně SX). Na druhé straně atraktivita každé zóny představuje činnosti, které jsou cílem každé cesty – především pracovní příležitosti (VT, VL, VZ a VK), kapacity školských zařízení (nahrazují pracovní příležitosti pro demografickou skupinu žáků a studentů), prodejní plochy rozsáhlých obchodních zařízení (OK) atd. K určení počtu cest je využíván návrh metodiky od Martolos a kol (2009), společně s údaji z další literatury (Mekky, 2001; Kalenoja et al., 2008). V ideálním případě by měl být součet cest na straně produkce a atraktivit v celém modelu vyrovnaný. Vzhledem k tomu, že nelze postihnout komplexně všechny faktory dopravního chování obyvatel, a vzhledem k povaze a dostupnosti dat, lze obvykle s dostatečnou přesností stanovit dopravní produkci. Určení atraktivity jednotlivých zón je nepoměrně méně přesné z důvodu nedostatku statistických údajů, zejména o pracovních příležitostech. Proto se za základní údaj o množství cest uvažuje s produkcí a atraktivitami jsou tomuto množství přizpůsobeny (tzv. scaling). Atraktivita jednotlivých zón je stanovena pro každý ze sledovaných účelů cest samostatně.

2.5 Distribuce cest, matice přepravních vztahů

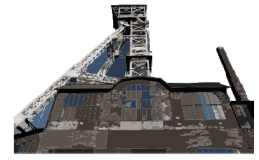
Pro výpočty matic přepravních vztahů byl využit model "ENTHROPY" (Mekky, 2001) používaný běžně zejména v USA a Kanadě. Distribuce se provádí podle následujícího vztahu:

$$g_{pq} = O_p \frac{e^{-\theta \cdot U_{pq}} \cdot D_q}{\sum_{q=1}^n (e^{-\theta \cdot U_{pq}} \cdot D_q)}$$

LEGENDA

- gpq počet cest ze zóny p do zóny q
- Op produkce zóny p
- Dq celková atraktivita zóny q
- Upq cestovní čas ze zóny p do zóny q
- θ konstanta ke kalibraci (použita hodnota 0.006)
- n celkový počet zón v systému

V běžné dopravně-inženýrské praxi se uvažuje pouze s výpočty založenými na 24hodinových dopravních intenzitách, ačkoliv celý dopravní systém je nutné dimenzovat tak, aby nedocházelo k jeho přetěžování v období zvýšené poptávky po dopravě. Dopravní špička však probíhá odlišně ve vztahu k různým typům cest podle jejich účelu a také se špičkové objemy dopravy liší den ode dne i v závislosti na ročním období, kategorii komunikace nebo jejím postavení v rámci dopravní sítě.



Odlišně se z hlediska zatížení v průběhu času chovají také venkovské úseky komunikací ve srovnání s městskými. Městské a příměstské úseky vykazují daleko menší variace, neboť velký podíl tvoří stálé a pravidelné cesty, jako dojíždění do práce nebo škol, či cesty za nákupy. Pro celodenní model však bývá porušena jedna ze základních podmínek - poptávka by měla být konstantní během časové periody modelování. Proto je modelována zvláště ranní dopravní špička (6-9 hod) a zvláště odpolední dopravní špička (15-18 hod).

Pro každý z možných běžných účelů cest se vytváří samostatná matice přepravních vztahů mezi zónami (bydliště - pracoviště, škola - bydliště, pracoviště - nákupní centrum, nákupní centrum - bydliště atd.). Takto vypočtené poptávkové matice představují přepravní vztahy uskutečňované všemi druhy dopravy. Následuje proto krok dělby přepravní práce, kde jedna poptávková matice je rozdělena podle druhu dopravy na 2 matice: IAD a MHD, resp. IDS. U vybraných druhů cest lze uvažovat s určitým podílem cest dle cestovního řetězce jako např. zaměstnání > obchodní centrum > bydliště (Spiess, 1993). Model se zaměřuje především na pravidelnou dopravu, proto nejsou v maticích uvažovány cesty vůči modelu tranzitní (tedy mezi dvěma externími zónami).

2.6 Dělbá přepravní práce (modal split) mezi individuální a veřejnou dopravu

Modelování dělby přepravní práce se provádí s pomocí tzv. funkce užitečnosti (angl. utility function), každého druhu dopravy, podle vztahů typu logit. Využívaný vztah zahrnuje v současné době dvě základní veličiny - celkový cestovní čas a celkové náklady na cestu.

