

## PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA PRE TESTOVANIE DOPRAVNEJ OBSLUŽNOSTI PRI STRATE FUNKČNOSTI VÝZNAMNÉHO PRVKU CESTNEJ INFRAŠTRUKTÚRY

### CASE STUDY FOR TRAFFIC SERVICEABILITY TESTING AT LOSING OF THE FUNCTIONALITY OF SIGNIFICANT ROAD INFRASTRUCTURE ELEMENT

Bohuš Leitner, Zdeněk Dvořák, Eva Sventeková<sup>1</sup>

---

*Anotácia:* Cieľom článku je prezentácia výsledkov modelovania, testovania a odhadu úrovne dopravnej obslužnosti pri čiastočnej alebo úplnej strate funkčnosti významného prvku cestnej infraštruktúry. Článok obsahuje objasnenie podstaty modelovania dopravy pri obmedzujúcich podmienkach na dopravnej infraštruktúre, všeobecnú charakteristiku účelu, cieľov a výsledkov prípadovej štúdie, interpretáciu dosiahnutých výsledkov a vyslovenie všeobecných záverov a odporúčaní.

*Kľúčové slová:* cestná infraštruktúra, strata funkčnosti objektu, modelovanie, simulácia, dopravná obslužnosť, intenzita dopravy, hustota dopravy.

*Summary:* The aim of the article is to present the results of the level of transport serviceability modelling, testing and prediction in the partial or complete loss of functionality important element of road infrastructure. Article contains a clarification of the traffic modelling basic preconditions at restrictive conditions on the transport infrastructure, a general description of the purpose, objectives and results of the case study, interpretation of results and the vote of the general conclusions and recommendations.

*Key words:* road infrastructure, loss of object functionality, modelling, simulation, traffic serviceability, traffic intensity, traffic density.

#### ÚVOD

So zvýšenou intenzitou cestnej dopravy priamo súvisí aj riziko vzniku neočakávaných, obvykle negatívnych udalostí. Vznik takýchto javov môže byť vyvolaný rozličnými okolnosťami, ktoré sú však najčastejšie prírodného alebo antropogénneho charakteru. Výkonnostné parametre dopravnej obslužnosti môže okrem krízového javu významne ovplyvniť aj plánovaná rekonštrukcia resp. oprava cestného úseku alebo významného objektu dopravnej infraštruktúry. Na plánované obnovy alebo neočakávané situácie je nutné reagovať čo najefektívnejšie, najmä za predpokladu, že ich negatívny vplyv na dopravný systém bude dlhodobejší.

---

<sup>1</sup> doc. Ing. Bohuš Leitner, PhD., Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, 1. mája 32, 010 26 Žilina, SR, tel.: +421 41 513 6863, e-mail: [Bohus.Leitner@fbi.uniza.sk](mailto:Bohus.Leitner@fbi.uniza.sk)

prof. Ing. Zdeněk Dvořák, PhD, doc. Ing. Eva Sventeková, PhD, Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, 1. mája 32, 010 26 Žilina, e-mail: [Zdenek.Dvorak@fbi.uniza.sk](mailto:Zdenek.Dvorak@fbi.uniza.sk), [Eva.Sventekova@fbi.uniza.sk](mailto:Eva.Sventekova@fbi.uniza.sk)

V takýchto prípadoch je obvykle jedinou možnosťou previesť dopravný prúd na vhodne zvolenú obchádzkovú trasu. Takáto zmena v organizácii dopravy musí byť realizovaná najmä s ohľadom na priepustnú výkonnosť a obmedzujúce parametre komunikácie. Často je potrebné vykonať aj zmeny v dopravnom značení, obmedziť prejazdnosť vybraných úsekov a pod.

Článok nadväzuje na príspevok autorov (3) zverejnený v elektronickom časopise *Perners Contacts*, č.1/2014 s názvom „*Možnosti testovania parametrov dopravného prúdu pri strate funkčnosti vybraného prvku cestnej siete*“. Obsahuje najvýznamnejšie výsledky z realizovanej prípadovej štúdie, ktorej účelom bolo preukázanie možností a efektívnosti využitia modelovania a testovania dopravnej obslužnosti pri posudzovaní významnosti objektu cestnej infraštruktúry a kvantifikácii dopadov straty jeho funkčnosti na dopravné zaťaženie priľahlej časti cestnej siete. Pre porovnanie boli kapacitné parametre cestnej siete a výkonové parametre dopravného prúdu sledované v štandardných podmienkach, ale aj v stavoch, keď bola funkcia prvku dopravného systému obmedzená resp. nemožná, t.j. po zavedení adekvátnych obmedzujúcich podmienok.

## 1. MODELOVANIE DOPRAVY PRI OBMEDZUJÚCICH PODMIENKACH NA DOPRAVNEJ INFRAŠTRUKTÚRE

V súčasnosti sa pri riešení dopravných problémov využívajú špecializované softvérové produkty (napr. Aimsun, PTV Vissim, OmniTrans a mnoho ďalších). Takéto softvérové nástroje majú rozsiahle možnosti simulácií, nastavení a ďalších užitočných funkcií. Je možné počas relatívne krátkeho času modelovať mnoho početné scenáre dopravných situácií a realizovať prepočet parametrov výkonnosti úsekov, príp. jednotlivých objektov dopravnej infraštruktúry. S využitím simulácie, t.j. experimentovania s modelom, je možné riešiť aktuálne, ale aj výhľadové stavy zvoleného dopravného módu, ako aj prevádzkovej zaťažnosti vybraných úsekov a prvkov cestnej siete. Uvedené softvéry najčastejšie využívajú buď mikroskopickú dynamickú simuláciu dopravy, kde je simulované správanie jednotlivého vozidla v prúde alebo makroskopický princíp, kde je dopravný prúd charakterizovaný globálne - prostredníctvom vybraných charakteristík (3).

Pri realizácii prezentovanej prípadovej štúdie bol využitý **softvérový nástroj OmniTrans** (5). OmniTrans je určený na makroskopické modelovanie stredne veľkých a veľkých sietí a zahrňuje všetky módy cestnej dopravy, t.j. ide o *multimodálny nástroj*. Softvér je vhodný na predikciu a riešenie dopravných kongescií a ich dopadov na komunikácie spájajúce susedné aglomerácie alebo dopadov na jednotlivé oblasti, tzv. dopravné okrsky. Dynamické modely umožňujú vo virtuálnom prostredí vytváranie kongescií v zvolených časových reláciách a pri modelovaní viacerých variantov umožňujú ich vzájomné porovnanie a posúdenie riešení (2).

Na preukázanie efektívnosti využitia softvérových nástrojov pre modelovanie dopravy pri posudzovaní dôležitosti (kritickosti) významných objektov cestnej infraštruktúry a vyjadrenie dopadov pri ich prípadnom zlyhaní sme zvolili formu prípadovej štúdie. Štúdia vychádzala z predpokladu vzniku negatívneho javu, jeho vplyvu na dopravnú obslužnosť a z nej vyplývajúcu zmenu intenzity dopravy v porovnaní s kapacitou sledovaných úsekov. Prvou úlohou bola analýza modelu, reprezentujúceho bežné prevádzkové podmienky - model infraštruktúry bez obmedzení.

Druhá úloha uvažuje s dočasným obmedzením prejazdnosti mostného objektu a z toho vyplývajúcej dopravnej situácie. Tretia úloha spočíva v predpoklade dlhodobej neprejazdnosti mostného objektu so zadaním alternatívneho návrhu presmerovania prúdu vozidiel na obchádzku. Diskusia výsledkov obsahuje porovnanie výstupov z jednotlivých úloh a formuláciu všeobecných odporúčaní.

## 2. ÚČEL, CIELE A OČAKÁVANÉ VÝSLEDKY PRÍPADOVEJ ŠTÚDIE

Riešenie rozličných mimoriadnych udalostí a neočakávaných javov v doprave, príp. optimalizácia zvoleného riešenia odklonu dopravy pri plánovanej rekonštrukcii, prebieha často iba na základe subjektívneho názoru alebo pocitu. Prevláda prístup, kedy sa navrhne alternatívna obchádzková trasa iba na základe dostupnosti okolitej siete. Neberie sa pritom ohľad na to, aké dopady bude mať plánovaný odklon dopravy na ďalšie komunikácie s ohľadom na ich kapacitu, parametre dopravného prúdu, ale aj bezpečnosť premávky. Na základe takéhoto – subjektívneho – prístupu vznikajú často ešte negatívnejšie dopady na dopravu, t.j. vznikajú veľké dopravné kongescie, často spojené so vznikom incidentov a dopravných nehôd. Obvykle nie sú navrhnuté a verifikované viaceré varianty riešenia situácie, ktoré by mohli pripadať do úvahy, aby bolo možné vybrať najvhodnejší variant z pohľadu určených kritérií ich vhodnosti.

Na preukázanie možnosti efektívneho využitia softvérových nástrojov pre modelovanie a následné zmeny v organizácii dopravy bola zvolená forma prípadovej štúdie, vychádzajúcej z predpokladu vzniku negatívneho javu – **straty funkčnosti mostného objektu** - a jeho vplyvu na dopravnú obslužnosť vybraných úsekov pozemných komunikácií. Štúdia mala za cieľ preukázať možnosti a výhody využitia softvérových nástrojov pre modelovanie parametrov dopravného prúdu pre vyriešenie vzniknutej plánovanej, resp. neplánovanej dopravnej situácie vo forme čiastočného príp. úplného obmedzenia premávky na určenom mieste cestnej infraštruktúry, napr. mostný objekt, križovatka, tunel a pod.

Cieľom simulačnej štúdie bolo:

- Kalkulácia zaťaženia cestnej siete vo vybranej lokalite pri bežnom stave (zvolené boli tri časové intervaly, rozložené v čase od 7:05 do 9:25 ráno),
- Predikcia dopravného zaťaženia pri výskyte dopravného obmedzenia na zvolenom mostnom objekte (most na ulici Juraja Závodského v Žiline).
- Návrh vhodnej obchádzky a predikcia dopravného zaťaženia po realizácii opatrení tak, aby dopravný tok na komunikácii bol čo najplynulejší.

Očakávaným výsledkom malo byť potvrdenie resp. vyvrátenie predpokladu, že pri obmedzení dopravného prúdu, napr. zamedzením prejazdnosti mosta, budú okolité komunikácie a navrhnuté alternatívne riešenie schopné obslúžiť dopravný dopyt v riešenej oblasti.

Štúdia bola realizovaná v troch samostatných úlohách s následnou interpretáciou ich výsledkov a formuláciou zovšeobecnených záverov. Prvou úlohou bol variant, kde bude simulácia uvažovaná v bežných prevádzkových podmienkach, bez obmedzenia. Druhou úlohou

bol prípad uvažujúci s dočasným obmedzením prejazdnosti mostného objektu a z toho vyplývajúcej dopravnej situácie. Poslednou úlohou bolo riešenie modelu uvažujúceho úplnú a dlhodobú neprejazdnosť mostného objektu, s návrhom presmerovania vozidiel na obchádzku a úpravou dopravného značenia a prejazdnosti jednotlivých úsekov komunikácií.

Pre potreby realizácie prípadovej štúdie bol zvolený mostný objekt, nachádzajúci sa v mestskej časti Žilina – Závodie. Most umožňuje prechod dopravného prúdu cez rieku Rajčianku. Leží na ceste III. triedy III/5181 o dĺžke 1,25 km (začiatok úseku Rondel, koniec úseku križovatka do Hôrok). Na mimoúrovňovej kruhovej križovatke - Rondel - sa križuje s cestou I. triedy I/18. Vybraný úsek komunikácie je hlavným spojením medzi centrom mesta Žilina a okolitými obcami Hôrky, Brezany, Bitarová a Ovčiarsko, sídliskom Hájik a ďalšou mestskou časťou Bánová. V blízkosti mosta sa nachádza aj križovatka ciest z Priemyselnej a Škultétyho, ktorá je riešená formou kruhového objazdu. Ďalšie uvažované vstupné údaje: ide o miestne komunikácie; dva jazdné pruhy; rýchlosť za normálnych prevádzkových podmienok 50 km/h. V zvolenej lokalite sa nachádza jedna okružná križovatka a 8 úrovňových križovaní.

Detailný popis jednotlivých realizovaných krokov bol uvedený v práci (3). Uvedená bude iba detailná interpretácia výstupov z riešených modelov, porovnanie výsledkov a vyslovenie zistených záverov a praktických odporúčaní.

### **3. SIMULAČNÉ EXPERIMENTY NA MODELI CESTNEJ INFRAŠTRUKTÚRY PRI ZVOLENÝCH OBMEDZUJÚCICH PODMIENKACH**

V rámci prípadovej štúdie boli vytvorené tri modely a to model prejazdnosti mostného objektu bez obmedzenia - štandardný stav, model s obmedzením prejazdu cez mostný objekt a model pri neprejazdom mostnom objekte s návrhom obchádzky a zmenami v organizácii dopravy. U všetkých modelov boli realizované predikcie (1) zamerané na **intenzitu dopravného prúdu a hustotu vozidiel** na 1 km úseku pri maximálnej povolenej rýchlosti v obci 50 km/h. Pre každý model boli vykonané kalkulácie v časoch - 07:05 a v rannej špičke – 8:25 a 08:55.

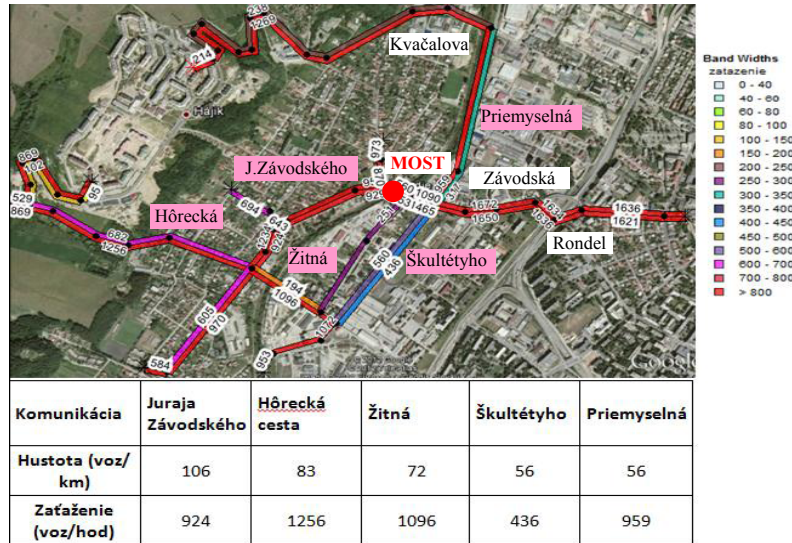
#### **3.1. Model 1 - štandardný stav - prejazdnosť mostného objektu bez obmedzenia**

Prvý simulačný model predpokladá, že na úsekoch cestných komunikácií v záujmovom území nie je žiadne obmedzenie. Uvažujeme s predpokladmi, že rozloženie dopravného prúdu na všetky úseky je rovnomerné a nie je uprednostňovaná najkratšia trasa zo začiatočného okrsku do okrsku cieľového. Najväčšie intenzity prúdu sú predpokladané zo smeru Hôrky a Hájik 1 a za okružnou križovatkou smerom do centra, ktorá spája cesty Priemyselná, Škultétyho a Závodská a to v časoch pred ôsmou a deviatou hodinou ráno, kedy sa obvykle začína pracovať. Za dôležité boli uvažované najmä úseky ciest Hôrecká, Juraja Závodského, Žitná a Škultétyho a sledovaný bol najmä smer do centra mesta, kde bola očakávaná najväčšia záťaž.