Výpočtové makro pro stanovení dělby přepravní práce v programu EMME/3 :

```
~+|3.21|1|y|mf20|n  
~+|-0.08*(3+mf2)-0.0209*3.5*mf14-  
0.05*md15+0.0085*mo16+0.0236*mo17  
~+| |n|1| |4  
~+|3.21|1|y|mf21|n  
~+|-0.08*mf3-0.0209*mf16+0.05*md15-0.0085*mo16-  
0.0236*mo17| |n|1| |4  
~+|3.21|1|y|mf22|n|exp(mf20)/((exp(mf20))+exp(mf21))  
)| |n|1| |4
```

LEGENDA k makru

mf2 matice cestovního času IAD [min]
mf3 matice cestovního času IDS [min]
mf14 matice nákladů na přepravu IAD [Kč] - nejkratší trasa * cena přepravy na 1 km
mf16 matice nákladů na přepravu IDS [Kč] - dle tarifu
md15 náklady na parkování pro danou zónu [Kč/hod]
mo16 počet aut na domácnost v dané zóně
mo17 podíl rodinných domů na bydlení, v dané zóně

Správně zkalibrovaná funkce dělby přepravní práce má velký význam především při hodnocení budoucích scénářů rozvoje daného území. Například, je-li plánovaná nová linka MHD je možné zhodnotit její potenciál pro snížení objemů automobilové dopravy, neboť ovlivní (zkrátí) cestovní čas přepravy MHD, což je jedna z hlavních proměnných při výpočtech funkcí užitečnosti.

3. Výsledky modelování

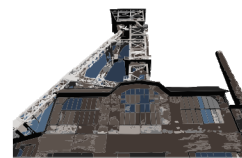
Možnost využití dopravního modelu pro hodnocení změn v dopravě způsobených změnami ve využívání území byly prakticky ověřovány na základě scénářů, odrážejících možný vývoj území jednak formou teoretických situací simulujících dopady rezidenční suburbanizace, tak i na základě reálných scénářů, zpracovaných pomocí studia dostupných rozvojových materiálů, zejména územních plánů a návrhu Zásad územního rozvoje JmK.

Teoretický scénář A (neřízená suburbanizace) - Počet obyvatel v příměstských obcích poroste o 10 % s výjimkou velkých měst, zatímco o stejný počet obyvatel poklesne počet obyvatel v jádrovém městě. Tento pokles však nebude stejnoměrný, nejvíce ztratí oblasti panelových sídlišť, naopak atraktivní lokality, i dnes vyhledávané pro bydlení (např. Masarykova čtvrť), budou mít počet obyvatel zachovaný. Vybrané okrajové zóny Brna, ve kterých neustále počet obyvatel roste (Útěchov, Jehnice, Kníničky), porostou obdobně jako obce vně hranic města.

Teoretický scénář B (řízená suburbanizace) - Růst počtu obyvatel je koncentrován do koridorů obsluhovaných hlavními dopravními tahy. Ty umožní také lepší dopravní obslužnost veřejnou dopravou, což by se mělo projevit na nižším objemu automobilové dopravy než ve variantě neřízené suburbanizace. Dojde k přesunu obyvatelstva za obdobných podmínek jako v případě neřízené suburbanizace, avšak pouze do vybraných obcí. V ostatních obcích mimo urbanizační osy zůstane počet obyvatel zachován dle výchozího stavu.

Teoretický scénář C (omezení suburbanizace) - Přesun obyvatel mimo Brno se prakticky zastaví - poroste počet obyvatel jen v několika málo obcích v těsné blízkosti města Brna s výbornou dopravní dostupností - Moravany, Nebovidy, Ostopovice, Jinačovice, Rozdrojovice, Česká a Lelekovice. Dále je zachován počet obyvatelstva v Brně a v obcích na hlavních dopravních osách. V ostatních obcích je uvažován velmi mírný pokles počtu obyvatel tak, aby celkový počet obyvatel modelového území zůstal zachován.

Rozvojový scénář 2013 - produkce a atraktivita jednotlivých zón je upravena tak, aby zahrnovala záměry, jejichž realizace bude ukončena do roku 2013, a budou tou dobou významně ovlivňovat pravidelné



dopravní toky. Narozdíl od teoretických scénářů zde jsou zohledněny také změny v prostorovém rozmístění aktivit, tvořícími atraktivitu jednotlivých zón.

Rozvojový scénář 2020 min – obdobný scénář jako předchozí, avšak pro časový horizont 2020. Vybrány byly pouze takové záměry u nichž se lze předpokládat, že v daném roce určitě již budou realizovány.

Rozvojový scénář 2020 max – obdobný scénář jako předchozí, ale rozšířený o záměry u nichž lze očekávat realizaci k roku 2020 v případě příznivého ekonomického vývoje, případně o něco později.

Pro každý z výše uvedených scénářů byl zpracován podrobný samostatný kartogram dopravní zátěže (z prostorových důvodů je nelze publikovat jako součást příspěvku) a výsledky statisticky vyhodnoceny. Jako klíčové parametry se vzhledem k zaměření na evaluaci vlivu prostorového rozmístění aktivit v území na dopravu jeví srovnání jednotlivých scénářů na základě průměrného cestovního času každé jednotlivé cesty v modelu odděleně pro IAD a samostatně i pro subsystém veřejné dopravy (MHD Brno + linky IDS). Výsledky srovnání jednotlivých scénářů jsou uvedeny v tabulce 1, kterou doplňuje zajímavý parametr z oblasti veřejné dopravy – průměrně potřebný počet přestupů na jednu cestu.