**Dopravná situácia o 07:05:** dopravná situácia na všetkých sledovaných úsekoch cestných komunikácií je bez problémov. Z analýzy modelu vyplynulo, že na Hôreckej ceste je najväčšia odhadovaná intenzita dopravného prúdu (741 voz/h), aj najvyššia hustota vozidiel (22 voz/km).

Dopravný prúd sa na nej rozdeľuje medzi viaceré komunikácie, na ostatných úsekoch komunikácií nie je situácia obzvlášť závažná. S pribúdajúcim časom sme však očakávali výrazné zvýšenie intenzít a taktiež aj hustoty vozidiel.

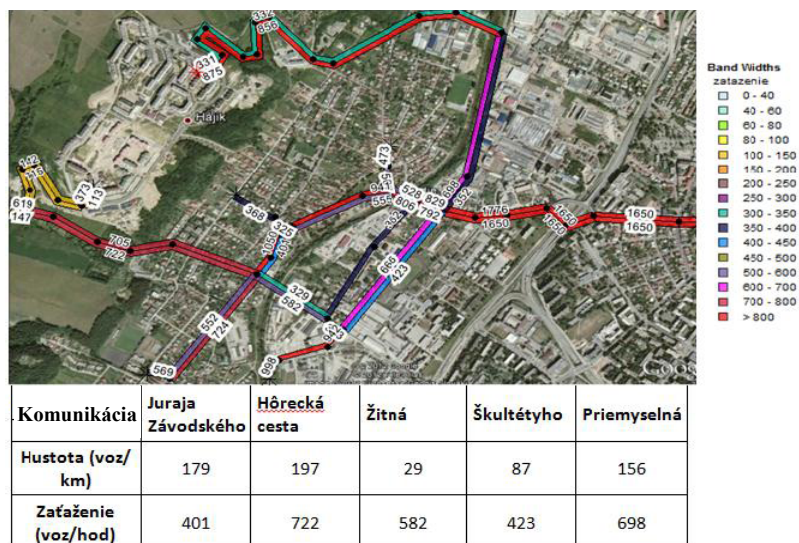
**Dopravná situácia o 08:25:** na väčšine úsekov presiahla intenzita dopravy navrhované (normové) kapacity pre daný druh komunikácie (800 voz/h). Najhoršia situácia je na Závodského ceste pred kruhovým objazdom Rondel (Obr.1). Očakávaná intenzita dopravy tam dosahovala hodnotu vyše 1600 voz/h.



Obr. 1 - Model 1 - dopravná situácia v čase 08:25

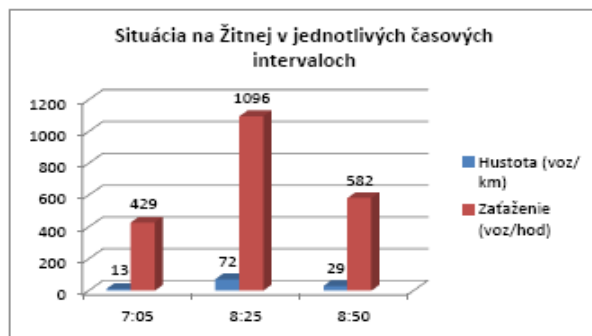
Príčinou je pravdepodobne skutočnosť, že do nej ústia všetky cesty, vedúce z jednotlivých mestských častí a okolitých obcí smerujúce do centra mesta. Situácia sa skomplikovala aj na ostatných dôležitých trasách. Výrazný nárast intenzity zaznamenala najmä Hôrecká cesta, kde sa intenzita vyšplhala na 1256 voz/h, podobne ako aj na Žitnej ulici. Kriticky sa javí aj úsek cesty medzi mostným objektom a okružnou križovatkou, intenzita dopravy v tomto čase prekračuje 1600 voz/h, čo je takmer dvojnásobný počet, ako bolo pri tvorbe modelu uvažované. Celkovo možno konštatovať, že okolie okružnej križovatky je v danom čase zahltené vozidlami.

**Dopravná situácia o 08:55:** dopravná situácia v sledovanom území sa ustálila a väčšina komunikácií smerom do centra bola pod kritickou hodnotou 800 voz/h (Obr.2). Kritickými však naďalej zostávajú komunikácie smerom do centra. Najväznejšia situácia je na ceste medzi Rondlom a okružnou križovatkou. Na tejto trase dosahuje intenzita dopravy od 1650 do 1776 voz/h. Na okružnej križovatke sa tento stav redukuje a dopravný prúd je rozdeľovaný na medzi ďalšie cestné komunikácie, ale nad úrovňou 800 voz/hod stále zostáva cesta Juraja Závodského (od 829 po 1050 voz/h). Tento stav sa výrazne mení až na križovatke, ležiacej medzi Bánovou a Závodím, kde sa hodnoty intenzity dopravného prúdu smerom do centra mesta dostávajú pod kalkulovanú hodnotu 800 voz/h.



Obr. 2 - Model 1 - dopravná situácia v čase 08:55

Na Obr.3 je pre ilustráciu znázornená intenzita a hustota vozidiel na vybranej komunikácii v troch rôznych časoch. Získané hodnoty potvrdzujú, že najhoršia situácia nastáva v čase 8:25.



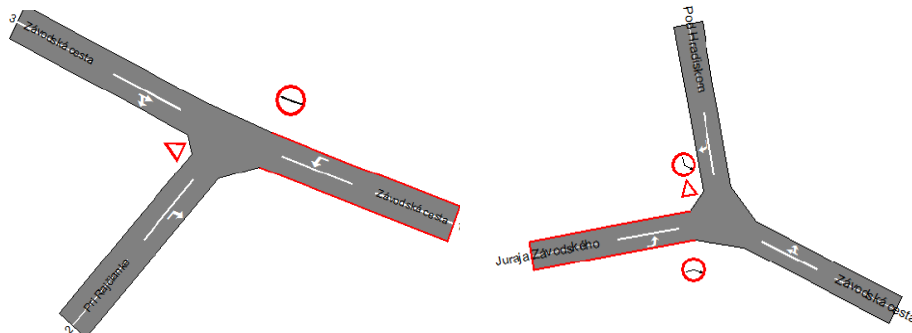
Obr. 3 - Intenzita a hustota vozidiel na Žitnej

Pred 09:00 sa situácia ustálila a na sledovaných úsekoch hodnota intenzity dopravného prúdu opäť klesla pod 800 voz/h.

### 3.2. Model 2 - neprejazdný mostný objekt

Model uvažuje s obmedzením prejazdu cez významný mostný objekt, nachádzajúci sa na vstupe / výstupe z okrsku Závodie a spájajúci komunikácie Juraja Závodského a Závodská cesta. Príčinou uvažovanej neprejazdnosti mostného objektu môžu byť činitele prírodného charakteru, napr. zvýšená hladina rieky, plávajúce predmety, ľadové kryhy a pod. Ďalšou oblasťou môže byť zlyhanie ľudského faktora, napr. dopravná nehoda na mostnom objekte s následkom porušenia statiky mosta, zničenia vozovky a pod. Zanedbanie údržby nosných častí, zábradlí alebo vozovky na moste môže spôsobiť jeho havarijný stav. Tieto činitele môžu spôsobiť, že prejazd vozidiel cez objekt bude obmedzený alebo úplne zastavený. V modeli sme teoreticky uvažovali s jednou z

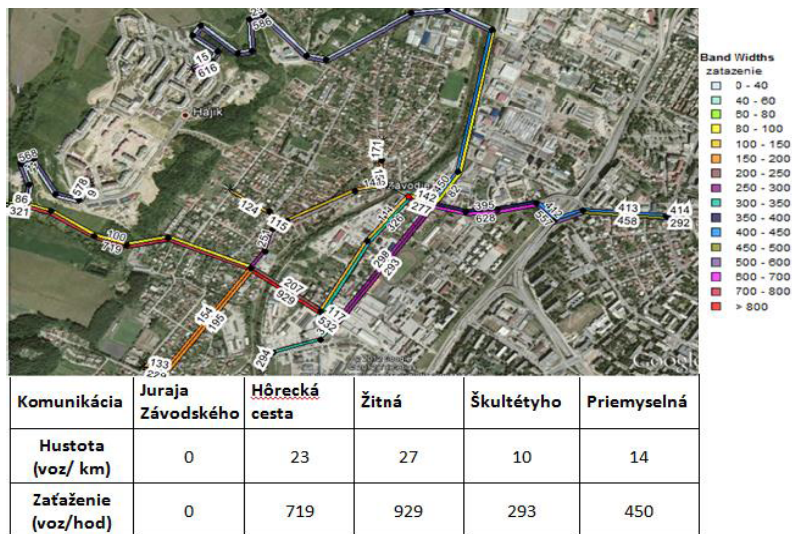
uvedených príčin straty funkčnosti. Vzhľadom k predpokladom simulačného modelu bolo najskôr potrebné upraviť križovatky v niektorých uzloch (Obr.4).



Obr. 4 - Úprava križovatiek pre zaistenie prejazdnosti

V modeli boli vykonané nasledovné zmeny: možnosť odbočenia na križovatke medzi Závodskou cestou, Juraja Závodského a Pod Hradiskom (vľavo) a možnosť odbočenia medzi ulicou Pri Rajčianke a Závodskou cestou. Tým sme docielili, že mostný objekt bude v modeli siete uvažovaný ako neprejazdný. Jednotlivé parametre dopravného prúdu boli zisťované v rovnakých časových intervaloch ako pre Model 1, ďalšie podmienky modelu zostali rovnaké.

**Dopravná situácia o 07:05:** situácia je oproti Modelu 1 komplikovanejšia (Obr.5).

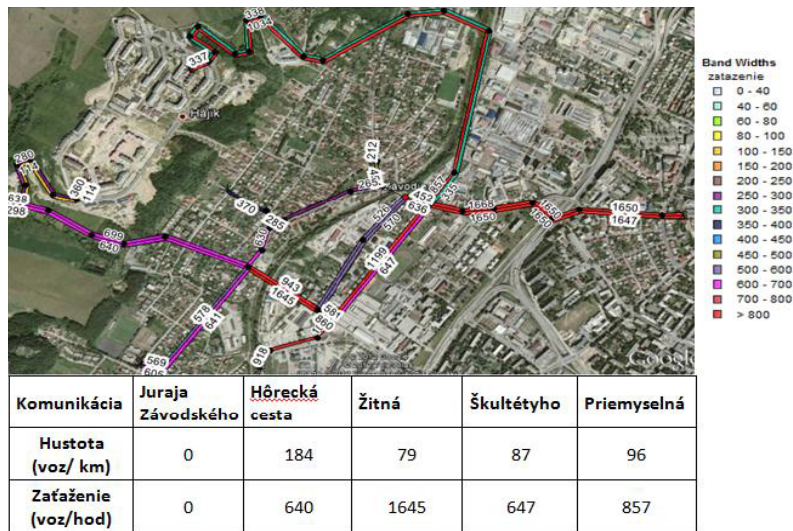


Obr. 5 - Model 2 - dopravná situácia v čase 07:05

Intenzita dopravy je na hlavných komunikáciách smerom do centra vyššia. Nárast nastal najmä na Žitnej ulici, kde intenzita presiahla normových 800 voz/h a dosiahla hodnotu 929 voz/h.

Intenzita stúpla aj na Hôreckej ceste a to konkrétne na 719 voz/h. Pri riešení modelu OmniTrans zaťažil aj komunikáciu Na Rajčianke, čo malo za následok, že na ulici Škultétyho nebol nárast intenzity významný. Na ďalších úsekoch komunikácií, ako napr. Priemyselná a Juraja Závodského nenastala výrazná zmena, ktorá by mohla ovplyvniť plynulosť premávky.

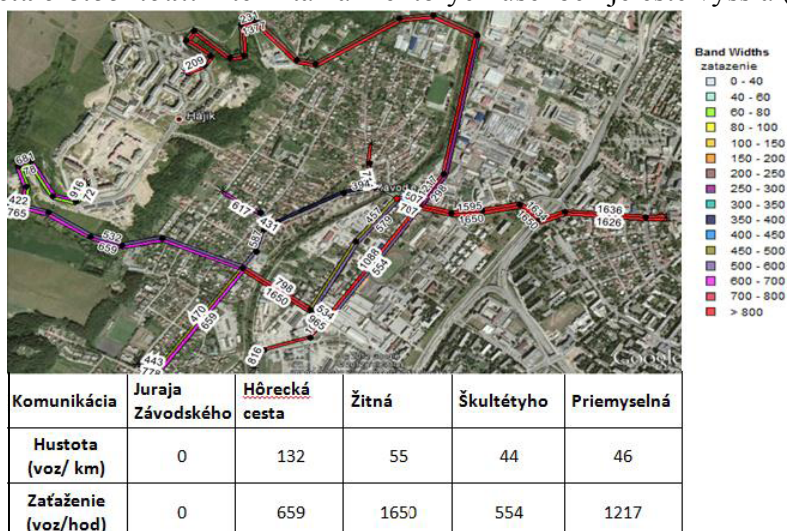
**Dopravná situácia o 8:35 hod.:** je proti situácii z 07:05 komplikovanejšia (Obr.6). Stav na Žitnej dosiahol dvojnásobný počet vozidiel, ako sa pri kalkulácii rátalo. Intenzita je v tomto momente 1645 voz/h smerom do centra a do priemyselnej zóny. Problémovou sa stáva križovatka medzi Škultétyho, Žitnou a cestou smerom do priemyselnej zóny.