Tabulka 1: Srovnání základních parametrů výsledného modelování

scénář	průměrný cestovní čas IAD [min]	průměrný cestovní čas IDS [min]	počet přestupů IDS
Základní	11,13	27,56	2,14
SC A	11,26	28,16	2,19
SC B	11,23	27,79	2,16
SC C	11,12	27,57	2,15
SC 2013	11,44	28,23	2,20
SC 2020 min	11,75	28,76	2,22
SC 2020 max	11,82	29,21	2,26

4. Diskuse a závěr

Z výsledků uvedených v tabulce 1 je možné vysledovat přímou vazbu mezi rozvojem suburbanizačních procesů a cestovním časem – jak v individuální, tak zejména ve veřejné dopravě. Teoretické scénáře, které pracují pouze s fenoménem rezidenční suburbanizace, ukazují menší odraz ve změně průměrných cestovních časů než trojice scénářů, která je založena na reálných záměrech v území a pracuje také se suburbanizací komerčního typu. Maximální prodloužení průměrného cestovního času IAD oproti základnímu stavu je v rozvojovém scénáři 2020 max – a to o 6,3 %. Prodloužení ve výši 6 % nastane také v případě veřejné dopravy, tam však vzhledem k průměrné délce cesty více než dvojnásobné oproti IAD, to představuje prodloužení cesty o více než 1,5 minuty. Podobné modelové porovnání publikovali De Ridder a kol (2008) na území Porúří v Německu, kde při výrazně masivnějších přesunech obyvatel i pracovních příležitostí byl zaznamenán 16,7% nárůst dopravy (pouze IAD, veřejná doprava nebyla hodnocena).

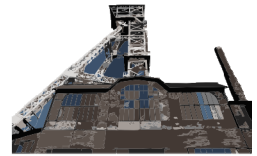
Z výše uvedených hodnot a z jednotlivých kartogramů zátěže vyplývá, že na základě představeného modelu lze nalézt vazbu mezi cestovním časem a suburbanizací. Shodný růst časů IAD a IDS signalizuje však nutnost hledání podrobnější funkce užitečnosti, neboť obyvatelé nově urbanizovaných území mají rozdílné vzorce dopravního chování než městští obyvatelé, zejména ve vztahu k volbě dopravního prostředku.

Použité zdroje

- CATS (1959): Chicago Area Transportation Study : final report in three parts. Chicago, 126+156+160 pp.
- DE RIDDER, K., LEFEBRE, F., ADRIAENSEN, S. et al. (2008): Simulating the impact of urban sprawl on air quality and population exposure in the German Ruhr area. Part II: Development and evaluation of an urban growth scenario. *Atmospheric Environment*, 42, p. 7070–7077.
- DOSTÁL, I., DUFEK, J., JEDLIČKA, J. et al. (2010): Časová dostupnost jako dopravní indikátor nekontrolovatelného rozrůstání měst (urban sprawl) : Výroční zpráva za rok 2009. Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., Brno, 68 s.
- HAVLÍČEK, M., DOSTÁL, I., (2010): Suburbanisation impacts on land use in the region of South Moravia and the hinterland of the city of Brno. *Acta Pruhoniana*, 94, p. 25-34. ISSN 0374-5651.
- KALENOJA, H., VIHANTI, K., VOLTTI, V. et al. (2008): Liikennetarpeen arviointi maakäytön suunnittelussa. *Suomen Ympäristö* 27/2008. Ympäristöministeriö, Helsinki, 82 pp. ISBN 978-952-11-3170-7.
- MACKOVČIN, P. (2009): Land use categorization based on topographic maps. *Acta Pruhoniana*, 91, p. 5-13. ISSN 0374-5651.



XXII SJEZD ČESKÉ GEOGRAFICKÉ SPOLEČNOSTI OSTRAVA 2010



MARTOLOS, J., BARTOŠ, L., MUŽÍK, J., ŠINDLEROVÁ, J. (2009): Metody prognózy intenzit generované dopravy. Technické podmínky - návrh. EDIP, Liberec, 38 s.

MEKKY, A. (2001): Analytical Transportation Planning. Alican Consultants, Trondhill (Canada), 1355 pp.

MULÍČEK, O., OLŠOVÁ, I. (2002): Město Brno a důsledky různých forem suburbanizace. Urbanismus a územní rozvoj, V, č. 6, s. 17-21.

POLÁČEK, J., BENEŠ, J., POLÁČKOVÁ, V. (2009): Minimální standard pro digitální zpracování územních plánů v GIS v prostředí zákona č.183/2006 Sb. Hydrossoft Veleslavín & UP-24, Praha, 90 s.

SPIESS, H. (1993): Computing Activity Chain Based Trip Distribution Models. EMME/2 Support Center, Aegerten (Switzerland), 8 pp.

Příspěvek byl zpracován v rámci projektu VaV Ministerstva dopravy č. CG921-109-910 „Časová dostupnost jako dopravní indikátor nekontrolovatelného rozrůstání měst (urban sprawl)“.

Adresa autora:

Mgr. Ivo Dostál
Divize dopravní infrastruktury a životního prostředí
Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.
Líšeňská 33a
636 00 Brno
ivo.dostal@cdv.cz