Obr. 6 - Model 2 - dopravná situácia v čase 08:25

V podstate každá komunikácia, vchádzajúca do tejto križovatky, má intenzitu dopravy vyššiu ako normová hodnota 800 voz/h. Takáto situácia v danom čase by mohla spôsobiť tvorbu kongescií a tak predĺžiť cestovný čas a zvýšiť riziko vzniku dopravnej nehody. Ako v prípade bez obmedzenia, aj v tomto prípade je najhoršia situácia na okružnej križovatke. Najhoršie sú na tom komunikácie, spájajúce okružnú križovatku s kruhovým objazdom Rondel.

**Dopravná situácia o 8:55 hod.:** intenzita na niektorých úsekoch je ešte vyššia (Obr.7).

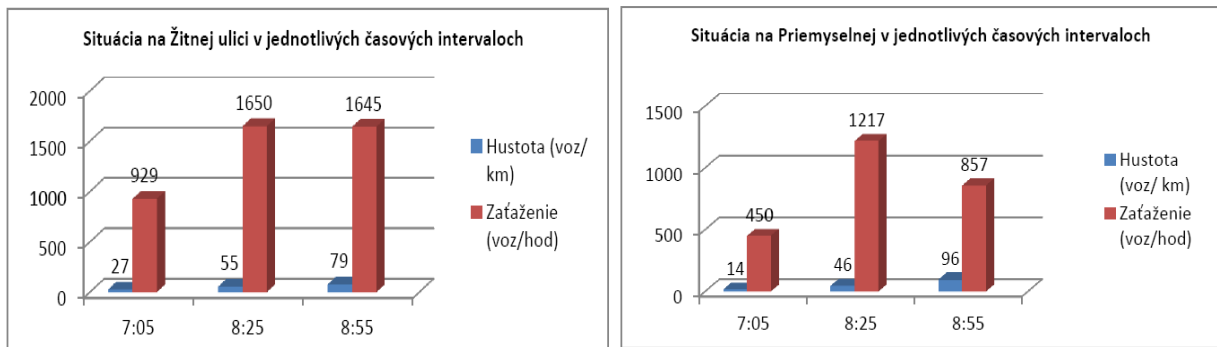


Obr. 7 - Model 2 - dopravná situácia v čase 08:55



Jedná sa najmä o Žitnú smerom na Hôrky a o Škultétyho smerom k okružnej križovatke. Na Žitnej stúpol počet vozidiel o 145 vozidiel, na Škultétyho o 93 vozidiel. Kritická situácia medzi okružnou križovatkou a kruhovým objazdom Rondel naďalej pretrváva. Na Obr.8 sú uvedené hodnoty odhadovanej intenzity dopravy na najzaťaženejších úsekoch v riešenej lokalite v určených časoch. Zo zistených hodnôt vyplýva, že v prípade uvažovania podmienok Modelu 2 bude najhoršia situácia na Žitnej a Priemyselnej ulici.

Z porovnania s Modelom 1 je zrejmé, že uvedený nárast intenzity dopravného prúdu je spôsobený práve vyradením mostného objektu z prevádzky.



Obr. 8 - Model 2 – dopravná situácia na Žitnej a

Predikované významné zvýšenie intenzity a hustoty dopravy sme sa preto snažili redukovať nájdením riešenia alternatívnych trás a návrhom im prislúchajúcich zmien v organizácii dopravy.

### 3.3. Model 3 - neprejazdný mostný objekt, obchádzka a zmeny v organizácii dopravy

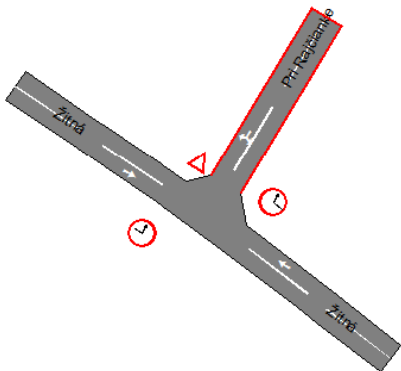
Z Modelu 2 vyplynula predikcia, ako by situácia vyzerala pri obmedzených podmienkach prejazdu cez mostný objekt. Následkom neprejazdnosti by dopravný prúd do centra zo smeru Hôrky a Hájik 1, Bánovej a Závodia prechádzal cez ulice Žitná, následne cez Škultétyho, príp. ulicou Pri Rajčianke. Takéto riešenie by malo za následok výrazné zvýšenie intenzity dopravy na spomínaných komunikáciách. Pre zníženie intenzity bolo jedným z navrhovaných riešení odklonenie resp. rozloženie dopravného prúdu do iných smerov.

Ako jedno z mála efektívnych možností sa javilo riešenie presmerovania dopravy z Hájika 1 cez Hájik 2, následne smerom na Priemyselnú až k okružnej križovatke na Závodského ceste. V predchádzajúcich modeloch nebola táto trasa vôbec uvažovaná, nakoľko je takmer dvojnásobne dlhšia a vodiči za podmienok, ktoré si nevyžadujú zvláštnu reguláciu obvykle využívajú najkratšie trasy. Navrhovaná obchádzková trasa je zobrazená na Obr.9.

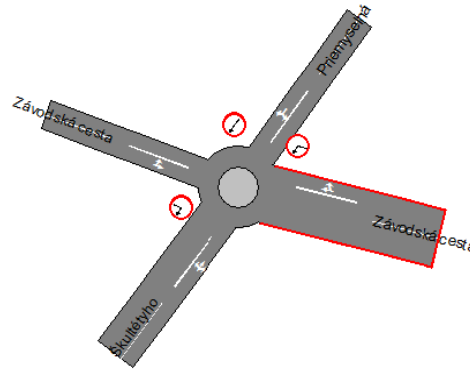


Obr. 9 - Model 3 - Návrh obchádzok a smerovanie dopravného

Aby sa v navrhovanom riešení znížila predpokladaná intenzita dopravy v záujmovom území bolo potrebné obmedziť prejazdnosť niektorých komunikácií. Jednalo sa o úseky ciest Škultétyho a Pri Rajčianke, kde bolo nutné obmedziť ich obojsmernú prejazdnosť. Škultétyho ulica bude určená iba na vedenie dopravného toku smerom do centra a ulica Pri Rajčianke smerom z centra do Bánovej príp. na Hôreckú cestu a do Závodia. Na križovatke na Žitnej ulici, bol obmedzený vjazd vozidiel na ulicu Pri Rajčianke (Obr.10) a na okružnej križovatke ciest Škultétyho, Priemyselnej a Závodská je navrhovaná organizácia dopravy podľa Obr.11.



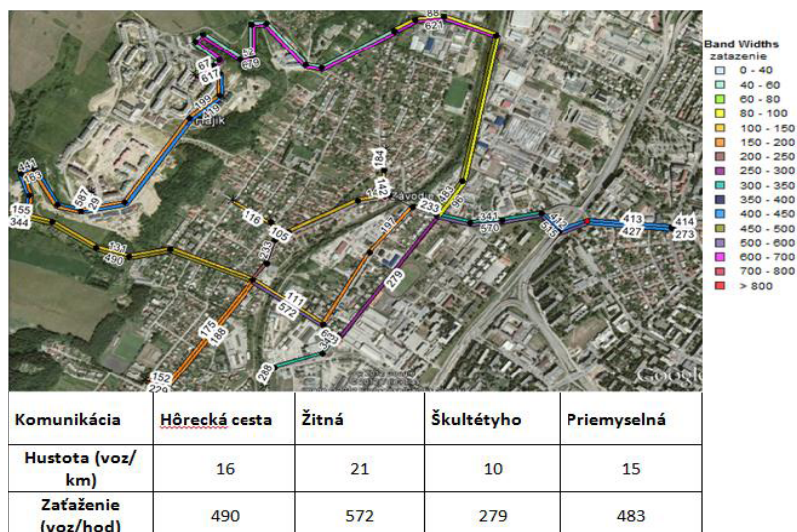
Obr. 10 - Model 3 - obmedzenie možnosti odbočenia na Žitnej a Pri Rajčianke



Obr. 11 - Model 3 - obmedzenie možnosti odbočenia na okružnej križovatke

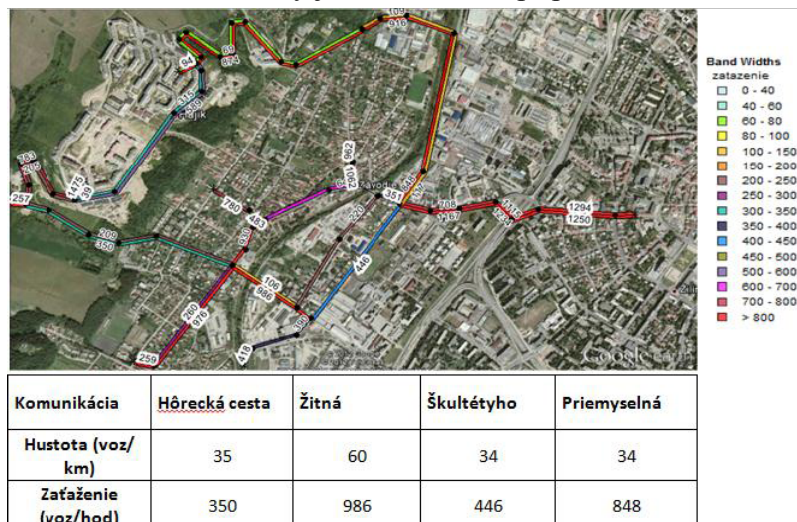
Na okružnej križovatke bude obmedzený vjazd na Škultétyho, čo bude vozidlá prichádzajúce z centra, ktoré ďalej pokračujú smerom do Bánovej, Závodia a smerom na Hôrky, navádzať smerom na ulicu Pri Rajčianke, prípadne zvolia druhý smer a to cez Priemyselnú smerom na Hájik. Obmedzenia a jednotlivé smerovanie obchádzok by bolo značené dočasným zvislým značením, príp. prvé dni by dopravu regulovala potrebným smerom dopravná polícia.

**Dopravná situácia o 07:05:** Situácia je rovnako ako pri možnom prejazde cez mostný objekt alebo pri obmedzenom prejazde stabilná. Žiadna z komunikácií nie je natoľko vyťažená, aby výrazne presahovala stanovenú hodnotu intenzity dopravy (Obr.12).



Obr. 12 - Model 3 - dopravná situácia v čase 07:05

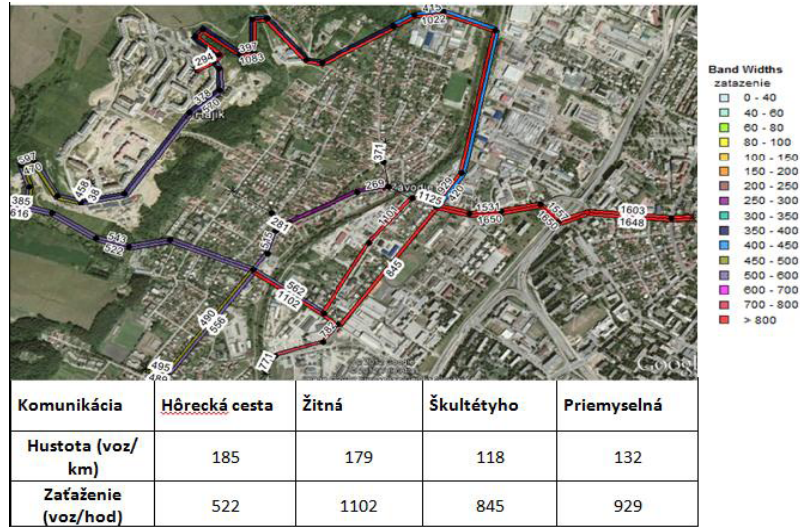
**Dopravná situácia o 08:25:** významne sa mení, pretože začína ranná dopravná špička. Na Žitnej stúpol dopravný tok (Obr.13). Momentálna intenzita vozidiel je tam 986 voz/h. Situácia na Škultétyho ostáva aj naďalej stabilná, čiže nehrozí tvorba dopravných kongescií. Taktiež situácia na Hájiku vplyvom zavedenia obchádzky je iba tesne nad prípustnou hranicou.



Obr. 13 - Model 3 - dopravná situácia v čase 08:25

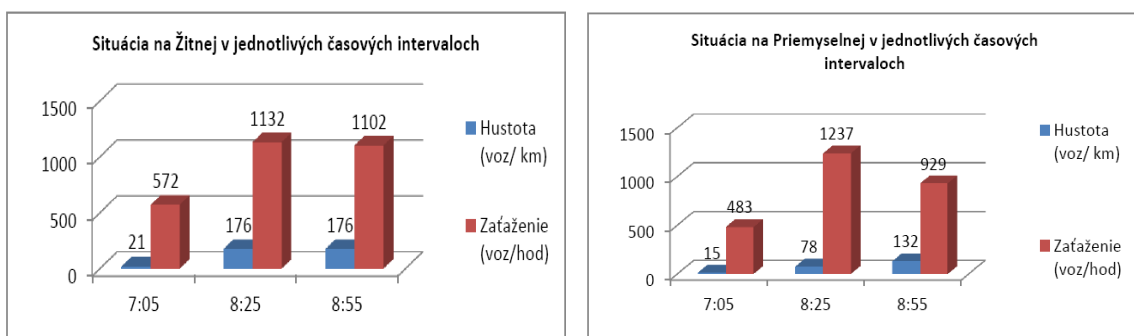
Intenzita dopravy je medzi okružnou križovatkou a Rondlom stabilne vysoká. V tomto smere nemožno očakávať žiadne výrazné zníženie dopravného toku. Obchádzka spôsobila aj to, že v smere od Hôrok zostáva situácia aj naďalej pokojná. Intenzita na Hôreckej ceste je v danom čase iba 525 voz/h. V smere od centra, podľa očakávania stúpla hodnota dopravného toku do Bánovej a Závodia vyvolaná jednosmernou premávkou na Škultétyho a Pri Rajčianke.

**Dopravná situácia o 08:55:** vrcholí ranná dopravná špička. Situácia sa upokojila na Hájiku (Obr.14), kde dopravný prúd klesol pod hodnotu 800 voz/h. Je to však prirodzený jav, pretože v tomto čase je už väčšina vodičov v centre mesta alebo mimo Žiliny.



Obr. 14 - Model 3 - dopravná situácia v čase 08:55

Zvýšená hustota vozidiel je zrejماً na komunikáciách bližšie k centru, čomu zodpovedá aj situácia na Žitnej a Škultétyho, aj keď intenzita na Škultétyho presahuje stanovenú hodnotu iba o 45 voz/h. Situácia na Žitnej a Pri Rajčianke je porovnateľná so stavom o 8:25. Hodnota intenzity dopravného prúdu aj naďalej zostáva medzi okružnou križovatkou a Rondlom dvojnásobná. V porovnaní s predchádzajúcim Modelom 2 - intenzity dopravy klesli, aj keď stále je ich úroveň ny kritických úsekoch nad 800 voz/h. Mierny nárast nastal na Priemyselnej ulici, čo sa dalo očakávať, nakoľko na túto komunikáciu bola nasmerovaná doprava zo sídliska Hájik (Obr.15).

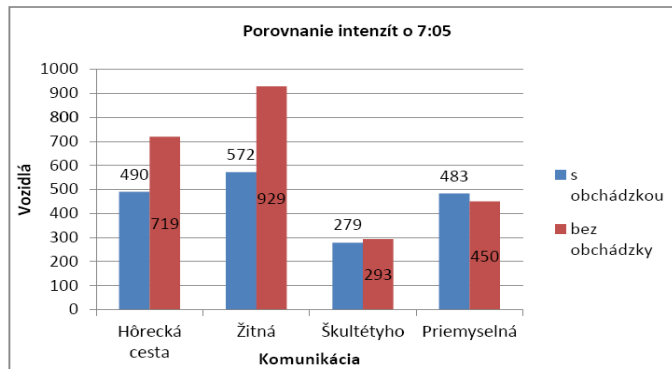


Obr. 15 - Model 3 - dopravná situácia na Žitnej a Priemyselnej

### 3.4. Diskusia výsledkov: porovnanie riešenia bez obchádzky a riešenia s obchádzkou

Aby bolo možné zhodnotiť, aký vplyv malo navrhnuté riešenie (zaradenie obchádzky a zredukovanie obojsmerných komunikácií na jednosmerné) bolo potrebné porovnať hodnoty intenzít dopravného prúdu. Pri porovnaní budú využité výsledky pri jednotlivých simuláciách v

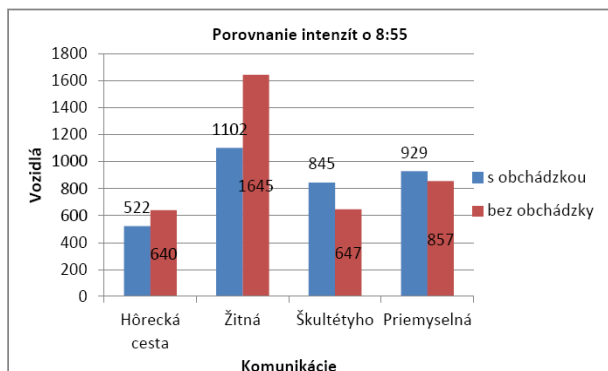
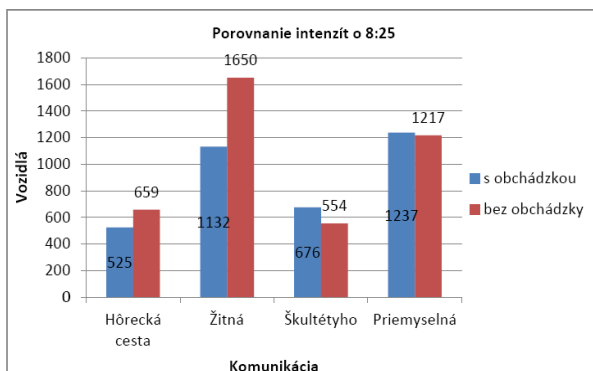
zadaných časových reláciách. Z grafu (obr.16) je zrejmé, že väčšina hodnôt intenzity dopravy klesla v prípade simulácie dopravy cez navrhnutú obchádzku a zredukovanie obojsmernej prevádzky na jednosmernú. Iba na Priemyselnej mierne hodnota stúpla o 33 voz/h. Zmena je však zanedbateľná, nakoľko intenzita dosahuje oproti variantu bez obchádzky hodnotu 483 voz/h.



Obr. 16 - Porovnanie intenzity dopravy o 07:05

Výrazná zmena nastáva na Žitnej, kde dopravný prúd poklesol pod hranicu 800 voz/h. na hodnotu 572 z pôvodne 929 voz/h. V prípade mimo dopravnej špičky teda môžeme povedať, že navrhnutý variant s obchádzkou je výhodnejší ako variant bez obchádzky. Pomocou tohto riešenia sa dopravu na riešených úsekoch komunikácií podarilo skľučniť.

Pri simuláciách uvažovaných v časoch 8:25 a 8:55 ráno (ranná špička) boli parametre dopravného prúdu vyššie a podmienky zložitejšie, ako mimo špičky. Na dvoch sledovaných komunikáciách sa intenzita dopravného prúdu vyšplhala nad úroveň 1000 voz/h., čo už môže mať za následok vznik väčších dopravných kongescií. Jedná sa o ulice Priemyselnú a Žitnú. Na Žitnej sa však vďaka zavedeniu obchádzky a zredukovaní dopravných smerov podarilo znížiť intenzitu dopravného prúdu o 518 voz/hod. Takáto hodnota je však oveľa prijateľnejšia ako hodnota 1650 voz/h, ktorá by vznikla pri podmienkach uvažovaných v Simulácii 2. Mierny nárast nastal na Priemyselnej ulici, ale oproti hodnote v Modeli 2 je zmena zanedbateľná. Zmena v smerovaní dopravných prúdov a zavedenie obchádzky, malo rovnako ako v predchádzajúcom porovnaní pozitívny vplyv. Najvýznamnejšou zmenou bolo zníženie intenzity na Žitnej ulici. Porovnanie na Obr.17 je pre časovú reláciu 8:55, kedy vrcholí ranná dopravná špička.



Obr. 17 - Porovnanie intenzity dopravy o 08:25 a 08:55

Oproti času 8:25 nastala pozitívna zmena až na Žitnú a Škultétyho ohľadom intenzity. V prípade Žitnej nastala zmena smerom nahor a to v prípade variantu bez obchádzky. Avšak zakomponovaním obchádzky do modelu nastal pokles hodnoty o 543 voz/h. Na Škultétyho nastal v prípade variantu s obchádzkou nárast intenzity nad hodnotu 800 voz/h. Aktuálna hodnota je tam 845 voz/hod., čo možno pokladať ešte za prijateľné, nakoľko sa jedná o výnimočnú situáciu. Aj v tomto prípade možno povedať, že obchádzka a zredukovanie smeru dopravného toku, malo pozitívny vplyv na dopravu v sledovanej aglomerácii.

### **3.5. Všeobecné odporúčania pred tvorbou a využitím modelovania dopravy**

Ak vznikne mimoriadna situácia s vplyvom na dopravný systém a je možné využiť pre verifikáciu, príp. optimalizáciu navrhnutého riešenia vhodný simulačný nástroj. Pri výbere je nutné zohľadniť viac faktorov (4):

**1. Aký dlhý čas bude potrebný na odstránenie následkov:** pri situáciách, ktorých následky bude možné odstrániť do niekoľkých hodín/dní, postačuje naplánovanie obchádzky, odklonenie dopravy alebo zredukovanie prejazdnosti niektorých komunikácií iba na základe subjektívneho posúdenia situácie a znalosti lokality. Pri dlhšie trvajúcich stavoch alebo pri plánovanej rekonštrukcii je vhodné vo fáze rozhodovacieho procesu použiť vhodný softvérový nástroj. Je možné vytvoriť viac variantov riešenia, experimentovať s nimi a vybrať najvhodnejší variant (6).

**2. Za aký dlhý čas je možné získať údaje a podklady pre vytvorenie čo najreálnejšieho modelu:** na vytvorenie dopravnej siete slúžia mapové podklady, ktoré je možné rýchlo získať napr. z internetových zdrojov. Najdôležitejšie sú hodnoty prepravných vzťahov, ktoré definujú tzv. *prepravnú maticu* (1). Tieto údaje je možné získať z dopravného prieskumu alebo z vybraných demografických údajov. Vždy je však potrebné porovnať čas potrebný na ich získanie s časom určeným na vyriešenie problému.

**3. Možnosti a dostupnosť vhodného softvérového nástroja:** nie každý softvér sa hodí na simuláciu vzniknutej situácie, preto je vhodné overiť jeho možnosti aplikácie a použitia, ako aj možnosti realizácie a využiteľnosti formátu výstupov. Nie vždy je vhodný softvérový nástroj voľne dostupný alebo je obmedzený časovo a profesionálne softvéry sú finančne náročnejšie.

**4. Personálne zabezpečenie pri práci s modelom:** aby mohli byť získané výsledky považované za relevantné, je potrebné mať k dispozícii personál, ktorý bude schopný vykonať návrh a analýzu riešenia v čo najkratšom čase a s čo najväčšou presnosťou výstupov.

**5. Uvažovanie stochastického charakteru pôsobenia ľudského činiteľa na dopravu:** v skutočnej premávke vplyvajú na stav, parametre a dynamiku dopravného prúdu aj ďalšie faktory, ktoré však simulačné nástroje a ani žiadne iné inteligentné systémy riadenia dopravy nezohľadňujú (4). Za najdôležitejší prvok, ovplyvňujúci celkový priebeh dopravy je správanie sa ľudí, ako prvku dopravného systému.

**6. Obmedzené možnosti vplyvu náhodných parametrov prevádzkových podmienok v cestnej doprave:** aktuálny stav počasia a meteorologických podmienok na cestách je ďalším výrazným faktorom, ktorý pôsobí na dopravu. Nie vždy sa dajú tieto faktory zohľadniť pri tvorbe

simulačného modelu, a preto o výsledkoch získaných zo simulačných experimentov možno v niektorých prípadoch pochybovať. Odporúčanie pre tvorbu simulačného modelu, ktorý má za úlohu predikovať stav dopravnej obslužnosti v čase mimoriadnych situácií a krízových javov spočíva v tom, že údaje zadávané pri tvorbe modelu by mali zohľadňovať najhoršie možné podmienky, ktoré môžu nastať.

#### 4. ZÁVER

Predložená štúdia bola zameraná na riešenie mimoriadnych udalostí a neočakávaných situácií v doprave a dopravnej infraštruktúre s využitím softvérových nástrojov na simuláciu dopravy. Na základe realizovanej prípadovej štúdie a z nej vychádzajúcich simulačných modelov pre kvantifikáciu dopravného zaťaženia cestnej infraštruktúry pri neobmedzených podmienkach premávky a pri stave, kedy bola dopravná prevádzka obmedzená bolo preukázané, že aplikácia simulačných postupov v riešení problémov dopravy má svoje významné postavenie. Aj navonok subjektívne riešenie problémovej situácie v dopravnej infraštruktúre a premávky na nej je možné verifikovať a modifikovať podľa konkrétnych okolností a požiadaviek práve na vhodne navrhnutých adekvátnych virtuálnych modeloch (1,4).

Prvý model - kedy nebola doprava obmedzovaná žiadnou negatívnou udalosťou boli zistené nasledovné údaje. Priebeh dopravného prúdu o 7:05 nebol na žiadnej zo skúmaných komunikácií problémový. Situácia by sa dala definovať ako stabilná. Treba však povedať, že daný časový úsek je na začiatku rannej dopravnej špičky. V tomto čase nemožno ani očakávať nejaké výraznejšie problémy. Priebeh dopravy sa však významne zmenil o 8:25. Dá sa povedať, že v tomto čase začína kulminovať ranná dopravná špička. Tvrdenie potvrdzuje aj stav, ktorý bol v tom čase na komunikáciách. Hlavné ťahy smerom na centrum boli výrazne zaťažené a hodnoty intenzity dopravy vysoko prekračovali vypočítanú hodnotu kapacity komunikácií. Situácia o 8:55 bola už stabilná, nakoľko zvolený čas možno považovať za koniec rannej špičky. Druhý model – uvažoval so stavom krátkodobého obmedzenia na infraštruktúre (neprejazdnosť mostného objektu). Potvrdil sa predpoklad, že najviac zasiahnuté budú komunikácie, ktoré zbierajú dopravu z priľahlých obcí a mestských častí a smerujú vozidlá do centra. Toto zaťaženie mala redukovať navrhnutá obchádzka a následné smerovanie dopravy na inú trasu. Ako preukázali výsledky z analýzy tretieho modelu, navrhnuté riešenie malo pozitívny účinok na dopravné zaťaženie. Hodnoty intenzít mali klesajúci charakter, ale aj napriek tomu sa nepodarilo redukovať hodnoty intenzity prúdu a hustoty vozidiel u všetkých úsekov pod stanovenú hranicu. V konečnom dôsledku by bolo možné povedať, že navrhnuté riešenie zlepšilo dopravnú obslužnosť v lokalite.

Na záver je možné konštatovať, že simulačné nástroje majú vysoký potenciál pri riešení krízových javov a obmedzujúcich podmienok v dopravnej infraštruktúre, či už sa jedná o plánované alebo neplánované obmedzenia (4). Je potrebné, aby sa začalo presadzovať využitie týchto nástrojov, nakoľko dokážu zefektívniť prácu a dokážu autonómne navrhnúť viacero variantov riešenia a napomôcť pri výbere toho najvhodnejšieho. Sústavným vzdelávaním v tejto oblasti a profesionálnou prácou možno dosiahnuť výsledky, ktoré budú využiteľné v praxi.

*Príspevok vznikol za podpory projektu "Centrum excelentnosti pre systémy a služby inteligentnej dopravy II", ITMS 26220120050 a projektu APVV-0471-10 Ochrana kritickej infraštruktúry v sektore doprava.*

#### **POUŽITÁ LITERATÚRA**

- (1) GOGOLA, M.: *Dopravné plánovanie v OmniTRANS*. Návod na cvičenia, CD verzia, ŽU, Žilina 2008.
- (2) Modelovanie dopravy (on line). Kapitola IV. *Modelování dopravy na pozemních komunikacích* (Část 1,2,3), Ostrava 2009. Dostupné na: <http://projekt150.ha-vel.cz/node/29>
- (3) LEITNER, B., SVENTEKOVÁ, E., NOVÁK, L.: *Možnosti testovania parametrov dopravného prúdu pri strate funkčnosti vybraného prvku cestnej siete*. In: Perner's Contacts (elektronický zdroj). ISSN 1801-674X. Vol. 9, no.1 (2014), online, s. 120-131.
- (4) NOVÁK, R.: *Analýza a použitie softvérových nástrojov pre simuláciu dopravy v špecifických podmienkach krízových situácií*. (Diplomová práca) FŠI ŽU, 2012, 79 s.
- (5) OmniTRANS (on line) Dostupné na: <http://www.pbaprague.cz/download/omnitrans-cz.pdf>.
- (6) *Priebeh simulačnej štúdie* (on line) Modelování v dopravě / Průběh simulační studie. Dostupné na: <http://kds.vsb.cz/mkk/modelovani-10.htm>